การวางแผนและการปรับแผนเซอร์วิซเชิงประกอบเพื่อความคงทนของแผน

นายกรมิษฐ์ พิชนาหะรี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2551

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

PLANNING AND REPLANNING OF COMPOSITE SERVICES FOR PLAN DURABILITY

Mr.Koramit Phichanaharee

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science Program in Computer Science

Department of Computer Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2008

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การวางแผนและการปรับแผนเซอร์วิซเชิงประกอบเพื่อความคงทนของแผน
โดย	นายกรมิษฐ์ พิชนาหะรี
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ดร.ทวีตีย์ เสนีวงศ์ ณ อยุธยา

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.บุญสม เลิศหิรัญวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร.ประภาส จงสถิตย์วัฒนา)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รองศาสตราจารย์ ดร.ทวีตีย์ เสนีวงศ์ ณ อยุธยา)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย ประสิทธิ์จูตระกูล)

..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร.ยรรยง เต็งอำนวย)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กรมิษฐ์ พิชนาหะรี : การวางแผนและการปรับแผนเซอร์วิซเชิงประกอบเพื่อความคงทนของแผน. (PLANNING AND REPLANNING OF COMPOSITE SERVICES FOR PLAN DURABILITY) อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : รศ. ดร.ทวิตีย์ เสนีวงศ์ ณ อยุธยา, 83 หน้า.

การวางแผนเซอร์วิซเชิงประกอบนับเป็นประเด็นสำคัญในสถาปัตยกรรมแบบอิงบริการ ปัจจุบันมีแนวโน้มการศึกษาไปในทางการวางแผนเชิงคุณภาพของแผน โดยคุณภาพของแผนสามารถวัดได้จากคุณภาพการให้บริการของเซอร์วิซอินสแตนซ์ที่ประกอบอยู่ในแผน แต่ทั้งนี้ยังพบปัญหาคุณภาพการให้บริการเกิดความเบี่ยงเบนขึ้นขณะเรียกใช้งาน ทำให้ได้คุณภาพการให้บริการต่ำกว่าที่ประกาศไว้ ดังนั้นการวางแผนโดยการคำนึงถึงความคงทนต่อความเบี่ยงเบนของคุณภาพการให้บริการของแผนจึงเป็นประเด็นที่สำคัญเช่นกัน ในงานวิจัยนี้ได้เสนอการวางแผนเซอร์วิซเชิงประกอบที่มีความคงทน โดยอิงระดับการให้บริการซึ่งผู้ใช้บริการเป็นผู้ประเมินให้กับเซอร์วิซอินสแตนซ์ภายในแผนจากประสบการณ์ตรงของผู้ใช้เอง โดยได้เสนอวิธีการวางแผนโดยสร้างให้เกิดความเบี่ยงเบนในคุณภาพการให้บริการของเซอร์วิซอินสแตนซ์ ณ ขณะวางแผนเพื่อที่จะได้แผนที่สามารถทนความเบี่ยงเบนได้ ณ ขณะทำงาน และได้เสนอวิธีการกระตุ้นการปรับแผนที่มีความยืดหยุ่นเพื่อหลีกเลี่ยงการปรับแผนโดยไม่จำเป็น ซึ่งได้ทำการทดลองกับเซอร์วิซเชิงประกอบที่เซอร์วิซอินสแตนซ์สามารถให้บริการได้หลายรูปแบบ งานวิจัยนี้ได้นำอัลกอริทึมการประมาณการกระจายหรืออีดีเอมาใช้ในการวางแผนและการปรับแผนเซอร์วิซเชิงประกอบโดยนำความรู้เกี่ยวกับลักษณะของแผนที่ดีที่เกิดขึ้นในอีดีเอมาใช้ในการวางแผนและการปรับแผนด้วย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา...วิศวกรรมคอมพิวเตอร์... ลายมือชื่อนิสิต...กรมิษฐ์ พิชนาหะรี...

สาขาวิชา...วิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์... ลายมือชื่อ อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก...ทวิตีย์ เสนีวงศ์ ณ อยุธยา...

ปีการศึกษา...2551...

4870207021: MAJOR COMPUTER SCIENCE

KEYWORD: SERVICE COMPOSITION / QoS / PLANNING / REPLANNING / PLAN DURABILITY

KORAMIT PICHANAHAREE: PLANNING AND REPLANNING OF COMPOSITE SERVICES FOR PLAN DURABILITY. ADVISOR: ASSC. PROF. TWITTIE SENIVONGSE, Ph.D., 83 pp.

Planning composite services is an important topic in service-oriented architecture. At present, the trend is towards quality planning where quality of plans is determined by QoS of constituent service instances within the plans. However, at runtime, service instances QoS may deviate from what was published. Therefore planning to obtain durable plans which can withstand QoS deviation is an important issue. This research proposes planning of composite services with consideration on plan durability, based on service rating which is evaluated from service consumer' experiences in service instances QoS. Planning is done with an expectation of runtime QoS deviation in order to obtain the resulting plans which are durable and can proceed to completion with expected quality despite QoS deviation at runtime. This research also proposes a flexible approach to triggering replanning to avoid unnecessary replanning. Planning and replanning experiments have been conducted for composite services over service instances of various service provision schemes and quality. An Estimation of Distribution Algorithm (EDA) is applied in the experiments, and the knowledge about the characteristics of quality plans obtained from EDA can be useful in the planning and replanning of composite services.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Department: ...Computer Engineering.... Student's Signature Koramit Pichanaharee

Field of Study: ...Computer Science..... Advisor's Signature Twittie Senivongse

Academic Year: ....2008.....

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์มงคลและอาจารย์นราพร พิชนาหะรี บุพการี ผู้ให้การเลี้ยงดูและสนับสนุนข้าพเจ้าเป็นอย่างดียิ่งเสมอมา โดยเฉพาะความรัก ความเข้าใจและกำลังใจที่ท่านทั้งสองมีให้อย่างมิมีประมาณ

กราบขอบพระคุณพ่อแม่ครูอาจารย์ทุกท่าน ผู้ประสิทธิ์ประสาทวิชาให้แก่ข้าพเจ้าทั้งทางตรงและทางอ้อม พร้อมทั้งอบรมนิสัยให้ข้าพเจ้า ได้รู้ ได้มี ได้เป็น ดังเช่นทุกวันนี้

ขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร.ประภาส จงสถิตย์วัฒนา ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย ประสิทธิ์จูตระกูลและอาจารย์ ดร.ยรรยง เต็งอำนวย กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำอันทรงค่าทั้งในเรื่องวิทยานิพนธ์และเรื่องเหนือจากนั้นอันเป็นประโยชน์สำหรับการพัฒนาตนของข้าพเจ้าสืบไป

ขอบคุณสมาชิกห้องปฏิบัติการวิศวกรรมระบบสารสนเทศ สำหรับความเอื้อเฟื้อและความเมตตาที่มีให้กับข้าพเจ้าอยู่ทุกขณะ การได้ทำวิทยานิพนธ์ของข้าพเจ้าในห้องปฏิบัติการฯ แห่งนี้ล้วนเป็นช่วงเวลาอันน่าจดจำ

และวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะไม่มีทางสำเร็จได้เลย หากปราศจากความอนุเคราะห์ของรองศาสตราจารย์ ดร.ทวีตีย์ เสนีวงศ์ ณ อยุธยา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ของข้าพเจ้า ผู้ซึ่งให้ความช่วยเหลือ ให้คำปรึกษา วิชาความรู้ ทั้งยังกรุณาตรวจสอบทานงานวิทยานิพนธ์นี้ด้วยความอดทนและเสียสละเป็นอย่างยิ่ง ทั้งในและนอกเวลาราชการ ไม่เพียงวิชาความรู้เท่านั้นที่ข้าพเจ้าได้เรียนรู้ ยังมีจริยาวัตรและจริยธรรมอันดีงามที่ข้าพเจ้าได้มีโอกาสซึมซับมาเป็นต้นทุนแห่งการดำเนินชีวิต

สุดท้ายนี้ คุณงามความดีใดก็ตามที่มีแต่วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอยกให้เป็นความดีของบุคคลทุกผู้ที่ได้กล่าวถึง พ้นไปจากนั้น ข้าพเจ้าขอน้อมรับผิดไว้เพียงผู้เดียว

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญ ..... ช
สารบัญภาพตาราง ..... ญ
สารบัญตาราง ..... ฎ
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 4
1.3 ขอบเขตของการวิจัย 4
1.4 ขั้นตอนการวิจัย 5
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 5
1.6 ผลงานตีพิมพ์ 6
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 7
2.1 การคำนวณค่าของคุณภาพการให้บริการ 7
2.1.1 การคำนวณคุณภาพการให้บริการของเซอร์วิซ 7
2.1.2 การคำนวณคุณภาพการให้บริการของเซอร์วิซเชิงประกอบ 8
2.2 อัลกอริทึมการประมาณการกระจายหรืออีดีเอ 10
2.3 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 13
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย 17
3.1 ภาพรวมการวางแผน การเรียกใช้งาน และการปรับแผนสำหรับเซอร์วิซเชิงประกอบ 17
3.1.1 การวางแผนสำหรับเซอร์วิซเชิงประกอบ 17
3.1.2 การเรียกใช้งานเซอร์วิซเชิงประกอบ 18
3.1.3 การปรับแผน 18
3.2 รูปแบบการให้บริการของเซอร์วิซที่สอดคล้องแนวคิดทางธุรกิจ 18
3.2.1 รูปแบบการกำหนดราคาและเวลาในการให้บริการ 20

3.2.2 ความขึ้นต่อกันของเซอร์วิซ 21
3.3 แผนสำหรับเซอร์วิซเชิงประกอบที่มีความคงทน 22
3.3.1 ความหมายของแผนที่มีความคงทน 23
3.3.2 ระดับการให้บริการของเซอร์วิซ 24
3.3.3 การวางแผนที่มีความคงทน 26
3.3.4 การกระตุ้นการปรับแผน 27
3.4 อัลกอริทึมที่ใช้แก้ปัญหา 22
3.5 การจำลองการเรียกใช้เซอร์วิซอินสแตนซ์ในการทดลอง 33
3.5.1 ค่าอิมมิวนิตีและค่าลัค 33
3.5.1 การจำลองการเรียกใช้งานเซอร์วิซ 33
3.6 รูปแบบกระแสงานและชุดข้อมูลของเซอร์วิซอินสแตนซ์สำหรับการทดลอง 34
3.6.1 รูปแบบกระแสงาน 34
3.6.2 ชุดข้อมูลสำหรับการทดลอง 34
3.7 สถาปัตยกรรมของระบบการวางแผนและปรับแผนสำหรับเซอร์วิซเชิงประกอบ 41
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลองในการวางแผนและการปรับแผน 44
4.1 การประเมินประสิทธิภาพและข้อกำหนดของอัลกอริทึมอีดีเอ 44
4.1.1 การประเมินประสิทธิภาพ 44
4.1.2 ข้อกำหนดของอัลกอริทึมอีดีเอ 45
4.2 การทดลองวางแผนสำหรับเซอร์วิซเชิงประกอบอิงคุณภาพการให้บริการ 45
4.2.1 การทดลองวางแผนเซอร์วิซเชิงประกอบโดยอีดีเอ 46
4.2.2 การทดลองใช้อีดีเอเพื่อหาคำตอบโดยมีข้อบังคับบนคุณภาพการให้บริการโดยรวมและข้อบังคับเฉพาะบางประเภทของคุณภาพการให้บริการ 47
4.2.3 การทดลองใช้อีดีเอหาคำตอบของปัญหาการวางแผนสำหรับเซอร์วิซเชิงประกอบที่เซอร์วิซอินสแตนซ์สามารถให้บริการได้หลายรูปแบบ 48
4.2.4 สรุปผลการทดลอง 50
4.3 การทดลองแนวคิดการเพิ่มคุณภาพของแผนด้านความคงทน 52
4.3.1 การจำลองการเรียกใช้บริการและกฎการปรับระดับการให้บริการ 52
4.3.2 การกำหนดค่าระดับการให้บริการ 52
4.3.3 การทดลองผลกระทบของค่าระดับการให้บริการของเซอร์วิซอินสแตนซ์ 52
4.3.4 การทดลองผลกระทบของค่าระดับการให้บริการต่อคุณภาพของแผน 53

4.3.5 การทดลองใส่ความเบี่ยงเบนของคุณภาพการให้บริการในขั้นตอนการวางแผน 54
4.3.6 การทดลองการกระตุ้นการปรับแผน 55
4.3.7 สรุปผลการทดลอง 57
4.4 การทดลองการวางแผนใหม่และการใช้ความรู้ในวิธีอีดีเอ 58
4.4.1 การทดลองการปรับแผน 58
4.4.2 การทดลองการวางแผนใหม่เมื่อกระแสงานเปลี่ยนไป 59
4.4.3 สรุปผลการทดลอง 60
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย 61
5.1 สรุปผลการวิจัย 61
5.2 ปัญหาและอุปสรรค 62
5.3 แนวทางการวิจัยต่อไป 62
รายการอ้างอิง 64
ภาคผนวก 66
ภาคผนวก ก ผลงานตีพิมพ์ 67
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 83

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 สูตรการคำนวณคุณภาพการให้บริการสำหรับโครงสร้างกระแสงาน [11] 8
ตารางที่ 2.2 มูลค่ารวมและลำดับของปัจเจกแต่ละตัวของประชากรเริ่มต้น 11
ตารางที่ 2.3 ปัจเจกสามอันดับแรกจากตารางที่ 2.2 12
ตารางที่ 3.1 ตัวอย่างการใช้แต้มในการพัฒนาบริการของเซอร์วิซอินสแตนซ์ 36
ตารางที่ 3.2 ตัวอย่างผลการพัฒนาบริการของเซอร์วิซอินสแตนซ์จากตาราง3.1 37
ตารางที่ 3.3 ตัวอย่างเซอร์วิซอินสแตนซ์ที่ 2 ในตารางที่ 3.2 เมื่อให้บริการในโหมดที่ 1 39
ตารางที่ 3.4 ตัวอย่างเซอร์วิซอินสแตนซ์ที่ 3 ในตารางที่ 3.2 เมื่อให้บริการในโหมดที่ 2 39
ตารางที่ 3.5 ตัวอย่างเซอร์วิซอินสแตนซ์ที่ 4 ในตารางที่ 3.2 เมื่อให้บริการในโหมดที่ 3 40
ตารางที่ 4.1 ผลการใช้อีดีเอวางแผนเซอร์วิซเชิงประกอบ 46
ตารางที่ 4.2 ผลการใช้อีดีเอหาคำตอบโดยมีข้อบังคับบนคุณภาพการให้บริการมากกว่าหนึ่งข้อ 47
ตารางที่ 4.3 ผลการใช้อีดีเอหาคำตอบเมื่อเซอร์วิซอินสแตนซ์ให้บริการได้หลายรูปแบบโดยมีข้อบังคับบนคุณภาพการให้บริการด้านราคา 49
ตารางที่ 4.4 ผลการใช้อีดีเอหาคำตอบเมื่อเซอร์วิซอินสแตนซ์ให้บริการได้หลายรูปแบบโดยมีข้อบังคับบนคุณภาพการให้บริการด้านเวลา 50
ตารางที่ 4.5 ผลการทดลองผลกระทบของค่าระดับการให้บริการ 53
ตารางที่ 4.6 ผลการทดลองผลกระทบของค่าระดับการให้บริการต่อคุณภาพของแผน 54
ตารางที่ 4.7 ผลการทดลองการพิจารณาความเบี่ยงเบนขณะวางแผน 55
ตารางที่ 4.8 ผลการทดลองกระตุ้นการปรับแผน 56
ตารางที่ 4.9 ผลการทดลองการปรับแผน 59
ตารางที่ 4.10 ผลการทดลองเมื่อมีกระแสงานเปลี่ยนไป 59

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

หน้า

รูปที่ 2.1 กระแสงานรูปแบบต่างๆ 8
รูปที่ 2.2 ผังงานการคำนวณเชิงวิวัฒน์ 9
รูปที่ 2.3 ผลการทดลองของงานวิจัย[11] 14
รูปที่ 3.1 ตัวอย่างการประกอบเว็บเซอร์วิซเชิงคุณภาพการให้บริการ 18
รูปที่ 3.2 แผนการประกอบเซอร์วิซซึ่งมีความสัมพันธ์แบบหุ้นส่วนระหว่างเซอร์วิซ 22
รูปที่ 3.3 การเข้ารหัสปัจเจก 31
รูปที่ 3.4 สถาปัตยกรรมของระบบในฝั่งผู้ใช้บริการ 42

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การประกอบธุรกิจในปัจจุบันมีแนวโน้มไปในทางที่ผู้ประกอบการเน้นการดำเนินงานเฉพาะส่วนที่ตนเองมีความถนัด และเลือกใช้บริการจากภายนอกองค์กรให้ดำเนินงานในส่วนอื่นแทน จึงทำให้มีองค์กรทางธุรกิจอยู่หลายองค์กรที่ดำเนินธุรกิจร่วมกันในระหว่างต้นทางจนถึงปลายทางตามกระบวนการทางธุรกิจ (Business Process) แนวคิดดังกล่าวสอดคล้องกับหลักการของสถาปัตยกรรมเชิงบริการ (Service-Oriented Architecture) [1] โดยมีเว็บเซอร์วิซ (Web Services) ซึ่งเป็นมาตรฐานเปิดในการติดต่อสื่อสารแลกเปลี่ยนข้อมูลและบริการผ่านทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เป็นเทคโนโลยีสำคัญที่จะช่วยให้รูปแบบการดำเนินธุรกิจดังกล่าวทำได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

นอกจากการเป็นกลไกในการประกอบธุรกิจแล้ว หากพิจารณาในแง่การพัฒนาซอฟต์แวร์ในปัจจุบันที่ใช้แนวคิดเชิงวัตถุ (Object Orientation) และแนวคิดส่วนประกอบซอฟต์แวร์ (Software Component) เป็นหลักในการพัฒนาจะเห็นว่าแนวคิดเกี่ยวกับเซอร์วิซมีความสอดคล้องกับแนวคิดเหล่านี้ นักพัฒนาซอฟต์แวร์ไม่จำเป็นต้องเริ่มต้นพัฒนาโปรแกรมจากศูนย์ แต่ใช้วิธีเลือกเอาเซอร์วิซที่มีอยู่มาประกอบกัน เพื่อให้ได้ซอฟต์แวร์ตัวใหม่ขึ้นมา ดังนั้นการประกอบเซอร์วิซ (Service Composition) จึงเป็นกลไกหนึ่งที่สำคัญในการสร้างซอฟต์แวร์ที่สามารถดำเนินการตามกระบวนการทางธุรกิจได้ โดยซอฟต์แวร์ที่ได้จากการประกอบกันของเซอร์วิซอื่นนี้ จะกลายเป็นเซอร์วิซใหม่ที่เรียกว่า **เซอร์วิซเชิงประกอบ (Composite Service)**

กระบวนการการประกอบกันของเซอร์วิซ สามารถแบ่งออกเป็นสองขั้นด้วยกัน ได้แก่ (1) **การวางแผน (Planning)** ว่าต้องการใช้เซอร์วิซประเภทใดบ้าง (Abstract Services) จากนั้น เลือกเซอร์วิซที่จะทำงานจริง (Concrete Services) เพื่อผูกเข้ากับเซอร์วิซแต่ละประเภทซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จะได้แก่ **แผน (Plan)** ของการทำงานของเซอร์วิซเชิงประกอบ ในขั้นตอนนี้ มีเครื่องมืออย่างเช่น บีเพล (BPEL) [2] ที่ผู้ใช้สามารถวางแผนประกอบเว็บเซอร์วิซให้ทำงานร่วมกันได้ และ (2) การเรียกใช้งานเซอร์วิซให้ทำงานตามที่ได้วางแผนไว้ จากกระบวนการนี้จึงพบปัญหาในขั้นตอนแรกว่าการเลือกเซอร์วิซขึ้นมาตัวหนึ่งจากหลาย ๆ ตัวที่เป็นเซอร์วิซในประเภทเดียวกันนี้ จะมีวิธีเลือกอย่างไร งานวิจัยที่เกี่ยวข้องส่วนหนึ่งจึงมุ่งเน้นไปที่การกำหนดเกณฑ์เพื่อใช้เลือกเซอร์วิซ การใช้คุณภาพของการให้บริการ (Quality of Services) ซึ่งเสนอโดยงานวิจัย [3] เป็นเกณฑ์ในการเลือก

เซอร์วิซนั้น ถือได้ว่าเป็นแนวทางที่ได้รับความนิยม โดยมีนักวิจัยด้านการประกอบกันของเว็บเซอร์วิซจำนวนมากที่ทำวิจัยเกี่ยวข้องกับแนวทางดังกล่าว ซึ่งในจำนวนนี้ เช่น งานวิจัย [4] ได้มองปัญหาการประกอบกันของเว็บเซอร์วิซในแง่ปัญหาการปรับเหมาะ (Optimization Problems) เพราะนอกจากปัญหาการเลือกเซอร์วิซแล้ว การอนุญาตให้ผู้ใช้สามารถกำหนดข้อบังคับ (Constraint) ในการให้บริการขึ้นมา อย่างเช่น เอสเอลเอ (Services Level Agreement - SLA) [5] ทำให้การเลือกเซอร์วิซโดยใช้วิธีหาค่าที่ดีที่สุดจึงไม่เพียงพอ เพราะต้องคำนึงถึงข้อบังคับที่ผู้ใช้กำหนดเอาไว้ด้วย

สำหรับปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการเรียกใช้งานเซอร์วิซที่เลือกจากคุณภาพการให้บริการนั้น มีการเสนอขึ้น เช่น ในงานวิจัย [6] ที่สนใจปัญหาความเบี่ยงเบน (Deviation) ของคุณภาพการให้บริการ ซึ่งความเบี่ยงเบนที่เกิดขึ้นระหว่างเรียกใช้งานเซอร์วิซนี้ อาจจะทำให้ข้อบังคับที่กำหนดไว้ถูกละเมิดได้ เช่น ข้อบังคับด้านเวลา เป็นต้น หรืออีกปัญหาหนึ่งคือเซอร์วิซที่ถูกเลือกไม่สามารถให้บริการได้ขณะเรียกใช้ จึงมีแนวคิดใน **การปรับแผน (Replanning)** เพื่อเลือกเซอร์วิซตัวใหม่ ขึ้นแทนตัวที่ทำให้เกิดการละเมิดข้อบังคับ หรือตัวที่ไม่สามารถให้บริการได้ในขณะนั้น งานวิจัยในปัญหานี้มีด้วยกันสองแนวทาง ได้แก่ (1) การกำหนดเซอร์วิซทดแทนไว้ล่วงหน้าและ (2) การเลือกเซอร์วิซทดแทนขณะรันไทม์ (Run time) ทั้งสองแนวทางนี้ต่างก็มีข้อดีข้อเสียแตกต่างกันไป ที่เด่นชัดได้แก่ แนวทาง (1) สามารถทำได้ง่ายแต่มีข้อจำกัดว่า เซอร์วิซสำรองที่เลือกไว้นั้นอาจจะไม่สามารถแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นหรือทำงานทดแทนในขณะนั้นได้ ส่วน (2) มีข้อดีคือสามารถทำการแก้ปัญหาได้ดีกว่าเพราะใช้ข้อมูลที่เป็นปัจจุบัน ส่วนข้อเสียคือมีค่าใช้จ่ายสูงกว่า

จากที่กล่าวมานี้ ทำให้เห็นประเด็นปัญหาในการประกอบเซอร์วิซ โดยใช้คุณภาพการให้บริการเป็นเกณฑ์อยู่ด้วยกันสองประเด็นใหญ่ ได้แก่ (1) เทคนิควิธีที่ใช้ในการปรับเหมาะในขั้นตอนการวางแผน และ (2) ปัญหาความเบี่ยงเบนของคุณภาพการให้บริการของเซอร์วิซในขณะรันไทม์ นอกจากนี้ หากพิจารณาการดำเนินธุรกิจจริงแล้ว จะพบว่างานวิจัยในปัจจุบันยังไม่ได้สนใจในแง่ของการปฏิบัติจริงเท่าที่ควรในประเด็นต่อไปนี้

1. **รูปแบบการให้บริการ (Service Provision Schemes)** เป็นไปอย่างหลากหลาย เช่น บางเซอร์วิซอาจเปิดให้บริการตลอดเวลาในขณะที่บางเซอร์วิซอาจให้บริการเพียงบางช่วงเวลา หรือ บางเซอร์วิซอาจไม่คิดค่าบริการในขณะที่บางเซอร์วิซอาจคิดค่าบริการเป็นหลายอัตรา ความหลากหลายเหล่านี้ควรต้องนำมาพิจารณาด้วยเมื่อเลือกเซอร์วิซมาประกอบกันในขั้นตอนการวางแผนและปรับแผน
2. การเลือกใช้งานเซอร์วิซมักคำนึงถึง **ระดับการให้บริการของเซอร์วิซ (Service Rating)** โดยระดับการให้บริการจะน่าเชื่อถือมากขึ้นหากคำนวณได้จากคุณภาพการให้บริการจริง มากกว่าการกำหนดตามความพึงพอใจของผู้ใช้บริการ ระดับการให้บริการของเซอร์วิซสามารถประเมินได้จากระดับความแม่นยำของคุณภาพการ

ให้บริการตามที่ประกาศไว้เทียบกับคุณภาพการให้บริการตามจริง ทั้งนี้มีสมมติฐานว่าแต่ละเซอร์วิซย่อมประกาศคุณภาพการให้บริการของตนว่ามีคุณภาพดีเพื่อที่แข่งขันกับเซอร์วิซอินสแตนซ์อื่นในประเภทเดียวกันได้ อย่างไรก็ตาม หากพฤติกรรมจริงในการให้บริการของเซอร์วิซด้อยกว่าที่ประกาศไว้ (การประกาศขาดความแม่นยำ) ก็จะส่งผลให้เซอร์วิซเชิงประกอบที่วางแผนไว้ไม่สามารถให้บริการตามคุณภาพที่ควรจะเป็นและทำให้ต้องมีการปรับแผนใหม่ในที่สุด หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือ ระดับการให้บริการของเซอร์วิซนี้จะส่งผลถึงความคงทนของแผนที่ได้วางไว้ โดย **ความคงทนของแผน (Plan Durability)** ในที่นี้หมายถึงความสามารถในการใช้งานแผนที่มีอยู่แล้วโดยไม่ต้องปรับแผนหรือปรับให้น้อยที่สุด ความคงทนของแผนเป็นสิ่งที่ควรคำนึงถึงเพราะการปรับแผนก่อให้เกิดค่าใช้จ่าย เช่น ต้องเสียเวลาเพิ่มขึ้น

3. เซอร์วิซต่าง ๆ ที่จะเลือกมาทำงานในเซอร์วิซเชิงประกอบอาจมีความขึ้นต่อกันที่ส่งผลต่อขั้นตอนการวางแผนและการปรับแผน เช่น **การเป็นหุ้นส่วนกัน (Partnership)** หรือมีความสัมพันธ์ในการดำเนินธุรกิจร่วมกัน โดยที่เซอร์วิซที่สัมพันธ์กันเมื่อถูกเลือกให้ทำงานร่วมกันก็สามารถเพิ่มคุณภาพการให้บริการได้ เช่น มีการลดราคาเมื่อใช้บริการเซอร์วิซร่วมกัน ทำให้ต้นทุนต่ำลง หรือสามารถให้บริการได้เร็วเมื่อทำงานร่วมกัน ลักษณะเช่นนี้ส่งผลต่อคุณภาพการให้บริการโดยรวมของเซอร์วิซเชิงประกอบทั้งในขั้นตอนการวางแผนและการปรับแผน แต่ขณะเดียวกันก็แสดงถึงการผูกติดกัน (Coupling) ของเซอร์วิซ โดยเฉพาะในขั้นตอนการปรับแผนอาจมีโอกาสที่จำเป็นต้องเปลี่ยนหลายเซอร์วิซพร้อมกัน ทั้ง ๆ ที่มีเซอร์วิซเพียงตัวเดียวที่เกิดการเบี่ยงเบนของคุณภาพการให้บริการ ทั้งนี้เนื่องจากการเปลี่ยนเซอร์วิซตัวที่เบี่ยงเบนออกไปนั้นเป็นการทำลายคุณภาพการให้บริการที่กลุ่มของเซอร์วิซที่ขึ้นต่อกันนี้ตกลงว่าจะให้ร่วมกัน การปรับแผนโดยกระทบหลายเซอร์วิซย่อมทำให้เกิดค่าใช้จ่ายที่สูงขึ้น
4. สภาพการดำเนินธุรกิจจริงมักมีความต้องการที่เปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา เช่น หากมีความต้องการเปลี่ยนบางประเภทของเซอร์วิซในกระแสงานเซอร์วิซเชิงประกอบแผนซึ่งมีอยู่เดิมควรที่ช่วยในการวางแผนสำหรับประเภทเซอร์วิซกลุ่มใหม่ได้ โดยไม่ต้องเริ่มต้นวางแผนทั้งหมดจากศูนย์

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาเพื่อเสนอรูปแบบการวางแผนและการปรับแผนสำหรับเซอร์วิซเชิงประกอบอิงคุณภาพการให้บริการที่สอดคล้องกับการปฏิบัติจริงในทางธุรกิจมากขึ้น โดยคำนึงถึงลักษณะการให้บริการที่หลากหลายทั้งในแง่เวลาและราคาในการให้บริการดังข้างต้นและความต้องการเปลี่ยนแปลงบางส่วนของกระแสงาน รวมทั้งพิจารณาคุณภาพของแผน (Quality of Plans)

เป็นเกณฑ์ด้วย ซึ่งในที่นี้คุณภาพของแผนจะนิยามในสองลักษณะ ได้แก่ (1) ความคงทนของแผน (Plan Durability) ซึ่งเกี่ยวข้องกับระดับการให้บริการและความแม่นยำของคุณภาพการให้บริการของเซอร์วิซ และ (2) ความง่ายในการปรับแผน (Ease of Replanning) ซึ่งในที่นี้เกี่ยวข้องกับความขึ้นต่อกันของเซอร์วิซ โดยเทคนิควิธีที่นำมาใช้ในการวางแผนและปรับแผนสำหรับเซอร์วิซเชิงประกอบได้แก่ อัลกอริทึมการประมาณการกระจาย หรือ อีดีเอ (Estimation of Distribution Algorithm) [8] ซึ่งเป็นเทคนิคหนึ่งของอัลกอริทึมเชิงพันธุกรรมหรือจีเอ (Genetic Algorithm - GA) [9] ทั้งนี้เนื่องจากวิธีอีดีเอสามารถนำความรู้เดิมจากการสร้างเซอร์วิซเชิงประกอบ ซึ่งได้มาจากขั้นตอนการวางแผน มาใช้ในขั้นตอนการปรับแผน จึงช่วยให้การปรับแผนเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพขึ้น ทั้งนี้งานวิจัยจะถือว่าข้อมูลคุณภาพการให้บริการของเซอร์วิซต่าง ๆ และข้อมูลความขึ้นต่อกันของเซอร์วิซมีการคำนวณและระบุไว้อยู่แล้ว เช่น ระบุไว้ในยูดีดีไอ (UDDI) [10] ซึ่งเป็นส่วนรับลงทะเบียนจากผู้ให้บริการ (Service Provider) สำหรับสถาปัตยกรรมเว็บเซอร์วิซ (Web Services Architecture)

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อเสนอรูปแบบการวางแผนสำหรับเซอร์วิซเชิงประกอบที่สอดคล้องกับแนวคิดทางธุรกิจมากขึ้นโดยพิจารณาทั้งในแง่คุณภาพการให้บริการและคุณภาพของแผน

1.2.2 เพื่อเสนอรูปแบบการปรับแผนซึ่งทำให้สามารถดำเนินงานต่อไปได้โดยไม่ละเมิดข้อบังคับโดยรวมของเซอร์วิซเชิงประกอบ

1.2.3 เพื่อเสนอรูปแบบการวางแผนให้มีความคงทนต่อความเบี่ยงเบนที่จะเกิดขึ้นในสภาพการใช้งานจริงของเซอร์วิซเชิงประกอบ

1.2.4 เพื่อเสนอรูปแบบการวางแผนเซอร์วิซเชิงประกอบใหม่ในกรณีที่เกิดการปรับกระแสงานเซอร์วิซเชิงประกอบตามความต้องการของธุรกิจ

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 การประกอบเซอร์วิซทำโดยการจำลอง ไม่ได้ทำในสภาพแวดล้อมที่มีการทำงานจริงของเซอร์วิซ

1.3.2 ทำการทดลองประกอบเซอร์วิซโดยใช้อีดีเอ

1.3.3 ทำการทดลองการกระตุ้นให้เกิดการปรับแผน แล้วทำการปรับแผนโดยใช้อีดีเอ

1.3.4 กระแสงานการประกอบเซอร์วิซประเภทต่าง ๆ มีการกำหนดไว้อยู่แล้ว การทดลองจะทำเพียงการหาเซอร์วิซอินสแตนซ์ที่เหมาะสมมาผูกเข้ากับกระแสงานนั้น

1.3.5 ข้อมูลคุณภาพการให้บริการของเซอร์วิซอินสแตนซ์และข้อมูลเกี่ยวกับความขึ้นต่อกันแบบเป็นหุ้นส่วนระหว่างเซอร์วิซอินสแตนซ์มีการระบุไว้อยู่แล้ว

1.3.6 เซอร์วิซอินสแตนซ์ของเซอร์วิซประเภทต่าง ๆ ในกระแสงานของเซอร์วิซเชิงประกอบสามารถทำงานเข้ากันได้ทั้งในแง่รูปแบบข้อมูลที่ส่งถึงกัน (Signature) และในแง่ความหมายเชิงพฤติกรรม (Semantics) อยู่แล้ว

1.3.7 งานวิจัยนี้สนใจเฉพาะเซอร์วิซอินสแตนซ์ที่ทำงานระยะสั้น (Short-Running Service) เท่านั้น

1.4 ขั้นตอนการวิจัย

1.4.1 ศึกษางานวิจัยเกี่ยวกับการประกอบเซอร์วิซ

1.4.2 ศึกษางานวิจัยเกี่ยวกับคุณภาพการให้บริการและระดับการให้บริการของเซอร์วิซ

1.4.3 ศึกษาพฤติกรรมของอีดีเอ

1.4.4 กำหนดรูปแบบคุณภาพการให้บริการที่สอดคล้องกับแนวคิดทางธุรกิจมากขึ้น

1.4.5 ประยุกต์ใช้อีดีเอในการแก้ปัญหาการวางแผนและการปรับแผนของเซอร์วิซในเชิงคุณภาพการให้บริการและคุณภาพของแผน

