

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันนี้เทคโนโลยีการโทรศัพท์ผ่านระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์หรือ VoIP ได้รับความนิยม และถูกนำมาใช้ให้บริการมากขึ้น เนื่องจากมีข้อดีต่างๆมากมายเช่น ลดค่าใช้จ่าย มีความยืดหยุ่นในการใช้งาน สามารถประยุกต์ใช้ให้บริการต่างๆได้เป็นอย่างดี และติดตั้งระบบเพื่อใช้งานง่ายขึ้นกว่าในอดีต เนื่องจากมีซอฟต์แวร์ที่ช่วยในการติดตั้งมากมาย ซอฟต์แวร์เหล่านั้นมีให้เลือกใช้มากมายทั้งที่เป็นซอฟต์แวร์ฟรี และซอฟต์แวร์ที่ต้องเสียค่าใช้จ่าย โดย FreeSWITCH เป็นหนึ่งในซอฟต์แวร์เหล่านั้น

FreeSWITCH เป็นซอฟต์แวร์ระบบ VoIP ที่ช่วยให้ผู้ดูแลระบบสามารถติดตั้ง และดูแลระบบ VoIP ง่ายและสะดวกมากขึ้น อีกทั้งยังทั้งยังเป็นซอฟต์แวร์ฟรีที่เป็นที่รู้จักและได้รับความนิยมจากหลายๆองค์กรซึ่งเห็นได้จากการมีเว็บไซต์ที่แลกเปลี่ยนความรู้และปัญหาของ FreeSWITCH และมีหนังสือที่สอนวิธีการติดตั้งและใช้งาน FreeSWITCH หลายเล่ม อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่า FreeSWITCH จะติดตั้งได้ง่ายและช่วยให้การบริหารจัดการระบบ VoIP ง่ายขึ้นแต่การแก้ไขปัญหาจากการติดตั้งและการใช้งาน FreeSWITCH นั้นจำเป็นต้องอาศัยความรู้จากผู้หรือผู้เชี่ยวชาญในการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาเพื่อหาวิธีแก้ไขปัญหาที่ถูกต้องและปัญหาหลายๆปัญหามีความซับซ้อน ดังนั้นระบบผู้เชี่ยวชาญจึงถูกนำมาใช้เพื่อพัฒนาระบบที่วิเคราะห์ปัญหาและนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาคิดตั้ง และปัญหาจากการใช้งาน FreeSWITCH ให้กับผู้ใช้ที่ไม่ได้เป็นผู้เชี่ยวชาญ โดยอาศัยเทคนิคการแทนความรู้แบบเฟรมร่วมกับกลไกอนุมานแบบ Forward Chaining ทำให้ผู้ใช้ที่ไม่ใช่ผู้เชี่ยวชาญสามารถใช้ระบบเพื่อวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาและใช้คำแนะนำจากระบบไปแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้องและรวดเร็ว

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษาโครงการเฉพาะเรื่อง

1. เพื่อนำเทคนิคระบบผู้เชี่ยวชาญมาประยุกต์ใช้งานในด้าน VoIP โดยเลียนแบบกระบวนการวินิจฉัยปัญหาของผู้เชี่ยวชาญด้าน FreeSWITCH ที่เป็นมนุษย์

2. เพื่อแสดงให้เห็นประโยชน์ของการนำระบบผู้เชี่ยวชาญมาใช้แก้ปัญหาของ FreeSWITCH สำหรับผู้ที่ไม่ใช่ผู้เชี่ยวชาญ

1.3 ของเขตการศึกษาโครงการเฉพาะเรื่อง

1. ระบบผู้เชี่ยวชาญเพื่อแก้ปัญหา FreeSWITCH นี้วินิจฉัยปัญหาระหว่างการติดตั้งและใช้งานที่พบบ่อยเท่านั้น
2. ฐานความรู้ของระบบผู้เชี่ยวชาญนำมาจากหนังสือ, เว็บไซต์ทางการของผู้พัฒนา FreeSwitch และเว็บบอร์ดถามตอบปัญหาของกลุ่มผู้ใช้ FreeSWITCH
3. พัฒนาโดยการแทนความรู้แบบเฟรม และการใช้กลไกอนุमानแบบ Forward Chaining
4. ผู้ใช้งานระบบจะต้องเข้าใจในคำศัพท์และทราบวิธีแก้ไขปัญหาเบื้องต้น และสามารถตอบคำถามจากระบบได้

1.4 โครงร่างรายงานการศึกษาโครงการเฉพาะเรื่อง

วิทยานิพนธ์นี้ได้จัดทำโดยเสนอเป็นรายละเอียดของหัวข้อต่างๆ ดังนี้

บทที่ 1 บทนำ ; บทนี้จะกล่าวถึงความเป็นมาและความสำคัญของปัญหาที่เกิดขึ้น วัตถุประสงค์ของการศึกษาโครงการเฉพาะเรื่องและขอบเขตของโครงการ

บทที่ 2 การพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง ; บทนี้จะกล่าวถึงความหมายของระบบผู้เชี่ยวชาญ ประโยชน์ องค์ประกอบของระบบผู้เชี่ยวชาญ เครื่องมือที่ใช้พัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญ รวมถึงการพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญที่มีลักษณะใกล้เคียงกับโครงการเฉพาะเรื่องนี้ในงานวิจัยอื่นๆ