1.4.6 ทดลองการแก้ไขปัญหาที่กำหนดด้วยวิธีการจำลอง

1.4.7 สรุปผลการวิจัย และจัดทำรายงานวิทยานิพนธ์

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ได้รูปแบบการกำหนดคุณภาพการให้บริการของเซอร์วิซที่สอดคล้องกับแนวคิดทางธุรกิจมากขึ้นโดยพิจารณาความหลากหลายของรูปแบบการให้บริการ ความขึ้นต่อกันของเซอร์วิซ และระดับการให้บริการซึ่งประเมินจากพฤติกรรมจริงของเซอร์วิซ อีกทั้งยังได้แนวทางในการวางแผนและการปรับแผนสำหรับเซอร์วิซเชิงประกอบโดยใช้อีดีเอ โดยพิจารณาทั้งคุณภาพการให้บริการ คุณภาพของแผน และการเปลี่ยนแปลงตามกระบวนการทางธุรกิจ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.6 ผลงานตีพิมพ์

ส่วนหนึ่งของวิทยานิพนธ์นี้ได้ตีพิมพ์และนำเสนอในการประชุมวิชาการดังนี้

Proceedings of 8th International Conference on Distributed Applications and Interoperable Systems, LNCS 5053, Oslo, Norway (2008): 58-71 ในบทความเรื่อง QoS-Based Service Provision Schemes and Plan Durability in Service Composition โดยผู้แต่งคือ Koramit Pichanaharee และ Twittie Senivongse

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การคำนวณค่าของคุณภาพการให้บริการ

ในงานวิจัยนี้ใช้สูตรในการคำนวณค่าของคุณภาพการให้บริการที่เสนอโดยงานวิจัย [11] ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

2.1.1 การคำนวณคุณภาพการให้บริการของเซอร์วิซมีดังนี้

(1) Time – ระยะเวลาที่ใช้ในการให้บริการ ได้แก่เวลาที่เซอร์วิซใช้ทำงานรวมกันกับเวลาที่ข้อมูลเดินทาง คำนวณได้ดังนี้

$$T(s) = T_{trans}(s) + T_{process}(s)$$

โดยที่เวลาที่ข้อมูลเดินทาง $T_{trans}(s)$ เป็นค่าเฉลี่ยที่คำนวณจาก $T_{trans}(s)$ ในการให้บริการในครั้งก่อน ๆ ส่วนเวลาที่เซอร์วิซใช้ทำงาน $T_{process}(s)$ เป็นค่าประมาณโดยเซอร์วิซเอง ทั้งนี้ระยะเวลาที่แต่ละเซอร์วิซใช้ในการให้บริการจะส่งผลต่อระยะเวลาโดยรวมในการให้บริการของเซอร์วิซเชิงประกอบ

(2) Cost – ค่าใช้จ่ายในการใช้บริการ ทั้งนี้ค่าใช้จ่ายจากการใช้บริการแต่ละเซอร์วิซส่งผลต่อค่าใช้จ่ายโดยรวมในการให้บริการของเซอร์วิซเชิงประกอบ

(3) Availability – สภาพพร้อมใช้งานของบริการ ได้แก่ความน่าจะเป็นที่เซอร์วิซสามารถถูกเข้าถึงและให้บริการได้ ณ เวลาใด ๆ คำนวณจาก

$$A(s) = T_a/\alpha$$

เมื่อ T_a เป็นเวลาทั้งหมดที่เซอร์วิซ s สามารถเข้าถึงได้ในช่วงเวลา α ล่าสุด ทั้ง T_a และ α นี้มีหน่วยเป็นวินาที สำหรับค่า α เป็นค่าที่ผู้เชี่ยวชาญในเซอร์วิซแต่ละประเภทกำหนดขึ้น ซึ่งเซอร์วิซที่มีความถี่ในการใช้งานสูงค่า α จะถูกกำหนดให้มีค่าต่ำ เช่น เซอร์วิซที่เกี่ยวกับการซื้อขายหุ้นเป็นต้น ส่วนเซอร์วิซที่มีความถี่ในการใช้งานต่ำกว่าเช่นเซอร์วิซสำหรับร้านขายหนังสือจะมีค่า α ที่สูงกว่า ทั้งนี้สภาพพร้อมใช้งานของแต่ละเซอร์วิซจะส่งผลต่อสภาพพร้อมใช้งานโดยรวมในการให้บริการของเซอร์วิซเชิงประกอบ

(4) Reliability – ความเชื่อถือได้ของบริการ ได้แก่ค่าความน่าจะเป็นที่เซอร์วิซสามารถทำงานได้อย่างถูกต้องในกรอบเวลาที่กำหนดโดยคำนวณจาก

$R(s) = N(s)/K$

เมื่อ N(s) เป็นจำนวนครั้งที่เซอร์วิซทำงานได้อย่างถูกต้องภายในกรอบเวลาที่กำหนด ส่วนค่า K เป็นจำนวนครั้งทั้งหมดที่เซอร์วิซถูกเรียกใช้งาน ทั้งนี้ความเชื่อถือได้ของแต่ละเซอร์วิซจะส่งผลต่อความเชื่อถือได้โดยรวมในการให้บริการของเซอร์วิซเชิงประกอบ

คุณภาพการให้บริการชนิดต่าง ๆ เหล่านี้ สะท้อนถึงคุณภาพการให้บริการของเซอร์วิซเชิงประกอบที่ได้จากการวางแผนและปรับแผน โดยงานวิจัยนี้จะถือว่าค่าคุณภาพต่าง ๆ จะมีการประกาศหรือคำนวณไว้แล้วภายในสภาพแวดล้อมการทำงานของเซอร์วิซ

2.1.2 การคำนวณคุณภาพการให้บริการของเซอร์วิซเชิงประกอบ

สูตรการคำนวณคุณภาพการให้บริการสำหรับเซอร์วิซเชิงประกอบซึ่งภายในประกอบด้วยรูปแบบโครงสร้างกระแสงานแบบต่าง ๆ [11] เป็นดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 สูตรการคำนวณคุณภาพการให้บริการสำหรับโครงสร้างกระแสงาน [11]

QoS Attr.	Sequence	Switch	Flow	Loop
Time (T)	$\sum_{i=1}^{m} T(t_i)$	$\sum_{i=1}^{n} p_{ai} * T(t_i)$	$Max\{T(t_i)_{i\in\{1\ldots p\}}\}$	$k * T(t)$
Cost (C)	$\sum_{i=1}^{m} C(t_i)$	$\sum_{i=1}^{n} p_{ai} * C(t_i)$	$\sum_{i=1}^{p} C(t_i)$	$k * C(t)$
Availability (A)	$\prod_{i=1}^{m} A(t_i)$	$\sum_{i=1}^{n} p_{ai} * A(t_i)$	$\prod_{i=1}^{p} A(t_i)$	$A(t)^k$
Reliability (R)	$\prod_{i=1}^{m} R(t_i)$	$\sum_{i=1}^{n} p_{ai} * R(t_i)$	$\prod_{i=1}^{p} R(t_i)$	$R(t)^k$

จากตารางที่ 2.1 นิยามสัญลักษณ์ต่าง ๆ ไว้ดังนี้

$T(t_i)$ ฟังก์ชันคืนค่าเวลาที่เซอร์วิซ t_i ใช้ในการให้บริการ

$C(t_i)$ ฟังก์ชันคืนค่าค่าใช้จ่ายที่ต้องเสียเมื่อเรียกใช้เซอร์วิซ t_i

$A(t_i)$ ฟังก์ชันคืนค่าสภาพพร้อมใช้งานของบริการที่เซอร์วิซ t_i ประกาศไว้

$R(t_i)$ ฟังก์ชันคืนค่าความเชื่อถือได้ของบริการที่เซอร์วิซ t_i ประกาศไว้

k ค่าประมาณจำนวนรอบการทำซ้ำของลูป

p_{ai} ความน่าจะเป็นที่ทางเลือก a_i จะถูกเลือก

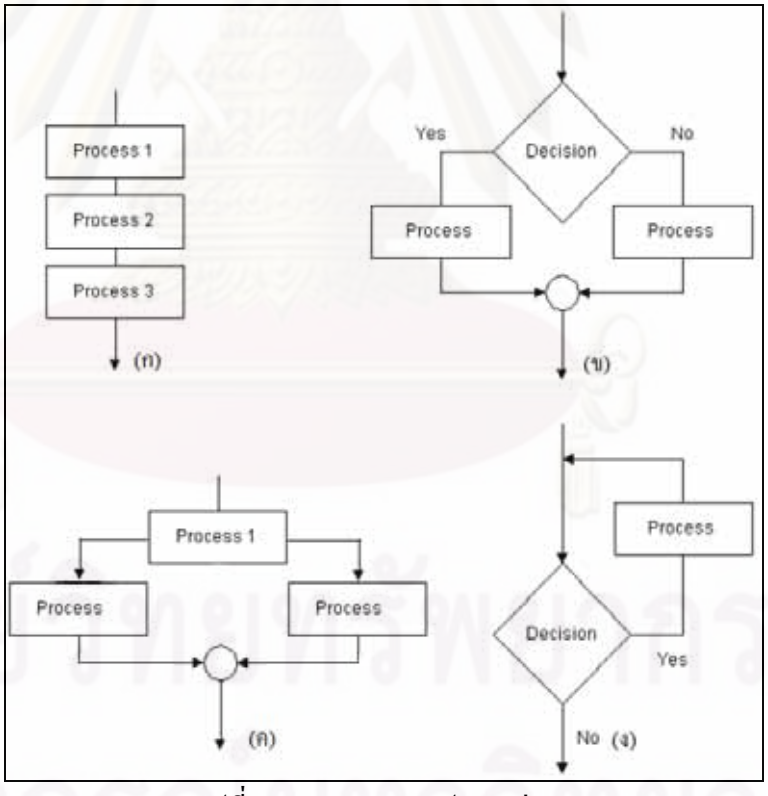
m จำนวนงาน (Task) บนโครงสร้างกระแสงานแบบลำดับ

n จำนวนทางเลือกทั้งหมดบนโครงสร้างกระแสงานแบบทางเลือก

p จำนวนกระแสงานย่อยที่ทำงานแบบขนาน ณ จุดที่พิจารณา

การคำนวณค่าคุณภาพการให้บริการของเซอร์วิซเชิงประกอบขึ้นกับรูปแบบโครงสร้างของกระแสงานที่ใช้ในการวางแผนประกอบเซอร์วิซ ในโครงสร้างแบบลำดับ (Sequence) จะใช้สูตรผลรวมกับคุณภาพของเวลาและค่าใช้จ่าย และใช้สูตรผลคูณกับคุณภาพของสภาพพร้อมใช้งานและความเชื่อถือได้

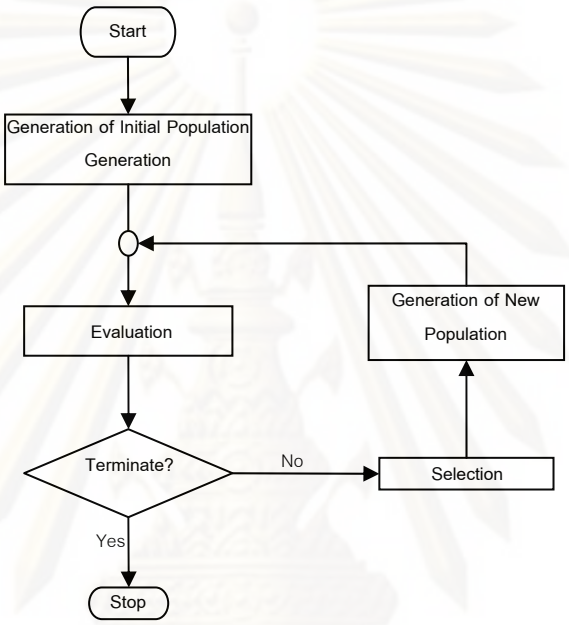
โครงสร้างแบบลำดับ (Sequence) ตามรูปที่ 2.1 (ก) คิดค่าเวลาและราคาโดยรวมจากการบวกเพิ่มและคิดค่าความน่าเชื่อถือและสภาพพร้อมใช้งานโดยรวมจากการคูณเพิ่มสำหรับโครงสร้างแบบทางเลือก (Switch) ตามรูปที่ 2.1 (ข) จะให้ผู้วางแผนกำหนดค่าความน่าจะเป็น p ลงบนทางเลือกต่าง ๆ เอง ตัวอย่างเช่น สมมติให้มีทางเลือกสองทางเลือกด้วยกันและในแต่ละทางเลือกมีค่าใช้จ่ายเป็น C_1 และ C_2 ค่าใช้จ่ายทั้งหมดของผังงานทางเลือกนี้จะเท่ากับ $pC_1 + (1-p)*C_2$ ส่วนโครงสร้างแบบโฟลว์ (Flow) ตามรูปที่ 2.1 (ค) จะใช้การหาค่ามากที่สุดในเรื่องของเวลา เนื่องจากแต่ละโฟลว์จะทำงานขนานกัน และสำหรับโครงสร้างแบบลูป (Loop) ตามรูปที่ 2.1 (ง) จะมีการประมาณค่า k ไว้ล่วงหน้าแทนที่การคลี่ลูป (Unfold) ออกเพื่อหาจำนวนรอบการทำซ้ำที่แท้จริง



รูปที่ 2.1 กระแสงานรูปแบบต่างๆ

2.2 อัลกอริทึมการประมาณการกระจายหรืออีดีเอ (Estimation of Distribution Algorithm - EDA)

อัลกอริทึมการประมาณการกระจายหรืออีดีเอ (Estimation of Distribution Algorithm - EDA) [8] เป็นเทคนิคที่พัฒนามาจากอัลกอริทึมทางพันธุกรรมหรือจีเอ (Genetic Algorithm - GA) มีรูปแบบขั้นตอนกระบวนการในแบบการคำนวณเชิงวิวัฒน์ (Evolutionary Computation) [12] ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 ผังงานการคำนวณเชิงวิวัฒน์

รูปที่ 2.2 เริ่มจากการสร้างประชากรเริ่มต้น (Generation of Initial Population) อันประกอบไปด้วยปัจเจก (Individual) จำนวนหนึ่งตามแต่กำหนด ซึ่งแต่ละปัจเจกจะแทนคำตอบหนึ่งของปัญหา โดยทั่วไปแล้วแต่ละปัจเจกจะถูกเข้ารหัส (Encode) ให้อยู่ในรูปของสายอักขระบิต (Bit Strings) เช่น ในปัญหา 0/1 แนปแสค สมมติให้มีของทั้งหมด 10 ชิ้น ของแต่ละชิ้นมีมูลค่าและน้ำหนักไม่เท่ากัน ปัญหาคือจะต้องเลือกของใน 10 ชิ้นนี้ให้ได้มูลค่ารวมกันมากที่สุด โดยมีน้ำหนักรวมที่จำกัดเป็นเงื่อนไขของปัญหา หากใช้จีเอเพื่อแก้ปัญหานี้ วิธีหนึ่งที่จะเข้ารหัสแต่ละปัจเจกได้แก่ การใช้สายอักขระบิตยาว 10 ตัวอักษรโดยที่แต่ละบิตจะแทนการตัดสินใจเลือกของแต่ละชิ้น บิต 0 หมายความว่าไม่เลือกของชิ้นนั้น ส่วนบิต 1 หมายความว่าเลือกของชิ้นนั้น ตัวอย่างเช่น

1101110101

จากตัวอย่างนี้สามารถถอดรหัสคำตอบ (Decode) ได้เป็น เลือกของชิ้นที่ 1, 2, 4, 5, 6, 8 และ 10 สมมติกำหนดจำนวนประชากร (Population Size) แต่ละรุ่นไว้ 5 ตัว ปัจเจกแต่ละตัวจะถูก

ประเมินคุณค่าโดยฟิตเนสฟังก์ชัน (Fitness Function) หรือก็คือฟังก์ชันเป้าหมาย (Objective Function) ในกระบวนการประเมินคุณภาพ (Evaluation) สำหรับปัญหานี้ฟิตเนสฟังก์ชันได้แก่ ผลรวมของมูลค่า จากนั้นจะพิจารณาเงื่อนไขการหยุด หากพบเงื่อนไขการหยุด ก็จะหยุดกระบวนการ แต่หากยังไม่พบเงื่อนไขการหยุด ก็จะเข้าสู่กระบวนการคัดเลือก (Selection) ต่อไป การคัดเลือกมีด้วยกันหลายวิธี วิธีหนึ่งได้แก่ การเลือกเอาเฉพาะปัจเจกที่ให้คำตอบที่ดีที่สุดจำนวนหนึ่งเพื่อเข้าสู่กระบวนการสร้างประชากรรุ่นถัดไป (Generation of New Population) โดยประชากรรุ่นถัดไปอาจจะประกอบไปด้วยปัจเจกเดิมที่ถูกคัดเลือกให้อยู่รอดรวมกันกับปัจเจกใหม่ที่ถูกสร้างขึ้นจากปัจเจกเดิมที่ได้รับการคัดเลือก สำหรับจีเอจะใช้ตัวดำเนินการทางพันธุกรรม (Genetic Operator) เป็นเครื่องมือในการสร้างปัจเจกใหม่ขึ้นจากปัจเจกเก่า

สมมติให้ประชากรรุ่นแรกของปัญหา 0/1 แนปแสคดังกล่าวเป็นดังตารางที่ 2.2 โดยการจัดลำดับกำหนดโดยเรียงตามปัจเจกที่ให้มูลค่ารวมมากที่สุด

ตารางที่ 2.2 มูลค่ารวมและลำดับของปัจเจกแต่ละตัวของประชากรเริ่มต้น

ตัวที่	คำตอบ	มูลค่ารวม	ลำดับ
1	1010101011	10	2
2	0011010110	12	1
3	1110110101	7	5
4	0101101101	8	4
5	1111001101	9	3

จากตัวอย่างนี้อาจกำหนดให้เก็บปัจเจกที่ดีที่สุด 2 ตัวไว้เป็นประชากรรุ่นถัดไปและสร้างประชากรขึ้นใหม่อีก 3 ตัวจากปัจเจกสองตัวนี้โดยใช้ตัวดำเนินการทางพันธุกรรม ซึ่งมีสองอย่างด้วยกันได้แก่ การไขว้เปลี่ยน (Cross over) และ การกลายพันธุ์ (Mutation) ทั้งการไขว้เปลี่ยนและการกลายพันธุ์จะถูกกำหนดอัตราส่วนในการใช้งานไว้แล้ว เช่น ในปัญหานี้จะกำหนดให้สร้างปัจเจกใหม่ 2 ตัวด้วยการไขว้เปลี่ยนปัจเจก 2 ตัวที่ถูกเลือกเก็บไว้ และใช้การกลายพันธุ์กับปัจเจกลำดับที่ 1 เพื่อสร้างปัจเจกใหม่ขึ้นมาอีก 1 ตัว เมื่อได้ปัจเจกครบทั้ง 5 ตัวแล้วก็ทำการประเมินค่าของปัจเจกแต่ละตัวแล้วจึงพิจารณาเพื่อหยุดการทำงาน เงื่อนไขการหยุดเป็นได้หลายอย่าง เช่น การกำหนดจำนวนรุ่นของประชากรเป็นต้น หากตัดสินใจหยุดก็จะตอบปัญหาด้วยปัจเจกลำดับที่ 1 ของประชากรรุ่นล่าสุด ถ้าไม่เช่นนั้นจะเกิดกระบวนการทำซ้ำการคัดเลือกและสร้างประชากรใหม่ต่อไป จะเห็นได้ว่ากระบวนการที่กล่าวมานี้ แม้จะใช้หลักในการคัดเลือก การสร้างประชากร หรือ

การหยุดอย่างไรก็ตาม ต่างก็มีลักษณะที่เลียนแบบมาจากกระบวนการคัดเลือกโดยธรรมชาติทั้งสิ้น โดยปัจเจกที่ให้คำตอบที่ดีกว่า จะมีโอกาสที่จะอยู่รอดมากกว่า

สำหรับอีดีเอนั้นมีกระบวนการเลียนแบบการคัดเลือกโดยธรรมชาติเช่นกัน แต่ต่างกับจีเอตรงที่ อีดีเอจะไม่ใช้ตัวดำเนินการทางพันธุกรรมในการสร้างประชากรรุ่นถัดไป แต่จะใช้หลักทางสถิติแทน อีดีเอจึงถูกเรียกในอีกชื่อหนึ่งว่า พีเอ็มบีจีเอ (Probabilistic Model-Building Genetic Algorithm – PMBGA)

ส่วนที่ใช้สร้างประชากรรุ่นถัดไปของอีดีเอ เรียกว่าจีเอฟ (Generator Function - GF) ซึ่งทำงานโดยหลักการทางสถิติ เช่น จากตัวอย่างคำตอบที่แสดงในตารางที่ 2.2 สามารถกำหนดจีเอฟได้จากการหาความน่าจะเป็นของแต่ละบิตที่จะเป็น 0 หรือ 1 อย่างเช่น ในบิตแรกเมื่อพิจารณาตามตารางที่ 2.2 จะพบว่ามีบิตที่เป็น 1 อยู่ 3 ปัจเจก จึงกำหนดความน่าจะเป็นที่บิตตำแหน่งแรกจะเป็น 1 ได้เป็น 0.6 และที่บิตในตำแหน่งถัดไปเป็น 0.6, 0.8, 0.6, 0.4, 0.6, 0.8, 0.4 และ 0.8 ตามลำดับ ค่าความน่าจะเป็นของบิตต่าง ๆ ที่จะเป็น 1 ทั้งหลายนี้จะเป็นความรู้สำหรับใช้ในการสร้างประชากรรุ่นถัดไป อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาว่าแต่ละปัจเจกให้คุณภาพคำตอบไม่เท่ากัน การสร้างจีเอฟจึงมีเทคนิคต่าง ๆ เพื่อให้ได้ค่าความน่าจะเป็นที่เหมาะสมมากขึ้น เช่น ใช้การคิดน้ำหนัก โดยให้น้ำหนักมากแก่ปัจเจกที่มีคุณภาพมากในการคำนวณความน่าจะเป็น หรือ ใช้การคัดเลือกเฉพาะปัจเจกที่มีคุณภาพดีขึ้นมาเพียงจำนวนหนึ่งโดยให้น้ำหนักเท่ากันแล้วจึงทำการคำนวณความน่าจะเป็น ตัวอย่างเช่น เลือก 3 อันดับแรกของปัจเจกจากตารางที่ 2.2 ขึ้นมาดังแสดงในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ปัจเจกสามอันดับแรกจากตารางที่ 2.2

คำตอบ	มูลค่ารวม
0011010110	12
1010101011	10
1111001101	9

จากตารางที่ 2.3 สามารถกำหนดจีเอฟด้วยความน่าจะเป็นที่บิตแต่ละตำแหน่งจะมีค่า 1 ได้ดังนี้

0.66, 0.33, 1.00, 0.66, 0.33, 0.33, 0.66, 0.66, 0.66, 0.66

จากนั้นจีเอฟ จะใช้ค่าความน่าจะเป็นนี้เพื่อสร้างประชากรรุ่นถัดไป ดังนี้

สุ่มสร้างบิตตำแหน่งที่ 1 ให้มีค่าเป็น 1 ด้วยความน่าจะเป็น 0.66

สุ่มสร้างบิตตำแหน่งที่ 2 ให้มีค่าเป็น 1 ด้วยความน่าจะเป็น 0.33

สุ่มสร้างบิตตำแหน่งที่ 3 ให้มีค่าเป็น 1 ด้วยความน่าจะเป็น 1.00

…

สุ่มสร้างบิตตำแหน่งที่ 10 ให้มีค่าเป็น 1 ด้วยความน่าจะเป็น 0.66

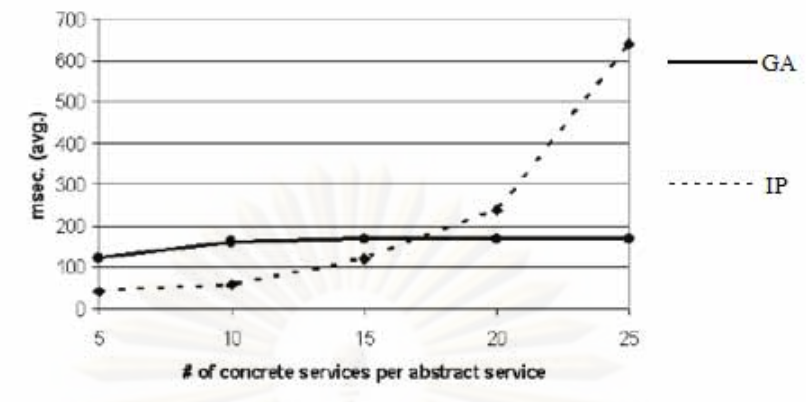
เมื่อทำครบดังข้างต้นจะได้ปัจเจกใหม่ 1 ตัว จากนั้นจึงสร้างปัจเจกขึ้นใหม่ด้วยวิธีการเดียวกันนี้ เมื่อได้ประชากรรุ่นถัดไปแล้ว จีเอฟจะถูกกำหนดขึ้นใหม่ด้วยวิธีเดียวกันเพื่อสร้างประชากรรุ่นถัดไปอีก การกำหนดจีเอฟในปัญหาที่กล่าวมานี้ เป็นการกำหนดด้วยสมมติฐานที่ว่าแต่ละบิตเป็นอิสระต่อกัน ทั้งนี้ ยังสามารถกำหนดจีเอฟ ในกรณีที่แต่ละบิตมีความขึ้นต่อกัน ในรูปแบบของข่ายงานแบบเบย์ (Bayesian Network) ได้เช่นกัน

เราสามารถพิจารณาค่าความน่าจะเป็นในจีเอฟนี้ได้ว่า เป็นความรู้ที่แสดงถึงโครงสร้างของคำตอบ ซึ่งในแต่ละรอบ จีเอฟจะสามารถอธิบายโครงสร้างของคำตอบได้ดีขึ้นเรื่อย ๆ อย่างไรก็ตาม คำตอบที่ได้จากอีดีเอนั้นจะไม่สามารถรับประกันว่าเป็นคำตอบที่ดีที่สุดของปัญหา แต่แม้กระนั้นโดยส่วนมากจะมีการกำหนดค่าที่พอใจไว้เป็นส่วนหนึ่งในเงื่อนไขการหยุด อีดีเอจึงสามารถให้คำตอบที่พอใจได้เป็นอย่างน้อยถ้ามันสามารถหาคำตอบในปัญหานั้นได้

2.3 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.3.1 An Approach for QoS-aware Service Composition based on Genetic Algorithms โดย Gerardo Canfora, Massimiliano Di Penta, Raffaele Esposito, Maria Luisa Villani

งานวิจัย [11] นำเสนอการใช้จีเอในการประกอบกันของเว็บเซอร์วิซเชิงคุณภาพการให้บริการ โดยมีการทดลองเปรียบเทียบกับการใช้กำหนดการเชิงจำนวนเต็ม (Integer Programming) ในการแก้ปัญหาเดียวกัน ผลการทดลองชี้ให้เห็นว่า เมื่อจำนวนเว็บเซอร์วิซที่ถูกเรียกให้ทำงานมีเพิ่มมากขึ้น การใช้กำหนดการเชิงจำนวนเต็มมีแนวโน้มที่จะใช้เวลาในการคำนวณเพิ่มมากขึ้นด้วยเช่นกัน ส่วนการใช้จีเอนั้น เวลาในการคำนวณมีแนวโน้มคงที่ ดังแสดงในรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 ผลการทดลองของงานวิจัย [11]

การทดลองได้กำหนดให้คุณภาพของคำตอบที่ได้จากทั้งสองวิธีการนี้ ต้องแตกต่างกันไม่เกิน 1 เปอร์เซ็นต์ โดยทดลองโดยใช้กำหนดการเชิงจำนวนเต็มก่อน จากนั้นจึงนำคำตอบที่ได้นี้ไปเป็นเงื่อนไขในการหยุดของวิธีจีเอด้วย งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่า วิธีจีเอสามารถใช้ในการแก้ปัญหาการประกอบกันของเว็บเซอร์วิซเชิงคุณภาพการให้บริการได้อย่างน่าพอใจ แต่ยังพิจารณาเฉพาะการประกอบเซอร์วิซในขั้นตอนการวางแผน

ผู้วิจัยจะนำฟิตเนสฟังก์ชันที่เสนอโดยงานวิจัย [11] มาปรับปรุงให้เหมาะสมกับแนวทางที่ผู้วิจัยเสนอและให้เหมาะกับพฤติกรรมของวิธีอีดีเอ

2.3.2 Optimizing Dynamic Web Services Component Composition By Using Evolutionary Algorithms โดย Wei-Chun Chang, Ching-She Wu, Chun Chang

งานวิจัย [13] นี้เป็นอีกงานวิจัยหนึ่งที่ได้นำเอากระบวนการคำนวณเชิงวิวัฒน์ไปใช้ในการแก้ปัญหาการประกอบกันของเว็บเซอร์วิซ โดยกล่าวถึงการนำเว็บเซอร์วิซมาประกอบขึ้นเป็นซอฟต์แวร์ขนาดใหญ่ว่ายังมีปัญหาในด้านการคัดเลือกเซอร์วิซอินสแตนซ์ให้มีคุณสมบัติโดยรวมอยู่ภายใต้ข้อบังคับที่กำหนด จึงได้นำการคำนวณเชิงวิวัฒน์มาใช้แก้ปัญหาดังกล่าว คุณภาพการให้บริการที่ใช้เป็นเกณฑ์ในการเลือกเซอร์วิซได้แก่ การรักษาความปลอดภัย ราคา เวลา ความน่าไว้วางใจ เป็นต้น และใช้ฟังก์ชันที่เรียกว่า DFBMOEA (Distance Function-Based Multi-Objective Evolutionary Algorithms) เป็นตัวประเมินคุณภาพของปัจเจก โดยสามารถระบุระยะห่างของปัจเจกจากข้อบังคับในการประกอบเซอร์วิซได้ ในงานวิจัยนี้พิจารณาเฉพาะการประกอบเซอร์วิซในขั้นตอนการวางแผนและใช้การทดลองโดยวิธีการจำลอง

2.3.3 A Genetic Algorithm for An Automated Web Services Composition โดย S. Sounsri, D. Wichadakul, D. Savamipak

งานวิจัย [14] นำเสนอการประกอบเซอร์วิซอย่างอัตโนมัติในเชิงของการเลือกอินสแตนซ์ในขั้นตอนการวางแผน โดยทำการทดลองในสองสภาพแวดล้อมได้แก่ เมื่ออินสแตนซ์ทุกตัวทำงานได้และเมื่ออินสแตนซ์บางตัวทำงานไม่ได้ การทดลองเป็นการเปรียบเทียบระหว่างการประกอบเว็บเซอร์วิซด้วยวิธีจีเอ วิธีสุ่ม และวิธี FCFS (First Come First Serve) งานวิจัยนี้ใช้เว็บเซอร์วิซ 5 ชนิดประกอบกัน แต่ละชนิดมีอินสแตนซ์ 5 ตัว สำหรับแบบสุ่มจะทำการสุ่มเลือกอินสแตนซ์ขึ้นมาใช้ ส่วนแบบ FCFS นั้นจะเลือกเซอร์วิซที่ตอบสนองมาเป็นตัวแรกเป็นอินสแตนซ์ และส่วนวิธีจีเอจะใช้การเลือกเซอร์วิซจากคุณภาพการให้บริการและมีการตรวจสอบก่อนว่าปัจเจกแต่ละตัวเป็นคำตอบที่เป็นไปได้หรือไม่ จากผลการทดลองพบว่าวิธีจีเอใช้เวลาในการทำงานน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับอีกสองวิธีที่เหลือทั้งแบบอินแสตนซ์ทำงานทุกตัวและทำงานบางตัว

งานวิจัย [14] ได้นำเสนอวิธีจีเอในด้านการเอาชนะปัญหาที่คำตอบหนึ่งเป็นจริงหรือไม่ขึ้นอยู่กับเหตุการณ์ ซึ่งเป็นประเด็นที่ผู้วิจัยต้องการศึกษาเช่นกัน นอกจากนี้งานวิจัย [14] ยังแตกต่างจากงานวิจัยอื่น ตรงที่มีการทดลองกับสภาพแวดล้อมในการเรียกใช้งานเว็บเซอร์วิซผ่านทางระบบเครือข่ายจริง แต่ยังพิจารณาเฉพาะการประกอบเซอร์วิซในขั้นตอนการวางแผน

2.3.4 Efficient Access to Web Services โดย Mourad, O., Athman, B.

งานวิจัย [15] กล่าวถึงประเด็นความไว้วางใจที่ผู้ใช้บริการมีต่อเว็บเซอร์วิซในเชิงพฤติกรรมการให้บริการ โดยแทนความไว้วางใจด้วยระดับการให้บริการของเว็บเซอร์วิซ ซึ่งคำนวณโดยการวัดค่าอัตราความแม่นยำของคุณภาพการให้บริการของเซอร์วิซ ว่าค่าคุณภาพการให้บริการในขณะใช้งานจริงมีความเบี่ยงเบนไปจากที่เซอร์วิซประกาศมากน้อยเพียงใด โดยหากเบี่ยงเบนไปในทางที่ดีก็จะได้รางวัลโดยระดับการให้บริการจะมีค่าสูงขึ้น แต่หากเบี่ยงเบนไปในทางที่ไม่ดีก็จะถูกลงโทษโดยระดับการให้บริการจะมีค่าลดลง

ผู้วิจัยจะนำแนวคิดการกำหนดระดับการให้บริการของเซอร์วิซจากการคำนวณความแม่นยำของคุณภาพการให้บริการจากงานวิจัย [15] นี้มาใช้ส่วนหนึ่ง แต่จะมีความแตกต่างกันตรงที่ผู้วิจัยจะให้ความสำคัญกับความเบี่ยงเบนที่เกิดขึ้นกับคุณภาพการให้บริการในเหตุการณ์ต่าง ๆ ไม่เท่ากัน และค่าความแม่นยำของคุณภาพการให้บริการของเซอร์วิซที่ผู้วิจัยเสนอจะสะท้อนอยู่ในรูปของสัดส่วนความเบี่ยงเบนซึ่งต่างจากงานวิจัย [15] ที่สะท้อนออกมาในรูปของค่าเชิงสเกลาร์

2.3.5 QoS-Aware Re-planning of Composite Web Services โดย Gerardo Canfora, Massimiliano Di Penta, Raffaele Esposito, Maria Luisa Villani

งานวิจัย [6] กล่าวถึงปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการเรียกใช้งานเว็บเซอร์วิซที่เลือกจากคุณภาพการให้บริการ โดยได้ระบุปัญหาไว้ว่าเกิดจาก 2 สาเหตุด้วยกันได้แก่ เว็บเซอร์วิซที่เลือกไว้ไม่

สามารถให้บริการได้ขณะเรียกใช้ และ คุณภาพการให้บริการในขณะการให้บริการเกิดความเบี่ยงเบนไปจากที่ได้ประกาศไว้ ซึ่งปัญหาที่เกิดขึ้นนี้อาจทำให้เกิดการละเมิดข้อบังคับขึ้น งานวิจัยนี้จึงได้นำเสนอการปรับแผนในขณะรันไทม์ เพื่อเลือกเว็บเซอร์วิซขึ้นมาทดแทนตัวที่เกิดปัญหา และนอกจากนี้หากมีการเปลี่ยนตัวเว็บเซอร์วิซ กระแสงานที่กำหนดไว้ก็อาจต้องเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย เช่น เมื่อเว็บเซอร์วิซที่อยู่ในผังงานแบบลูปถูกเปลี่ยนตัว ก็ต้องมีการย้อนกลับไป ณ ตำแหน่งก่อนที่เกิดลูปเพื่อคำนวณใหม่ เป็นต้น งานวิจัยนี้จึงได้เสนออัลกอริทึมการกระตุ้นให้เกิดการปรับแผนและกระบวนการปรับแผน ระบบการปรับแผนจะทำการตรวจสอบทุก ๆ จุดการทำงานด้วยอัลกอริทึมการกระตุ้นการปรับแผน โดยใช้เซอร์วิซเฝ้าสังเกต (Monitoring Service) หากจุดใดมีคุณภาพการให้บริการที่เบี่ยงเบนไปจากที่ได้คำนวณไว้ในขั้นตอนการวางแผนประกอบเซอร์วิซ ก็จะมีการเลือกเซอร์วิซใหม่ทดแทนผ่านทางพร็อกซีเซอร์วิซ ซึ่งจะทำการผูกมัด (Binding) เซอร์วิซอินสแตนซ์ตัวหนึ่งมาทำงานเป็นตัวแทน ณ จุดที่เกิดการเบี่ยงเบน

ผู้วิจัยนำเอาแนวทางการเฝ้าสังเกตมาปรับใช้ในการปรับแผนด้วยอีดีเอ แต่ในการปรับแผนจะครอบคลุมกรณีที่ไม่สามารถเปลี่ยนเซอร์วิซที่มีคุณภาพการให้บริการเบี่ยงเบนเพียงแค่ตัวเดียวได้ เช่น ในกรณีที่เมื่อเปลี่ยนเซอร์วิซตัวใหม่มาแทนแล้วแต่ไม่สามารถรักษาไว้ซึ่งข้อบังคับโดยรวมของเซอร์วิซเชิงประกอบได้ ทำให้จำเป็นต้องเปลี่ยนเซอร์วิซตัวอื่นร่วมด้วย

สำหรับในบทนี้ได้กล่าวถึงทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งผู้วิจัยได้นำความรู้ในส่วนนี้ไปประยุกต์ใช้โดยในบทต่อไปจะได้อธิบายถึงวิธีการดำเนินงานวิจัยและแนวคิดในการวิจัย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

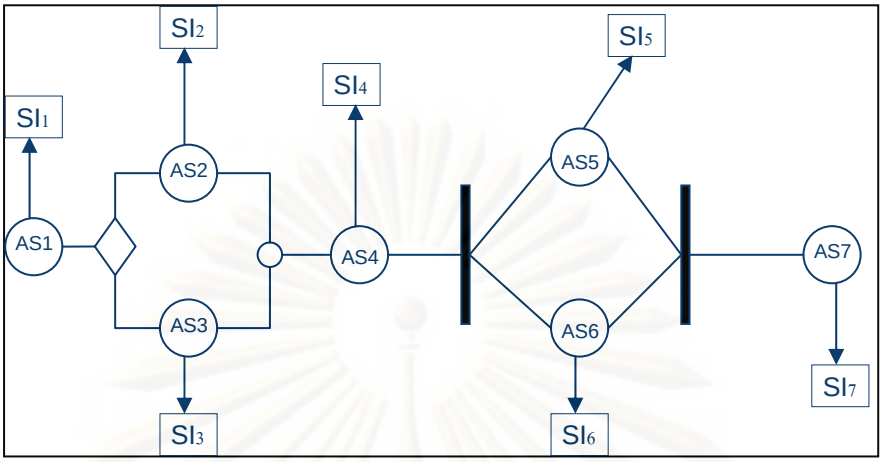
วิธีดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยนี้ มีแนวคิดในการวางแผนและการปรับแผนสำหรับเซอร์วิซเชิงประกอบเพื่อความคงทนของแผน โดยปรับวิธีการพิจารณาเลือกเซอร์วิซอินสแตนซ์ที่จะนำมาประกอบกัน ในสภาพที่ลักษณะการให้บริการมีความหลากหลาย ทั้งในแง่ของจำนวนเซอร์วิซอินสแตนซ์และเงื่อนไขในการเรียกใช้ โดยมีพื้นฐานอยู่บนการพิจารณาคุณภาพการให้บริการและคุณภาพของแผนที่สร้างขึ้นในด้านความคงทนและความง่ายในการปรับแผน เพื่อลดโอกาสหรือลดปัญหาในการปรับแผนระหว่างการเรียกใช้งานเซอร์วิซเชิงประกอบ โดยเลือกอีดีเอเป็นอัลกอริทึมที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้ รายละเอียดของแนวคิดมีดังนี้

3.1 ภาพรวมการวางแผน การเรียกใช้งาน และการปรับแผนสำหรับเซอร์วิซเชิงประกอบ

3.1.1 การวางแผนสำหรับเซอร์วิซเชิงประกอบ

การวางแผนสำหรับเซอร์วิซเชิงประกอบมีลักษณะดังตัวอย่างในรูปที่ 3.1 ซึ่งเป็นการประกอบกันของเซอร์วิซ 7 ประเภทที่แสดงด้วยรูปวงกลม ได้แก่ AS1-AS7 เซอร์วิซแต่ละประเภท (Abstract Service - AS) จะมีเซอร์วิซอินสแตนซ์ (Service Instance - SI) ให้เลือกหลายตัวแต่ในรูปได้มีการเลือกเซอร์วิซอินสแตนซ์สำหรับทำงานซึ่งแสดงด้วยรูปสี่เหลี่ยมไว้แล้ว ในที่นี้ปัญหาการวางแผนอยู่ที่การเลือกเซอร์วิซอินสแตนซ์ด้วยการใช้คุณภาพการให้บริการเป็นเกณฑ์ ซึ่งการวางแผนเลือกเซอร์วิซอินสแตนซ์สำหรับเซอร์วิซเชิงประกอบยังต้องคำนึงถึงข้อบังคับ (Constraint) ที่ผู้ใช้กำหนดด้วย โดยข้อบังคับนี้ กำหนดตามคุณภาพการให้บริการ เช่น ราคารวม เวลารวม ของเซอร์วิซเชิงประกอบต้องไม่เกินค่าใดค่าหนึ่งหรืออาจกำหนดเป็นค่าเฉพาะจุด เช่น กำหนดให้ที่ AS4 ต้องเลือกเซอร์วิซอินสแตนซ์ที่มีค่าความเชื่อถือได้และสภาพพร้อมใช้งานเท่ากับ 1 เป็นต้น



รูปที่ 3.1 ตัวอย่างการประกอบเว็บเซอร์วิซเชิงคุณภาพการให้บริการ

3.1.2 การเรียกใช้งานเซอร์วิซเชิงประกอบ

ในทางปฏิบัติจะมีเซอร์วิซที่ทำหน้าที่แทนผู้ใช้บริการในการเรียกใช้เซอร์วิซอินสแตนซ์ต่าง ๆ ให้ทำงานประสานสอดคล้องกันตามกระแสงานที่ผู้ใช้บริการออกแบบไว้ งานวิจัยนี้เรียกเซอร์วิซนี้ว่า เอเจนต์เซอร์วิซ (Agent Service) หน้าที่ของเอเจนต์เซอร์วิซนอกจากที่กล่าวมาแล้ว ยังได้แก่ การเฝ้าสังเกตการทำงานของเซอร์วิซอินสแตนซ์ว่าทำงานด้วยคุณภาพการให้บริการตามที่ประกาศไว้หรือไม่ โดยเก็บข้อมูลจากการติดต่อจริงกับเซอร์วิซอินสแตนซ์ไว้สำหรับคำนวณค่าคุณภาพการให้บริการ หากค่าที่คำนวณได้ด้อยกว่าค่าที่เซอร์วิซอินสแตนซ์ประกาศไว้จะถือว่ามีความเบี่ยงเบนเกิดขึ้น ซึ่งเอเจนต์เซอร์วิซจะพิจารณาถึงการปรับแผนต่อไป

3.1.3 การปรับแผน

การปรับแผนเป็นวิธีแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในขณะเรียกใช้เซอร์วิซเชิงประกอบ เมื่อเซอร์วิซอินสแตนซ์บางตัวให้บริการด้วยคุณภาพการให้บริการที่ไม่ตรงกับที่ประกาศไว้ ซึ่งค่านั้นเป็นค่าที่ผู้ใช้บริการนำไปเป็นเกณฑ์ในการเลือกวางแผนเซอร์วิซเชิงประกอบ ดังนั้นหากค่าคุณภาพการให้บริการเกิดความเบี่ยงเบน ก็อาจทำให้ละเมิดข้อบังคับของผู้ใช้บริการได้ ทางแก้ปัญหาวิธีหนึ่งคือการเลือกอินสแตนซ์เซอร์วิซอื่นขึ้นมาทดแทน

3.2 รูปแบบการให้บริการของเซอร์วิซที่สอดคล้องแนวคิดทางธุรกิจ

งานวิจัย [3] เป็นงานวิจัยที่เสนอการประกอบเซอร์วิซเชิงคุณภาพการให้บริการขึ้นเป็นครั้งแรก จึงทำให้งานวิจัยที่เกี่ยวกับการประกอบเซอร์วิซจำนวนมาก ล้วนแต่อ้างถึงงานวิจัยนี้ แต่หากพิจารณาถึงรูปแบบการวางแผนสำหรับเซอร์วิซเชิงประกอบที่เสนอโดยงานวิจัย [3] แล้ว จะพบว่า

ยังเป็นแนวทางที่เป็นนามธรรมอยู่มาก เช่น ราคาในการใช้บริการที่แต่ละเซอร์วิซอินสแตนซ์กำหนดไว้ เป็นแบบคงที่ ซึ่งอาจไม่สามารถรองรับแนวคิดของการแข่งขันทางธุรกิจที่เมื่อเซอร์วิซแต่ละประเภทมีผู้ให้บริการหลายราย การแข่งขันกันด้านราคาย่อมต้องเกิดขึ้นตามกลไกตลาด หรือหากพิจารณาเรื่องเวลาในการให้บริการ จะพบว่าด้วยลักษณะความเป็นพลวัตของระบบเครือข่ายนั้น ไม่สามารถใช้เวลาในการประมวลผลเพียงอย่างเดียวเพื่อพิจารณาเลือกเซอร์วิซได้ ดังนั้นเวลาที่ควรจะนำมาเป็นเกณฑ์การตัดสินใจจึงได้แก่เวลาที่เป็นระยะเวลาตั้งแต่เรียกใช้เซอร์วิซไปจนถึงผู้ใช้ได้รับผลลัพธ์ ซึ่งการที่แต่ละเซอร์วิซอินสแตนซ์จะสามารถรับประกันระยะเวลาดังกล่าวกับผู้ใช้ได้นั้น จำเป็นต้องพิจารณาถึงพื้นที่ในการให้บริการด้วย เช่น เซอร์วิซอินสแตนซ์ที่มีเครื่องแม่ข่าย (Server) ตั้งอยู่ในเขตพื้นที่เดียวกันกับผู้ใช้บริการ น่าที่จะสามารถให้บริการด้วยระยะเวลาที่น้อยกว่าผู้ให้บริการรายอื่นที่เครื่องแม่ข่ายตั้งอยู่ต่างพื้นที่กับผู้ใช้บริการ เป็นต้น นอกจากนี้คุณภาพการให้บริการด้าน ราคา เวลา สภาพพร้อมใช้งาน ความเชื่อถือได้และความมีชื่อเสียง (Reputation) ที่งานวิจัย [3] ได้เสนอมานั้น ไม่น่าจะเพียงพอที่จะรองรับแนวคิดทางธุรกิจได้ทั้งหมด ตัวอย่างเช่นยังไม่ได้กล่าวถึงความสัมพันธ์แบบหุ้นส่วนและความแม่นยำของคุณภาพการให้บริการที่เซอร์วิซประกาศไว้ ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะปรับปรุงวิธีการวางแผนสำหรับเซอร์วิซเชิงประกอบอิงคุณภาพการให้บริการที่เสนอโดยงานวิจัย [3] ให้สอดคล้องกับการปฏิบัติจริงมากยิ่งขึ้น ดังนี้

(1) รูปแบบการกำหนดราคาและเวลา เซอร์วิซแต่ละตัวสามารถมีราคาหลายระดับให้ผู้ใช้เลือก เช่น บริการดาวน์โหลดไฟล์ทางเว็บไซต์ ที่ให้บริการทั้งผู้ใช้ที่เสียเงินเป็นสมาชิกและผู้ใช้ทั่วไป โดยที่ผู้ใช้ทั้งสองสถานะนี้จะได้รับคุณภาพของบริการต่างกัน ส่วนระยะเวลาในการให้บริการสามารถมีหลายระดับเช่นกันโดยอาจสอดคล้องกับเขตพื้นที่การให้บริการ

(2) ความขึ้นต่อกันของเซอร์วิซ เช่น มีความสัมพันธ์กันแบบหุ้นส่วน เมื่อเซอร์วิซที่เป็นหุ้นส่วนกันถูกเลือกขึ้นมาประกอบกัน เซอร์วิซเหล่านั้นอาจจะให้คุณภาพการให้บริการของเซอร์วิซดีขึ้น เช่น ได้ราคาที่ต่ำลง หรือ ได้เวลาที่เร็วขึ้น เป็นต้น ทั้งนี้เพื่อเป็นการจูงใจผู้ใช้ให้เลือกใช้บริการ

(3) ระดับการให้บริการของเซอร์วิซ ผู้ใช้บริการจะมั่นใจได้อย่างไรว่าระดับการให้บริการที่เซอร์วิซประกาศไว้ดีจริง หรือค่าคุณภาพการให้บริการที่ประกาศไว้ไม่ได้เป็นการกล่าวอ้างเกินจริง งานวิจัย [3] กล่าวถึงความมีชื่อเสียงโดยให้เป็นค่าที่กำหนดจากระดับความพึงพอใจที่ผู้ใช้บริการมีต่อเซอร์วิซ ซึ่งมีฐานการคำนวณจากการให้คะแนนของผู้ใช้ที่เคยใช้บริการ โดยผู้ใช้ที่ยังไม่เคยใช้บริการสามารถนำค่าความมีชื่อเสียงนี้ไปพิจารณาประกอบการตัดสินใจได้ แต่ข้อมูลเช่นนี้สามารถเชื่อถือได้มากน้อยเพียงไร เพราะการให้บริการผ่านทางระบบเครือข่ายนั้นผู้ใช้บริการแต่ละรายย่อมมีประสบการณ์ที่แตกต่างกันไป อันเนื่องมาจากการสื่อสารผ่านเครือข่ายจำเป็นต้องอาศัยเอเจนต์เซอร์วิซด้วย และเอเจนต์เซอร์วิซนี้อาจเป็นสาเหตุ ให้เกิดความแตกต่างในการให้บริการแก่

ผู้ใช้บริการแต่ละรายที่รับบริการผ่านเอเจนต์เซอร์วิซคนละตัวกันได้ งานวิจัย [15] ได้เสนอการคำนวณระดับการให้บริการของเซอร์วิซโดยคิดจากความแม่นยำของคุณภาพการให้บริการที่เซอร์วิซอินสแตนซ์ประกาศไว้ เทียบกับค่าคุณภาพการให้บริการจริงที่เฝ้าสังเกตมาได้จากอดีต ในงานวิจัยนี้ ซึ่งสนใจเฉพาะเซอร์วิซเชิงประกอบที่ทำงานระยะสั้นจึงจะนำแนวทางดังกล่าวมาใช้ ทั้งนี้เนื่องจากผู้วิจัยมีสมมติฐานว่าเซอร์วิซเชิงประกอบที่ทำงานระยะสั้นจะถูกเรียกใช้งานบ่อยครั้ง ดังนั้นความถี่ของการเรียกใช้งานนี้น่าจะเพียงพอสำหรับวัดความแม่นยำของคุณภาพการให้บริการได้ ผู้วิจัยได้นำค่าระดับการให้บริการไปประกอบการพิจารณาวางแผนสำหรับเซอร์วิซเชิงประกอบให้ได้แผนที่ผู้ใช้บริการสามารถมั่นใจได้ว่าค่าคุณภาพการให้บริการจะไม่เบี่ยงเบนไปจากที่เซอร์วิซประกาศไว้มากนัก

ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดรูปแบบการให้บริการของเซอร์วิซ (Service Provision Schemes) เพิ่มขึ้น เพื่อให้สอดคล้องกับแนวคิดการแข่งขันกันทางธุรกิจดังต่อไปนี้

3.2.1 รูปแบบการกำหนดราคาและเวลาในการให้บริการ

สำหรับการดำเนินธุรกิจ ผู้ประกอบการย่อมสามารถใช้แผนส่งเสริมการขายได้หลากหลายรูปแบบ ผู้วิจัยสนใจที่จะศึกษาว่ารูปแบบการคิดราคาและเวลาในการให้บริการแบบไม่คงที่นั้น จะมีผลกระทบกับวิธีการวางแผนสำหรับเซอร์วิซเชิงประกอบหรือไม่อย่างไร ดังนั้นจึงกำหนดรูปแบบการคิดราคาและเวลาในการให้บริการที่จะใช้ในการวิจัย ดังนี้

(1) การกำหนดราคาในการให้บริการ

ในงานวิจัยนี้จะกำหนดให้เซอร์วิซอินสแตนซ์แต่ละตัวสามารถกำหนดราคาการให้บริการในงานชนิดเดียวกันได้หลายราคาดังนี้

- กำหนดตามระยะเวลาที่ใช้ในการให้บริการ
- ไม่คิดตามระยะเวลาที่ใช้ในการให้บริการ แต่กำหนดราคาตามช่วงเวลาที่ใช้บริการ

งานวิจัยนี้จะกำหนดช่วงเวลาไว้ 4 ช่วงเวลาในหนึ่งวัน โดยในช่วงแรกเป็นเวลาตั้งแต่ 6 นาฬิกาถึง 18 นาฬิกาโดย ในช่วงนี้เซอร์วิซจะให้บริการตามราคาปกติ ส่วนช่วงเวลาตั้งแต่ 18 นาฬิกาจนถึง 6 นาฬิกาจะเป็นช่วงที่มีการลดราคา โดยจะแบ่งออกเป็นอีกสามช่วง ช่วงละ 4 ชั่วโมง แต่ละช่วงก็จะลดราคาไม่เท่ากัน โดยช่วงแรกนั้นจะลดราคาน้อยที่สุด ส่วนช่วงสุดท้ายจะลดราคามากที่สุด

(2) การกำหนดเวลาในการให้บริการ

เซอร์วิซอินสแตนซ์สามารถคิดเวลาที่ใช้ในการให้บริการได้หลายแบบในงานวิจัยนี้กำหนดดังนี้

- กำหนดเวลาที่ใช้ในการให้บริการตามระยะทางระหว่างเซอร์วิซกับเอเจนต์เซอร์วิซซึ่งเป็นตัวแทนของผู้ใช้บริการ

- กำหนดเวลาที่ใช้ในการให้บริการตามช่วงเวลาที่มีการเรียกใช้บริการ

งานวิจัยนี้กำหนดระยะทางระหว่างเซอร์วิซกับผู้ใช้บริการ ไว้สามระดับ ได้แก่ ใกล้ ไกล และไกลมาก โดยให้ถือว่าผู้ใช้บริการมีระบบที่สามารถระบุได้ว่าแต่ละเซอร์วิซอินสแตนซ์ที่ติดต่อมานั้นอยู่ห่างไกลกันในระดับใด ส่วนการกำหนดช่วงเวลาให้กำหนดในลักษณะเดียวกับที่กำหนดในกรณีราคา และกำหนดให้ผู้ใช้บริการมีระบบที่สามารถคำนวณความต่างของเขตเวลาของทุก ๆ เซอร์วิซอินสแตนซ์ได้เอง

3.2.2 ความขึ้นต่อกันของเซอร์วิซ

ความขึ้นต่อกันของเซอร์วิซ เช่น ความสัมพันธ์กันแบบหุ้นส่วน เป็นรูปแบบในการดำเนินธุรกิจที่จะช่วยจูงใจให้ผู้ใช้บริการเลือกใช้กลุ่มเซอร์วิซที่ขึ้นต่อกันในการวางแผนเซอร์วิซเชิงประกอบ เพื่อผลประโยชน์ของผู้ใช้บริการ แต่ในขณะเดียวกัน ความขึ้นต่อกันอาจเป็นสาเหตุทำให้การปรับแผนยุ่งยากขึ้นเมื่อเกิดปัญหาโดยอาจทำให้ไม่สามารถแก้ปัญหาได้ด้วยการเลือกเซอร์วิซอินสแตนซ์ตัวแทนเพียงหนึ่งตัว จากรูปที่ 3.2 สมมติให้ SI_2, SI_3 และ SI_4 เป็นหุ้นส่วนกัน ถ้าหากในขณะเรียกใช้เซอร์วิซเชิงประกอบแล้ว SI_4 ไม่สามารถให้บริการได้ในขณะนั้น ทำให้เงื่อนไขของการได้รับผลประโยชน์จากการใช้เซอร์วิซที่เป็นหุ้นส่วนกันกับ SI_2 และ SI_3 หมดลง จึงอาจมีผลทำให้เกิดการละเมิดข้อบังคับได้ เช่น เมื่อ SI_2 และ SI_3 ไม่ให้บริการในราคาพิเศษอีกต่อไปแต่คิดราคาในอัตราปกติแทน ซึ่งอาจทำให้ราคารวมเกินกว่าที่กำหนดไว้ในข้อบังคับ ดังนั้นการเลือกเซอร์วิซอินสแตนซ์ขึ้นมาแทน SI_4 เพียงตัวเดียวนั้นอาจไม่เพียงพอที่จะทำให้ราคารวมมีค่าอยู่ภายใต้ข้อบังคับ ซึ่งหากเป็นเช่นนี้ ก็จำเป็นต้องเลือกเซอร์วิซอื่นที่เหลือใหม่ด้วยเช่นกัน ดังนั้นการวางแผนสำหรับเซอร์วิซเชิงประกอบจึงควรนำความขึ้นต่อกันของเซอร์วิซต่าง ๆ มาใช้ประกอบการตัดสินใจเลือกใช้เซอร์วิซด้วย และแม้ว่าการเลือกเซอร์วิซที่เป็นหุ้นส่วนกันมาทำงานร่วมกันจะได้ผลประโยชน์บางอย่าง แต่ความขึ้นต่อกันก็อาจทำให้ปัญหาการปรับแผนนั้นแก้ไขได้ยากกว่าในกรณีของกลุ่มเซอร์วิซที่ไม่มีความขึ้นต่อกัน ในงานวิจัยนี้จะสนใจความขึ้นต่อกันในลักษณะของความสัมพันธ์แบบหุ้นส่วนที่กลุ่มเซอร์วิซมีแผนการตลาดร่วมกัน (แต่อาจจะมีหรือไม่มีข้อผูกพันกันทางกฎหมายก็ได้) เซอร์วิซแต่ละตัวสามารถให้บริการได้อย่างอิสระ โดยไม่จำเป็นว่าจะต้องมีเซอร์วิซหุ้นส่วนร่วมอยู่ในแผนด้วยเท่านั้นจึงจะทำงานได้ แต่หากทำงานร่วมกันก็จะมีผลประโยชน์จากความสัมพันธ์ในลักษณะของการรวมกันของราคาและเวลาในการให้บริการของเซอร์วิซที่เป็นหุ้นส่วนกันแทนที่จะเป็นราคาและเวลาในการให้บริการที่เป็นอิสระต่อกัน ผู้วิจัยจึงเสนอค่าความ

ขึ้นต่อกันด้านความเป็นหุ้นส่วนในแต่ละแผนของเซอร์วิซเชิงประกอบ ซึ่งแสดงถึงโอกาสที่จะเกิดความยุ่งยากในการปรับแผน ดังนี้

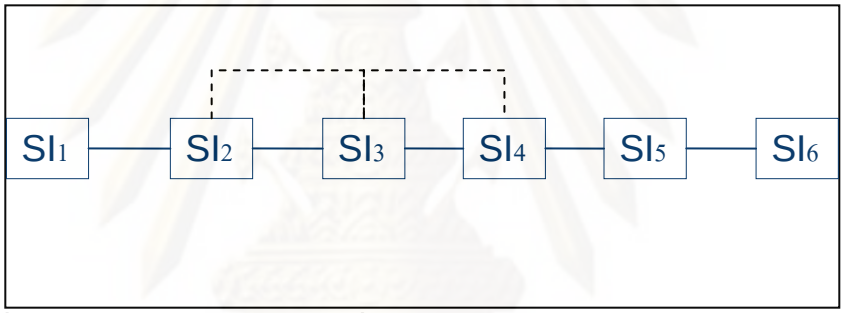
$$D_p(g) = \frac{S_p}{n} \quad (1)$$

$D_p(g)$ คือค่าความขึ้นต่อกันด้านความเป็นหุ้นส่วนในแผน g

S_p คือจำนวนเซอร์วิซทั้งหมดในแผนซึ่งมีความสัมพันธ์แบบหุ้นส่วน

n คือจำนวนประเภทของเซอร์วิซในแผน

ในรูปที่ 3.2 เส้นประระหว่างเซอร์วิซอินสแตนซ์แสดงถึงความสัมพันธ์แบบหุ้นส่วน ซึ่งจากตัวอย่างนี้สามารถคิดค่า D_p ได้เป็น 3/6 เท่ากับ 0.5 จะเห็นว่า D_p จะมีค่าอยู่ในช่วง [0, 1]



รูปที่ 3.2 แผนการประกอบเซอร์วิซซึ่งมีความสัมพันธ์แบบหุ้นส่วนระหว่างเซอร์วิซ

3.3 แผนสำหรับเซอร์วิซเชิงประกอบที่มีความคงทน

ผู้วิจัยมีสมมติฐานว่า แผนสำหรับเซอร์วิซเชิงประกอบควรมีความคงทน กล่าวคือ สามารถใช้งานแผนที่วางไว้ซ้ำได้เป็นระยะเวลาหนึ่งแทนที่จะต้องเริ่มต้นวางแผนใหม่ทุกครั้งเมื่อต้องการเรียกใช้เซอร์วิซเชิงประกอบ นอกจากนี้ผู้ใช้บริการยังไม่ต้องการให้เกิดการปรับแผนใหม่บ่อย ๆ เพราะถึงแม้ในสภาพการทำงานจริงอาจเกิดปัญหาความเบี่ยงเบนขึ้นที่จุดต่าง ๆ ระหว่างการเรียกใช้เซอร์วิซเชิงประกอบอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ผู้ใช้บริการคงมีความต้องการให้พยายามทำงานต่อให้สำเร็จ โดยไม่ต้องปรับแผนใหม่ หรือหากจำเป็นจริง ๆ ให้ปรับให้น้อยที่สุด เพราะการทำงานที่ผ่านมาเกิดค่าใช้จ่ายไปแล้ว และการปรับแผนเองมีค่าใช้จ่ายด้วย ดังนั้นวิธีหนึ่งที่จะช่วยให้แผนของเซอร์วิซเชิงประกอบมีความคงทนได้แก่ การหาแผนที่มีค่าคุณภาพการให้บริการที่ดีกว่าที่กำหนดไว้ในข้อบังคับ เพราะถ้ายิ่งได้ค่าคุณภาพการให้บริการที่ดีกว่ามากเท่าใด แผนที่ได้ก็จะมีความยืดหยุ่นต่อการปรับแผนมากเท่านั้น ผู้วิจัยยังมองเห็นอีกช่องทางหนึ่งในการวางแผนที่มีความคงทนสำหรับสภาพการใช้งานจริงที่ย่อมเกิดความเบี่ยงเบนของคุณภาพการให้บริการได้แก่ การใช้วิธีการจำลอง

เพื่อสร้างสภาพแวดล้อมที่มีความเบี่ยงเบนขึ้นสำหรับทดสอบแผนแต่ละแผน ว่าสามารถทนต่อความเบี่ยงเบนได้มากน้อยเพียงใด ในงานวิจัย [11] ได้นำจีเอมาใช้ในการวางแผนประกอบเซอร์วิซ โดยสามารถวางแผนที่ให้ค่าคุณภาพการให้บริการที่ดีกว่าข้อบังคับได้ และด้วยวิธีจีเอนี้เป็นวิธีการจำลองการคัดเลือกโดยธรรมชาติที่รองรับแนวคิดการจำลองสภาพแวดล้อมที่มีความเบี่ยงเบนของคุณภาพการให้บริการ ผู้วิจัยคิดว่าการนำอัลกอริทึมที่มีการทำงานแบบการจำลองนี้มาใช้จะสามารถช่วยทดสอบความคงทนของแผนได้ไปพร้อม ๆ กับการวางแผน

สำหรับแนวคิดในการสร้างแผนให้มีความคงทนต่อความเบี่ยงเบนที่ได้ทำในงานวิจัยนี้ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.3.1 ความหมายของแผนที่มีความคงทน

เพื่อการอธิบายแนวคิดการวิจัยในหัวข้อนี้ ผู้วิจัยได้นิยามความหมายของคำต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

(1) เซอร์วิซเชิงประกอบ ในงานวิจัยนี้หมายถึง เซอร์วิซต่างชนิดที่มาทำงานร่วมกันเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ตามที่ผู้ใช้ต้องการ โดยผู้ใช้ออกแบบกระแสงานสำหรับการทำงานที่ต้องการขึ้น โดยแต่ละงาน (Task) ในกระแสงานนั้น จะใช้เซอร์วิซที่ทำงานตามขั้นตอนนั้น ๆ มาทำงาน ในงานวิจัยนี้สนใจกระแสงานที่มีมากกว่าหนึ่งงาน จึงมีเซอร์วิซมากกว่าหนึ่งชนิดประกอบกันเข้า เพื่อทำงานให้ได้ตามกระแสงาน

(2) แผนในงานวิจัยนี้หมายถึง การจับคู่กันของเซอร์วิซอินสแตนซ์กับแต่ละงานในกระแสงาน เนื่องจากในแต่ละงาน มีหลายเซอร์วิซอินสแตนซ์ที่ทำหน้าที่เหมือนกันให้ผู้ใช้ได้เลือก โดยมีค่าคุณภาพการให้บริการของเซอร์วิซอินสแตนซ์แต่ละตัวเป็นตัวช่วยในการตัดสินใจเพื่อเลือกใช้

(3) ข้อบังคับ ในงานวิจัยนี้หมายถึง ข้อกำหนดเกี่ยวกับคุณภาพการให้บริการในด้านต่าง ๆ ของเซอร์วิซอินสแตนซ์ ที่ผู้ใช้กำหนดขึ้นเพื่อเป็นเกณฑ์ในการเลือกเซอร์วิซอินสแตนซ์ เช่น กำหนดว่าเซอร์วิซอินสแตนซ์ทุกตัวในแผนจะต้องมีราคาน้อยกว่า x หน่วย นอกจากนี้การกำหนดข้อบังคับยังสามารถกำหนดเป็นแบบโดยรวมของแผนได้ เช่น แผนจะต้องมีราคารวมน้อยกว่า x หน่วย ทั้งนี้การกำหนดข้อบังคับสำหรับการเลือกเซอร์วิซอินสแตนซ์ให้มาทำงานตามกระแสงานนั้นสามารถมีได้หลายข้อบังคับ เช่น เซอร์วิซอินสแตนซ์สำหรับงานที่ 1 ต้องใช้เวลาน้อยกว่า x หน่วย และ เซอร์วิซอินสแตนซ์สำหรับงานที่ 5 ต้องมีราคาน้อยกว่า y หน่วย และ ราคารวมทั้งแผนต้องไม่เกิน z หน่วย เป็นต้น

(4) การวางแผนในงานวิจัยนี้หมายถึง ขั้นตอนวิธีในการหาแผนที่ทำงานได้ตามกระแสงานและสอดคล้องกับข้อบังคับหรือชุดของข้อบังคับที่ผู้ใช้กำหนด

(5) การปรับแผน ในงานวิจัยนี้หมายถึง การเลือกเซอร์วิซอินสแตนซ์ขึ้นมาทำงานแทนเซอร์วิซอินสแตนซ์ที่เลือกไว้ในแผน อันเนื่องมาจากไม่สามารถเรียกใช้เซอร์วิซอินสแตนซ์นั้นได้ในขณะการทำงาน หรือ เกิดการเบี่ยงเบนของคุณภาพการให้บริการของเซอร์วิซอินสแตนซ์ที่ได้เรียกใช้ไปแล้ว ซึ่งทำให้ หากยังใช้เซอร์วิซอินสแตนซ์ที่เหลือที่ได้เลือกไว้เดิมในแผนแล้ว จะเกิดการละเมิดข้อบังคับได้

(6) ความคงทนของแผนในงานวิจัยนี้หมายถึง การที่แผนของเซอร์วิซเชิงประกอบสามารถทำงานได้โดยไม่เกิดการละเมิดข้อบังคับและไม่เกิดการปรับแผนในขณะทำงานด้วย ความคงทนจะช่วยให้สามารถใช้งานแผนที่วางไว้ซ้ำได้หลายครั้ง

(7) การวางแผนที่มีความคงทน ในงานวิจัยนี้หมายถึง ขั้นตอนวิธีในการวางแผนสำหรับเซอร์วิซเชิงประกอบให้แผนนั้นมีความคงทน

3.3.2 ระดับการให้บริการของเซอร์วิซ

ระดับการให้บริการของเซอร์วิซเป็นแนวคิดที่ผู้วิจัยนำมาใช้ในการวางแผนที่มีความคงทน โดยในงานวิจัย [3] ถือเอาค่าความมีชื่อเสียงเป็นตัวระบุระดับการให้บริการของเซอร์วิซซึ่งใช้แทนระดับความไว้วางใจ (Trust) ที่ผู้ใช้บริการมีต่อเซอร์วิซหนึ่ง ๆ ส่วนงานวิจัย [7] เสนอการคำนวณค่าความไว้วางใจโดยรวมของเซอร์วิซเชิงประกอบจากค่าความไว้วางใจซึ่งผู้ใช้บริการมีต่อแต่ละเซอร์วิซอินสแตนซ์ซึ่งเสนอไว้โดยงานวิจัย [16] มาใช้ ข้อมูลเหล่านี้เป็นข้อมูลที่พิจารณาจากประสบการณ์ในอดีตจากการใช้บริการเซอร์วิซทั้งสิ้น