บทที่ 3 VoIP และ FreeSWITCH ; บทนี้จะกล่าวถึงระบบ VoIP ซึ่งมีเนื้อหาเกี่ยวกับความหมาย ประโยชน์ องค์ประกอบและซอฟต์แวร์ที่ใช้งานในระบบ VoIP ซึ่งซอฟต์แวร์ที่นำมาใช้วินิจฉัยปัญหา คือ FreeSWITCH ภายในบทนี้จะกล่าวถึงหน้าที่ของซอฟต์แวร์ FreeSWITCH ในระบบ VoIP รวมถึงปัญหาต่างๆที่สามารถเกิดขึ้นได้ในการติดตั้งและใช้งานซอฟต์แวร์นี้

บทที่ 4 การพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญการแก้ปัญหาการติดตั้ง FreeSWITCH ; ในบทนี้กล่าวถึงการจัดหมวดหมู่ของปัญหาของ FreeSWITCH การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากแหล่งต่างๆ และการออกแบบระบบวินิจฉัยปัญหาซึ่งประกอบไปด้วย ฐานความรู้ การแทนความรู้แบบเฟรม กลไกอนุมานแบบไปข้างหน้า การพัฒนาระบบวินิจฉัยขึ้นมาเองและผังการทำงานของระบบวินิจฉัยปัญหา FreeSWITCH รวมถึงตัวอย่างการใช้งานระบบผู้เชี่ยวชาญการแก้ปัญหาการติดตั้ง FreeSWITCH

บทที่ 5 เทคนิควิธีนำเสนอปัญหาที่มีวิธีแก้ไขมากกว่าหนึ่งวิธี ; ในบทนี้กล่าวถึงปัญหาที่มีวิธีแก้ไขปัญหามากกว่าหนึ่งวิธี สาเหตุที่ทำให้ปัญหามีวิธีแก้มากกว่าหนึ่งวิธี การนำเสนอวิธีแก้ปัญหาคือดีที่สุดด้วยการใช้เทคนิค Roulette Wheel Selection และตัวอย่างการแก้ปัญหาที่มีวิธีแก้มากกว่า 1 วิธี

บทที่ 6 การทดสอบ, สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ ; บทนี้จะสรุปการทดสอบระบบที่พัฒนาขึ้น, การพัฒนาระบบวินิจฉัยปัญหา FreeSWITCH รวมถึงแนวทางการพัฒนาในอนาคต

บทที่ 2

การพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญ และวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 ระบบผู้เชี่ยวชาญ

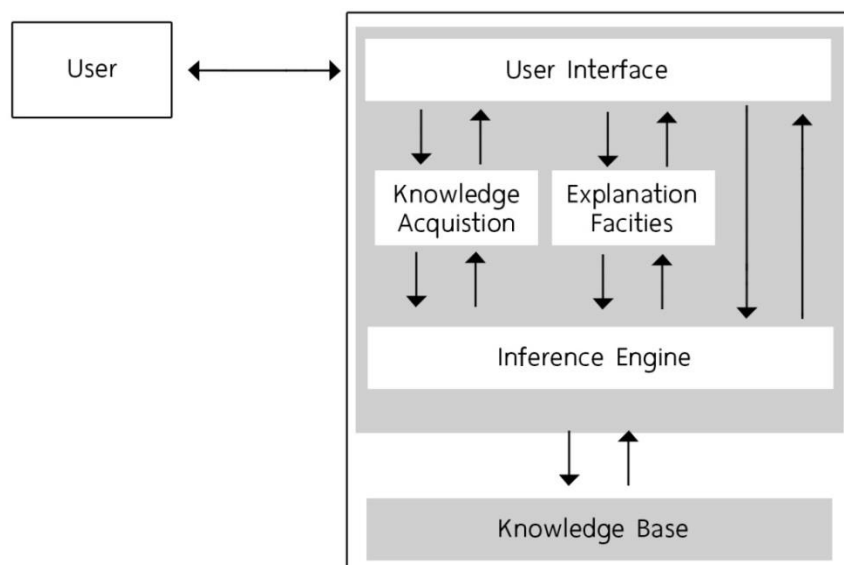
ระบบผู้เชี่ยวชาญ [1] คือ โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่รวบรวมเอาความรู้ ความชำนาญและวิธีการที่เป็นเหตุเป็นผลของมนุษย์นำมา สร้างเป็นฐานความรู้ และมีกลไกอนุมานที่ถูกพัฒนาบนพื้นฐานความรู้ด้านปัญญาประดิษฐ์โดยทำหน้าที่เป็นเสมือนผู้เชี่ยวชาญให้คำปรึกษา ให้คำแนะนำ บอกวิธีการแก้ไขปัญหาหรือแนะนำขั้นตอนต่างๆ ในแขนงหรือสาขาใดสาขาหนึ่งให้กับผู้ใช้ระบบที่อาจจะไม่ใช่ผู้เชี่ยวชาญ ระบบผู้เชี่ยวชาญมีได้หลายลักษณะตั้งแต่งานลักษณะระบบควบคุมจนกระทั่งถึงระบบการออกแบบผลิตภัณฑ์แต่ที่พบโดยส่วนมากแล้วจะเป็นระบบที่ช่วยวินิจฉัยปัญหาซึ่งจะมีลักษณะเป็นระบบที่ผู้ใช้ระบบและระบบมีการปฏิสัมพันธ์กันในลักษณะโต้ตอบ (Dialogue) โดยระบบอาจให้คำแนะนำและช่วยในการแก้ไขปัญหา ซึ่งความรู้ที่ระบบผู้เชี่ยวชาญใช้ในการวินิจฉัยและตัดสินใจนั้น มาจากฐานความรู้ที่เกิดจากการนำเอาความรู้จากผู้เชี่ยวชาญที่เป็นมนุษย์ หรือแหล่งความรู้ต่างๆ ใส่งไปเป็นฐานความรู้ในรูปแบบที่เหมาะสมกับฐานความรู้นั้นๆ