ผู้วิจัยมีแนวคิดสอดคล้องกับงานวิจัย [15] ในการคำนวณระดับการให้บริการของเซอร์วิซจากความแม่นยำของคุณภาพการให้บริการของเซอร์วิซ โดยอาศัยค่าที่วัดได้จริงจากพฤติกรรมในอดีตของเซอร์วิซต่าง ๆ โดยความแม่นยำของคุณภาพการให้บริการนี้สามารถสะท้อนให้ผู้ใช้บริการสามารถพิจารณาได้ว่า เซอร์วิซมีพฤติกรรมในการให้บริการตรงกับค่าคุณภาพการให้บริการที่กล่าวอ้างไว้มากน้อยเพียงใด ผู้วิจัยได้นำค่าระดับการให้บริการของเซอร์วิซมาใช้ในการพิจารณาวางแผนสำหรับเซอร์วิซเชิงประกอบ เพื่อให้แผนที่วางนี้มีความคงทนในการใช้งานในสภาพความเป็นจริงที่อาจเกิดความเบี่ยงเบนของคุณภาพการให้บริการ ณ จุดต่าง ๆ ในแผนได้

ค่าระดับการให้บริการของแต่ละเซอร์วิซอินสแตนซ์มีพื้นฐานอยู่บนการคำนวณความเบี่ยงเบนของค่าคุณภาพการให้บริการจริงที่เอเจนต์เซอร์วิซประสบในการติดต่อกับแต่ละเซอร์วิซอินสแตนซ์ในระยะเวลาที่ผ่านมา โดยเทียบกับค่าคุณภาพการให้บริการที่แต่ละเซอร์วิซอินสแตนซ์ประกาศไว้ โดยหากเบี่ยงเบนไปในทางที่ดีก็จะได้รางวัลโดยระดับการให้บริการจะมีค่าสูงขึ้น หากไม่เบี่ยงเบนก็ถือว่าเสมอตัวและระดับการให้บริการจะมีค่าคงเดิม แต่หากเบี่ยงเบนไปในทางที่ไม่ดีก็จะถูกลงโทษโดยระดับการให้บริการจะมีค่าลดลง การคำนวณทำโดยสูตร

$$Rating_s = \frac{N}{N+E} \quad (2)$$

$Rating_s$ เป็นระดับการให้บริการของเซอร์วิซอินสแตนซ์ s ที่เอเจนต์เซอร์วิซคำนวณแทนผู้ใช้บริการ และมีค่าอยู่ระหว่าง [0, 1]

N เป็นค่ารางวัลสำหรับการทำงานจริงของเซอร์วิซอินสแตนซ์ซึ่งได้ตามคุณภาพการให้บริการที่ประกาศไว้

E เป็นค่าลงโทษสำหรับการทำงานจริงของเซอร์วิซอินสแตนซ์ซึ่งไม่ได้ตามคุณภาพการให้บริการที่ประกาศไว้

ตัวอย่างเช่น กำหนดให้ค่า N เริ่มต้นเป็น 1 และค่า E เริ่มต้นเป็น 0 เพื่อให้ค่าระดับการให้บริการเริ่มต้นของเซอร์วิซอินสแตนซ์เป็น 1 และมีการเพิ่มค่าของ N และ E ตามคุณภาพการให้บริการจริงของเซอร์วิซอินสแตนซ์ ดังนี้

(1) เวลาในการให้บริการ

ได้ผลจากการทำงานตรงตามเวลาที่ประกาศไว้ : +1 ให้กับ N และ E

ได้ผลจากการทำงานน้อยกว่าเวลาที่ประกาศไว้ : +1 ให้กับ N

ได้ผลจากการทำงานมากกว่าเวลาที่ประกาศไว้ : +1 ให้กับ E

(2) สภาพพร้อมใช้งาน

ไม่สามารถติดต่อเซอร์วิซได้ในการติดต่อครั้งแรก : +2 ให้กับ E

ไม่สามารถติดต่อกับเซอร์วิซได้ในครั้งต่อ ๆ ไป : +1 ให้กับ E

(3) ความเชื่อถือได้

ได้ผลที่ถูกต้องภายในกรอบเวลาที่กำหนดแต่อาจไม่ได้ทันทีเมื่อติดต่อ : +1 ให้กับ E

ไม่ได้ผลที่ถูกต้องภายในกรอบเวลาที่กำหนด : +3 ให้กับ E

ค่าเริ่มต้นและการเพิ่มค่าให้กับ N และ E นั้น ไม่จำเป็นต้องกำหนดให้เท่ากับการเพิ่มค่าดังที่กล่าวมานี้ ขึ้นอยู่กับว่าผู้ใช้บริการต้องการให้ค่าระดับการให้บริการเปลี่ยนแปลงในอัตราเร็วเท่าใดและให้ความสำคัญต่อแต่ละกรณีที่เกิดขึ้นในการพิจารณาแต่ละแง่มุมของคุณภาพการให้บริการมากน้อยเพียงใด สำหรับค่าเริ่มต้นของทั้ง N และ E หมายความว่าเอเจนต์เซอร์วิซจะวัด

ระดับการให้บริการของเซอร์วิซอินสแตนซ์ที่ไม่เคยใช้งานได้เป็น 1 หลังจากที่มีประสบการณ์การใช้บริการแล้วค่าระดับการให้บริการก็จะเปลี่ยนไป

ด้วยเหตุนี้จึงคำนวณค่าระดับการให้บริการโดยรวมของเซอร์วิซเชิงประกอบที่วางแผนไว้ได้เป็น

$$Rating(g) = \prod_{s=1}^{n} Rating_s \qquad (3)$$

โดยที่

Rating(g) เป็นระดับการให้บริการโดยรวมของแผน g

ในงานวิจัยนี้ได้นำค่าระดับการให้บริการมาใช้เพื่อการวางแผนที่มีความคงทน โดยได้ทำการทดสอบว่าเซอร์วิซอินสแตนซ์ที่มีค่าระดับการให้บริการในแต่ละช่วงนั้น มีความคงทนมากน้อยเพียงใด

3.3.3 การวางแผนที่มีความคงทน

แนวคิดสำหรับวิธีในการสร้างแผนที่มีความคงทนในงานวิจัยนี้ได้แก่ การจำลองให้เกิดความเบี่ยงเบนของคุณภาพการให้บริการของเซอร์วิซอินสแตนซ์และพิจารณาความเบี่ยงเบนนั้นในขั้นตอนการวางแผนด้วย โดยความเป็นจริงแล้ววิธีที่ตรงไปตรงมากว่าแนวคิดนี้ ได้แก่การวางแผนโดยเผื่อความเบี่ยงเบนเข้าไปด้วย เช่น จากข้อบังคับ ให้แผนใช้เวลาในการให้บริการโดยรวม x หน่วย แต่ผู้ใช้คาดว่าเมื่อทำงานจริงอาจเกิดความเบี่ยงเบนของเวลาในการให้บริการขึ้นได้ 10 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นในการวางแผนจึงต้องหาแผนที่ใช้เวลาในการให้บริการโดยรวมน้อยลงกว่า x หน่วย 10 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งในวิธีนี้หากข้อบังคับที่กำหนดไว้นั้น เข้าใกล้กับค่าดีที่สุดที่เป็นไปได้อยู่แล้ว วิธีนี้จะเกิดปัญหาในการวางแผนขึ้น เพราะอาจจะไม่สามารถหาแผนที่ทำงานได้ตามข้อบังคับที่เผื่อเอาความเบี่ยงเบนเข้าไปแล้วได้

ส่วนแนวคิดในงานวิจัยนี้ จะมีความคล้ายกันในแง่ของการเผื่อความเบี่ยงเบนเข้าไปในการวางแผน แต่จะใช้วิธีการจำลอง ซึ่งวิธีนี้จะกำหนดให้เกิดความเบี่ยงเบนของคุณภาพการให้บริการของเซอร์วิซอินสแตนซ์ในขณะวางแผนขึ้นอย่างสุ่ม ทำให้สอดคล้องกับสภาพการใช้งานจริงมากกว่า เพราะความเบี่ยงเบนนั้นมีทั้งโอกาสที่จะเกิดและไม่เกิดขึ้น นอกจากนี้ วิธีการจำลองทำให้การหาแผนที่มีความคงทนโดยการเผื่อความเบี่ยงเบนเข้าไปในกรณีที่ข้อบังคับนั้นเกือบจะเป็นค่าดีที่สุดที่เป็นไปได้อยู่แล้วนั้นมีโอกาสที่จะหาแผนได้มากกว่า เนื่องจากวิธีการจำลองความเบี่ยงเบนไม่จำเป็นต้องหาแผนที่ดีกว่าข้อบังคับ ตามที่ได้เผื่อไว้อย่างเต็มที่ แม้เมื่อเทียบกับวิธีการเผื่อความ

เบี่ยงเบนจากข้อบังคับโดยตรงแล้วพบว่า วิธีการจำลองให้แผนที่ด้อยกว่า แต่เป็นวิธีที่น่าจะหาคำตอบ คือแผนได้ง่ายกว่าในทุกกรณีของข้อบังคับ

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการทดลองการวางแผนที่มีความคงทนตามแนวคิดที่เสนอมานี้ โดยจำลองให้เซอร์วิซอินสแตนซ์เกิดการเบี่ยงเบนของคุณภาพการให้บริการขณะวางแผน แผนที่ได้จะยังเป็นไปตามข้อบังคับแต่มีคุณภาพดีกว่าแผนซึ่งได้จากการวางแผนโดยไม่มีการจำลองการเบี่ยงเบนของคุณภาพการให้บริการของเซอร์วิซอินสแตนซ์ การที่มีคุณภาพดีกว่านั้นเนื่องจากว่า แม้ในขณะทำงานจริงจะเกิดความเบี่ยงเบนของคุณภาพการให้บริการ แผนที่ได้ยังคงเป็นไปตามข้อบังคับ ดังนั้นหากในขณะทำงานจริงไม่เกิดความเบี่ยงเบนของคุณภาพการให้บริการ แผนที่ได้จะยิ่งมีคุณภาพดีกว่าข้อบังคับมากขึ้นไปอีก ในลักษณะเช่นนี้ การวางแผนโดยมีการจำลองความเบี่ยงเบนของคุณภาพการให้บริการของเซอร์วิซอินสแตนซ์จึงเป็นการหาแผนที่มีคุณภาพดียิ่งขึ้นกว่าปกติเพื่อเตรียมเผื่อไว้รับความเบี่ยงเบนที่อาจเกิดขึ้นในขณะทำงานจริง จึงสอดคล้องกับแนวคิดในการหาแผนที่ดียิ่งขึ้นโดยการปรับข้อบังคับให้เข้มงวดขึ้น

3.3.4 การกระตุ้นการปรับแผน

นอกจากการนำระดับการให้บริการและการใช้การวางแผนที่มีความคงทนเพื่อหลีกเลี่ยงการปรับแผนในขณะเรียกใช้งานแผนแล้ว วิธีการกระตุ้นการปรับแผนยังเป็นปัจจัยหนึ่งที่จะช่วยหลีกเลี่ยงการปรับแผนไม่ให้เกิดขึ้นได้

ดังที่ได้กล่าวถึงปัญหาการปรับแผนไปแล้วว่าเกิดจากความเบี่ยงเบนของคุณภาพการให้บริการของเซอร์วิซอินสแตนซ์ที่เลือกไว้ ซึ่งอาจจะทำให้เกิดการละเมิดข้อบังคับได้หากยังใช้เซอร์วิซอินสแตนซ์ที่มีปัญหาต่อไป ทำให้ต้องมีการพิจารณาเลือกเซอร์วิซอินสแตนซ์ตัวใหม่มาทดแทน ซึ่งจากการพิจารณาถึงความขึ้นต่อกันที่เกิดจากความสัมพันธ์แบบหุ้นส่วนแล้ว ทำให้ปัญหาการปรับแผนเป็นปัญหาที่อาจจะไม่สามารถแก้ไขได้ด้วยการแทนที่เซอร์วิซอินสแตนซ์เฉพาะตัวที่มีปัญหา โดยอาจจะต้องแก้ปัญหาโดยการวางแผนเลือกเซอร์วิซอื่นที่ยังเหลืออยู่ในแผนใหม่ด้วย

สำหรับการกระตุ้นการปรับแผนในขั้นต้นที่มีในเอสแอลเอของเซอร์วิซอินสแตนซ์นั้น จะเป็นการกำหนดเฉพาะตัวของเซอร์วิซอินสแตนซ์นั้น ๆ เช่น เซอร์วิซอินสแตนซ์ A ได้รับประกันว่าหากเกิดการเบี่ยงเบนขึ้น จะไม่เบี่ยงเบนเกิน 10 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นหากตรวจพบความเบี่ยงเบนที่เกินจากนี้ การปรับแผนก็จะเกิดขึ้น

นอกจากนี้ยังมีรูปแบบการกระตุ้นการปรับแผนที่ใกล้เคียงกับวิธีที่กล่าวไปข้างต้น ได้แก่ การคิดความเบี่ยงเบนโดยรวมของแผนแทนการคิดเฉพาะเซอร์วิซอินสแตนซ์แต่ละตัว เช่น สำหรับแผน A สามารถเกิดความเบี่ยงเบนด้านระยะเวลาในการให้บริการรวมได้ 10 เปอร์เซ็นต์ เมื่อมีการ

เรียกใช้งานแผนนี้และมีความเบี่ยงเบนด้านระยะเวลาในการให้บริการเกิดขึ้น ก็จะพิจารณาว่าความเบี่ยงเบนที่เกิดขึ้นนั้นเกินจากความเบี่ยงเบนโดยรวมที่ยอมรับได้หรือไม่ หากไม่เกินก็จะทำงานต่อไปทั้งที่มีความเบี่ยงเบนนั้น โดยความเบี่ยงเบนโดยรวมที่ยอมรับได้นั้นก็จะลดลงตามความเบี่ยงเบนที่เกิดขึ้น

ในงานวิจัยนี้มีแนวคิดในการกระตุ้นการปรับแผนโดยมีจุดมุ่งหมายสองประการ ประการแรกได้แก่ ต้องเป็นวิธีที่ยืดหยุ่นไม่เกิดการปรับแผนง่ายเกินไป และประการที่สองคือเป็นวิธีที่สามารถรักษาผลประโยชน์จากการที่แผนมีคุณภาพดีกว่าที่กำหนดไว้ในข้อบังคับให้ได้มากที่สุด ซึ่งมีแนวคิดการกระตุ้นการปรับแผนดังนี้

(1) ค่าความเบี่ยงเบนที่ยอมรับได้

ค่าความเบี่ยงเบนที่ยอมรับได้เป็นค่าคุณภาพการให้บริการด้านต่าง ๆ ที่กำหนดไว้เพื่อใช้ในการตัดสินใจว่าจะปรับแผนหรือไม่ ค่าเบี่ยงเบนที่ยอมรับได้นี้จะกำหนดไว้ที่ทุก ๆ จุดของเซอร์วิซแต่ละประเภท ซึ่งคิดค่านี้ได้จาก

$$V(a) = \left| \frac{O(a) - C(a)}{C(a)} \right| * 100 \qquad (4)$$

โดยที่

V(a) เป็นค่าความเบี่ยงเบนที่ยอมรับได้ของคุณภาพการให้บริการชนิด a

O(a) ค่าคุณภาพการให้บริการชนิด a โดยรวมของแผน

C(a) ค่าคุณภาพการให้บริการชนิด a โดยรวมที่กำหนดในข้อบังคับ

สำหรับคุณภาพการให้บริการอื่นใดที่ไม่ได้กำหนดเป็นข้อบังคับให้ถือว่าคุณภาพการให้บริการนั้นไม่สามารถเบี่ยงเบนได้

ค่าของ V(a) นี้อยู่ในรูปของเปอร์เซ็นต์ความเบี่ยงเบนและมีค่าเป็นบวกเสมอ เนื่องจากต้องการสะท้อนถึงคุณภาพการให้บริการของแผนซึ่งดีกว่าที่กำหนดไว้ในข้อบังคับ สำหรับในด้านของคุณภาพการให้บริการด้านราคาและเวลา เมื่อ O(a) น้อยกว่า C(a) ย่อมหมายความว่าแผนมีคุณภาพดีกว่าข้อบังคับ ส่วนในด้านสภาพพร้อมใช้งานและความน่าไว้วางใจ เมื่อ O(a) มากกว่า C(a) จึงจะหมายถึงแผนมีคุณภาพดีกว่าข้อบังคับ

V(a) ถูกนำไปใช้กับทุก ๆ เซอร์วิซอินสแตนซ์ที่อยู่ในแผน เมื่อเอเจนต์เซอร์วิซพบความเบี่ยงเบนที่เซอร์วิซอินสแตนซ์ใดจะทำการตรวจสอบว่า ความเบี่ยงเบนนั้นเกินกว่าค่า V(a) หรือไม่

ถ้าไม่เกินหรือไม่เกิดความเบี่ยงเบนเลยเซอร์วิซอินสแตนซ์จะเริ่มทำงานด้วยความเบี่ยงเบนนั้นและจะนำค่าที่สามารถเบี่ยงเบนได้โอนให้กับเซอร์วิซอินสแตนซ์ตัวถัดไปโดยการบวกเพิ่ม ซึ่งค่าที่นำไปบวกเพิ่มนี้จะเป็นค่าที่มีหน่วยตามคุณภาพการให้บริการชนิดนั้น ๆ ไม่ใช่ค่าเปอร์เซ็นต์ เช่น กำหนดให้เริ่มต้นมีค่าความเบี่ยงเบนของเวลาในการให้บริการที่ทุกจุดเป็น 10 เปอร์เซ็นต์ เซอร์วิซแรกใช้เวลาโดยไม่มีความเบี่ยงเบน ก็จะนำค่าเวลา 10 เปอร์เซนต์ของที่เซอร์วิซตัวแรกไปบวกให้กับเซอร์วิซตัวที่สอง สมมติให้เซอร์วิซตัวแรกและตัวที่สองประกาศไว้ว่าใช้เวลาเป็น 5 และ 10 วินาทีตามลำดับ ดังนั้นจากเริ่มต้นที่เซอร์วิซตัวที่สองจะสามารถเบี่ยงเบนได้ 1 วินาที เมื่อผ่านเซอร์วิซตัวที่หนึ่งซึ่งทำงานโดยไม่เบี่ยงเบนมาแล้ว เซอร์วิซตัวที่สองก็จะสามารถทำงานด้วยความเบี่ยงเบนเป็น 1.5 วินาที

(2) การพิจารณาเพื่อปรับแผน

การปรับแผนจะทำในลักษณะดังต่อไปนี้

(1)เปลี่ยนเซอร์วิซอินสแตนซ์ใหม่เมื่อเซอร์วิซอินสแตนซ์ที่เลือกไว้ในแผนเกิดความเบี่ยงเบนเกินกว่าค่าเบี่ยงเบนที่ยอมรับได้

(2) ถ้าเซอร์วิซอินสแตนซ์ที่ถูกเปลี่ยนมีความขึ้นต่อกันแบบเป็นหุ้นส่วนกับเซอร์วิซอินสแตนซ์อื่น และทำให้ผลประโยชน์ในด้านคุณภาพการให้บริการเกิดความเบี่ยงเบนไป ให้เปลี่ยนเซอร์วิซอินสแตนซ์ที่เป็นหุ้นส่วนด้วย

3.4 อัลกอริทึมที่ใช้แก้ปัญหา

ด้วยแนวทางการกำหนดลักษณะความหลากหลายของการให้บริการที่มีรูปแบบราคาและเวลาในการให้บริการแบบไม่คงที่ พร้อมทั้งการพิจารณาถึงความขึ้นต่อกันแบบเป็นหุ้นส่วนระหว่างเซอร์วิซอินสแตนซ์และค่าระดับการให้บริการตามที่ได้เสนอมานั้น ทำให้ปัญหาการวางแผนสำหรับเซอร์วิซเชิงประกอบเป็นปัญหาที่มีความซับซ้อน ผู้วิจัยจึงได้นำอีดีเอมาใช้แก้ปัญหา โดยมีรายละเอียดดังนี้

(1) การเข้ารหัสปัจเจกและการสร้างประชากร

รูปที่ 3.3 แสดงการเข้ารหัสปัจเจก โดยในแต่ละปัจเจกแทนคำตอบว่า เซอร์วิซแต่ละประเภท ในรูปที่ 3.1 ได้แก่ AS1-AS7 นั้นทำการเลือกเซอร์วิซอินสแตนซ์ใดมาทำงาน โดยเซอร์วิซอินสแตนซ์ที่มีให้เลือกในเซอร์วิซแต่ละประเภทจะมีจำนวนมากน้อยแตกต่างกันไป จากนั้นจะใช้การเข้ารหัสปัจเจกเป็นสายอักขระบิตโดยเรียงลำดับประเภทของเซอร์วิซไปตามลำดับ เช่น สมมติให้เซอร์วิซแต่ละประเภทมีอินสแตนซ์ไม่เกิน 5 ตัว ดังนั้นจะใช้จำนวนบิตทั้งหมด 3 บิตในการแทน

เซอร์วิซหนึ่งประเภท ปัจเจกในปัญหาที่ประกอบด้วยเซอร์วิซ 7 ประเภทจึงเป็นอักขระบิตความยาว 21 หลัก เช่น

001 011 100 101 011 100 010

จากตัวอย่าง ปัจเจกนี้มีความหมายว่า ให้เซอร์วิซประเภทที่ 1 เลือกอินสแตนซ์ตัวที่ 1 (001) ให้เซอร์วิซประเภทที่ 2 เลือกอินสแตนซ์ตัวที่ 3 (011) ให้เซอร์วิซประเภทที่ 3 เลือกอินสแตนซ์ตัวที่ 4 (100) เป็นต้น

จากนั้นจะทดลองเพื่อหาวิธีการสร้างประชากรใหม่ในวิธีอีดีเอ และจะกำหนดจีเอฟโดยให้ทุก ๆ บิตไม่ขึ้นต่อกัน จากนั้นจึงทดลองเปรียบเทียบระหว่าง

- การหาความน่าจะเป็นแบบรายบิตสำหรับทุก ๆ บิตเพื่อเป็นข้อมูลในจีเอฟ ในลักษณะเดียวกับตัวอย่างที่แสดงในหัวข้อที่ 2.2
- หาความน่าจะเป็นแบบกลุ่มบิตสำหรับเซอร์วิซแต่ละประเภท แสดงโดยตัวอย่างดังนี้

  011 110 101 000 111

  110 101 011 111 110

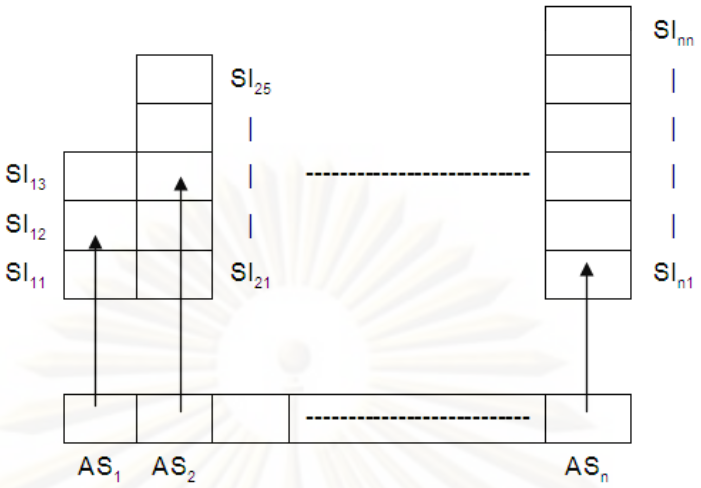
  110 101 011 111 111

  010 100 101 101 100

  110 101 111 010 111

ตัวอย่างนี้แสดงปัญหาการประกอบเซอร์วิซเข้าด้วยกัน 5 ประเภท โดยแต่ละประเภทมีจำนวนอินสแตนซ์เท่ากับ 8 ตัว จะกำหนดค่าความน่าจะเป็นให้กับจีเอฟโดยพิจารณาจากการที่เซอร์วิซแต่ละประเภทจะมีโอกาสที่จะเกิดคำตอบเป็น 000, 001, 010, 011, 100, 101, 110 และ 111 ซึ่งจากตัวอย่างที่ยกมานี้ เซอร์วิซประเภทที่ 1 จะมีความน่าจะเป็นที่จะเกิดคำตอบต่าง ๆ ข้างต้นเท่ากับ 0/5, 0/5, 1/5, 1/5, 0/5, 0/5, 3/5 และ 0/5 ตามลำดับ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.3 การเข้ารหัสปัจเจก

(2) ฟิตเนสฟังก์ชัน

ค่าคุณภาพการให้บริการจะถูกคำนวณเพื่อนำค่าต่าง ๆ เหล่านั้นไปใช้ในฟิตเนสฟังก์ชัน หากพิจารณาฟิตเนสฟังก์ชันที่เสนอโดย [11] เป็นดังนี้

$$F(g) = \frac{w_1\ Cost(g)\ +\ w_2\ Response\ Time(g)}{w_3\ Availability(g)\ +\ w_4\ Reliability(g)} + w_5\ D(g) \tag{5}$$

โดยที่ w คือน้ำหนักที่ผู้ใช้กำหนดไว้ล่วงหน้าเป็นค่าจำนวนจริง

g คือปัจเจกหรือแผน

F(g) คือฟิตเนสฟังก์ชันของปัจเจก g และ

D(g) คือค่าลงโทษปัจเจกโดยคิดจากระยะห่างของคุณภาพการให้บริการโดยรวมของปัจเจกจากข้อบังคับทั้งหมด n ข้อ ที่กำหนดไว้สำหรับการประกอบเซอร์วิซ ซึ่งกำหนดโดย

$$D(g) = \sum_{i=1}^{n} cl_i(g) * y_i \tag{6}$$

เมื่อ

$$cl_i(g) \leq 0,\ i = 1, \ldots, n$$

เป็นระยะห่างของปัจเจกจากข้อบังคับ i และ ค่าสัมประสิทธิ์ y ซึ่งกำหนดโดย

$$\begin{cases} y_i = 0 & cl_i(g) \leq 0 \\ y_i = 1 & cl_i(g) > 0 \end{cases}$$

สำหรับฟังก์ชันที่ใช้ในการคำนวณค่า Cost(g), ResponseTime(g), Availability(g) และ Reliability(g) สำหรับการคำนวณ F(g) นั้น จะคิดจากสูตรในตารางที่ 2.1 ตัวอย่างเช่น Cost(g) จะคิดจากสูตรทั้งหมดที่อยู่ในแถว (Row) ของ Cost(C) ของตารางที่ 2.1 ตามโครงสร้างของกระแสงานการประกอบเซอร์วิซ

ความหมายของฟิตเนสฟังก์ชันนี้คือ การหาแผนสำหรับเซอร์วิซเชิงประกอบที่ทำให้ผู้ใช้บริการเสียค่าใช้จ่ายน้อยที่สุดพร้อมกันกับใช้เวลาน้อยที่สุดภายใต้ข้อบังคับที่กำหนด ดังนั้นในนิพจน์ของเศษจึงนำราคาบวกกับเวลา ส่วนเทอมของส่วนนั้นค่าน่าความเชื่อถือได้และสภาพพร้อมใช้งานล้วนเป็นค่าที่ผู้ใช้บริการคาดหวังจะให้มีค่ามากทั้งสิ้น เพราะค่าทั้งสองนี้เป็นตัวสะท้อนถึงโอกาสที่แผนจะสำเร็จ อายุการใช้งานแผนที่วางไว้ และโอกาสที่จะพบกับความเบี่ยงเบน หรือในอีกความหมายหนึ่งก็คือสภาพความคงทนของแผนต่อปัญหาการปรับแผนนั่นเอง เมื่อนำทั้งสองค่าซึ่งต้องการค่ามากนี้ไปเป็นตัวหาร ดังนั้นปัจเจกที่ดีคือปัจเจกที่มีค่าฟิตเนสฟังก์ชันน้อย ๆ จากนั้นจะมีการใช้ค่า D(g) สำหรับลงโทษปัจเจกที่ให้คำตอบไม่สอดคล้องกับข้อบังคับทั้งหมดที่กำหนดไว้สำหรับการประกอบเซอร์วิซ ส่วนปัจเจกที่ให้คำตอบสอดคล้องหรือดีกว่าข้อบังคับจะไม่ถูกลงโทษค่า D(g) ที่เป็นบวกจึงทำให้คุณภาพของปัจเจกด้อยลง ฟิตเนสฟังก์ชันที่กำหนดดังนี้จึงสามารถเป็นตัวแทนคำตอบของปัญหาได้อย่างน่าพอใจ ผู้วิจัยจึงนำฟิตเนสฟังก์ชันนี้รวมเข้ากับแนวทางที่ได้เสนอไป ดังนี้

นำค่าระดับการให้บริการโดยรวมดังสมการที่ (3) ในหัวข้อที่ 3.3.2 และค่าความขึ้นต่อกันแบบเป็นหุ้นส่วนของแผน g ดังสมการที่ (1) ในหัวข้อที่ 3.3.2 รวมเข้ากับฟิตเนสฟังก์ชัน (5) ข้างต้น เนื่องจากค่าระดับการให้บริการต้องการค่ามากจึงนำไปรวมเข้ากับเทอมที่ต้องการค่ามากได้แก่เทอมของส่วน ส่วนความขึ้นต่อกันแบบเป็นหุ้นส่วนจะคาดหวังค่าน้อยจึงนำไปบวก โดยได้ฟิตเนสฟังก์ชันใหม่ดังนี้

$$F(g) = \frac{w_1 Cost(g) + w_2 Time(g)}{w_3 Availability(g) + w_4 Reliability(g) + w_5 Rating(g)} + w_6 D(g) + w_7 D_p(g) \qquad (7)$$

อย่างไรก็ดีงานวิจัย [11] ใช้จีเอเพื่อหาคำตอบ ซึ่งพฤติกรรมของจีเอและอีดีเอนั้นมีความแตกต่างกัน ดังนั้นในระหว่างการทดลอง ผู้วิจัยได้ทำการปรับปรุงฟิตเนสฟังก์ชันให้เหมาะสมกับพฤติกรรมของอีดีเอและเหมาะสมกับสภาพปัญหามากยิ่งขึ้น โดยใช้ฟิตเนสฟังก์ชันดังสมการที่ (7) เพื่อทำการทดลอง

(3) การหยุดการทดลอง

เงื่อนไขการหยุดการทดลอง จะเป็นอย่างใดอย่างหนึ่งต่อไปนี้

(3.1) เมื่อพบปัจเจกที่มีค่าคุณภาพการให้บริการสอดคล้องกับข้อบังคับทั้งหมดที่กำหนดแล้ว

(D(g) = 0)

(3.2) เมื่อทดลองถึงจำนวนรุ่นสูงสุดของประชากรที่ตั้งไว้

(3.3) แม้ว่าจะพบคำตอบตามเงื่อนไขการหยุด (3.1) แล้ว แต่สามารถทำต่อไปจนถึงรุ่นสูงสุดของประชากรที่ตั้งไว้ เพื่อให้ได้คำตอบที่ดีขึ้น หรืออาจจะทำต่อไปแล้วหยุดเมื่อพบว่าคำตอบที่ได้ไม่ดีขึ้น

3.5 การจำลองการเรียกใช้เซอร์วิซอินสแตนซ์ในการทดลอง

ขอบเขตของงานวิจัยนี้ถูกกำหนดให้ทำการทดลองโดยวิธีการจำลอง ซึ่งในส่วนนี้จะกล่าวถึงวิธีการจำลองการเรียกใช้งานเซอร์วิซอินสแตนซ์ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.5.1 ค่าอิมมิวนิตีและค่าลัค

เซอร์วิซอินสแตนซ์แต่ละตัวจะถูกกำหนดให้มีค่าอิมมิวนิตี (Immunity) ต่าง ๆ กันไป โดยแนวคิดค่าอิมมิวนิตีนี้ผู้วิจัยต้องการให้แทนประสิทธิภาพของฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ที่ให้บริการเซอร์วิซนั้น ซึ่งหากเซอร์วิซนั้นให้บริการโดยใช้ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ที่มีประสิทธิภาพย่อมน่าจะให้บริการได้ตรงตามที่ประกาศไว้ สำหรับค่าลัค (Luck) ผู้วิจัยมีแนวคิดให้เป็นตัวแทนของความผิดพลาดที่ไม่ได้เกิดจากเซอร์วิซอินสแตนซ์ เช่น ระบบเครือข่ายเกิดปัญหาระหว่างใช้งาน ทำให้การทำงานของเซอร์วิซอินสแตนซ์นานกว่าที่ได้ประกาศไว้ สำหรับค่าลัคนั้นได้ถูกกำหนดให้กับเซอร์วิซอินสแตนซ์ทุกตัว ด้วยค่าต่าง ๆ กันเช่นเดียวกับค่าอิมมิวนิตี

3.5.2 การจำลองการเรียกใช้งานเซอร์วิซ

ทุกเซอร์วิซอินสแตนซ์เมื่อถูกเรียกใช้งาน จะมีการสุ่มตัวเลขขึ้นมาสองตัว เพื่อนำแต่ละตัวมาเปรียบเทียบกับค่าอิมมิวนิตีและค่าลัคของเซอร์วิซอินสแตนซ์ตัวนั้น การเปรียบเทียบนี้จะหาค่าที่มากกว่า หากค่าอิมมิวนิตีและค่าลัคของเซอร์วิซอินสแตนซ์มีค่ามากกว่าตัวเลขที่เปรียบเทียบทั้งคู่ จะถือว่าเซอร์วิซอินสแตนซ์สามารถให้บริการได้ดีกว่าที่ประกาศไว้ ในกรณีที่มีค่ามากกว่าเพียงหนึ่งตัว ให้ถือว่า ให้บริการได้ตามที่ประกาศไว้และสำหรับกรณีที่เซอร์วิซอินสแตนซ์ที่มีค่าน้อยกว่าทั้งสองตัว หมายถึง ให้บริการได้ต่ำกว่าที่ประกาศไว้

3.6 รูปแบบกระแสงานและชุดข้อมูลของเซอร์วิซอินสแตนซ์สำหรับการทดลอง

ในส่วนนี้จะได้อธิบายถึง รูปแบบของกระแสงานที่จะใช้ในทุก ๆ การทดลอง และเนื่องจากการทดลองที่ทำในงานวิจัยนี้ เป็นการทดลองโดยใช้วิธีจำลองทั้งสิ้น ดังนั้นในส่วนนี้จะกล่าวถึงชุดข้อมูลของเซอร์วิซที่สร้างขึ้นเพื่อใช้ในการทดลองนี้ด้วย

3.6.1 รูปแบบกระแสงาน

ในทุกการทดลองในงานวิจัยนี้ได้ใช้รูปแบบกระแสงานอย่างง่ายได้แก่ เซอร์วิซจำนวน 10 ชนิดทำงานเรียงต่อกันไปตามลำดับ

3.6.2 ชุดข้อมูลสำหรับการทดลอง

ชุดข้อมูลของเซอร์วิซที่นำมาใช้ในการทดลองทั้งหมด ถูกสร้างขึ้นตามแนวคิดที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อที่ 3.2 และตามข้อกำหนดดังที่จะกล่าวต่อไปนี้ และเพื่อให้ง่ายต่อการทำความเข้าใจในรูปแบบการสุ่มสร้างชุดข้อมูลสำหรับการทดลอง จึงได้แสดงตัวอย่างของเซอร์วิซอินสแตนซ์ที่สร้างขึ้นสำหรับพิจารณาประกอบกับแนวคิดการวิจัยและข้อกำหนดต่าง ๆ ไว้ในตารางที่ 3.1 – 3.5