2.2 องค์ประกอบของระบบผู้เชี่ยวชาญ

ระบบผู้เชี่ยวชาญโดยพื้นฐานแล้วต้องมีส่วนประกอบหลักคือฐานความรู้และกลไกอนุมาน แต่ในการพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญเพื่อใช้งานในด้านต่างๆ นอกจากจะต้องมีฐานความรู้และกลไกอนุมานแล้ว ยังต้องมีองค์ประกอบอื่นๆ เพื่อให้ระบบผู้เชี่ยวชาญนั้นมีความครบถ้วนสมบูรณ์และสามารถใช้งานได้ อย่างสะดวก องค์ประกอบต่างๆ เหล่านี้แสดงได้ดังรูปที่ 2.1

2.2.1. ฐานความรู้ (Knowledge base)

ฐานความรู้เปรียบเสมือนกับข้อมูลในซอฟต์แวร์หรือฐานข้อมูล (Database) ในระบบสารสนเทศ (Information System) ส่วนนี้เป็นส่วนที่เก็บความรู้ทุกประเภทในสาขาใดสาขาหนึ่งไม่ว่าจะเป็นความรู้ที่ได้จากหนังสือหรือความรู้ที่ได้จากประสบการณ์ของผู้เชี่ยวชาญที่เป็นมนุษย์ แต่ในการเก็บความรู้เหล่านั้นเป็นฐานความรู้ จะต้องแปลงความรู้ให้มีรูปแบบของการแทนความรู้ที่เหมาะสมด้วย (Knowledge Representation) เช่นการแทนความรู้โดยใช้กฎ (Rule) การแทนความรู้โดยใช้เฟรม (Frame) การแทนความรู้โดยใช้ข่ายความหมาย (Semantic Network) การแทนความรู้โดยใช้ Object-Attribute-Value Triplet (O-A-V Triplet) เป็นต้น



รูปที่ 2.1 องค์ประกอบต่างๆของระบบผู้เชี่ยวชาญ

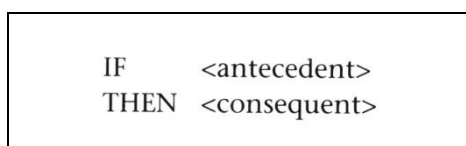
2.2.1.1 การแทนความรู้

การแทนข้อมูลในฐานความรู้หรือการแสดงความรู้ (Knowledge Representation) เป็นวิธีการแทนความรู้ให้อยู่ในรูปแบบที่เหมาะสมเพื่อสะดวกในการนำไปใช้ในกระบวนการอนุมานและแก้ปัญหาต่างๆ ปัจจุบันมีการนำเสนอการแทนความรู้หลากหลายรูปแบบทั้งนี้เพราะกลไกการแก้ปัญหานั้นสามารถทำได้หลากหลายรูปแบบเช่นกันจึงจำเป็นต้องมีรูปแบบการแทนความรู้ที่สอดคล้องกับกลไกการแก้ปัญหาเหล่านั้น ซึ่งขอเสนอการแทนความรู้แบบต่างๆที่นิยมใช้ดังต่อไปนี้ [2]

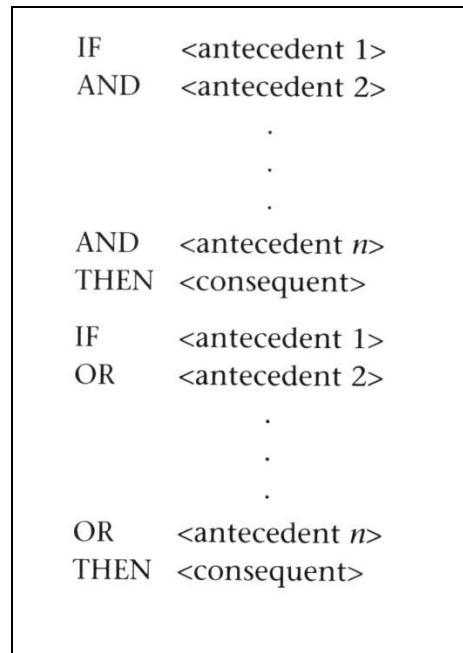
1. การแทนความรู้โดยใช้กฎ (Rule)

การแทนความรู้แบบกฎ ความรู้จะถูกแทนค่าภายในฐานความรู้ในรูปของกฎซึ่งอยู่ในรูป **IF (condition) THEN statement** ดังรูปที่ 2.2 หากตัวนำ (Antecedent) มีมากกว่าหนึ่ง จะใช้การเชื่อมด้วย AND หรือ OR หรือทั้งคู่ดังรูปที่ 2.3 อย่างไรก็ตามควรจะหลีกเลี่ยงการใช้ ตัวนำหลายๆตัวพร้อมกันภายในกฎข้อเดียวกัน นอกจากนี้ตัวตาม (Consequent) ก็สามารถมีมากกว่าหนึ่งตัวได้เช่นกัน ดังรูปที่

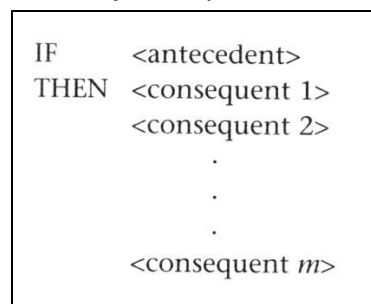
2.4



รูปที่ 2.2 การแทนความรู้แบบกฎ



รูปที่ 2.3 การแทนความรู้แบบกฎในกรณีที่มีตัวนำมากกว่า 1 ค่า



รูปที่ 2.4 การแทนความรู้แบบกฎในกรณีที่มีตัวตามมากกว่า 1 ค่า

กฎสามารถแสดงถึงความสัมพันธ์, คำแนะนำ, คำสั่ง, กระบวนการ และการแก้ปัญหา ดังตัวอย่างรูปที่

2.5

Relation	
IF	the 'fuel tank' is empty
THEN	the car is dead
Recommendation	
IF	the season is autumn
AND	the sky is cloudy
AND	the forecast is drizzle
THEN	the advice is 'take an umbrella'
Directive	
IF	the car is dead
AND	the 'fuel tank' is empty
THEN	the action is 'refuel the car'
Strategy	
IF	the car is dead
THEN	the action is 'check the fuel tank'; step1 is complete
IF	step1 is complete
AND	the 'fuel tank' is full
THEN	the action is 'check the battery'; step2 is complete
Heuristic	
IF	the spill is liquid
AND	the 'spill pH' < 6
AND	the 'spill smell' is vinegar
THEN	the 'spill material' is 'acetic acid'

รูปที่ 2.5 การใช้กฎแทนความสัมพันธ์, คำแนะนำ, คำสั่ง, กระบวนการ, และการแก้ปัญหา

2. การแทนความรู้โดยใช้เฟรม (Frame)

การแทนความรู้แบบนี้เป็นการแทนความรู้แบบโครงสร้างชนิดหนึ่ง โดยแทนความรู้ในลักษณะที่ขึ้นอยู่กับวัตถุและเหตุการณ์ในลักษณะบางอย่าง หรือใช้ในแบบจำลองกระบวนการเรียนรู้และความจำของมนุษย์โดยอาศัยความรู้ที่มีมาก่อน ลักษณะโครงสร้างจะประกอบไปด้วยชื่อเฟรม ชื่อคลาส และกลุ่มของช่องความรู้ (Slot) ตัวอย่างดังรูปที่ 2.6

QANTAS BOARDING PASS		AIR NEW ZEALAND BOARDING PASS	
Carrier:	QANTAS AIRWAYS	Carrier:	AIR NEW ZEALAND
Name:	MR N BLACK	Name:	MRS J WHITE
Flight:	QF 612	Flight:	NZ 0198
Date:	29DEC	Date:	23NOV
Seat:	23A	Seat:	27K
From:	HOBART	From:	MELBOURNE
To:	MELBOURNE	To:	CHRISTCHURCH
Boarding:	0620	Boarding:	1815
Gate:	2	Gate:	4

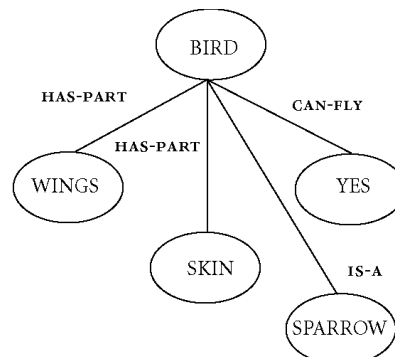
(a) (b)

รูปที่ 2.6 โครงสร้างการแทนความรู้โดยใช้เฟรม [3]

รูปที่ 2.6 เป็นตัวอย่างของเฟรมที่แสดงข้อมูล Boarding Pass โดยมี Slot ดังต่อไปนี้ : Carrier, Name, Flight, Date, Seat, From, To, Boarding และ Gate และมีค่า (Value) ของแต่ละ Slot แตกต่างกันไปในแต่ละเฟรม จะเห็นได้ว่าเฟรมทั้งสองเฟรมจะมีคุณสมบัติหรือ Slot ที่เหมือนกันเพียงแต่มีค่าของแต่ละ Slot แตกต่างกันไปเท่านั้น

3. การแทนความรู้โดยใช้ข่ายความหมาย (Semantic Network)

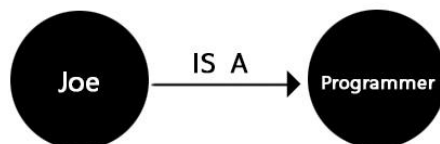
การแทนความรู้แบบนี้เป็นการแทนความรู้โดยใช้ข่ายความหมาย ซึ่งข่ายความหมายเป็นรูปแบบของการแทนค่าความรู้ในรูปของความสัมพันธ์ระหว่างวัตถุ 2 สิ่ง ซึ่งอาจเป็นสิ่งที่ของ เหตุการณ์ การกระทำ หรือสิ่งที่เป็นนามธรรมอื่นๆ ซึ่งตัวอย่างของการแทนความรู้โดยใช้ข่ายความหมายแสดงในรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 ลักษณะการแทนความรู้โดยใช้ข่ายความหมาย (Semantic Network) [4]