(1) เซอร์วิซอินสแตนซ์ทุกตัวทุกประเภทมีค่าคุณภาพการให้บริการทุกด้านเริ่มต้นเท่ากันดังนี้

- คุณภาพการให้บริการด้านราคา = 100 หน่วย
- คุณภาพการให้บริการด้านเวลา = 1500 หน่วย
- คุณภาพการให้บริการด้านสภาพพร้อมใช้งาน = 0.93
- คุณภาพการให้บริการด้านความเชื่อถือได้ = 0.97

(2) เซอร์วิซอินสแตนซ์ทุกตัวทุกประเภทจะได้รับแต้มในการพัฒนาคุณภาพในการบริการในด้านต่าง ๆ ให้ดีขึ้นกว่าค่าเริ่มต้นที่กำหนดในข้อ (1) ซึ่งนอกจากแต้มในการพัฒนาคุณภาพการให้บริการแล้ว จะทำการกำหนดค่าอิมมิวนิตีและค่าลัค ให้กับเซอร์วิซอินสแตนซ์ด้วย ทั้งนี้ค่าอิมมิวนิตีเป็นค่าภูมิคุ้มกันต่อการเบี่ยงเบนของคุณภาพการให้บริการ และค่าลัคเป็นค่าความโชคดีที่เซอร์วิซอินสแตนซ์จะสามารถให้บริการได้ดีกว่าที่ประกาศไว้ ทั้งสองค่านี้จะนำไปใช้คำนวณว่าเซอร์วิซอินสแตนซ์จะสามารถทนต่อความเบี่ยงเบนของคุณภาพการให้บริการที่จำลองขึ้นได้มากน้อยเพียงใด การโดยกำหนดค่าต่าง ๆ มีรายละเอียดดังนี้

- ร้อยละ 80 ของเซอร์วิซอินสแตนซ์ทั้งหมดได้แต้มคุณภาพ 50 แต้ม ค่าอิมมิวนิตีเป็น 10 ค่าลัค เป็น 10 โดยเรียกเซอร์วิซอินสแตนซ์ในกลุ่มนี้ว่า กลุ่มเฉลี่ย

เนื่องจากแต้มการพัฒนาบริการและค่าอิมมิวนิตีกับค่าลัคอยู่ในระดับที่สมดุลกัน

- ร้อยละ 10 ของเซอร์วิซอินสแตนซ์ทั้งหมดได้แต้มคุณภาพ 70 แต้ม ค่าอิมมิวนิตีเป็น 5 ค่าลัคเป็น 8 เรียกเซอร์วิซอินสแตนซ์ในกลุ่มนี้ว่า กลุ่มบริการ เนื่องจากจะได้แต้มในการพัฒนาคุณภาพการให้บริการสูงกว่าเซอร์วิซอินสแตนซ์ทั่วไป แต่ทั้งนี้ค่าอิมมิวนิตีและค่าลัคจะต่ำกว่าเซอร์วิซอินสแตนซ์ทั่วไป
- ร้อยละ 10 ของอินสแตนซ์เซอร์วิซทั้งหมดได้แต้มคุณภาพ 30 แต้ม ค่าอิมมิวนิตีเป็น 15 ค่าลัคเป็น 12 เรียกเซอร์วิซอินสแตนซ์ในกลุ่มนี้ว่า กลุ่มประสิทธิภาพ เนื่องจากมีค่าอิมมิวนิตีและค่าลัคสูงกว่าเซอร์วิซอินสแตนซ์ทั่วไป แต่ทั้งนี้จะได้แต้มในการพัฒนาคุณภาพการให้บริการต่ำกว่าเซอร์วิซอินสแตนซ์ทั่วไปเช่นกัน

(3) เซอร์วิซอินสแตนซ์ทุกตัวทุกประเภทจะถูกจัดอย่างสุ่มให้อยู่ในคลาสใดคลาสหนึ่งจากทั้งหมดสี่คลาสตามชนิดของคุณภาพการให้บริการ คลาสทั้งสี่ได้แก่ ราคา เวลา สภาพพร้อมใช้งาน และความเชื่อถือได้ โดยเซอร์วิซอินสแตนซ์ที่อยู่ในคลาสใดก็จะมีลักษณะเด่นตามคลาสนั้น เช่น เซอร์วิซอินสแตนซ์ในคลาสราคา ก็จะมีราคาถูกกว่าเซอร์วิซอินสแตนซ์อื่นในประเภทเดียวกันแต่อยู่คลาสอื่น เป็นต้น จากนั้น เซอร์วิซอินสแตนซ์ในแต่ละคลาสจะใช้แต้มเพื่อพัฒนาคุณภาพการให้บริการที่กำหนดไว้ในข้อ (2) ตามคลาส ร้อยละ 50-70 อย่างสุ่ม ส่วนแต้มที่เหลือนั้นจะนำไปพัฒนาด้านอื่น ๆ อย่างสุ่มเช่นกัน การพัฒนาใช้จำนวนแต้มแทนเปอร์เซ็นต์ที่พัฒนา เช่น ถ้าใช้ 50 แต้มเพื่อพัฒนาราคา จะได้ราคาลดลง 50 เปอร์เซ็นต์ เป็นต้น ตัวอย่างในการใช้แต้มพัฒนาแสดงดังตารางที่ 3.1 และ 3.2 ซึ่งขออธิบายบางตัวอย่างของเซอร์วิซอินสแตนซ์ในตารางที่ 3.1 ดังนี้

- เซอร์วิซอินสแตนซ์ตัวที่ 1 จากตารางที่ 3.1 เป็นเซอร์วิซอยู่ในกลุ่มเฉลี่ย จึงได้แต้มในการพัฒนาคุณภาพการให้บริการ 50 แต้ม จากการสุ่มคลาสให้อินสแตนซ์ตัวนี้ ได้คลาสเวลาเป็นคลาสหลัก คลาสราคาเป็นคลาสรอง และจากการสุ่มใช้แต้มพัฒนาได้เป็น 34/16 จึงได้ว่าเซอร์วิซอินสแตนซ์ตัวนี้จะลดเวลาจาก 1500 หน่วยลงร้อยละ 34 และลดราคาจาก 100 หน่วยลงร้อยละ 16 ซึ่งค่าคุณภาพการให้บริการด้านเวลาและราคาที่พัฒนาขึ้นของอินสแตนซ์ตัวนี้แสดงในตารางที่ 3.2 ส่วนค่าคุณภาพการให้บริการด้านสภาพพร้อมใช้งานและความเชื่อถือได้นั้นไม่ได้รับการพัฒนาจึงมีค่าเท่ากับค่าเริ่มต้น
- เซอร์วิซอินสแตนซ์ตัวที่ 2 จากตารางที่ 3.1 เป็นเซอร์วิซอยู่ในกลุ่มประสิทธิภาพ ได้แต้มในการพัฒนาคุณภาพการให้บริการ 30 แต้ม จากการสุ่ม

คลาสให้อินสแตนซ์ตัวนี้ ได้คลาสราคาเป็นคลาสหลัก คลาสเวลาเป็นคลาสรอง และจากการสุ่มใช้แต้มพัฒนาได้เป็น 15/15 จึงได้ว่าเซอร์วิซอินสแตนซ์ตัวนี้จะลดราคาจาก 100 หน่วยลงร้อยละ 15 และลดเวลาจาก 1500 หน่วยลงร้อยละ 15 ซึ่งค่าคุณภาพการให้บริการด้านเวลาและราคาที่พัฒนาขึ้นของอินสแตนซ์ตัวนี้แสดงในตารางที่ 3.2 ส่วนค่าคุณภาพการให้บริการด้านสภาพพร้อมใช้งานและความเชื่อถือได้นั้นไม่ได้รับการพัฒนาจึงมีค่าเท่ากับค่าเริ่มต้น

- เซอร์วิซอินสแตนซ์ตัวที่ 6 จากตารางที่ 3.1 เป็นเซอร์วิซอยู่ในกลุ่มบริการ ได้แต้มในการพัฒนาคุณภาพการให้บริการ 70 แต้ม จากการสุ่มคลาสให้อินสแตนซ์ตัวนี้ ได้คลาสสภาพพร้อมใช้งานเป็นคลาสหลัก คลาสราคาเป็นคลาสรอง และจากการสุ่มใช้แต้มพัฒนาได้เป็น 40/30 จึงได้ว่าเซอร์วิซอินสแตนซ์ตัวนี้จะเพิ่มค่าสภาพพร้อมใช้งานจาก 0.93 หน่วยขึ้นร้อยละ 40 และลดราคาจาก 100 หน่วยลงร้อยละ 30 ซึ่งค่าคุณภาพการให้บริการด้านสภาพพร้อมใช้งานและราคาที่พัฒนาขึ้นของอินสแตนซ์ตัวนี้แสดงในตารางที่ 3.2 ส่วนค่าคุณภาพการให้บริการด้านเวลาและความเชื่อถือได้นั้นไม่ได้รับการพัฒนาจึงมีค่าเท่ากับค่าเริ่มต้น

ตารางที่ 3.1 ตัวอย่างการใช้แต้มในการพัฒนาบริการของเซอร์วิซอินสแตนซ์

ตัวอย่างอินสแตนซ์	กลุ่มเซอร์วิซ	แต้มพัฒนา-ค่าอิมมิวนิตี-ค่าลัค	คลาสหลัก-คลาสรอง	การใช้แต้มพัฒนา
1	เฉลี่ย	50P-10I-10L	Time-Cost	34/16
2	ประสิทธิภาพ	30P-15I-12L	Cost-Time	15/15
3	บริการ	70P- 5I- 8L	Time-Cost	39/31
4	เฉลี่ย	50P-10I-10L	Time-Cost	31/19
5	ประสิทธิภาพ	30P-15I-12L	Reli-Time	17/13
6	บริการ	70P- 5I- 8L	Avai-Cost	40/30

ตารางที่ 3.2 ตัวอย่างผลการพัฒนาบริการของเซอร์วิซอินสแตนซ์จากตารางที่ 3.1

ตัวอย่างอินสแตนซ์	ราคา	เวลา	สภาพพร้อมใช้งาน	ความเชื่อถือได้
1	84	990	0.93	0.970
2	85	1275	0.93	0.970
3	69	915	0.93	0.970
4	81	1035	0.93	0.970
5	100	1305	0.93	0.987
6	70	1500	0.97	0.970

(4) จากแนวคิดในหัวข้อที่ 3.2 ที่แสดงถึงความเป็นไปได้ในเชิงธุรกิจที่เซอร์วิซอินสแตนซ์บางตัวนั้นสามารถปรับเปลี่ยนราคาตามช่วงเวลาที่เรียกใช้งานหรือ สามารถเพิ่มราคาเพื่อการทำงานที่เร็วขึ้น และเซอร์วิซอินสแตนซ์บางตัวสามารถลดเวลาการทำงานในกรณีที่ผู้ใช้อยู่ในเขตที่ตั้งใกล้กันกับผู้ให้บริการ หรืออาจจะเป็นในทางตรงข้ามกล่าวคือจะต้องใช้เวลาในการทำงานมากกว่าปกติเมื่อผู้ใช้อยู่ในเขตที่ตั้งไกลจากผู้ใช้บริการ ดังนั้น ชุดข้อมูลการทดลองจึงถูกสร้างให้สอดคล้องกับแนวคิดที่กล่าวมาดังต่อไปนี้

- เซอร์วิซอินสแตนซ์ทุกตัวถูกกำหนดหมายเลขเขตพื้นที่อย่างสุ่มในช่วง [0, 3] หากได้หมายเลข 0 หมายความว่าเซอร์วิซอินสแตนซ์อยู่เขตพื้นที่เดียวกันกับผู้ใช้งาน ผู้ใช้งานจะได้รับผลประโยชน์คือเวลาในการทำงานลดลงร้อยละ 5 สำหรับหมายเลข 1 จะไม่ได้รับผลประโยชน์ใด ๆ เวลาในการทำงานของเซอร์วิซอินสแตนซ์จะเป็นไปตามที่ประกาศไว้ ส่วนหมายเลข 2-3 เซอร์วิซอินสแตนซ์จะใช้เวลาในการทำงานนานขึ้นร้อยละ 5 จากที่ประกาศไว้ โดยกำหนดให้ผู้ใช้งานทราบข้อกำหนดในข้อนี้อยู่แล้ว
- เซอร์วิซอินสแตนซ์ทุกตัวถูกกำหนดการให้บริการให้เป็นแบบรูปแบบเดียวหรือแบบหลายรูปแบบอย่างสุ่ม โดยร้อยละ 80 ของเซอร์วิซอินสแตนซ์ทั้งหมดจะสามารถให้บริการได้เพียงรูปแบบเดียวและอีกร้อยละ 20 จะเป็นเซอร์วิซอินสแตนซ์ที่สามารถให้บริการได้หลายรูปแบบ สำหรับเซอร์วิซอินสแตนซ์ที่สามารถให้บริการได้หลายรูปแบบถูกแบ่งออกเป็นอีก 3 ลักษณะ ซึ่งลักษณะต่าง ๆ นี้ จะเรียกว่า โหมดให้บริการ ดังนั้นเซอร์วิซอินสแตนซ์แต่ละตัวจะถูกกำหนดให้อยู่ในโหมดให้บริการโหมดใดโหมดหนึ่งใน 4 โหมด (จากการให้บริการได้รูปแบบเดียว 1 โหมดและแบบหลายรูปแบบอีก 3 โหมด)

- โหมดให้บริการที่ 0 ได้แก่เซอร์วิซที่ให้บริการตามที่ได้ประกาศไว้ โดยไม่มีลักษณะพิเศษในการเพิ่มราคาเพื่อลดเวลา หรือการลดราคาตามช่วงเวลาที่เรียกใช้งาน
- โหมดให้บริการที่ 1 ได้แก่เซอร์วิซที่นอกจากจะให้บริการแบบปกติตามที่ประกาศไว้แล้ว ยังสามารถเพิ่มทางเลือกให้กับผู้ใช้โดยการเพิ่มราคาเพื่อลดเวลาในการทำงาน โดยกำหนดให้เซอร์วิซเพิ่มราคาได้อีกสามอัตรา ดังนั้นเซอร์วิซอินสแตนซ์ที่ทำงานในโหมดนี้จะจำแนกเป็นเซอร์วิซอินสแตนซ์ออกมาได้อีก 3 ตัว ดังตัวอย่างที่แสดงในตารางที่ 3.3 เป็นการนำตัวอย่างเซอร์วิซอินสแตนซ์ตัวที่ 2 ที่แสดงในตารางที่ 3.2 มาทำการจำแนกออกเป็นเซอร์วิซที่ให้บริการโหมดที่ 1
- โหมดให้บริการที่ 2 ได้แก่เซอร์วิซที่นอกจากจะให้บริการแบบปกติตามที่ประกาศไว้แล้ว ยังสามารถเพิ่มทางเลือกให้กับผู้ใช้โดยการลดราคาตามช่วงเวลาที่เรียกใช้ ตามข้อ (2) ในหัวข้อที่ 3.2.1 ดังนั้นเซอร์วิซอินสแตนซ์ที่ทำงานในโหมดนี้จะจำแนกออกมาได้อีก 3 ตัว ดังที่แสดงในตารางที่ 3.4 เป็นการนำตัวอย่างเซอร์วิซอินสแตนซ์ตัวที่ 3 ที่แสดงในตารางที่ 3.2 มาทำการจำแนกออกเป็นเซอร์วิซที่ให้บริการโหมดที่ 2
- โหมดให้บริการที่ 3 ได้แก่เซอร์วิซที่นอกจากจะให้บริการแบบปกติตามที่ประกาศไว้แล้ว ยังเพิ่มรูปแบบการให้บริการในลักษณะของโหมดที่ 1 รวมกันกับโหมดที่ 2 กล่าวคือ นอกจากจะเพิ่มราคาเพื่อลดเวลาการทำงานของเซอร์วิซแล้ว หากมีการเรียกใช้เซอร์วิซที่เพิ่มราคาเพื่อลดเวลาในการทำงานในช่วงเวลาที่มีการลดราคานั้น สามารถทำได้เช่นกัน ดังนั้นอินสแตนซ์ที่ทำงานในโหมดนี้จะจำแนกออกมาได้อีก 15 ตัว ดังที่แสดงในตารางที่ 3.5 เป็นการนำตัวอย่างเซอร์วิซอินสแตนซ์ตัวที่ 4 ที่แสดงในตาราง 3.2 มาทำการจำแนกออกเป็นเซอร์วิซที่ให้บริการโหมดที่ 3

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.3 ตัวอย่างเซอร์วิซอินสแตนซ์ที่ 2 ในตารางที่ 3.2 เมื่อให้บริการในโหมดที่ 1

อัตราราคา	ราคา	เวลา	สภาพพร้อมใช้งาน	ความเชื่อถือได้	ช่วงเวลาใช้งาน
ปกติ	85	1275	0.93	0.970	ตลอดเวลา
ขั้นที่ 1	87.55	1185	0.93	0.970	ตลอดเวลา
ขั้นที่ 2	89.25	1160	0.93	0.970	ตลอดเวลา
ขั้นที่ 3	90.95	1134	0.93	0.970	ตลอดเวลา

ตารางที่ 3.4 ตัวอย่างเซอร์วิซอินสแตนซ์ที่ 3 ในตารางที่ 3.2 เมื่อให้บริการในโหมดที่ 2

อัตราราคา	ราคา	เวลา	สภาพพร้อมใช้งาน	ความเชื่อถือได้	ช่วงเวลาใช้งาน
ปกติ	69	915	0.93	0.970	ตลอดเวลา
ขั้นที่ 1	66.93	915	0.93	0.970	18 – 22 น.
ขั้นที่ 2	66.24	915	0.93	0.970	22 – 02 น.
ขั้นที่ 3	65.55	915	0.93	0.970	02 – 06 น.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.5 ตัวอย่างเซอร์วิซอินสแตนซ์ที่ 4 ในตารางที่ 3.2 เมื่อให้บริการในโหมดที่ 3

อัตราราคา	ราคา	เวลา	สภาพพร้อมใช้งาน	ความเชื่อถือได้	ช่วงเวลาใช้งาน
ปกติ	81	1035	0.93	0.97	ตลอดเวลา
ปกติและลดตามเวลา 1	78.57	1035	0.93	0.97	18 – 22 น.
ปกติและลดตามเวลา 2	77.60	1035	0.93	0.97	22 – 02 น.
ปกติและลดตามเวลา 2	76.95	1035	0.93	0.97	02 – 06 น.
เพิ่มจากปกติ 1	83.43	962	0.93	0.97	ตลอดเวลา
เพิ่มจากปกติ 1 ลดตามเวลา 1	80.93	962	0.93	0.97	18 – 22 น.
เพิ่มจากปกติ 1 ลดตามเวลา 2	80.09	962	0.93	0.97	22 – 02 น.
เพิ่มจากปกติ 1 ลดตามเวลา 3	79.26	962	0.93	0.97	02 – 06 น.
เพิ่มจากปกติ 2	85.05	941	0.93	0.97	ตลอดเวลา
เพิ่มจากปกติ 2 ลดตามเวลา 1	82.50	941	0.93	0.97	18 – 22 น.
เพิ่มจากปกติ 2 ลดตามเวลา 2	81.65	941	0.93	0.97	22 – 02 น.
เพิ่มจากปกติ 2 ลดตามเวลา 3	80.80	941	0.93	0.97	02 – 06 น.
เพิ่มจากปกติ 3	86.67	921	0.93	0.97	ตลอดเวลา
เพิ่มจากปกติ 3 ลดตามเวลา 1	84.07	921	0.93	0.97	18 – 22 น.
เพิ่มจากปกติ 3 ลดตามเวลา 2	83.20	921	0.93	0.97	22 – 02 น.
เพิ่มจากปกติ 3 ลดตามเวลา 3	82.34	921	0.93	0.97	02 – 06 น.

(5) ความสัมพันธ์แบบหุ้นส่วน ได้กำหนดให้เลือกเซอร์วิซอินสแตนซ์จำนวน 30 เปอร์เซ็นต์เป็นหุ้นส่วนกัน โดยให้มีหุ้นส่วนแบบสองฝ่ายและสามฝ่ายเท่านั้น ผลประโยชน์จะได้รับในด้านราคาหรือเวลาเท่านั้น หุ้นส่วนแบบสองฝ่ายและแบบสามฝ่ายใด ๆ จะได้รับแต้มพัฒนาสำหรับสร้างผลประโยชน์คุณภาพการให้บริการด้านราคาจำนวน 20 แต้มสำหรับหุ้นส่วนแบบสองฝ่าย และ 30 แต้มสำหรับหุ้นส่วนแบบ 3 ฝ่าย

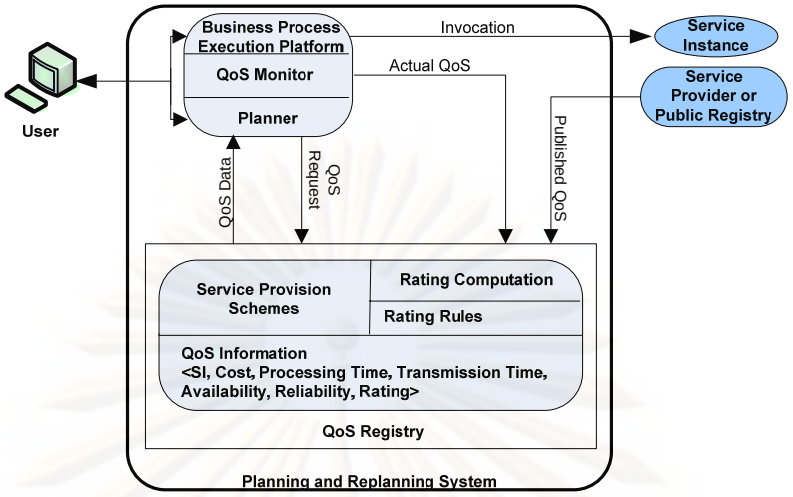
(6) รายละเอียดของชุดข้อมูลมีดังต่อไปนี้

- จัดเตรียมเซอร์วิซทั้งหมด 20 ประเภทสำหรับใช้ในบางการทดลอง แต่โดยทั่วไปจะใช้เซอร์วิซเพียง 10 ประเภทตามกระแสงานของเซอร์วิซเชิงประกอบที่ได้กล่าวถึงในหัวข้อที่ 3.7.1
- มีเซอร์วิซอินสแตนซ์จำนวน 252 ตัวสำหรับเซอร์วิซ 10 ประเภทและเมื่อจำแนกเซอร์วิซที่มีลักษณะหลายรูปออกมาแล้ว จะมีเซอร์วิซอินสแตนซ์ทั้งหมด 1,032 ตัวที่ใช้ในการทดลองส่วนใหญ่ที่ใช้กระแสงานในข้อที่ 4.1.1 สำหรับจำนวนเซอร์วิซอินสแตนซ์ที่นับรวมเซอร์วิซทั้ง 20 ประเภทเมื่อจำแนกออกมาแล้วจะมีทั้งหมดจำนวน 2,107 ตัว
- มีความสัมพันธ์แบบหุ้นส่วน 86 ความสัมพันธ์ โดยแบบสามฝ่ายมี 34 ความสัมพันธ์ และแบบสองฝ่ายมี 52 ความสัมพันธ์

3.7 สถาปัตยกรรมของระบบการวางแผนและปรับแผนสำหรับเซอร์วิซเชิงประกอบ

เพื่อให้การวางแผนและการปรับแผนสำหรับเซอร์วิซเชิงประกอบ รองรับแนวคิดในการวิจัยนี้ในเรื่องของการจัดระดับการให้บริการ การเก็บข้อมูลคุณภาพการให้บริการของเซอร์วิซแต่ละตัว รวมไปถึงการคำนวณค่าคุณภาพการให้บริการของแผนและการเรียกใช้เซอร์วิซ จึงจำเป็นจะต้องออกแบบสถาปัตยกรรมสำหรับฝั่งผู้ใช้บริการเพื่อให้สามารถรองรับแนวคิดดังกล่าว รายละเอียดของสถาปัตยกรรมแสดงในรูปที่ 3.4

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.4 สถาปัตยกรรมของระบบในฝั่งผู้ใช้บริการ

QoS Registry จะทำหน้าที่เก็บข้อมูลคุณภาพการให้บริการของเซอร์วิซอินสแตนซ์ทุกตัวที่ผู้ใช้สนใจ โดยข้อมูลคุณภาพการให้บริการด้าน ราคา เวลา สภาพพร้อมใช้งานและความเชื่อถือได้จะเป็นข้อมูลที่นำมาจากผู้ให้บริการโดยตรงหรือจะนำมาจากสื่ออื่นที่ผู้ให้บริการได้มีการนำไปประกาศไว้ก็ได้ และจากหัวข้อที่ 3.6 จะเห็นว่าเซอร์วิซอินสแตนซ์บางตัวสามารถทำงานได้หลายรูปแบบและมีความขึ้นต่อกันของเซอร์วิซ ซึ่งเป็นไปได้ว่า ผู้ให้บริการอาจไม่ได้ประกาศการทำงานของเซอร์วิซไว้ในรูปแบบที่เสมือนว่าเป็นเซอร์วิซอินสแตนซ์อีกตัวหนึ่ง ดังนั้น QoS Registry จึงทำหน้าที่แตกเซอร์วิซที่ให้บริการได้หลายลักษณะเหล่านั้นออกเป็นเซอร์วิซอินสแตนซ์ในรูปแบบต่าง ๆ เพื่อง่ายต่อขั้นตอนการวางแผน นอกจากนี้ ในกรณีที่มีความต่างของเวลาและความห่างของระยะทาง QoS Registry ต้องคำนวณหาความต่างทางเวลาและระยะทางของทุกเซอร์วิซอินสแตนซ์และเก็บข้อมูลทั้งหมดนี้ไว้ในส่วนของ Service Provision Schemes

สำหรับค่าระดับการให้บริการ จะกำหนดให้เป็น 1 เมื่อเริ่มต้น จากนั้นระบบจะทำการคำนวณเพื่อปรับค่าไปตามกฎของการปรับค่าระดับการให้บริการ (Rating Rules) ที่ได้ตั้งไว้ ดังเช่นตัวอย่างในหัวข้อที่ 3.3.2

Planner จะทำหน้าที่วางแผนเซอร์วิซเชิงประกอบตามอัลกอริทึมที่กำหนดไว้ โดยจะนำค่าคุณภาพการให้บริการที่อยู่ใน QoS Registry มาใช้ในการหาคำตอบ เมื่อมีการเรียกใช้แผนของเซอร์วิซเชิงประกอบ จะมีการวัดค่าคุณภาพการให้บริการของเซอร์วิซขณะใช้งานจริงโดย QoS Monitor เพื่อทำการคำนวณเพื่อปรับค่าระดับการให้บริการของเซอร์วิซแต่ละตัวที่มีการเรียกใช้ นอกจากนี้ค่าคุณภาพการให้บริการของเซอร์วิซขณะใช้งานจริงจะถูกนำมาพิจารณาว่าเกิดการกระตุ้นให้ปรับแผนใหม่หรือไม่ หากจำเป็นต้องมีการปรับแผนใหม่ Planner จะทำการปรับแผน

นอกจากจะทำหน้าที่ในการวัดค่าคุณภาพการให้บริการในขณะทำงานของเซอร์วิซแล้ว QoS Monitor ยังทำหน้าที่ตรวจสอบค่าคุณภาพการให้บริการว่ายังอยู่ในข้อบังคับของการวางแผนหรือไม่ ซึ่งหากมีการละเมิดข้อบังคับเกิดขึ้น Planner จะทำการวางแผนใหม่เพื่อให้เซอร์วิซเชิงประกอบทำงานได้ลุล่วงโดยที่ไม่เกิดการละเมิดข้อบังคับ หรือการละเมิดข้อบังคับในบางกรณีอยู่ในวิสัยที่ยอมรับได้ เช่นมีการกำหนดไว้ว่า หากจำเป็นต้องวางแผนใหม่สำหรับเซอร์วิซบางส่วนจะยอมให้ใช้เวลารวมทั้งหมดมากขึ้นได้ร้อยละ 10 เป็นต้น

ในบทนี้ได้อธิบายถึงแนวคิดการวิจัย การดำเนินการวิจัย ชุดข้อมูลสำหรับใช้ในการทดลอง การทำการทดลองโดยวิธีการจำลอง และสถาปัตยกรรมของระบบ ซึ่งทั้งหมดนี้ ได้ถูกนำไปทดสอบแนวคิดผ่านทางการทดลองที่จะนำเสนอในบทถัดไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลองในการวางแผนและการปรับแผน

ในบทนี้จะกล่าวถึงการทดลองเพื่อทดสอบแนวคิดในการวิจัยนี้ โดยแบ่งเป็นสามกลุ่มการทดลอง กลุ่มการทดลองแรกมีจุดประสงค์เพื่อทดสอบอัลกอริทึมอีดีเอ ว่ามีความเหมาะสมกับปัญหาการวางแผนเซอร์วิซเชิงประกอบตามแนวคิดงานวิจัยที่ว่า เซอร์วิซจะมีความหลากหลายในการให้บริการโดยเน้นไปที่คุณภาพการให้บริการบางชนิด เช่น เน้นให้บริการที่ดีในคุณภาพด้านราคา หรือเวลาอย่างใดอย่างหนึ่ง รวมไปถึงขั้นตอนในการวางแผนที่มีการพิจารณาความสัมพันธ์แบบหุ้นส่วนภายในแผนเดียวกัน การทดลองในกลุ่มต่อมาจะทำขึ้นเพื่อทดสอบว่าค่าระดับการให้บริการที่เสนอขึ้นมานั้น สามารถสะท้อนถึงคุณภาพของแผนในแง่ของความคงทนได้หรือไม่อย่างไร นอกจากนี้ในด้านความคงทนของแผน จะทดลองใส่ความเบี่ยงเบนของคุณภาพการให้บริการลงในขั้นตอนการวางแผน แล้วทดสอบดูว่าการพิจารณาความเป็นไปได้ในการเบี่ยงเบนของคุณภาพการให้บริการตั้งแต่ตอนเริ่มวางแผนจะส่งผลต่อความคงทนของแผนที่ได้หรือไม่อย่างไร สำหรับการทดลองในกลุ่มสุดท้าย จะเป็นการทดสอบว่าความรู้ของอีดีเอที่ได้จากการวางแผนสำหรับเซอร์วิซเชิงประกอบนั้นสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการปรับแผนโดยทำการวางแผนใหม่ได้อย่างไร

4.1 การประเมินประสิทธิภาพและข้อกำหนดของอัลกอริทึมอีดีเอ

4.1.1 การประเมินประสิทธิภาพ

โดยทั่วไป อัลกอริทึมเชิงวิวัฒน์จะมีวิธีการประเมินประสิทธิภาพของอัลกอริทึม โดยการนับจำนวนของการเรียกใช้ฟังก์ชัน หรือ Number of Function Call (NFC) ซึ่งการนับการเรียกใช้ฟังก์ชันนี้อาจจะนับอย่างง่ายเช่น การสร้างปัจเจกใหม่หนึ่งตัวถือเป็นหนึ่งครั้งสำหรับการเรียกใช้ฟังก์ชัน

สมมติตัวอย่างในปัญหาหนึ่งซึ่งใช้อัลกอริทึมเชิงวิวัฒน์แก้ปัญหา หากกำหนดให้มีจำนวนประชากรต่อรุ่นเป็น 100 ตัว และอัลกอริทึมหาคำตอบพบในรุ่นที่ 10 ดังนั้น ในตัวอย่างนี้อัลกอริทึมใช้ 1000 NFC ในการแก้ปัญหาเป็นต้น สำหรับงานวิจัยนี้ ใช้อัลกอริทึมอีดีเอเพียงอย่างเดียว โดยในบางการทดลองจะมีการวัดประสิทธิภาพของอัลกอริทึมที่สถานะต่างกัน ดังนั้น งานวิจัยนี้จะวัด

ประสิทธิภาพโดยการนับจำนวนรุ่นในการหาคำตอบ เนื่องจากจำนวนประชากรของอัลกอริทึมที่ต้องการเปรียบเทียบเท่ากัน และต้นทุนในการสร้างปัจเจกแต่ละตัวก็เท่ากันเช่นกัน

สำหรับอัลกอริทึมเชิงวิวัฒน์ที่ถือเป็นอัลกอริทึมเชิงสุ่มนั้น การทดลองต้องทำหลายครั้งแล้วรายงานผลออกมาในรูปของค่าเฉลี่ย เนื่องจากประชากรเริ่มแรกจะสร้างขึ้นโดยการสุ่มทั้งสิ้น หากการสุ่มบังเอิญเข้าใกล้คำตอบ คำตอบที่ได้จะออกมามีคุณภาพสูง หรือมี NFC ต่ำ ดังนั้นการรันอัลกอริทึมแต่ละครั้งไม่อาจเป็นตัวแทนสะท้อนถึงประสิทธิภาพของอัลกอริทึมที่สามารถคาดหวังได้ การทดลองใด ๆ โดยใช้อัลกอริทึมเชิงสุ่มจึงต้องทำซ้ำ ๆ หลายครั้งในหนึ่งการทดลอง สำหรับงานวิจัยนี้ จะทำการทดลองซ้ำจำนวน 25 ครั้ง แล้วหาว่าอีดีเอหาคำตอบที่พอใจพบจำนวนกี่ครั้ง จากนั้นจะคิดอัตราความสำเร็จจากจำนวนครั้งที่หาคำตอบพบต่อจำนวนครั้งที่ทำการทดลองซ้ำ

4.1.2 ข้อกำหนดของอัลกอริทึมอีดีเอ

การนำอัลกอริทึมเชิงวิวัฒน์มาแก้ปัญหานั้น หากต้องการผลลัพธ์ที่ดีขึ้น จำเป็นจะต้องมีการปรับตัวแปรของอัลกอริทึมเพื่อให้เหมาะสมกับปัญหานั้น ๆ เช่น บางปัญหาจะทำงานได้ดีหากใช้จำนวนประชากรขนาดเล็ก สำหรับการใช้อัลกอริทึมอีดีเอในงานวิจัยนี้จะเป็นอย่างง่าย กล่าวคือ ผู้วิจัยไม่ทำการศึกษาเพื่อหาตัวแปรอัลกอริทึมที่เหมาะกับปัญหาที่สนใจ โดยมีข้อกำหนดของอัลกอริทึมอีดีเอดังนี้

- ใช้ฟิตเนสฟังก์ชันตามสมการ (7) ในหัวข้อที่ 3.4
- ค่าน้ำหนัก $w_1 – w_7$ ในฟิตเนสฟังก์ชันกำหนดให้มีค่าเท่ากับ 1
- ขนาดประชากรเท่ากับ 200 ปัจเจก
- จำนวนรุ่นสูงสุดเท่ากับ 100 รุ่น
- คำนวณค่าจีเอฟจากปัจเจกที่ถูกเลือกมา 20 ตัวซึ่งให้คำตอบที่ดีที่สุดในรุ่นโดยให้ความสำคัญทุกปัจเจกเท่ากัน
- เงื่อนไขการหยุด จะหยุดเมื่อพบคำตอบที่คาดหวัง หรือทำครบจำนวนรุ่นสูงสุด

4.2 การทดลองวางแผนสำหรับเซอร์วิซเชิงประกอบอิงคุณภาพการให้บริการ

การทดลองในกลุ่มแรกนี้จะแบ่งเป็นสามการทดลอง โดยสองการทดลองแรกจะหาว่าวิธีอีดีเอเหมาะสมกับปัญหาในงานวิจัยหรือไม่ จึงทำการทดลองโดยลดความซับซ้อนของปัญหาลงมาให้อยู่ในรูปปัญหาอย่างง่ายก่อน กล่าวคือ จะยังไม่คิดเรื่องความขัดแย้งของเงื่อนไขช่วงเวลาในการเรียกใช้งานเซอร์วิซโดยกำหนดให้เซอร์วิซอินสแตนซ์ทุกตัว ทุกโหมดการให้บริการ สามารถเรียกใช้งานได้ตลอดเวลาและจะยังไม่มีการคิดการเพิ่มหรือลดของเวลาในการทำงานของเซอร์วิซตามระยะห่างเขตที่ตั้งของผู้ใช้และผู้ให้บริการ ส่วนการทดลองที่สามจะกำหนดให้ต้องวางแผนตาม

ข้อบังคับด้านเงื่อนไขเวลาเรียกใช้งานและมีการคิดการเพิ่มหรือลดของเวลาในการทำงานของเซอร์วิซตามระยะห่างเขตที่ตั้งของผู้ใช้และผู้ให้บริการ เพื่อทดสอบว่าวิธีอีดีเอนำไปใช้ในการหาคำตอบสำหรับปัญหาการวางแผนสำหรับเซอร์วิซเชิงประกอบที่ซับซ้อนขึ้นนี้ ได้หรือไม่อย่างไร โดยได้นำชุดข้อมูลของเซอร์วิซอินสแตนซ์ที่อธิบายกล่าวถึงในข้อ (6) หัวข้อที่ 3.6.2 มาใช้สำหรับการทดลอง

4.2.1 การทดลองวางแผนเซอร์วิซเชิงประกอบโดยอีดีเอ

การทดลองนี้จะทดลองใช้อีดีเอในการวางแผน โดยกำหนดให้ทดลองหาคำตอบซึ่งเน้นคุณภาพการให้บริการรวมด้านเวลาต่ำที่สุด ซึ่งเวลารวมที่ต่ำที่สุดสำหรับชุดข้อมูลของงานวิจัยนี้ได้แก่ 9505 หน่วย โดยกำหนดให้สามารถคลาดเคลื่อนได้ 10 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นสิ่งที่อีดีเอจะหาคำตอบคือ แผนที่มีค่าคุณภาพการให้บริการด้านราคารวมอยู่ระหว่าง [9505, 10455] หน่วยและสำหรับการทดลองนี้ จะยังไม่มีการปรับค่าระดับการให้บริการ โดยกำหนดให้ค่าระดับการให้บริการคงที่อยู่ที่ 1 เนื่องจากเพียงต้องการทดสอบความสามารถของวิธีอีดีเอ ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการใช้อีดีเอวางแผนเซอร์วิซเชิงประกอบ

ค่าเวลารวมเป้าหมาย (หน่วยเวลา)	ค่าเวลารวมดีที่สุด (หน่วยเวลา)	ค่าเวลารวมเลวที่สุด (หน่วยเวลา)	ค่าเวลารวมเฉลี่ย (หน่วยเวลา)	อัตราความสำเร็จ
[9505, 10455]	9678	10661	9862.86943	23/25 (92%)

จากผลการทดลองพบว่าค่าเวลารวมที่ดีที่สุดที่อีดีเอสามารถหาได้นั้นมากกว่าค่าต่ำสุดที่เป็นไปได้ 173 หน่วย ซึ่งคลาดเคลื่อนไป 1.82 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น ส่วนค่าเวลารวมที่เลวที่สุดอยู่นอกช่วงเป้าหมาย 206 หน่วย คิดเป็นความคลาดเคลื่อน 1.97 เปอร์เซ็นต์และอยู่ห่างจากค่าเวลารวมที่ต่ำที่สุดคิดเป็น 12.16 เปอร์เซ็นต์

เมื่อคิดในเชิงคุณภาพของคำตอบ พบว่าคำตอบที่ดีที่สุดที่อีดีเอสามารถหาได้มีคุณภาพสูงถึง 98.18 เปอร์เซ็นต์ของคำตอบที่ดีที่สุดที่เป็นไปได้สำหรับชุดข้อมูลที่ใช้ทดลอง และสำหรับกรณีเลวที่สุด อีดีเอสามารถหาคำตอบที่มีคุณภาพคิดเป็น 87.84 เปอร์เซ็นต์ของคำตอบที่ดีที่สุดที่เป็นไปได้ และเมื่อพิจารณาค่าเวลารวมโดยเฉลี่ยของการทดลองซ้ำทั้ง 25 ครั้งพบว่ามีคุณภาพคิดเป็น 96.24 เปอร์เซ็นต์ของคำตอบที่ดีที่สุดที่เป็นไปได้ นอกจากนี้อัตราความสำเร็จที่อีดีเอสามารถหาคำตอบในช่วงของเป้าหมายที่กำหนดได้สูงถึง 92 เปอร์เซ็นต์

จากผลการทดลองสามารถกล่าวได้ว่าอีดีเอมีความเหมาะสมและสามารถแก้ปัญหาการวางแผนเซอร์วิซเชิงประกอบอิงคุณภาพการให้บริการที่เซอร์วิซอินสแตนซ์สามารถให้บริการได้เพียงรูปแบบเดียวได้เป็นอย่างดี

4.2.2 การทดลองใช้อีดีเอเพื่อหาคำตอบโดยมีข้อบังคับบนคุณภาพการให้บริการโดยรวมและข้อบังคับเฉพาะบางประเภทของคุณภาพการให้บริการ

เมื่อพิจารณาดูค่าคุณภาพการให้บริการแต่ละประเภทของแผนที่มีค่าคุณภาพการให้บริการรวมด้านราคาที่ต่ำที่สุดที่อีดีเอหาได้จากการทดลองที่ 4.2.1 นั้น จะพบว่าคุณภาพการให้บริการบางประเภทมีค่าต่ำ ในขณะที่บางประเภทมีค่าสูง ในกรณีนี้ได้แก่ ค่าของราคารวมที่สูงถึง 966 หน่วย จากราคาสูงสุดที่เป็นไปได้คือ 1000 หน่วย ส่วนเวลารวมมีค่า 9678 หน่วยจากค่าสูงสุดที่เป็นไปได้คือ 15000 หน่วย สำหรับในบางกรณีผู้ใช้อาจจะสนใจค่าคุณภาพการให้บริการเฉพาะบางประเภทมากกว่าค่าคุณภาพการให้บริการโดยรวม ดังนั้นการวางแผนจึงต้องกำหนดข้อบังคับที่มีทั้งข้อบังคับของค่าคุณภาพการให้บริการโดยรวมและข้อบังคับของค่าคุณภาพการให้บริการเฉพาะด้านที่ผู้ใช้สนใจ การทดลองนี้จะทดลองกำหนดให้มีข้อบังคับด้านคุณภาพการให้บริการรวมและข้อบังคับด้านราคารวมเป็นสองข้อบังคับด้วยกัน เพื่อทดสอบว่าอีดีเอจะสามารถหาคำตอบได้หรือไม่ โดยกำหนดให้หาค่าคุณภาพการให้บริการรวมไม่เกิน 10000 หน่วย และกำหนดให้ข้อบังคับด้านราคารวมเป็นค่าต่าง ๆ กัน ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลการใช้อีดีเอหาคำตอบโดยมีข้อบังคับบนคุณภาพการให้บริการมากกว่าหนึ่งข้อ

ค่าเป้าหมาย (หน่วยราคา)	ค่าดีที่สุด (หน่วยราคา)	ค่าเลวที่สุด (หน่วยราคา)	ค่าเฉลี่ย (หน่วยราคา)	อัตราความสำเร็จ
950	865.76	954.11	928.73	24/25 (96%)
900	841.38	899.8	885.51	25/25 (100%)
850	819.88	849.71	840.55	25/25 (100%)
800	770.05	809.75	797.46	17/25 (68%)

จากผลการทดลองเมื่อกำหนดข้อบังคับด้านคุณภาพการให้บริการโดยรวมเป็น 10000 หน่วยและข้อบังคับด้านราคารวมเป็น 950, 900, 850, 800 หน่วยตามลำดับ พบว่าอีดีเอสามารถหาคำตอบได้ด้วยอัตราความสำเร็จ 100 เปอร์เซ็นต์ในข้อบังคับด้านราคารวมที่ 900 และ 850 หน่วย สำหรับข้อบังคับราคารวมที่ 950 หน่วย มีอัตราความสำเร็จอยู่ที่ 96 เปอร์เซ็นต์ และ ข้อบังคับราคารวมที่ 800 หน่วย มีอัตราความสำเร็จอยู่ที่ 68 เปอร์เซ็นต์

สำหรับผลการทดลองที่กำหนดข้อบังคับด้านราคารวมเป็น 950, 900, 850 หน่วยนั้นล้วนมีอัตราความสำเร็จสูงกว่า 95 เปอร์เซ็นต์ทั้งสิ้น ค่าราคารวมดีที่สุดที่หาได้และค่าเฉลี่ยมีคุณภาพสูงกว่าค่าเป้าหมาย แสดงให้เห็นว่าอีดีเอสามารถแก้ปัญหาการวางแผนเซอร์วิซเชิงประกอบอิงคุณภาพการให้บริการบนข้อบังคับมากกว่าหนึ่งข้อได้เป็นอย่างดี ซึ่งในกรณีนี้อีดีเอสามารถหาคำตอบที่อยู่ในข้อบังคับด้านคุณภาพการให้บริการโดยรวมและยังสามารถหาคำตอบสำหรับข้อบังคับด้านราคารวมได้ดีกว่าค่าราคารวมเป้าหมายอีกด้วย

ส่วนผลการทดลองที่กำหนดข้อบังคับด้านราคารวมเป็น 800 หน่วยแม้มีอัตราความสำเร็จอยู่ที่ 68 เปอร์เซ็นต์ แต่ทั้งค่าดีที่สุดและค่าเฉลี่ยนั้นยังต่ำกว่าค่าเป้าหมายเช่นเดียวกับข้อบังคับด้านราคารวมค่าต่าง ๆ ที่ได้ทดลองมา ผลการทดลองในส่วนนี้อาจแปลความได้ว่าราคารวมที่ 800 หน่วยนั้นอาจจะเข้าใกล้ราคารวมที่เป็นไปได้แล้ว อีดีเอจึงหาคำตอบได้ด้วยอัตราความสำเร็จที่ต่ำกว่าการทดลองของราคารวมอื่น นอกจากนี้ยังสะท้อนถึงพฤติกรรมของอีดีเอที่ใช้ในงานวิจัยนี้ว่ายังไม่มีความสามารถในการค้นวงกว้าง (Global Search) ที่ดีพอ ทำให้อัลกอริทึมไม่สามารถหาคำตอบที่ดีขึ้นในประชากรรุ่นถัดไปได้ ซึ่งผลจากเหตุนี้แสดงออกมาจากการที่อีดีเอไม่สามารถหาคำตอบให้อยู่ภายใต้ข้อบังคับได้ อย่างไรก็ตามจากผลการทดลองสามารถกล่าวได้ว่าอีดีเอสามารถหาคำตอบบนข้อบังคับที่มากกว่าหนึ่งข้อได้อย่างน่าพอใจ

4.2.3 การทดลองใช้อีดีเอหาคำตอบของปัญหาการวางแผนสำหรับเซอร์วิซเชิงประกอบที่เซอร์วิซอินสแตนซ์สามารถให้บริการได้หลายรูปแบบ

การทดลองนี้ทำเพื่อทดสอบว่าเมื่อปัญหาในการวางแผนสำหรับเซอร์วิซเชิงประกอบที่มีความซับซ้อนมากขึ้นจากการที่เซอร์วิซอินสแตนซ์สามารถให้บริการได้หลายรูปแบบโดยมีเงื่อนไขในการให้บริการเกิดขึ้นมา ตามแนวคิดในหัวข้อที่ 3.2.1 แล้ว วิธีอีดีเอจะสามารถหาคำตอบได้หรือไม่ อย่างไร โดยได้ทำการทดสอบในสองเรื่องด้วยกันได้แก่ การลดราคาตามช่วงเวลาและการลดเวลาการทำงานตามเขตที่ตั้งของผู้ให้บริการกับผู้ใช้ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

(1) การลดราคาตามช่วงเวลา สำหรับการทดลองนี้จะทดลองโดยมีข้อบังคับด้านราคารวมเป็นค่าต่าง ๆ โดยในแผนนั้นจะต้องประกอบไปด้วยเซอร์วิซอินสแตนซ์ที่ไม่มีความขัดแย้งด้านเวลาในการเรียกใช้ กล่าวคือ หากในแผนมีเซอร์วิซอินสแตนซ์ที่ได้ลดราคาตามช่วงเวลาประกอบอยู่ ช่วงเวลาที่เซอร์วิซอินสแตนซ์เหล่านั้นทำงานได้จะต้องเป็นช่วงเวลาเดียวกัน หรือแผนนั้นต้องประกอบไปด้วยเซอร์วิซอินสแตนซ์ที่คิดราคาอัตราเดียวทุกช่วงเวลาเท่านั้น การทดลองนี้ทำเพื่อทดสอบว่าอีดีเอจะสามารถหาคำตอบเมื่อปัญหามีเงื่อนไขมากขึ้นได้หรือไม่โดยทำการหาด้วยว่าแผนที่ดีที่สุดจากการทดลองซ้ำทั้ง 25 ครั้งเป็นแผนที่มีเซอร์วิซอินสแตนซ์ซึ่งได้ลดราคาตามช่วงเวลาที่ใช้งานประกอบอยู่กี่แผน ผลการทดลองนี้แสดงดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ผลการใช้อีดีเอหาคำตอบเมื่อเซอร์วิซอินสแตนซ์ให้บริการได้หลายรูปแบบโดยมีข้อบังคับบนคุณภาพการให้บริการด้านราคา

ค่าเป้าหมาย (หน่วยราคา)	ค่าดีที่สุด (หน่วยราคา)	ค่าเลวที่สุด (หน่วยราคา)	ค่าเฉลี่ย (หน่วยราคา)	อัตราความสำเร็จ	จำนวนแผนที่มีเงื่อนไขช่วงเวลาการใช้งาน
950	829.00	949.00	913.47	25/25 (100%)	10/25
900	852.55	910.10	892.09	21/25 (84%)	9/25
850	824.00	851.93	842.40	23/25 (92%)	8/25
800	780.00	897.24	799.86	20/25 (80%)	7/25

ในการทดลองนี้ จากผลการทดลองพบว่าทั้งค่าดีที่สุดและค่าเฉลี่ยต่างก็มีคุณภาพสูงกว่าค่าเป้าหมายที่กำหนดเป็นเงื่อนไขทั้งสิ้น ส่วนอัตราความสำเร็จที่ต่ำที่สุดได้แก่เมื่อกำหนดข้อบังคับเป็นราคารวม 800 หน่วยนั้นสูงถึง 80 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อพิจารณาว่าเซอร์วิซอินสแตนซ์สามารถให้บริการในรูปแบบการลดราคาตามช่วงเวลาที่ใช้งานได้ ดังนั้นลักษณะของแผนที่จะมีราคารวมต่ำก็เป็นไปได้ว่าแผนนั้นจะต้องประกอบไปด้วยเซอร์วิซอินสแตนซ์ที่ได้ลดราคาแต่ถูกจำกัดช่วงเวลาการใช้งาน จากผลการทดลองจะเห็นว่าจำนวนแผนที่มีเซอร์วิซอินสแตนซ์ที่ได้ลดราคาแต่ถูกจำกัดช่วงเวลาการใช้งานนั้นมีไม่ถึงครึ่ง ซึ่งไม่ได้หมายความว่าการที่เซอร์วิซอินสแตนซ์สามารถลดราคาตามช่วงเวลาได้นั้นไม่ใช่สิ่งดี เพราะเป็นไปได้ว่าชุดข้อมูลที่สร้างขึ้นนี้มีเซอร์วิซอินสแตนซ์ที่ถึงแม้จะลดราคาแล้วแต่ก็ยังมีราคาสูงอยู่ แต่อย่างไรก็ตามจากจุดนี้จะเห็นว่าอีดีเอสามารถจับลักษณะของชุดข้อมูลนี้ได้ว่าเซอร์วิซอินสแตนซ์ที่คิดราคาด้วยอัตราเดียวตลอดเวลานั้น ทำให้แผนไม่มีความขัดแย้งด้านเวลาและยังเป็นแผนที่อยู่ใต้ข้อบังคับด้วย

(2) การลดเวลาการทำงานตามเขตที่ตั้งของผู้ให้บริการกับผู้ใช้ จะทดลองโดยมีข้อบังคับด้านเวลารวมเป็นค่าต่าง ๆ โดยในแผนนั้นจะต้องประกอบไปด้วยเซอร์วิซอินสแตนซ์ที่ไม่มีความขัดแย้งด้านเวลาในการเรียกใช้ นอกจากนี้จะดูว่าแผนที่ดีที่สุดจากการทดลองซ้ำทั้ง 25 ครั้งว่าในแต่ละแผนนั้นมีเซอร์วิซอินสแตนซ์กี่ตัวที่ใช้เวลาในการทำงานไม่เกินปกติ กล่าวคือเป็นเซอร์วิซอินสแตนซ์ที่มีเขตที่ตั้งเป็นเลข 0 หรือ 1 ตามที่กำหนดไว้ในข้อ (4) หัวข้อที่ 3.6.2 ผลการทดลองนี้แสดงดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ผลการใช้อีดีเอหาคำตอบเมื่อเซอร์วิซอินสแตนซ์ให้บริการได้หลายรูปแบบโดยมีข้อบังคับบนคุณภาพการให้บริการด้านเวลา

ค่าเป้าหมาย (หน่วยเวลา)	ค่าดีที่สุด (หน่วยเวลา)	ค่าเลวที่สุด (หน่วยเวลา)	ค่าเฉลี่ย (หน่วยเวลา)	อัตราความสำเร็จ	ค่าเฉลี่ยจำนวนเซอร์วิซอินสแตนซ์ที่ใช้เวลาไม่เกินที่ประกาศ
10200	9518.40	10198.90	9948.880	24/25 (96%)	5.48
10000	9478.30	10204.05	9931.758	16/25 (64%)	6.28
9800	9557.45	11171.95	9955.942	7/25 (28%)	6.16

จากผลการทดลองพบว่า ค่าดีที่สุดที่อีดีเอหาได้บนข้อบังคับด้านเวลารวมในค่าต่าง ๆ กันนั้นมีคุณภาพสูงกว่าค่าเป้าหมาย สำหรับการทดลองในส่วนนี้ที่นำเอาเวลามาเป็นข้อบังคับนั้นเพราะต้องการทดสอบว่าอีดีเอสามารถจับลักษณะในกรณีที่ระยะห่างระหว่างผู้ใช้และผู้ให้บริการมีผลต่อการใช้เวลาในการให้บริการของเซอร์วิซอินสแตนซ์ได้หรือไม่ ตามที่กำหนดไว้ในข้อ (4) หัวข้อที่ 3.6.2 อาจกล่าวได้ว่าแผนที่ประกอบไปด้วยเซอร์วิซอินสแตนซ์ที่อยู่ในเขตพื้นที่เดียวกันกับผู้ใช้น่าจะให้เวลารวมน้อยที่สุดเนื่องจากเวลาที่ใช้ในการทำงานของเซอร์วิซอินสแตนซ์จะน้อยลง 5 เปอร์เซ็นต์ และจากการทดลองพบว่าในแต่ละแผนของการทดลองซ้ำทั้ง 25 ครั้งมีจำนวนเซอร์วิซอินสแตนซ์ที่ใช้เวลาไม่เกินที่ประกาศไว้ กล่าวคือเป็นเซอร์วิซอินสแตนซ์ใช้เวลาน้อยลง 5 เปอร์เซ็นต์ หรือ ใช้เวลาตามที่ประกาศ เฉลี่ยแล้วเกินกว่าครึ่งหนึ่ง จะเห็นได้จากผลการทดลองที่ข้อบังคับเวลารวมเป็น 10000 ซึ่งได้ค่าดีที่สุดและค่าเฉลี่ย ดีที่สุดเมื่อเทียบกับการทดลองที่ข้อบังคับเวลารวมเป็น 10200 และ 9800 โดยมีค่าเฉลี่ยจำนวนเซอร์วิซอินสแตนซ์ที่ใช้เวลาไม่เกินที่ประกาศมากที่สุดเท่ากับ 6.28 จึงสามารถกล่าวได้ว่าอีดีเอสามารถจับลักษณะของคำตอบในกรณีที่ต้องการเวลารวมน้อย ๆ ได้ว่าต้องประกอบไปด้วยเซอร์วิซอินสแตนซ์ที่ใช้เวลาไม่เกินที่ประกาศ

4.2.4 สรุปผลการทดลอง

การทดลองทั้งสามการทดลองที่ผ่านมานี้ ได้แสดงให้เห็นว่าวิธีอีดีเอสามารถที่จะนำมาใช้ในปัญหาการวางแผนสำหรับเซอร์วิซเชิงประกอบอิงคุณภาพการให้บริการ ได้อย่างน่าพอใจ โดยในการทดลองที่ 4.2.1 สามารถหาค่าใกล้เคียงกับค่าคุณภาพการให้บริการด้านราคาต่ำที่สุดด้วยอัตราความสำเร็จ 23/25 นอกจากนี้ ในการทดลองที่ 4.3.2 ชี้ให้เห็นว่า สามารถนำอีดีเอมาใช้หาแผนที่มีข้อบังคับบนค่าคุณภาพการให้บริการเฉพาะประเภทและค่าคุณภาพการให้บริการโดยรวม ได้อย่าง

เหมาะสม ได้เป็นอย่างดี สำหรับในการทดลองที่สาม ผลก็ยังปรากฏว่าอีดีเอสามารถแก้ปัญหาที่ซับซ้อนขึ้นได้ ด้วยผลที่น่าพอใจ คือสามารถหาคำตอบได้ แม้ในบางข้อบังคับคุณภาพจะมีอัตราความสำเร็จที่ต่ำกว่า 0.5 แต่ค่าเฉลี่ยก็ยังดีกว่าค่าเป้าหมาย ยกเว้นเพียงการทดลองตามตารางที่ 4.4 กรณีค่าเป้าหมายที่ 9800 ซึ่งอีดีเอหาคำตอบที่ได้ค่าเฉลี่ยสูงกว่าค่าเป้าหมาย

นอกจากนี้ในการทดลองที่ 4.2.3 ยังแสดงให้เห็นว่าอีดีเอสามารถสะสมความรู้และจับลักษณะที่ดีของคำตอบได้ แต่ทั้งนี้ ผู้วิจัยมีข้อสังเกตดังต่อไปนี้

- ความสัมพันธ์แบบหุ้นส่วนไม่ปรากฏอยู่ในแผนที่ดีที่สุด ในทั้งสามการทดลองและทุกครั้งในการทดลอง แต่จะปรากฏอยู่บ้างในบางคำตอบคู่แข่ง ทั้งนี้น่าจะเนื่องจากผลประโยชน์ที่ได้รับนั้น อาจจะยังไม่ดีพอ โดยผลประโยชน์สูงสุดที่เป็นไปได้ ได้แก่ ราคาที่ลดลงประมาณ 40 หน่วย นอกจากนี้อาจเป็นเพราะว่า ในการสร้างความสัมพันธ์แบบหุ้นส่วนนั้น สร้างด้วยวิธีการสุ่ม ซึ่งอาจจะเป็นได้ว่าความสัมพันธ์นี้ถูกสุ่มให้ไปผูกอยู่กับเซอร์วิซที่มีค่าคุณภาพการให้บริการด้านอื่น ๆ ที่เหลือต่ำ ทำให้ความสัมพันธ์แบบหุ้นส่วนนี้ ให้ผลประโยชน์ดีเพียงด้านราคาเพียงด้านเดียว ส่วนการลงโทษความสัมพันธ์แบบหุ้นส่วนในฟิตเนสฟังก์ชันนั้นไม่น่าจะเป็นสาเหตุ เนื่องจากหากพิจารณาค่าคุณภาพการให้บริการโดยรวมตามฟิตเนสฟังก์ชันแล้วพบว่า โดยปกติจะมีค่าอยู่ในหลักพัน ดังนั้นค่าลงโทษจากความสัมพันธ์แบบหุ้นส่วนซึ่งค่าสูงสุดเป็น 0.3 นั้นไม่น่าจะส่งผลกระทบต่อเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นนี้ ในส่วนนี้ผู้วิจัยเชื่อว่าน่าจะเกิดจากการที่ความสัมพันธ์แบบหุ้นส่วนที่สุ่มสร้างนั้น ไปผูกอยู่กับเซอร์วิซที่ด้อยคุณภาพ เนื่องจากการสังเกตพบว่าค่าคุณภาพการให้บริการโดยรวมของแผนที่มีความสัมพันธ์แบบหุ้นส่วนนั้นจะสูงกว่าแผนทั่วไป
- ผู้วิจัยพบว่าหน่วยการคำนวณที่เลือกใช้นั้น อาจไม่เหมาะสมเท่าที่ควร เนื่องจากในกรณีของค่าคุณภาพการให้บริการโดยรวมที่เป็นไปได้นั้น จะเห็นว่า ค่าเวลารวมต่ำจากค่าสูงสุดอยู่มาก ในข้อนี้แสดงให้เห็นว่า หากได้ค่าเวลารวมต่ำ ก็มีโอกาสมากที่ค่าคุณภาพโดยรวมจะต่ำไปด้วย ทั้งนี้ถึงแม้ในฟิตเนสฟังก์ชันจะมีการใส่ค่าตัวคูณ w เพื่อให้น้ำหนักแก่ค่าใดค่าหนึ่งไว้ก็ตาม แต่จากการคิดค่าลงโทษจากระยะห่างจากข้อบังคับนั้น ยังสามารถจะพบว่าค่าเวลารวมนั้นมีอิทธิพลต่อคำตอบอยู่เช่นเดิม ในส่วนนี้ผู้วิจัยมีความเห็นว่า หากทำการศึกษาเพื่อหาวิธีการปรับตัวแปรต่าง ๆ ในสูตรการคำนวณ ให้เหมาะสมแล้ว วิธีอีดีเอน่าจะถูกนำมาใช้ได้ดีกว่านี้ และอาจจะตอบข้อสังเกตแรกได้ว่า กรณีที่ความสัมพันธ์แบบหุ้นส่วนไม่ถูกเลือกอยู่ในแผนที่ดีที่สุดนั้นเกี่ยวข้องกับฟิตเนสฟังก์ชันที่ใช้นี้หรือไม่

4.3 การทดลองแนวคิดการเพิ่มคุณภาพของแผนด้านความคงทน

การทดลองในกลุ่มนี้ทำเพื่อทดสอบว่า ค่าระดับการให้บริการที่ผู้วิจัยเสนอนี้จะสามารถสะท้อนความสามารถในการต้านทานความเบี่ยงเบนของคุณภาพการให้บริการที่เกิดขึ้นได้หรือไม่ โดยในการทดลองกลุ่มนี้ จะจำลองการเรียกใช้งานเซอร์วิซเพื่อหาว่า เกิดความเบี่ยงเบนขึ้นหรือไม่ โดยจะไม่เจาะจงลงไปว่าเกิดความเบี่ยงเบนด้านใดอย่างไร และจะสนใจเฉพาะค่าระดับการให้บริการเท่านั้น ส่วนค่าคุณภาพการให้บริการอื่น ๆ จะไม่สนใจว่ามากหรือน้อยเพียงใด

4.3.1 การจำลองการเรียกใช้บริการและกฎการปรับระดับการให้บริการ

เซอร์วิซอินสแตนซ์แต่ละตัวจะมีค่าอิมมิวนิตีและค่าลัคดังที่ได้กล่าวไปแล้วในหัวข้อที่ 3.6 สำหรับการทดลองในกลุ่มนี้ จะทำการสุ่มเลขจำนวนเต็มขึ้นมาสองค่าซึ่งค่าทั้งสองนี้อยู่ในช่วง [4, 21] และ [7, 19] ตามลำดับ โดยเลขสุ่มตัวแรกนั้นจะนำไปเปรียบเทียบกับค่าอิมมิวนิตีและเลขสุ่มตัวที่สองจะนำไปเปรียบเทียบกับค่าลัค โดยการเปรียบเทียบจะดูว่าค่าใดมากกว่ากัน

ด้วยวิธีดังกล่าว จะเห็นว่าเมื่อเซอร์วิซถูกเรียกให้ทำงานแล้ว จะต้องแข่งขันสองครั้ง การชนะแต่ละครั้งเซอร์วิซจะได้รับการ +1 ให้ N หากแพ้ก็จะ +1 ให้ E ด้วยวิธีนี้ การเรียกเซอร์วิซแต่ละครั้งจะทำให้เกิดเหตุการณ์สามแบบ ได้แก่เซอร์วิซให้บริการต่ำกว่าค่าที่ประกาศ (+2 ให้ E) เซอร์วิซให้บริการตามค่าที่ประกาศ (+1 ให้ N และ E) และเซอร์วิซให้บริการดีกว่าที่ประกาศไว้ (+2 ให้ N)

4.3.2 การกำหนดค่าระดับการให้บริการ

เพื่อศึกษาผลกระทบของค่าระดับการให้บริการต่อคุณภาพของแผน จึงจำเป็นจะต้องทดลองเรียกใช้เซอร์วิซเพื่อให้เซอร์วิซมีการปรับระดับคุณภาพการให้บริการไว้สำหรับการศึกษาต่อไป ผู้วิจัยได้ทำการจำลองการเรียกใช้เซอร์วิซอินสแตนซ์ทุกตัว จำนวน 100 ครั้ง โดยทำการจำลองการเรียกใช้งานและปรับระดับการให้บริการตามวิธีที่ได้อธิบายในหัวข้อที่ 4.3.1

4.3.3 การทดลองผลกระทบของค่าระดับการให้บริการของเซอร์วิซอินสแตนซ์

การทดลองนี้จะแยกเซอร์วิซอินสแตนซ์ออกเป็นกลุ่ม แต่ละกลุ่มประกอบไปด้วยเซอร์วิซอินสแตนซ์ที่มีระดับการให้บริการในช่วงต่าง ๆ เซอร์วิซอินสแตนซ์ทุกตัวจะถูกจำลองเรียกใช้งานจำนวน 100 ครั้ง โดยการเรียกใช้งานนี้ เซอร์วิซอินสแตนซ์จะไม่ถูกปรับค่าระดับการให้บริการ การจำลองจะทำเพื่อทดสอบว่าเกิดความเบี่ยงเบนของคุณภาพการให้บริการหรือไม่ จากนั้นจะรายงานผลในรูปร้อยละของการให้บริการที่เป็นไปตามค่าที่ประกาศ ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ผลการทดลองผลกระทบของค่าระดับการให้บริการ

กลุ่มเซอร์วิซ แบ่งตามค่าระดับการให้บริการช่วงต่าง ๆ	ร้อยละการให้บริการ ที่เป็นไปตามค่าที่ประกาศ
[1.0, 2.0)	28.304
[2.0, 3.0)	52.700
[3.0, 4.0)	60.379
[4.0, 5.0)	60.547
[5.0, 6.0)	84.236
[6.0, 7.0)	84.078

จากผลการทดลองพบว่าเซอร์วิซอินสแตนซ์ที่มีระดับการให้บริการอยู่ระหว่าง [1.0, 2.0) มีโอกาสที่จะไม่เกิดความเบี่ยงเบนน้อยที่สุดประมาณ 28 เปอร์เซ็นต์ โอกาสที่จะไม่เกิดความเบี่ยงเบนเพิ่มขึ้นเป็นประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์เมื่อเซอร์วิซอินสแตนซ์ที่มีระดับการให้บริการอยู่ระหว่าง [3.0, 5.0) และโอกาสที่จะไม่เกิดความเบี่ยงเบนเพิ่มขึ้นเป็นประมาณ 84 เปอร์เซ็นต์เมื่อเซอร์วิซอินสแตนซ์ที่มีระดับการให้บริการอยู่ระหว่าง [5.0, 7.0) จึงสามารถกล่าวได้ว่าเมื่อเซอร์วิซอินสแตนซ์ที่มีระดับการให้บริการสูงขึ้นทำให้โอกาสที่จะไม่เกิดความเบี่ยงเบนสูงขึ้นด้วย หรืออีกนัยหนึ่งคือ ค่าระดับการให้บริการของเซอร์วิซอินสแตนซ์สามารถสะท้อนถึงความคงทนต่อความเบี่ยงเบนของเซอร์วิซอินสแตนซ์นั้น ๆ ได้

4.3.4 การทดลองผลกระทบของค่าระดับการให้บริการต่อคุณภาพของแผน

ในการทดลองนี้ได้สร้างกลุ่มของแผนขึ้นมาจำนวน 6 กลุ่ม กลุ่มละ 10 แผน โดยแต่ละกลุ่มจะเน้นวางแผนโดยคำนึงถึงค่าระดับการให้บริการของทุกจุดในกระแสงานเป็นสำคัญ จากนั้นจะทำการทดสอบโดยการจำลองการเรียกใช้แต่ละแผนจำนวน 100 ครั้ง โดยการจำลองการเรียกใช้แผนนี้จะจำลองในแง่ของสภาพพร้อมใช้งาน หากมีเซอร์วิซอินสแตนซ์ตัวใดในแผนไม่สามารถผ่านการจำลองได้ จะถือว่าการเรียกใช้แผนในครั้งนั้นไม่สำเร็จ ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ผลการทดลองผลกระทบของค่าระดับการให้บริการต่อคุณภาพของแผน

ค่าระดับการให้บริการ ของเซอร์วิซอินสแตนซ์แต่ละตัว	ค่าเฉลี่ยร้อยละความสำเร็จ
[0.1, 0.2)	28.32
[0.2, 0.3)	55.59
[0.3, 0.4)	60.23
[0.4, 0.5)	60.56
[0.5, 0.6)	84.34
[0.6, 0.7)	84.56

จากผลการทดลองพบว่ามีความสอดคล้องกับผลการทดลองที่แสดงในตารางที่ 4.5 สำหรับในการทดลองนี้เป็นการทดลองเรียกใช้งานแผนของเซอร์วิซเชิงประกอบ ซึ่งจากผลการทดลองสามารถกล่าวได้ว่าหากต้องการวางแผนที่มีความคงทนต่อความเบี่ยงเบน การพิจารณาค่าระดับการให้บริการให้เป็นข้อบังคับของแผนสามารถช่วยให้สร้างแผนที่มีความคงทนได้