4. การแทนความรู้โดยใช้ Object-Attribute-Value Triplet (O-A-V Triplet)

การแทนความรู้แบบนี้เป็นการแทนความรู้โดยใช้ Object-Attribute-Value Triplet ซึ่งจะแทนค่าข้อเท็จจริงในรูปแบบของความสัมพันธ์ซึ่งระบบจะนำไปใช้โดยการพิสูจน์ความสัมพันธ์ดังกล่าว ซึ่งรูปที่ 2.8 แสดงลักษณะความสัมพันธ์ในรูปแบบ O-A-V Triplet โดย Object Joe มีความสัมพันธ์กับ Object Programmer



รูปที่ 2.8 ลักษณะการแทนความรู้ด้วย Object-Attribute-Value Triplet

เทคนิคการแทนความรู้ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ได้กล่าวไว้ในบทที่ 4

2.2.2. กลไกอนุมาน (Inference Engine)

กลไกอนุมานคือส่วนที่ควบคุมการใช้ความรู้ในฐานความรู้เพื่อแก้ไขปัญหาอย่างมีประสิทธิภาพ โดยอาศัยข้อเท็จจริงที่ได้รับจากผู้รู้ โดยมีความสามารถในการเปรียบเทียบรูปแบบ (Pattern Matching) การสำรวจ (Investigate) การกำจัด (Eliminate) การจับคู่กฎ (Matching) เพื่อหาผลลัพธ์ที่ถูกต้องและเหมาะสม ดังนั้นกลไกอนุมานจึงเป็นวิธีที่สามารถค้นหาองค์ความรู้จากฐานองค์ความรู้ได้โดยตรง (Directs search through the knowledge base) กลไกอนุมานเป็นส่วนที่สำคัญส่วนหนึ่งในระบบผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งเป็นส่วนที่กำหนดความสามารถโดยรวมของระบบผู้เชี่ยวชาญ ความเร็วและความถูกต้องของการแก้ปัญหา

กลไกอนุมานที่ใช้ในระบบผู้เชี่ยวชาญมีหลายวิธีขึ้นอยู่กับลักษณะของปัญหาและรูปแบบของการแทนความรู้ โดยวิทยานิพนธ์นี้ขอกล่าวถึงกลไกอนุมานที่เป็นที่นิยมใช้และรู้จักกันมากที่สุด 2 รูปแบบคือ การอนุมานแบบเดินหน้า (Forward Chaining Inference) และการอนุมานแบบย้อนกลับ (Backward Chaining Inference)

ดังที่กล่าวมาข้างต้นว่าการอนุมานโดยใช้กฎที่นิยมใช้มีอยู่ 2 แบบคือการอนุมานแบบเดินหน้า และการอนุมานแบบย้อนกลับซึ่งความแตกต่างของทั้งสองแบบนี้คือ การอนุมานแบบเดินหน้าจะเริ่มต้นจากการรู้ข้อมูล (fact หรือ data) แล้วทำกระบวนการอนุมานเพื่อค้นหาข้อสรุป (conclusion) ส่วนการอนุมานแบบย้อนกลับนั้นจะเริ่มต้นจากการเลือกข้อสรุปที่เป็นไปได้และพยายามหาข้อพิสูจน์เพื่อหา

ความถูกต้องโดยการหาหลักฐานสนับสนุน ซึ่งกระบวนการเหล่านี้จะขออธิบายในรายละเอียดต่อไป โดยจะทำการยกตัวอย่างจากกฎในรูปที่ 2.9 อธิบายการทำงานของทั้งการอนุมานแบบไปข้างหน้า และการอนุมานแบบย้อนกลับ

```

Rule 1: IF   Shape = long and
           Color = green or yellow
      THEN Fruit = banana

Rule 2: IF   Shape = round or oblong and
           Diameter > 4 inches
      THEN Fruitclass = vine

Rule 3: IF   Shape = round and
           Diameter < 4 inches
      THEN Fruitclass = tree

Rule 4: IF   Seedcount = 1
      THEN Seedclass = stonefruit

Rule 5: IF   Seedcount > 1
      THEN Seedclass = multiple

Rule 6: IF   Fruitclass = vine and
           Color = green
      THEN Fruit = watermelon

Rule 7: IF   Fruitclass = vine and
           Surface = smooth and
           Color = yellow
      THEN Fruit = honeydew

Rule 8: IF   Fruitclass = vine and
           Surface = rough and
           Color = tan
      THEN Fruit = cantaloupe

Rule 9: IF   Fruitclass = tree and
           Color = orange and
           Seedclass = stonefruit
      THEN Fruit = apricot

Rule 10: IF  Fruitclass = tree and
           Color = orange and
           Seedclass = multiple
      THEN Fruit = orange

Rule 11: IF  Fruitclass = tree and
           Color = red and
           Seedclass = stonefruit
      THEN Fruit = cherry

Rule 12: IF  Fruitclass = tree and
           Color = orange and
           Seedclass = stonefruit
      THEN Fruit = peach

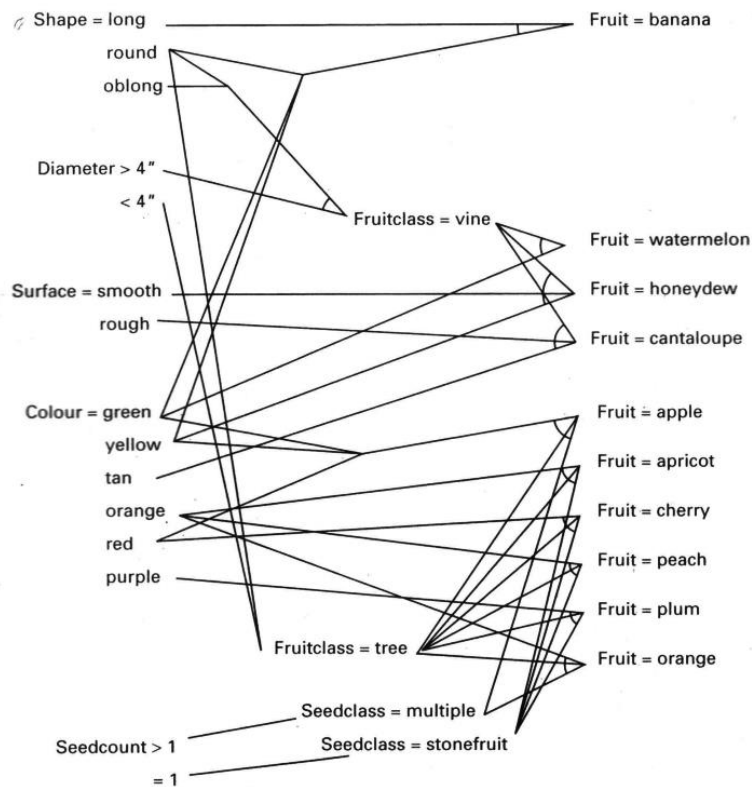
Rule 13: IF  Fruitclass = tree and
           Color = red or yellow or green and
           Seedclass = multiple
      THEN Fruit = apple

Rule 14: IF  Fruitclass = tree and
           Color = purple and
           Seedclass = stonefruit
      THEN Fruit = plum

```

รูปที่ 2.9 ตัวอย่างกฎที่ใช้อธิบายการค้นหาลำดับผลไม้ด้วยกลไกอนุมานแบบเดินหน้าและย้อนกลับ [5]

รูปที่ 2.9 เป็นตัวอย่างกฎที่จะใช้เพื่อค้นหาชนิดของผลไม้ โดยใช้คุณลักษณะแบบต่างๆ เช่น ขนาด สี ลักษณะรูปทรง เป็นต้น และมีข้อสรุปเป็นชนิดของผลไม้ เมื่อนำกฎเหล่านี้มาเขียนเป็นแผนภาพความเชื่อมโยงก็จะสามารถสรุปได้ดังรูปที่ 2.10

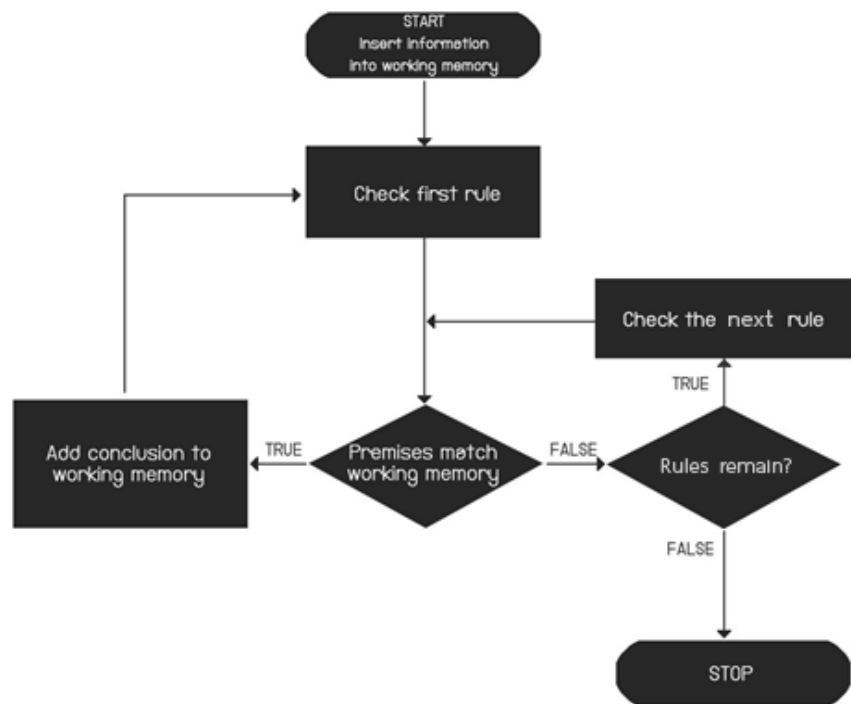


รูปที่ 2.10 ตัวอย่างกฎที่ถูกเขียนในแผนภาพความเชื่อมโยงความสัมพันธ์ [5]

2.2.2.1 การอนุมานไปข้างหน้า

ในกระบวนการอนุมานไปข้างหน้าจะเริ่มต้นจากการดูข้อมูล (data หรือ fact) ที่มีแล้วมุ่งไปสู่ข้อสรุป (conclusion) โดยในกระบวนการจะทำการตรวจสอบกับกฎทุกกฎที่มีอยู่ ถ้าหากมีข้อมูลตรงกับกฎข้อหนึ่งข้อใด กฎข้อนั้นก็จะถูกเลือกนำมาใช้ (execute) ทำให้ได้ข้อมูลใหม่ (new fact) ซึ่งถูกนำไปใช้ต่อในการตรวจสอบกฎรอบ (cycle) ถัดไป กระบวนการตรวจสอบกฎนี้ถูกเรียกว่า Rule Interpretation [6]

กระบวนการอนุมานไปข้างหน้าเป็นกระบวนการที่วนทำซ้ำ โดยในแต่ละรอบสามารถอธิบายขั้นตอนแต่ละขั้นตอนได้ตามรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 แผนภาพอธิบายการบวนการอนุมานแบบไปข้างหน้า

ขั้นตอนที่ 1 Matching : ในขั้นตอนนี้จะทำการตรวจสอบกฎทุกกฎเปรียบเทียบกับความจริง (Fact) ที่รู้ เพื่อเลือกกฎที่ใช้ได้ ซึ่งกฎที่ใช้ได้หมายถึงความจริงที่มีนั้นตรงกับตัวนำทั้งหมดภายในกฎข้อนั้นๆ

ขั้นตอนที่ 2 Conflict Resolution : ในขั้นตอนที่ 1 ซึ่งเป็นการตรวจสอบกฎที่สามารถใช้งานได้นั้น มีความเป็นไปได้ที่อาจได้กฎที่ใช้งานได้มากกว่า 1 กฎ ดังนั้นในขั้นตอนที่ 2 ทำการเลือกกฎที่มีความสำคัญสูงสุด (Highest Priority) ขึ้นมาใช้งานเพียงแต่กฎเดียว โดยกระบวนการนี้จะอธิบายเพิ่มเติมในหัวข้อ 2.2.2.3

ขั้นตอนที่ 3 Execution หรือ Firing : ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนสุดท้ายในแต่ละรอบการทำงาน ผลลัพธ์จากการทำงานในขั้นตอนนี้จะได้หนึ่งในสองอย่างนี้คือ ข้อมูลใหม่หรือความจริงใหม่ (New Fact) ซึ่งจะถูกนำไปใช้ในรอบถัดไป หรือผลลัพธ์อีกอย่างที่ได้จากขั้นตอน Execution ก็คือ กฎใหม่ (New Rule)

Database:
Diameter = 1 inch
Shape = round
Seedcount = 1
Color = red

รูปที่ 2.12 ข้อมูลตัวอย่างที่ใช้อธิบายกระบวนการอนุมานไปข้างหน้า

จากตัวอย่างกฎที่แสดงในรูปที่ 2.9 และมีข้อมูลดังที่แสดงในรูปที่ 2.12 สามารถอธิบายกระบวนการอนุมานแบบไปข้างหน้าในการสรุปชนิดของผลไม้ว่าเป็น ‘Cherry’ ได้ดังต่อไปนี้

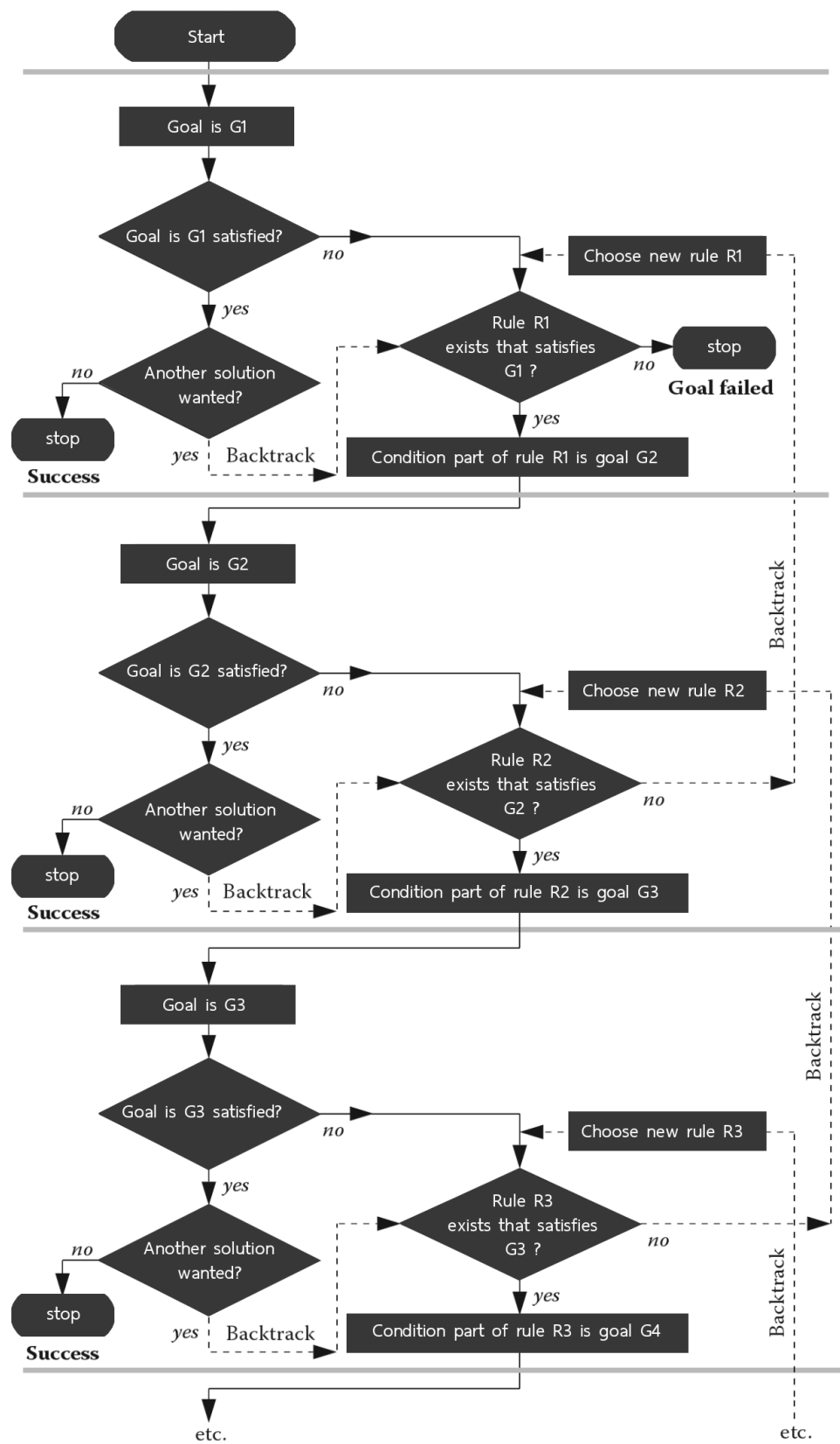
ตารางที่ 2.1 ตัวอย่างการอนุมานไปข้างหน้าในแต่ละรอบการทำงาน