4.3.5 การทดลองใส่ความเบี่ยงเบนของคุณภาพการให้บริการในขั้นตอนการวางแผน

ในการวางแผนเซอร์วิซเชิงประกอบด้วยวิธีอีดีเอนั้น จะสามารถทดลองใส่ความเบี่ยงเบนของคุณภาพการให้บริการลงไปได้ โดยหวังว่าเมื่อทดลองใส่ความเบี่ยงเบนลงไปในขณะที่วางแผนแล้ว จะทำให้ได้แผนซึ่งมีความคงทนต่อความเบี่ยงเบนในขณะที่ถูกเรียกใช้งานจริง

เนื่องจากในการทดลองนี้สนใจการใส่ความเบี่ยงเบนลงไประหว่างการวางแผน ดังนั้น จะทำการทดสอบกับค่าคุณภาพการให้บริการรวมด้านเวลา โดยกำหนดเวลารวมเป้าหมายให้อยู่ระหว่าง [11000, 11550] การทดลองนี้จะแบ่งกลุ่มตัวอย่างเป็นสองกลุ่ม โดยแต่ละกลุ่มจะประกอบไปด้วยแผนจำนวน 10 แผน สำหรับกลุ่มแรกในการวางแผนจะใช้ค่าคุณภาพการให้บริการด้านเวลาที่เป็นปกติ ส่วนกลุ่มที่สอง ในการวางแผนจะกำหนดให้ทุกเซอร์วิซอินสแตนซ์ได้ค่าคุณภาพการให้บริการด้านเวลาลดลงอย่างสุ่ม 1-5 % ก่อนแล้วจึงทำการวางแผน จากนั้นจะทำการทดลองเรียกใช้งานแต่ละแผนในทั้งสองกลุ่มตัวอย่างโดยในการเรียกใช้แผน เซอร์วิซทุกตัวจะถูกสุ่มให้เกิดความเบี่ยงเบนในขณะทำงานจริงด้วยความน่าจะเป็น 0.4 และหากต้องเกิดความเบี่ยงเบน จะสุ่มให้เกิดความเบี่ยงเบนของคุณภาพการให้บริการด้านเวลาไป 1-10 % เมื่อแต่ละแผนทำงานเสร็จแล้ว จะทำการรวมเวลาที่ใช้ หากเวลารวมอยู่ในช่วงของเป้าหมาย จะถือว่าแผนนั้นทำงานสำเร็จดังที่ได้กล่าวไปแล้ว ทั้งนี้เพื่อเปรียบเทียบว่าจำนวนของแผนที่ทำงานสำเร็จของแต่ละกลุ่มตัวอย่างเป็นเช่นไร ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ผลการทดลองการพิจารณาความเบี่ยงเบนขณะวางแผน

กลุ่มทดสอบ	ค่าเฉลี่ยจำนวนแผนที่เรียกใช้สำเร็จ
พิจารณาความเบี่ยงเบนขณะวางแผน	84.9
ไม่พิจารณาความเบี่ยงเบนขณะวางแผน	72.7

จากการทดลองพบว่า แผนที่ได้จากการพิจารณาความเบี่ยงเบนขณะวางแผนสามารถทำงานได้สำเร็จโดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 84.9 เปอร์เซ็นต์ โดยมากกว่าแผนที่ไม่ได้พิจารณาความเบี่ยงเบนขณะวางแผนอยู่ประมาณ 12 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสามารถสรุปว่าการพิจารณาความเบี่ยงเบนขณะวางแผนสามารถทำให้ได้แผนที่มีความคงทนต่อความเบี่ยงเบนได้

4.3.6 การทดลองการกระตุ้นการปรับแผน

การทดลองนี้จะทำเพื่อทดสอบว่าการกระตุ้นการวางแผนใหม่ที่ผู้วิจัยได้เสนอในหัวข้อที่ 3.3.4 นั้นมีส่วนช่วยในการเพิ่มคุณภาพของแผนด้านความคงทนหรือไม่ อย่างไร เนื่องจากหากการกระตุ้นการวางแผนใหม่มีความยืดหยุ่น ก็จะทำให้สามารถหลีกเลี่ยงการวางแผนใหม่ได้โดยที่สามารถได้คุณภาพการให้บริการของเซอร์วิซในระดับที่ยอมรับได้ สำหรับการทดลองนี้ จะทำการเปรียบเทียบระหว่างวิธีทั้งหมด 3 วิธีด้วยกัน ได้แก่ วิธีแรกคือวิธีที่ผู้วิจัยเสนอ วิธีที่สองได้แก่การกำหนดค่าความเบี่ยงเบนที่ยอมรับได้กำกับไว้ที่เซอร์วิซแต่ละชนิด และวิธีที่สามได้แก่การพิจารณาค่าเบี่ยงเบนที่ยอมรับได้โดยรวมของแผน สำหรับรายละเอียดของสองวิธีหลังขออธิบายดังต่อไปนี้

- การกำหนดค่าเบี่ยงเบนที่ยอมรับได้ไว้ที่เซอร์วิซแต่ละชนิด วิธีนี้ผู้ใช้จะทำการกำหนดค่าเบี่ยงเบนที่สามารถยอมรับได้ไว้ที่เซอร์วิซแต่ละชนิด เมื่อเซอร์วิซอินสแตนซ์ของเซอร์วิซชนิดหนึ่ง ๆ จะเริ่มทำงานจะถูกตรวจสอบว่าค่าคุณภาพการให้บริการนั้นเกิดความเบี่ยงเบนหรือไม่ หากเกิดความเบี่ยงเบนขึ้นมากกว่าค่าที่ยอมรับได้ที่กำหนดไว้ เซอร์วิซอินสแตนซ์ตัวนั้นจะถูกเปลี่ยนทันที แต่หากความเบี่ยงเบนที่เกิดขึ้นน้อยกว่าค่าที่ยอมรับได้ เซอร์วิซอินสแตนซ์นั้นก็จะทำงานไปโดยไม่มีการโอนความเบี่ยงเบนที่เหลือให้กับเซอร์วิซอินสแตนซ์ตัวถัดไป
- การกำหนดค่าเบี่ยงเบนที่ยอมรับได้โดยรวมของแผน วิธีนี้จะพิจารณาผลต่างระหว่างค่าคุณภาพการให้บริการโดยรวมของแผนกับค่าคุณภาพการให้บริการโดยรวมที่กำหนดในข้อบังคับ (คือ $|O(a) - C(a)|$ ในสมการ (4) ในหัวข้อที่ 3.3.4) ให้เป็นค่าเบี่ยงเบนที่ยอมรับได้โดยรวมของทั้งแผน เซอร์วิซอินสแตนซ์หนึ่งจะ

ทำงานก็ต่อเมื่อความเบี่ยงเบนที่เกิดขึ้นมีค่าไม่เกินค่าเบี่ยงเบนที่ยอมรับได้โดยรวม แต่เมื่อทำงานแล้ว ค่าเบี่ยงเบนที่ยอมรับได้โดยรวมสำหรับการทำงานส่วนที่เหลือของแผนจะต้องถูกลดลงตามความเบี่ยงเบนที่เกิดขึ้น

การทดลองนี้จะทำโดยการกำหนดแผนขึ้นมาโดยให้เซอร์วิซอินสแตนซ์แต่ละตัวมีค่าอิมมิวนิตีและค่าลัคเป็น 10 ซึ่งจะทำการทดสอบกับค่าคุณภาพการให้บริการด้านราคาอย่างเดียวเท่านั้น โดยกำหนดให้มีเซอร์วิซในแผน 10 ชนิด เซอร์วิซอินสแตนซ์ของแต่ละชนิดเซอร์วิซมีราคาต่าง ๆ กัน แต่รวมกันแล้วทั้งแผนได้ 900 หน่วย และกำหนดให้ค่าข้อบังคับด้านราคาอยู่ที่ 1000 หน่วย ดังนั้นค่า V(a) จะเท่ากับ ร้อยละ 10 จึงกำหนดให้วิธีที่สอง ใช้ค่าเบี่ยงเบนที่ยอมรับได้ที่ทุกชนิดของเซอร์วิซที่ร้อยละ 10 และสำหรับวิธีที่สาม ค่าเบี่ยงเบนที่ยอมรับได้โดยรวมของทั้งแผนมีค่าเท่ากับ 100 หน่วย การทดลองจะทำสองขั้นตอน ขั้นตอนแรกจะสุ่มให้เกิดความเบี่ยงเบนเช่นเดียวกับข้อที่ 4.3.5 หากเกิดความเบี่ยงเบนขึ้น จะสุ่มความเบี่ยงเบนให้เกิดขึ้นระหว่างร้อยละ 5 – ร้อยละ 13 โดยจะทำการเรียกใช้แผน 100 ครั้ง แล้วดูว่าแต่ละวิธีเกิดการกระตุ้นให้วางแผนใหม่กี่ครั้ง สำหรับการทดลองในขั้นที่สองจะทำเหมือนกันกับขั้นแรกแต่จะบังคับให้เกิดการเบี่ยงเบนขึ้นสำหรับทุกเซอร์วิซอินสแตนซ์ ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 การทดลองการกระตุ้นการปรับแผน

การเกิดความเบี่ยงเบน	วิธีที่	จำนวนครั้งการวางแผนใหม่	ค่าเฉลี่ยตำแหน่งที่ของชนิดเซอร์วิซที่เกิดการกระตุ้นให้ปรับแผน
อย่างสุ่ม	1	22	1.09
	2	91	3.72
	3	1	10.0
บังคับ	1	98	1.94
	2	100	1.82
	3	46	9.98

จากผลการทดลอง พบว่าวิธีที่ 2 เกิดการปรับแผนมากที่สุดทั้งในกรณีที่ความเบี่ยงเบนเกิดขึ้นอย่างสุ่มและความเบี่ยงเบนถูกบังคับให้เกิด สำหรับวิธีที่ 3 นั้นเกิดการปรับแผนน้อยที่สุดแต่ค่าเฉลี่ยตำแหน่งที่ของชนิดเซอร์วิซที่เกิดการกระตุ้นให้ปรับแผนก็มากที่สุดเช่นเดียวกัน เมื่อพิจารณาจากกระแสงานแบบลำดับที่ประกอบไปด้วยเซอร์วิซจำนวน 10 ชนิดที่ใช้ในการทดลองนี้

วิธีที่ 3 เกิดการกระตุ้นการปรับแผน ณ เซอร์วิซชนิดที่ 10 ดังนั้น หากเซอร์วิซอินสแตนซ์ทั้ง 9 ตัวที่ทำงานผ่านมาเกิดความเบี่ยงเบนขึ้นจนละเมิดข้อบังคับแล้ว จึงมีความเป็นไปได้สูงว่าจะไม่สามารถเลือกเซอร์วิซอินสแตนซ์ตัวใหม่ของเซอร์วิซเพียงชนิดเดียวที่เหลืออยู่ในกระแสงานให้ขึ้นมาทำงานโดยมีคุณภาพการให้บริการที่สามารถชดเชยความเบี่ยงเบนที่เกิดขึ้นแล้วได้ จึงอาจกล่าวได้ว่าสำหรับวิธีที่ 3 นี้มีความต้านทานต่อการปรับแผนมากเกินไป ส่วนวิธีที่หนึ่ง 1 และ 2 แม้จากผลการทดลองจะเกิดการปรับแผนใหม่มากกว่าวิธีที่ 3 แต่ทั้ง 2 วิธีนี้มีค่าเฉลี่ยตำแหน่งที่ของเซอร์วิซที่เกิดการกระตุ้นให้ปรับแผนอยู่ที่เซอร์วิซชนิดที่ 2 โดยประมาณ จึงมีความเป็นไปได้สูงว่าจะสามารถเลือกเซอร์วิซอินสแตนซ์ตัวใหม่ของเซอร์วิซ 8 ชนิดที่เหลืออยู่ในกระแสงานให้ขึ้นมาทำงานและมีคุณภาพการให้บริการที่สามารถชดเชยความเบี่ยงเบนที่เกิดขึ้นได้ จึงกล่าวได้ว่า วิธีที่ 1 และ 2 นั้นมีความต้านทานต่อการปรับแผนน้อย แต่ข้อดีก็คือโอกาสในการปรับแผนได้สำเร็จโดยที่แผนใหม่ยังคงอยู่บนข้อบังคับเดิม อย่างไรก็ตาม วิธีที่ 1 นั้นเกิดการปรับแผนน้อยกว่าวิธีที่ 2 จึงกล่าวได้ว่าวิธีที่ 1 นี้เป็นวิธีที่มีลักษณะที่ดีของทั้งวิธีที่ 2 และวิธีที่ 3 โดยมีโอกาสมากกว่าวิธีที่ 3 ในการปรับแผนสำเร็จและมีความยืดหยุ่นที่สามารถป้องกันการปรับแผนโดยไม่จำเป็นได้ได้ดีกว่าวิธีที่ 2

4.3.7 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองทั้งสี่การทดลอง ในการทดลองที่ 4.3.3 และ 4.3.4 จะเห็นว่าค่าระดับการให้บริการที่ผู้ใช้เป็นผู้ประเมินเองนั้น สามารถสะท้อนความแน่นอนของคุณภาพการให้บริการของเซอร์วิซได้ในระดับหนึ่ง เพราะแม้ว่าการทดลองจะทำโดยวิธีการจำลอง แต่ค่าอิมมิวนิตีน่าจะสามารถสะท้อนไปถึงความเป็นจริงในแง่ของคุณภาพของฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ที่ผู้ให้บริการเลือกใช้ กล่าวคือ หากผู้ให้บริการใช้ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ที่มีประสิทธิภาพสูงในการพัฒนาระบบของตนแล้วน่าจะสามารถให้บริการได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยที่ไม่เกิดความเบี่ยงเบน ส่วนค่าลัคนั้นน่าจะสามารถสะท้อนไปถึง สภาพของเครือข่ายในขณะเรียกใช้เซอร์วิซว่าจะเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดความเบี่ยงเบนหรือไม่ เนื่องจากผู้ใช้อาจจะไม่ได้เชื่อมต่ออยู่ในเครือข่ายเดียวกันกับผู้ให้บริการในทุกกรณี ดังนั้นการที่จะต้องอาศัยเครือข่ายอื่น ๆ ในการติดต่อสื่อสารกันจึงอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดข้อผิดพลาดที่ไม่ได้คาดหมายไว้ขึ้นได้ (Unexpected Error)

สำหรับการทดลองที่ 4.3.5 ซึ่งใส่ความเบี่ยงเบนของคุณภาพการให้บริการลงไปในขั้นตอนการวางแผนก่อนนั้น ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า มีอัตราการเรียกใช้แผนประสบความสำเร็จเพิ่มมากขึ้นในสภาพแวดล้อมการทำงานจริงซึ่งเกิดความเบี่ยงเบนของคุณภาพการให้บริการ ทั้งนี้อาจสามารถมองได้ว่าเป็นการวางแผนโดยตั้งข้อบังคับที่เข้มงวดกว่าเป้าหมายที่คาดหวัง ดังนั้น เมื่อเรียกใช้แผน แผนก็จะทนต่อความเบี่ยงเบนได้ แต่หากพิจารณาในอีกแง่หนึ่ง การใส่ความเบี่ยงเบนลงไปในขั้นตอนการวางแผนนั้น ไม่เหมือนกับการตั้งข้อบังคับที่เข้มงวดกว่าเป้าหมายที่คาดหวัง

เพราะการใส่ความเบี่ยงเบนในขั้นตอนการวางแผนจะเป็นแบบสุ่ม ส่วนการตั้งเป้าหมายให้ดีขึ้นเพื่อรับมือกับความเบี่ยงเบนนั้นไม่เป็นแบบสุ่ม เช่น หากต้องการเผื่อความเบี่ยงเบนไว้ร้อยละ 5 ก็จำเป็นต้องวางแผนโดยข้อบังคับนั้นต้องดีขึ้นร้อยละ 5 แต่สำหรับการใส่ความเบี่ยงเบนในวิธีอีดีเอผลจะต่างออกไป เพราะโดยการสุ่มนั้นทำให้มีโอกาสน้อยมากที่แผนที่ได้นั้นจะมีคุณภาพดีกว่าในกรณีที่กำหนดข้อบังคับให้ต้องดีขึ้นตามร้อยละที่กำหนด ข้อแตกต่างตรงนี้จะเกิดประโยชน์ในกรณีที่ค่าที่คาดหวังเดิมนั้นอยู่ใกล้กับค่าที่ดีที่สุดที่เป็นไปได้แล้ว ในกรณีนี้การเผื่อความเบี่ยงเบนนั้นจะทำให้อัลกอริทึมทำงานไม่สำเร็จ

ส่วนในการทดลองสุดท้าย จะเห็นได้ว่าวิธีกระตุ้นการวางแผนใหม่วิธีที่สองนั้น ขาดความต้านทานการปรับแผน จึงเกิดการวางแผนใหม่ขึ้นทุกครั้ง แต่อย่างไรก็ตาม หากเรียกใช้แผนได้สำเร็จหรือสามารถวางแผนใหม่ได้สำเร็จ ก็จะได้รับผลประโยชน์จากผลต่างของความเบี่ยงเบนที่ยอมรับได้กับคุณภาพการให้บริการที่วางแผนไว้มากที่สุด ส่วนวิธีที่สามนั้นดูเหมือนว่าจะยืดหยุ่นมากที่สุดนั้นกลับมีข้อเสียที่ หากเกิดการกระตุ้นการวางแผนใหม่ จะเกิดขึ้นในช่วงท้ายของแผนและค่าความเบี่ยงเบนที่ยอมรับได้ก็ถูกใช้จนเกือบหมด ดังนั้นการวางแผนใหม่จึงไม่ใช่เรื่องที่ทำได้ง่ายนัก หากต้องหาเซอร์วิซอินสแตนซ์ตัวใหม่อีกเพียงแค่หนึ่งหรือสองตัวแล้วสามารถให้ผลประโยชน์ชดเชยจนทำให้ได้คุณภาพการให้บริการรวมไม่ละเมิดข้อบังคับที่กำหนดไว้ ส่วนวิธีที่ผู้วิจัยเสนอนั้น จะเห็นได้ว่ามีความยืดหยุ่นพอสมควร ถึงแม้จะมีการกระตุ้นให้เกิดการวางแผนใหม่มากกว่าวิธีที่สาม แต่การวางแผนใหม่จะเกิดขึ้นในช่วงต้นของแผนทำให้โอกาสที่วางแผนใหม่แล้วได้แผนที่ไม่ละเมิดข้อบังคับก็มีมากขึ้นด้วย

4.4 การทดลองการวางแผนใหม่และการใช้ความรู้ในวิธีอีดีเอ

การทดลองในกลุ่มนี้ ทำเพื่อทดสอบว่าความรู้เดิม (จีเอฟ) ที่อยู่ในอีดีเอนั้นจะช่วยให้สามารถวางแผนใหม่ได้เร็วขึ้นหรือไม่ในกรณีที่จำเป็นต้องปรับแผน โดยเทียบกับการไม่มีความรู้อยู่เลย นอกจากนี้ในกรณีที่เกิดการเปลี่ยนกระแสงานเล็กน้อยนั้น ความรู้เดิมในอีดีเอจะสามารถช่วยให้วางแผนได้เร็วขึ้นหรือไม่เมื่อเทียบกับการที่ไม่มีความรู้เดิมอยู่

สำหรับวิธีอีดีเอที่มีความรู้เดิมคือการใช้ค่าจีเอฟที่ได้จากการวางแผนครั้งก่อนหน้ามาใช้ในการปรับแผนและวางแผนใหม่ ส่วนอีดีเอที่ไม่มีความรู้เดิมคือการเริ่มวิธีอีดีเอใหม่โดยที่ค่าจีเอฟเป็นค่าเริ่มต้น

4.4.1 การทดลองการปรับแผน

การทดลองนี้จะกำหนดให้การวางแผนมีข้อบังคับเป้าหมายอยู่ที่ราคารวมไม่เกิน 900 หน่วย โดยจะเลือกแผนที่มีราคารวมอยู่ในช่วง [873, 900] จำนวน 10 แผน จากนั้นจะกำหนด

เหตุการณ์ให้เซอร์วิซอินสแตนซ์ 5 ตัวแรกเกิดความเบี่ยงเบนอย่างสุ่ม 1-5 % และจะทำการวางแผนเซอร์วิซ 5 ตัวที่เหลือใหม่เพื่อให้สามารถชดเชยกับความเบี่ยงเบนที่เกิดขึ้น จากนั้นเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยจำนวนรุ่นที่ใช้ในการวางแผนใหม่ระหว่างอีดีเอที่มีและไม่มีความรู้เดิมอยู่ ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 ผลการทดลองการปรับแผน

ความรู้ในอีดีเอ	ค่าเฉลี่ยจำนวนรุ่นที่ใช้
มี	17
ไม่มี	24.9

จากผลการทดลองพบว่าเมื่อใช้วิธีอีดีเอหาแผนแล้ว อีดีเอจะมีความรู้คือลักษณะที่ดีของแผนอยู่ในจีเอฟ ดังผลการทดลองที่อีดีเอที่มีความรู้เดิมใช้จำนวนรุ่นเฉลี่ยในการปรับแผนเพียง 17 รุ่น น้อยกว่าอีดีเอที่ไม่มีความรู้เดิม 8 รุ่น โดยประมาณ จึงกล่าวได้ว่าเมื่อนำจีเอฟที่มีความรู้เกี่ยวกับปัญหานั้น ๆ มาใช้แก้ปัญหาเดิมจะสามารถทำได้เร็วกว่าการเริ่มอัลกอริทึมใหม่

4.4.2 การทดลองการวางแผนเมื่อกระแสงานเปลี่ยนไป

การทดลองนี้ทำเพื่อทดสอบว่าหากกระแสงานเปลี่ยนไป จะสามารถนำความรู้เดิมในอีดีเอมาใช้ได้หรือไม่ การทดลองนี้ทำโดยการเปลี่ยนชนิดของเซอร์วิซในกระแสงานจำนวน 2 ชนิดด้วยกัน จากนั้นทำการทดลองวางแผน โดยมีเป้าหมายอยู่ที่ค่าคุณภาพการให้บริการโดยรวมซึ่งมีค่าต่าง ๆ เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างการวางแผนระหว่างอีดีเอที่มีความรู้เดิมและไม่มีความรู้เดิม ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 ผลการทดลองเมื่อมีกระแสงานเปลี่ยนไป

ค่าเป้าหมายของคุณภาพการให้บริการโดยรวม (หน่วยราคา)	ค่าเฉลี่ยจำนวนรุ่นที่ใช้	
	มีความรู้เดิม	ไม่มีความรู้เดิม
10000	11.80	16.64
9500	11.64	16.76
9000	12.12	16.32

จากผลการทดลองสามารถกล่าวได้ว่ามีความสอดคล้องกับการทดลองในหัวข้อที่ 4.4.1 สำหรับข้อแตกต่างคือ การนำจีเอฟมาใช้ในการทดลองนี้ ไม่ได้เป็นการนำไปแก้ปัญหาเดิม แต่เป็นปัญหาที่แตกต่างไปจากปัญหาที่ใช้สร้างความรู้เดิม จึงกล่าวได้ว่าความรู้ที่อีดีเอสามารถสร้างขึ้น

ระหว่างการหาคำตอบสามารถนำไปใช้ประโยชน์ไม่เพียงแต่แก้ปัญหาเดิมเท่านั้นแต่ยังสามารถแก้ปัญหาเมื่อปัญหามีการเปลี่ยนแปลงไปได้ด้วย

4.4.3 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองทั้งสองการทดลองนี้ ทำให้เห็นว่าความรู้เดิมที่อยู่ในอีดีเอนั้นสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการวางแผนใหม่เพื่อปรับแผนขณะมีการเรียกใช้งานแผนอยู่ เมื่อเปรียบเทียบกับการวางแผนขณะเริ่มต้นอัลกอริทึมเป็นครั้งแรกซึ่งยังไม่มีความรู้เดิม นอกจากนี้ยังให้ประโยชน์ในทำนองเดียวกันในกรณีของการวางแผนเมื่อกระแสงานเปลี่ยนแปลงไปเพียงเล็กน้อย

ในบทนี้ได้ทำการทดลองเพื่อทดสอบแนวคิดและสมมติฐานการวิจัย พบว่าแนวคิดที่เสนอมานี้เป็นไปตามสมมติฐาน และมีบางผลการทดลองที่ทำให้เกิดข้อสังเกตบางประการและมีประเด็นใหม่เกิดขึ้นซึ่งได้ทำการอภิปรายสรุปสิ่งเหล่านี้ไว้ในบทถัดไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย

5.1 สรุปผลการวิจัย

ในงานวิจัยนี้ได้นำเสนอแนวทางในการวางแผนสำหรับเซอร์วิซเชิงประกอบอิงคุณภาพการให้บริการ โดยมุ่งเน้นไปที่คุณภาพของแผน ผู้วิจัยได้นำเสนอแนวคิดการมีรูปแบบการให้บริการได้หลายรูปแบบสำหรับเซอร์วิซอินสแตนซ์แต่ละตัว โดยแต่ละรูปแบบการให้บริการนั้นเกิดขึ้นจากสภาพการแข่งขันกันทางธุรกิจที่ตอบสนองความต้องการใช้งานที่หลากหลาย ซึ่งในการวิจัยได้มีการนำอัลกอริทึมอีดีเอมาใช้ในการวางแผนสำหรับเซอร์วิซเชิงประกอบ และได้ทำการทดลองเพื่อชี้ให้เห็นว่าอัลกอริทึมอีดีเอนี้สามารถนำมาแก้ปัญหาการวางแผนสำหรับเซอร์วิซเชิงประกอบในเชิงคุณภาพการให้บริการได้เป็นอย่างดี

ผู้วิจัยได้เสนอการวัดระดับการให้บริการของเซอร์วิซโดยผู้ใช้งาน เพื่อนำค่าระดับการให้บริการมาคิดคำนวณในการหาค่าคุณภาพของเซอร์วิซเชิงประกอบให้ได้ความแม่นยำของคุณภาพการให้บริการมากยิ่งขึ้น ทั้งนี้ยังได้ทำการทดลองเพื่อหาผลกระทบของค่าระดับการให้บริการที่มีต่อคุณภาพของแผนในแง่ของความคงทน จากผลการทดลองในเบื้องต้นพบว่าระดับการให้บริการนั้นสามารถสะท้อนถึงความคงทนต่อความเบี่ยงเบนของคุณภาพการให้บริการของเซอร์วิซอินสแตนซ์ ซึ่งสิ่งนี้สามารถหมายรวมไปถึงความคงทนของแผนได้เช่นกัน

นอกจากการนำอัลกอริทึมอีดีเอมาใช้แก้ปัญหาการวางแผนสำหรับเซอร์วิซเชิงประกอบอิงคุณภาพการให้บริการจะให้ผลเป็นอย่างดีแล้ว สำหรับการวางแผนใหม่ อัลกอริทึมอีดีเอมีประโยชน์ในการช่วยให้สามารถวางแผนใหม่ได้เร็วขึ้นกว่าในขณะเริ่มอัลกอริทึมเพื่อวางแผนเป็นครั้งแรก เนื่องจากมีจีเอฟซึ่งเป็นความรู้เดิมที่บ่งบอกถึงลักษณะของแผนที่ดีมาช่วยในการวางแผนใหม่

ผู้วิจัยได้ออกแบบสถาปัตยกรรมทางฝั่งผู้ใช้บริการเพื่อรองรับแนวคิดในงานวิจัย โดยสถาปัตยกรรมที่ออกแบบนี้มีหน้าที่ในการจัดเก็บค่าคุณภาพในการให้บริการของเซอร์วิซอินสแตนซ์ต่าง ๆ ทำการปรับค่าระดับการให้บริการตามกฎที่ผู้ใช้ได้กำหนดไว้เอง ทำการวางแผนและปรับแผน รวมทั้งเฝ้าสังเกตความเบี่ยงเบนของเซอร์วิซอินสแตนซ์ที่เกิดขึ้นขณะใช้งานจริง ซึ่งสถาปัตยกรรมที่ออกแบบนี้จะช่วยให้สามารถวางแผนสำหรับเซอร์วิซเชิงประกอบอิงคุณภาพได้เป็นอย่างดีและได้แผนที่มีความคงทนต่อความเบี่ยงเบน

5.2 ปัญหาและอุปสรรค

1. เมื่อดำเนินการวิจัยไปแล้ว ผู้วิจัยพบว่าในแต่ละแนวคิดมีแง่มุมอื่น ๆ นอกเหนือจากขอบเขตที่กำหนดไว้ ทำให้สำหรับแนวคิดที่เชื่อมโยงกันนั้น อาจยังไม่สามารถอธิบายผลได้อย่างแม่นยำ ทั้งนี้ก็เพราะว่ายังไม่ได้ศึกษาแนวคิดก่อนหน้าอย่างรอบด้านนั่นเอง ตัวอย่างเช่นหากมีการศึกษาเพื่อปรับฟิตเนสฟังก์ชันให้ดีขึ้น จะทำให้สามารถช่วยหาตัวแปรของวิธีอีดีเอให้เหมาะสมกับปัญหาการวางแผนสำหรับเซอร์วิซเชิงประกอบก่อนได้ เป็นต้น

2. การทดลองที่ทำขึ้นเป็นการทดลองโดยใช้วิธีการจำลอง ซึ่งผลการทดลองสามารถสะท้อนถึงผลในการปฏิบัติจริงได้ แต่อย่างไรก็ตามในสภาพแวดล้อมการทำงานจริงอาจจะมีตัวแปรที่ไม่สามารถทราบได้ซึ่งอาจจะทำให้ได้ผลแตกต่างจากการทดลองออกไป

5.3 แนวทางการวิจัยต่อไป

ประเด็นที่งานวิจัยนี้ยังไม่ได้ศึกษา และสามารถทำการวิจัยเพิ่มเติมได้ในอนาคตได้แก่

1. การนำระดับการให้บริการของเซอร์วิซจากผู้ใช้อื่น ๆ ที่ยอมรับ เช่น ผู้ใช้ที่ยอมเปิดเผยวิธีการปรับระดับการให้บริการ หรือผู้ใช้ที่ทำธุรกิจร่วมกัน การได้ข้อมูลระดับการให้บริการและวิธีการปรับระดับมาคิดคำนวณรวมกัน น่าจะทำให้การคิดค่าระดับการให้บริการเกิดความแม่นยำมากยิ่งขึ้น

2. พัฒนาสถาปัตยกรรมให้มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนข้อมูลระดับการให้บริการกับผู้ใช้อื่นๆที่ยอมรับ

3. พัฒนาวิธีการเพิ่มความคงทนให้กับแผนของเซอร์วิซเชิงประกอบโดยมุ่งเน้นไปที่แผนของเซอร์วิซเชิงประกอบให้สามารถทำงานได้สำเร็จโดยไม่ต้องเกิดการปรับแผน โดยการนำข้อดีของการกระตุ้นการปรับแผนแบบต่าง ๆ มารวมกัน ให้เกิดการกระตุ้นที่ยืดหยุ่นขึ้น

4. ศึกษาสูตรการคำนวณ หน่วยของคุณภาพการให้บริการ ให้เหมาะสมกับปัญหามากยิ่งขึ้น เนื่องจากพบว่าหน่วยของเวลามีอิทธิพลต่อคำตอบโดยรวมมากที่สุด แนวทางที่น่าจะทำได้คือการปรับหน่วยของคุณภาพการให้บริการแต่ละด้านให้อยู่ในหน่วยเดียวกัน หรือหาค่า w ที่เหมาะสมสำหรับแต่ละนิพจน์เพื่อไม่ให้มีนิพจน์ใดมีอิทธิพลต่อคำตอบมากเกินไป

5. ศึกษาการปรับตัวแปรต่าง ๆ ของวิธีอีดีเอให้สามารถแก้ปัญหาได้ดีมากยิ่งขึ้น เนื่องจากในงานวิจัยนี้ยังไม่ได้ทำการศึกษาในส่วนนี้ ซึ่งผู้วิจัยเชื่อว่ายังสามารถเพิ่มประสิทธิภาพให้กับวิธีอีดีเอได้อีก หากปรับตัวแปรของวิธีอีดีเอให้เหมาะกับปัญหานี้ เช่นทดลองปรับขนาดของประชากร เปลี่ยนวิธีการเลือกปัจเจกและการให้ความสำคัญต่อแต่ละปัจเจกที่ถูกเลือกในแต่ละรุ่น เป็นต้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

[1] Barry, D. K. (2003). Web Services and Service-Oriented Architectures. Morgan Kaufmann.

[2] IBM.COM. (2003). BPEL: Business Process Execution Language for Web Services. [Online]. Available form:http://www106.ibm.com/developerworks/webservice/library-/ws-bpel [20 June 2003]

[3] Benatallah, B., Dumas, M., Kalagnanam, J. and Zeng, L. (2003). Quality Driven Web Service Composition. Proceedings of the 12 th International World Wide Web Conference, p. 411-421.

[4] Benatallah, B., Dumas, M., Henry, Kalagnanam, J. C. and Zeng, L. (2004). QoS-aware middleware for web services composition. IEEE Transactions on Software Engineering, p. 311-327.

[5] IBM.COM. (2003). WSLA:Web Service Lavel Agreement. [PDF]. Available form: http://www.research.ibm.com/wsla/WSLASpecV1-20030128.pdf [27 January 2003]

[6] Canfora, G., Di Penta ,M., Esposito,R. and Villani , M., L. (2005). QoS-Aware Replanning of Composite Web Services. Proceedings of the IEEE International Conference on Web Services, p. 121-129.

[7] Hsieh, C. W., James, S. F., Jen-Yao, C., Stephen, J., and Yang, H. (2006). Composition And Evaluation of Trustworthy Web Services. International Journal of Web and Grid Services, p. 5 – 24

[8] Goldberg, D. E. (2002). The Design of Innovation Lessons from and for Competent Genetic Algorithms. Kluwer Academic Publishers.

[9] Goldberg, D. E. (1989). Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning. Addison-Wesley Pub Co.

[10] uddi.org. (2003). UDDI: Universal Description, Discovery, and Integration of Web Services. [Online]. Available from: http://www.uddi.org [5 June 2003]

[11] Canfora, G., Di Penta, M., Esposito, R., and Villani, M. L. (2005). An approach for QoS-aware service composition based on genetic algorithms. Proceedings of Genetic and Evolutionary Computation Conference.

[12] Box, G. (1957). Evolutionary operation: A method for increasing industrial productivity. Journal of the Royal Statistical Society, p. 81-101

[13] Chun, C., Ching-She, W. and Wei-Chun, C. (2005). Optimizing Dynamic Web Services Component Composition by Using Evolutionary Algorithms. Proceedings of International Conference on Web Intelligence, pp. 708-711.

[14] Savamipak, D., Sounsri, S. and Wichadakul, D. (2005). A Genetic Algorithm for an Automated Web Service Composition. Proceedings of 1 st National Conference on Computing and Information Technology, p. 322-328.