<i>Execution cycle</i>	<i>Applicable rules</i>	<i>Selected rule</i>	<i>Derived fact</i>
1	3, 4	3	Fruitclass = tree
2	3, 4	4	Seedclass = stonefruit
3	3, 4, 11	11	Fruit = cherry

ในรอบที่ 1 (Cycle 1) กลไกอนุมานจะค้นหากฎที่ใช้งานได้กับความจริงที่มีอยู่ ในรอบนี้กฎที่สามารถใช้ความจริงที่มีอยู่ได้คือกฎที่ 3 และ 4 แต่กฎที่สามารถนำไปใช้งานได้จะมีเพียง 1 กฎจึงใช้วิธีการ Conflict Resolution เลือกกฎที่จะใช้งานมา 1 กฎ ซึ่งในที่นี้กฎที่นำมาใช้คือกฎที่ 3 ซึ่งได้ผลลัพธ์คือ *fruitclass = tree* เป็นความจริงใหม่ ในรอบที่ 2 กฎที่ถูกนำมาใช้คือกฎที่ 4 ซึ่งได้ความจริงใหม่คือ *Seedclass = stonefruit* ในรอบที่ 3 กฎที่ถูกนำมาใช้คือกฎที่ 11 ซึ่งได้ผลลัพธ์คือ *fruit = cherry* และในรอบที่ 4 ไม่มีกฎข้อใดถูกเลือกแล้วเนื่องจากผลลัพธ์ในรอบที่ 3 เป็นข้อสรุปเรียบร้อยแล้ว ซึ่งกลไกนี้แสดงให้เห็นแต่ละรอบการทำงานในตารางที่ 2.1

2.2.2.2 การอนุมานย้อนกลับ

ในกระบวนการอนุมานย้อนกลับจะแตกต่างจากการอนุมานแบบไปข้างหน้า โดยเริ่มต้นจากข้อสรุปที่ต้องการ (Conclusion) แล้วพิจารณาความจริง (Fact) ที่มีว่าสามารถพิสูจน์ข้อสรุปนั้นได้หรือไม่ กระบวนการอนุมานย้อนกลับเป็นกระบวนการที่วนซ้ำซ้ำเหมือนกับการอนุมานไปข้างหน้า โดยในแต่ละรอบการทำงานสามารถอธิบายขั้นตอนแต่ละขั้นตอนได้ตามรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 แผนภาพอธิบายกระบวนการอนุมานแบบย้อนกลับ

จากตัวอย่างกฎที่แสดงในรูปที่ 2.9 หากจะใช้กระบวนการอนุมานแบบย้อนกลับเพื่อพิสูจน์ข้อสรุป จะต้องเริ่มต้นที่ข้อสรุปที่ต้องการพิสูจน์ ในที่นี้ให้ข้อสรุปเป็น *cherry* กลไกละก็จะค้นหาทุกกฎที่มีข้อสรุปเป็น *cherry* ซึ่งกฎที่มีข้อสรุปเป็น *cherry* คือกฎข้อที่ 11

กฎข้อที่ 11 มีตัวนำ (Antecedent) ที่ต้องพิสูจน์ทั้งสิ้น 3 ตัว คือ *fruitclass*, *color* และ *seedclass* โดยต้องพิสูจน์ให้ได้ว่า *fruitclass* เป็น *tree*, *color* เป็น *