[15] Athman, B. and Mourad, O. (2004). Efficient Access to Web Services. IEEE INTERNET COMPUTING, p. 34-44.

[16] Singh, M., P. (2002). Trustworthy Service Composition: Challenges and Research Question. Proceedings of the Autonomous Agents and Multi-Agent Systems Workshop on Deception.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

ผลงานตีพิมพ์

ผลงานตีพิมพ์ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของงานวิจัยมีดังนี้

1. Proceedings of 8th International Conference on Distributed Applications and Interoperable Systems, LNCS 5053, Oslo, Norway (2008): 58-71 ในบทความเรื่อง QoS-Based Service Provision Schemes and Plan Durability in Service Composition โดยผู้แต่งคือ Koramit Pichanaharee และ Twittie Senivongse

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

QoS-Based Service Provision Schemes and Plan Durability in Service Composition

Koramit Pichanaharee and Twittie Senivongse

Department of Computer Engineering, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University
Phyathai Road, Pathumwan, Bangkok 10330 Thailand
koramit.p@gmail.com, twittie.s@chula.ac.th

Abstract. In service composition, quality of service is a major criterion for selecting services to collaborate in a process flow to satisfy a certain quality goal. This paper presents an approach for service composition which considers QoS-based service provision schemes and variability of the QoS when planning. The QoS of a service can be stated in terms of complex service provision schemes, e.g. its service cost is offered at different rates for different classes of processing time, or its partnership with another service gives a special class of QoS when they operate in the same plan. We also address that it is desirable for service planning to result in a plan that is durable and reusable since change in the plan, e.g. by deviation of the actual QoS, would incur overheads. Our planning approach takes into account these dynamic situations and is demonstrated by using the Estimation of Distribution Algorithm.

Keywords: Service Composition, QoS, Estimation of Distribution Algorithm

1 Introduction

Service composition is a process that selects software units, called services, and composes them into a workflow that represents a business process [1]. The workflow can be viewed as a composite service since it provides an aggregated function and can be used further in composition of other services or business processes. A service composition problem can be considered a planning problem. That is, given a flow of abstract services (AS) for a particular business domain as a goal, composition will create a plan that satisfies such a goal by assigning a service instance (SI) in place of each abstract service. A flow for a travel planner, for example, may consist of three abstract services, i.e. tourist information, transportation, and accommodation services. A service instance will be selected for each abstract service to make a concrete plan.

Quality of service (QoS) has been considered widely in the composition problem. Service instances that collectively give the optimal quality or meet the quality defined by the user will be the solution to planning. Several publications [2-5] give slightly different QoS definitions but the most common QoS attributes include cost, time, availability, reliability, reputation, and security of services. A number of research efforts have proposed ways to compose services based on QoS attributes by using

several optimisation methods and techniques, e.g. integer programming, linear programming, genetic algorithm. We are interested in using QoS attributes to determine the solution plan, but also discuss the following issues:

1. The QoS of service instances may vary when the instances are used in different operational environments, and therefore different users may have different experiences when using the same service instance. To have an accurate view of the actual QoS, each user will maintain his/her own experiences in using particular service instances, i.e. how much the actual QoS deviates from what was published by service providers. Such information should be fed into future planning which involves those service instances.
2. In certain cases, an organisation that formulates a composition plan to represent a business process would expect the plan to last and can be reused at least for some time. A travel planning organisation, for example, would use the plan which consists of particular instances of tourist information, transportation, and accommodation services to arrange trips for its customers. If the actual QoS of these instances is quite stable compared to what was published at planning time, the organisation can reuse the plan in serving its customers. Deviation of the QoS of each service instance can affect the overall QoS of the flow and hence will call for a new plan to be composed. Such replanning incurs overheads and is not desirable if it happens frequently. We address this issue as plan durability.
3. Instead of publishing service quality in terms of individual QoS attributes, service providers can state the QoS in terms of complex service provision schemes to realise various classes of service provision. For example, a service instance may offer different classes of service time which vary by the cost charged to the user, or the availability of the service instance may vary by the time of use. A service provider may also work in partnership with another provider to provide a special class of service, e.g. they give a discount in cost or offer less service time if their instances operate together in a plan. Partnership nevertheless can affect plan durability. When two service instances are coupled, a QoS deviation at one instance could affect its partner and lead to change at both instances; the plan becomes less durable as a single deviation may incur change to a large extent of the plan.

In this paper, we propose an extended QoS model and a planning approach that will result in composition plans that address the three situations above. QoS-based service provision schemes will be taken into account when service instances are selected for the plans. Our QoS model captures common quality attributes, i.e. cost, time, reliability, and availability, and enhances with durability quality via self-rating and partnership-coupling metrics. Self-rating refers to the rating an individual user gives to a particular service instance based on his/her own experience in its QoS. Partnership coupling refers to the degree of coupling between service instances which is present in the plan via partnership schemes. We see that considering the durability issue at planning time will result in a plan that lasts longer and thus help reduce the chance of frequent replanning. We use the Estimation of Distribution Algorithm

(EDA) [6], which is a technique of the Genetic Algorithm (GA) [7], as the planning algorithm. To search for a planning solution, the EDA generates population by a probabilistic model which is derived from the knowledge obtained from the past generations of population. We are interested in this characteristic of the EDA because such knowledge should facilitate the creation of a new population during a solution search process, and should additionally contribute to replanning when a new plan is needed. A simulation of service instances QoS and EDA-based planning will be conducted.

Our approach can be used for both offline and runtime planning. A concrete plan is composed with regard to a given abstract flow, service provision schemes, and the durability issue. The plan should last until there is a requirement for a new plan, e.g. when there are new service instances or new updates on the QoS of existing instances. If runtime monitoring of the flow is supported, planning can also be triggered when there are service outages or serious deviations of the QOS. This work assumes that all service instances that are bound to a plan are compatible in terms of interface signatures and semantics. Service providers will publish the QoS of service instances in a public registry, e.g. UDDI for Web services, or provide other means for users to have access to QoS attributes.

The paper is organised as follows. Section 2 presents related work and Section 3 discusses our approach to QoS-based service provision schemes and variability of the QoS. We present the extended QoS model in Section 4 and describe how EDA is used in planning in Section 5. Simulation results from running the EDA are shown in Section 6 and the paper concludes with a discussion and future work in Section 7.

2 Related Work

Research works in QoS-based service planning tackle this problem by using different optimisation techniques to find composition plans based on slightly different QoS models. One of the major efforts in this area is the work in [2] which proposes a QoS model that captures execution price, execution duration, reputation, successful execution rate, and availability. By using integer programming, its QoS-aware composition maximises the QoS of composite services while taking into account the constraints of the users. Its supporting execution environment also considers runtime changes in the QoS of the service instances. The QoS model in [8] is used as a fitness function for composing a plan by GA. The QoS attributes include time, cost, reliability, and availability, and the plan will be penalised if it violates user QoS constraints. In [9], time, cost, and reliability are of concern in the QoS model and a distance function-based multi-objective evolutionary algorithm is used to find an optimised composition. A QoS reference vector is proposed in [10] to model price, time, reliability, trust (i.e. subjective rating), and security. The work evaluates service quality against cost of service selection by comparing a global exhaustive search and the integer programming approach. The work in [11] introduces a model-driven methodology for building QoS-optimised composite services and uses UML profile for QoS to model QoS requirements. The overall QoS of a plan is determined based on the multiple criteria

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

decision making approach and patterns of control flow. Price, execution time, user rating, and encryption level are the QoS attributes of concern.

The paper [12] proposes a broker that supports planning and execution of any composite services with multiple QoS classes. Since a particular plan can be reused and executed repetitively as a flow, the QoS can be guaranteed on a per-flow rather than a per-request basis, and different QoS levels can be negotiated with respect to the volume of execution requests. Time, cost, and availability are included in the QoS model, and linear programming is used as the planning algorithm. The work in [13] presents a semantics-based planning approach in which data semantics, functional semantics, QoS (i.e. time, cost, reliability, availability, domain-specific QoS metrics), and constraints of service instances are considered. Ontology-based service dependencies such as business/technological constraints and partnership between services are addressed, and integer linear programming is used as the planning algorithm.

Regarding the works above, we see that EDA is only an alternative planning algorithm with a means to utilise prior knowledge when finding a solution plan and thus we do not aim to compare its performance with the algorithms in other approaches. Nevertheless, we share with them the common QoS attributes, but the reputation attribute is captured by a self-rating metric which is derived from a user's own experiences in the delivered QoS rather than from other users' subjective opinions. None of the related works address QoS-based service provision schemes and plan durability at planning time.

3 QoS-Based Service Provision Schemes and QoS Variability

In this section, we present our view on QoS-based service provision schemes and variability of the QoS towards plan durability. The following contribute to the extended QoS model and EDA-based planning in Sections 4 and 5.

3.1 QoS-Based Service Provision Schemes

Service providers can state the QoS in terms of complex service provision schemes to realise various classes of service provision. We give three examples here:

Multi-level QoS. A particular QoS attribute value may be published at different rates. Table 1 shows an example of multi-level availability of a service instance based on time of day. Multi-level QoS can be modelled in other ways, e.g. availability rates by classes of users, or by both time and classes of users. The scheme relating to cost, time, and reliability can be formulated in a similar manner.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Table 1. Example of multi-level availability.

Service Instance A	
Time of Day	Availability
06:01 – 18:00	Base availability
18:01 – 00:00	+3 %
00:01 – 06:00	+5 %

Multi-level QoS affects service instance selection for abstract services. With the scheme in Table 1, a single service instance A effectively 'spawned' into three logical service instances; each of them is in service during particular time of day and with a particular availability rate. The planning algorithm considers them as three candidates for the abstract service.

QoS Interdependency. This service provision scheme forms a relation between different kinds of QoS attributes of a particular service instance. In Table 2, a service instance offers different classes of processing time based on service cost charged to the user. This QoS interdependency can be modelled in other ways, e.g. offering classes of discount for different levels of increased processing time. The scheme relating to availability and reliability can be formulated in a similar manner.

Table 2. Example of cost-processing time dependency.

Service Instance A	
Cost	Processing Time
Base cost	Base processing time
+3%	-5%
+5%	-8%

Similarly to multi-level QoS, QoS interdependency affects the number of service instances that is associated with an abstract service. With the scheme in Table 2, a single service instance A is viewed as three logical instances; each of them offers service at the designated cost and processing time.

Partnership. Partnership refers to an agreement between service instances to offer a special class of service to attract users. The partnered instances may belong to the same service provider or different providers. A partnership scheme thus models dependencies between QoS attributes of the partnered instances. Table 3 shows a partnership scheme between service providers A, B, and C. The scheme offers a 10% discount in cost when the following instances of A, B, and C altogether participate in a particular plan: (1) any instance offered by A (2) any instance of abstract service X offered by B and (3) instance x1 of abstract service X or instance y1 of abstract service Y offered by C.

Partnership nevertheless can affect plan durability. When any two service instances are partners, it is likely that a QoS deviation in one instance could affect its partner. For example, when the instance y1 fails or has a QoS deviation and is replaced by another instance of a service provider D, the discount in Table 3 will no longer apply. The planning algorithm may choose to replace also the instances of A and B in order to benefit from the partnership scheme that D has with other service providers. In this view, partnership leads to coupling between service instances and the plan becomes less durable as a single deviation may incur change to a larger extent of the plan.

Table 3. Example of partnership.

10% discount in cost when these instances collaborate	
Service Provider	Constraint on Instances
A	Any instance
B	Any instance of abstract service X
C	Instance x1 of abstract service X, or instance y1 of abstract service Y

3.2 QoS Variability

The QoS of a service instance may be affected not only by communication networks but also by the service instance itself. Since each service instance is built and tested independently in certain environment, the QoS behaviour may vary when it is used in different operational environment. Therefore different users may have different experiences in using the same service instance. We address QoS variability through user self-rating, which is given to service instances, and a supporting planning architecture.

Self-Rating. Instead of using users' subjective opinions to determine the confidence in the overall quality of service provision, we aim for a self-rating approach which is more objective and respects users' personal experiences in service usage. Self-rating follows the idea of [14] such that service rating is based on deviation of the delivered QoS from the published QoS; the rating score is increased if the QoS fluctuates in a good way, and decreased otherwise. However, the score by [14] is computed at the service side and based on users' invocations from different network environments. The score is therefore biased from a particular user's viewpoint. We propose a self-rating metric (P) which reflects QoS fluctuations of a service instance experienced by a particular user:

$$Rating_s(P) = \frac{N}{E} \quad (1)$$

where N is the reward score given when the delivered QoS deviates in a good way, and E is the penalty score given otherwise. Rating runs between (0, 1], and when it reaches 1, it stops responding to any more rewards. For an initial rating given to any service instance that is first known to the user, we adopt the mid-value 0.5 rather than an external rating score (e.g. published rating or other users' rating). This is because we prefer the user to truly rate service behaviour from personal experiences and not to be biased by the score determined under different operational settings. This initial score, in other words, is a representation of an initial N (e.g. 10) divided by an initial E (e.g. 20). When a user invokes any service instance, delivered QoS will be measured in order to update rating according to the user's own rating rules. We allow for personal rating rules since different users may be sensitive to QoS deviation in different manners and may opt for different reward-penalty schemes. Table 4 shows rating

rules for time and availability defined by a user. The time rating rules are based on the distance of the delivered QoS from the published QoS under an acceptable fluctuation range (± f). The availability rating rules penalise the service instance if it is not accessible at the time the invocation is made and retried. Given a scenario that a service instance is known to a user for the first time, the user sees the rating score 0.5 (i.e. 10/20). Suppose when the user invokes the service instance, it does not respond at first but a retry succeeds, and the delivered time of this invocation falls under the third rule of time rating rules. Hence the score of the service instance in this scenario will be (10+1)/(20+1) = 11/21 = 0.524. The values N = 11 and E = 21 become the new base values for this service instance for the next rating computation. While the user experiences the quality of the service instance through repeated invocations, the rating score is refined and becomes more accurate.

Table 4. Example of personal rating rules for time and availability.

Time		Availability	
Event	Action	Event	Action
• $T_r$delivered > $T_r$published + f	+1 to E	• Not available first time	+1 to E
• $T_r$published + f ≤ $T_r$delivered ≤ $T_r$published – f	+0.25 to N	• Not available next time	+2 to E
• $T_r$delivered < $T_r$published – f	+1 to N		

This QoS-based self-rating contributes to plan durability. If all service instances in a plan are quite stable or do not fluctuate much in a bad way (i.e. good rating), the plan becomes durable and can be reused. On the contrary, if any service instance behaves much badly (i.e. low rating), the QoS of the whole plan may be affected and replanning becomes necessary.

Planning Architecture. To support QoS-based service provision schemes and QoS variability, we assume each user has a planning architecture as in Fig. 1.

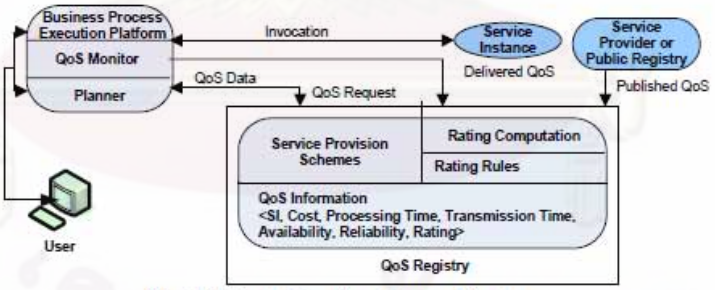


Fig. 1. Client-side planning architecture.

The QoS registry stores QoS information of all service instances which are relevant to his/her business domain; discovery of these instances can be performed manually or automatically prior to composition. Cost, time, availability, and reliability information is retrieved from a public service registry or directly from service providers, and can be refreshed periodically or before planning. In contrast, rating informa-

tion is initialised to 0.5 and gets updated only by rating rules. Note that each of the logical instances (e.g. each of the three logical instances of A according to Table 1) has its QoS information stored separately but they all share the same rating score. With the QoS information, plans are created by the planner and executed on the business process execution platform. During execution, delivered QoS is monitored by the QoS monitor and fed to the QoS registry where rating is then computed for service instances. Such knowledge of the QoS and personal experiences regarding particular service instances can help the planner to replan existing abstract flows for the user when necessary and to compose plans for new abstract flows that involve those service instances.

4 Extended QoS Model

Our QoS model comprises five quality attributes: time (i.e. processing time + transmission time), cost, availability, reliability, and rating. The definitions of the first four can be found in [2] while rating refers to the proposed self-rating in Section 3.2. Since a composition can be viewed as an aggregation of control flow constructs, the overall QoS of the flow is based on the QoS concerning each construct. We adopt a set of QoS metrics for common control flow constructs (i.e. sequence, switch, fork, and loop) of [8] and extend it with self-rating metrics (shown in boldface type) as in Table 5.

Table 5. Metrics for control flow construct-QoS pairs.

QoS	Sequence	Switch	Fork	Loop
Time (T)	$\sum_{i=1}^{m} T(t_i)$	$\sum_{i=1}^{n} p_{ai} * T(t_i)$	$Max\{T(t_i)_{i\in\{1..p\}}\}$	$k * T(t)$
Cost (C)	$\sum_{i=1}^{m} C(t_i)$	$\sum_{i=1}^{n} p_{ai} * C(t_i)$	$\sum_{i=1}^{p} C(t_i)$	$k * C(t)$
Availability (A)	$\prod_{i=1}^{m} A(t_i)$	$\sum_{i=1}^{n} p_{ai} * A(t_i)$	$\prod_{i=1}^{p} A(t_i)$	$A(t)^k$
Reliability (R)	$\prod_{i=1}^{m} R(t_i)$	$\sum_{i=1}^{n} p_{ai} * R(t_i)$	$\prod_{i=1}^{p} R(t_i)$	$R(t)^k$
Rating (P)	$\prod_{i=1}^{m} P(t_i)$	$\sum_{i=1}^{n} p_{ai} * P(t_i)$	$\prod_{i=1}^{p} P(t_i)$	$P(t)^k$

The metrics are recursively defined on compound nodes of the flow. For a Sequence construct of tasks $\{t_1, \ldots, t_m\}$, the time and cost metrics are additive, while availability, reliability, and rating are multiplicative. Each of the Cases $1, \ldots, n$ of the Switch construct is annotated with the probability to be chosen (p_{ai}); probabilities are initialised by the user and can be updated later considering the information obtained by monitoring flow execution. The functions for the Fork construct are essentially the same as those for the Sequence construct, except for the time attribute where this is

the maximum time of the parallel tasks $\{t_1, ..., t_p\}$. Finally, the Loop construct with k iterations of task t is equivalent to the Sequence construct of k copies of t.

5 Planning Algorithm

Planning a composite service is a constraint optimisation problem that needs to

1. meet user QoS constraints. For example, an abstract service must not have service cost above a given limit, or the overall cost of the plan is constrained. The former is called a local constraint and the latter a global constraint.
2. optimise a function of some QoS attributes. For example, the user may want to minimise service time while keeping cost below the limit.

This section describes how EDA is applied to find QoS-optimised solution plans.

5.1 Planning with EDA

Like other evolutionary computation techniques, EDA follows the process in Fig. 2(a) to find a solution to an optimisation problem.

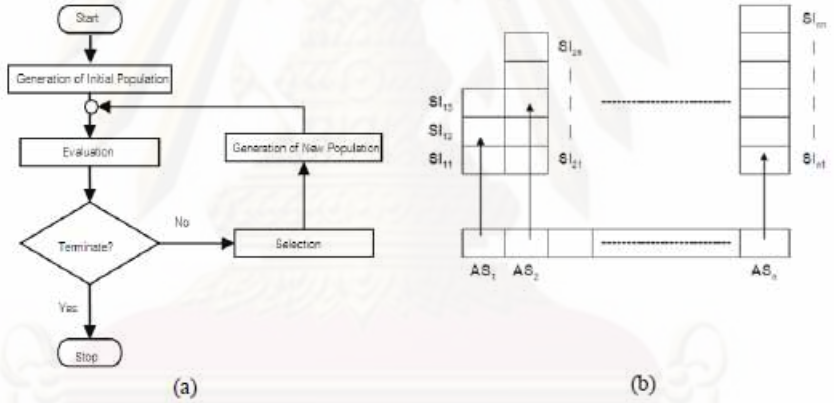


Fig. 2. EDA (a) Evolutionary computation process (b) Chromosome encoding (similar to encoding in GA [8]).

The algorithm starts with a generation of a fixed-size initial population, which consists of a number of randomised encoded solutions called chromosomes. The initial population is allowed to evolve under specified selection rules to a state that satisfies user constraints and optimises a particular fitness function. Each chromosome will be evaluated against the constraints and its fitness is computed. If any chromosome satisfies the constraints, the algorithm may stop and the chromosome becomes the solution. Otherwise the algorithm continues to find a more optimised solution until a certain number of generations have been processed. To generate a new generation of population, some best-fitted chromosomes from the previous gen-

eration are selected for the new generation, and additional chromosomes are generated until the population size is reached. Then the algorithm repeats.

An EDA chromosome is encoded in a bit string of a fixed length. Sub-bit strings represent service instances (SI) that are mapped to abstract services (AS). In Fig. 2(b), AS_1 has three *SI*s and therefore is encoded with two bits, whereas AS_2 has five *SI*s and is encoded with three bits. Suppose SI_{12} is selected for AS_1, its sub-bit string is *10*, and if SI_{25} is selected for AS_2, its sub-bit string is *101*. A chromosome is then a sequence of sub-bit strings representing all selected service instances for the abstract flow.

Each chromosome g in a generation has its fitness computed by using the following fitness function (to be minimised); the function is similar to the one proposed in [8] except for *Rating(g)* and $D_p(g)$ components (shown in boldface type) that we augment to represent self-rating and partnership coupling respectively:

$$F(g) = \frac{w_1 Cost(g) + w_2 Time(g)}{w_3 Availability(g) + w_4 Reliability(g) + w_5 \mathbf{Rating(g)}} + w_6 D(g) + w_7 \mathbf{D_p(g)} \qquad (2)$$

- *Cost*(*g*), *Time*(*g*), *Availability*(*g*), *Reliability*(*g*), and *Rating*(*g*) are the QoS values computed for the chromosome *g* using the metrics in Table 5.
- $D(g)$ is the distance of the chromosome g from constraints satisfaction, i.e. $F(g)$ penalises the chromosome that does not meet the user's constraints and drives the evolution towards constraints satisfaction. It is defined by

  $$D(g) = \sum_{i=1}^{n} cl_i(g) * y_i$$

  where $cl_i(g)$, $i = 1,\ldots, n$, is g's distance from i^{th} constraint, and
  $\begin{cases} y_i = 0 & \text{when } cl_i(g) \le 0 \text{ (positive or no distance)} \\ y_i = 1 & \text{when } cl_i(g) > 0 \text{ (negative distance)} \end{cases}$
- $D_p(g)$ is the degree of partnership coupling, i.e. $F(g)$ penalises the chromosome in which associated service instances are part of partnership schemes. It is defined by

  $$D_p(g) = \frac{S_p}{n}$$

  where S_p is the number of service instances involved in partnership schemes, and n is the total number of service instances in g.
- w_i indicates the weight (i.e. importance) the user gives to each component of $F(g)$.

When a satisfactory solution is not yet found, there are several strategies for EDA to generate a new generation of population. We use the one called Probabilistic Building Increasing Learning (PBIL) to generate chromosomes for the new generation by using Generator Function (GF). A GF contains probabilities p_i, i.e. $\{p_1, \ldots, p_n\}$, where p_i is the probability that the i^{th} bit of an n-bit chromosome is 0. For a given population with m chromosomes, p_i is the proportion of the number of 0 bits found in the i^{th} bit position to the total number of bits in the i^{th} bit position (i.e. m). For exam-

ple, given a population with four chromosomes {*010, 100, 111, 101*}, the GF contains $p_1 = 0.25$, $p_2 = 0.5$, and $p_3 = 0.5$. To generate a new generation of population, each new chromosome in the new population would have 0 (zero) assigned to its 1st, 2nd, and 3rd bit with the probabilities 0.25, 0.5, and 0.5 respectively. In this manner, GF reflects knowledge from the past which guides how to generate good chromosomes. This knowledge would be refined as the population evolves from one generation to the next.

5.2 Durable Planning

In the fitness function above, rating and partnership coupling components contribute to durability of the generated plan. Since rating concerns QoS fluctuation while partnership coupling signifies a potential that a single service change may affect the plan to a larger extent, putting weights on them will indicate to EDA to find an optimised plan with good rating and low partnership coupling. That is, when it is less likely for the plan to require change, the plan is durable and can be reused.

At execution time, service instances, and hence the business process flow, may suffer from performance degradation and cannot deliver service quality as planned. The flow should be prepared to survive in unstable operational environment by considering performance deviation at planning time. We can simulate the situation by injecting QoS deviation to service instances and letting the EDA process makes a plan out of those instances (see Section 6.2).

6 Experimental Studies

We conducted a couple of simulations to study the behaviour of EDA-based planning with respect to QoS-based service provision schemes and plan durability. Note that service provision schemes took part in the experiments by constraining the QoS of candidate service instances. The first study focused on the use of GF from previous planning in building a new composition plan when published QoS of service instances was updated. The second study focused on durable planning. In each study, the population size was 200, the maximum number of generations to run EDA is 50, and the experiment was repeated for 50 times to obtain average results. The simulation program was written in Java with J2SDK 1.6. Experiments were run on a 1.8 GHz Intel Pentium™, 1 GB of RAM, and Ubuntu Linux version 7.04.

6.1 Use of GF

This study focused on the use of GF from previous planning in building a new composition plan when the published QoS of service instances was updated by service providers. This will demonstrate how GF benefits a search for a new solution plan. Suppose a user constraint was that the fitness value of the plan had to be below 9,600. The QoS of service instances was updated 4 times after the instances were first pub-

lished. To simulate each update, we degraded all QoS values of the instances 0-5% at random. For example, if a service instance, with 1,500-millisecond service time, was randomised to degrade 1%, its service time would be updated to 1,515 milliseconds. At each update, EDA generated a new plan. There were 10 abstract services and each of them had 111 candidate service instances.

We compare between a composition that does not use GF from previous planning (i.e. it uses GF in current planning only) and the one that does. In Fig. 3, the left graph shows that, when GF from previous planning involves in the creation of chromosomes in the new planning after a QoS update, convergence time decreases. This means it takes less time (i.e. less number of generations) to find an optimised solution plan. This is because GF from previous planning is the knowledge that guides the characteristics of good solutions. It can be seen that, for example, the $1^{st} - 50^{th}$ generations of the planning on the 1^{st} QoS update are effectively the $51^{st} - 100^{th}$ generations of the initial 0^{th} planning. The right graph shows that, under a user constraint on the fitness value of the plan (i.e. below 9,600), composition that uses GF from previous planning gives better solutions. As GF is passed along, each composition gives a more optimised solution plan.

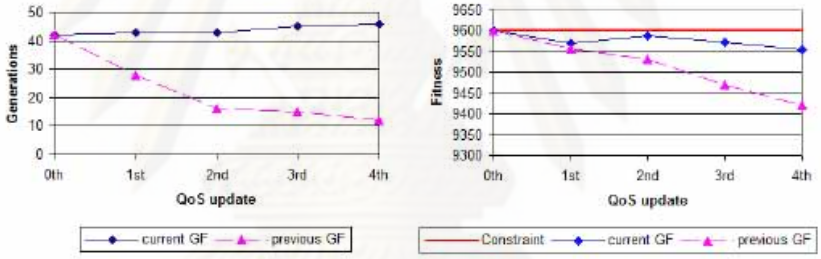


Fig. 3. Composition with GF.

6.2 Plan Durability

Usually service QoS that is published by service providers is considered during planning. We expect that early (i.e. planning-time) consideration about the possibility of QoS deviation from what was published should result in solution plans that are more durable at execution time. This study focused on composition of plans that can survive unstable execution environment. Given a flow of 20 abstract services and a user constraint such that the fitness value of the plan had to be under 9,600, two groups of 100 plans were generated. For the first group, published QoS was considered during planning; this represented composition with ideal service instances with no QoS deviation. The second group comprised the concrete plans from the first group but with degraded QoS; this represented composition with an expectation of service QoS deviation. The service instances of each plan within the second group had all their QoS values degraded by 1-5% randomly.

After two groups of 100 concrete plans were obtained, we simulated their execution under unstable environment. Each service instance in any of these plans was randomised with a 40% chance to have its QoS degraded at run time. For the service instance that was to degrade, its QoS was degraded by 1-10% randomly. Then the fitness values of the plans in these two groups were computed to determine a percentage of survival, i.e. how many of the plans in each group still met the user constraint (with an acceptable 5% deviation) in unstable runtime environment.

We experimented with various number of service instances per abstract service; this reflected the variation in size of solution search space. In Fig. 4, the left graph shows that the plans in the second group (i.e. those created with consideration about QoS deviation) can survive runtime degradation better than those in the first group (i.e. those created with no QoS deviation). This observation is true regardless of the size of solution search space. Nevertheless, the right graph indicates that it takes longer time (i.e. more number of generations) for EDA to find an optimised plan when the possibility of QoS deviation is considered during planning.

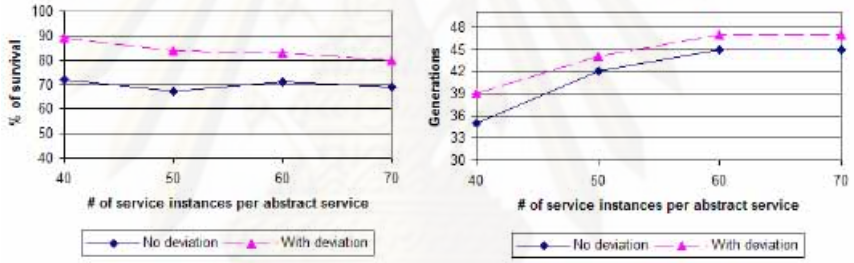


Fig. 4. Effects of plan durability.

7. Discussion and Conclusion

In this paper, we discuss various schemes of QoS-based service provision and address a plan durability issue concerning QoS deviation and service relations. Self-rating and partnership coupling are introduced as part of the extended QoS model for service instances and workflows. A client-side planning architecture is also proposed. Using EDA as the planning algorithm, our experiments show that GF can benefit planning since knowledge of good solutions is utilised in finding a QoS-optimised plan. Considering the possibility of QoS deviation early at planning time will also result in more durable plans which can survive performance degradation at execution time.

On plan durability, our approach does not aim to make very durable plans so as to replace runtime replanning. Replanning capability is necessary when new services are offered or there are service outages or severe QoS degradation during flow execution. In commercial scenarios today, it is common practice that service providers publish their service instances QoS with a possible reduced QoS rate as a safety buffer. This

safety buffer is taken into consideration at run time to determine QoS violation. Our work is aligned with this compromised QoS approach but takes the QoS safety buffer into consideration at planning time. By planning with degraded service instances in mind, we obtain the solutions that are more durable at run time. Our approach thus reduces the chance that a solution will need runtime replanning. It is also worth noting that our approach assumes the published QoS information is accurate. If service providers understate their service QoS only to boost their ratings, they put their service instances at the risk of not being selected to the plans from the beginning.

On performance of EDA, we rely on the performance result of the GA-based algorithm compared to that of the integer programming approach as reported in [8]. GA takes less time to find a solution and its timing performance is almost constant when the solution search space grows (i.e. when the number of service instances per abstract service increases). Thus it is preferred for the case of widely used abstract services, such as hotel booking and ecommerce services, which have a large number of candidate service instances. By using EDA, we also observe that the solutions generated in each generation can be very much similar to those in the previous generation because of knowledge in GF. That is, GF can lead EDA to fall easily into local optima. We will find a way to detect the situation and adjust GF. Nevertheless, we expect that knowledge in GF would be useful for runtime replanning, either in making a whole new plan or replacing specific part of the plan. We will explore more about the influence of GF over replanning.

References

1. Barry, D.K.: Web Services and Service-Oriented Architecture. Morgan Kaufmann (2003)
2. Zeng, L., Benatallah, B., Ngu, A.H.H, Dumas, M., Kalagnanam, J., Chang, H.: QoS-Aware Middleware for Web Services Composition. IEEE Transactions on Software Engineering, Vol. 30, No. 5, May (2004) 311-327
3. Cardoso, J., Sheth, A., Miller, J., Arnold, J., Kochut, K.: Quality of Service for Workflows and Web Service Processes. Journal of Web Semantics, Vol. 1, No. 3 (2004) 281-308
4. Menasce, D.A.: QoS Issues in Web Services. IEEE Internet Computing, Vol. 6, Issue 6, November-December (2002) 72-75
5. Mani, M., Nagarajan, A.: Understanding Quality of Service for Web Services (Online) http://www-128.ibm.com/developerworks/library/ws-quality.html
6. Goldberg, D.E.: The Design of Innovation Lessons from and for Competent Genetic Algorithms. Kluwer Academic Publishers (2002)
7. Goldberg, D.E.: Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning. Addison-Wesley (1989)
8. Canfora, G., Di Penta, M., Esposito, R., Villani, M.L.: An Approach for QoS-Aware Service Composition Based on Genetic Algorithms. In: Proceedings of Genetic and Evolutionary Computation Conference (GECCO 2005), Washington DC, USA, June (2005) 1069-1075
9. Chang, W.C., Wu, C.H., Chang, C.: Optimizing Dynamic Web Service Component Composition by Using Evolutionary Algorithms. In: Proceedings of 2005 IEEE/WIC/ACM International Conference on Web Intelligence, September (2005) 708-711

10. Wu, B.Y., Chi, C.H., Xu, S.: Service Selection Model Based on QoS Reference Vector. In: Proceedings of 2007 IEEE Congress on Services (SERVICES 2007), Salt Lake City, Utah, July (2007) 270-277
11. Grønmo, R., Jaeger, M.C.: Model-Driven Methodology for Building QoS-Optimised Web Service Compositions. In: Proceedings of 5th IFIP International Conference on Distributed Applications and Interoperable Systems (DAIS 2005), LNCS 3543, Athens, Greece, June (2005) 68-82
12. Cardellini, V., Casalicchio, E., Grassi, V., Lo Presti, F.: Flow-Based Service Selection for Web Service Composition Supporting Multiple QoS Classes. In: Proceedings of 2007 IEEE International Conference on Web Services (ICWS 2007), Salt Lake City, Utah, July (2007) 743-750
13. Aggarwal, R., Verma, K., Miller, J., Milner, W.: Constraint-Driven Web Service Composition in METEOR-S. In: Proceedings of IEEE International Conference on Services Computing (SCC'04), Shanghai, China, September (2004) 23-30
14. Mourad, O., Athman, B.: Efficient Access to Web Services. IEEE Internet Computing, March-April (2004) 34-44

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายกรมิษฐ์ พิชนาหะรี เกิดเมื่อวันที่ 16 ธันวาคม พ.ศ. 2525 ที่จังหวัดสุรินทร์ สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาบัณฑิต หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาคณิตศาสตร์ จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี เมื่อ พ.ศ. 2548 และได้เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์ ณ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปี พ.ศ.2548

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย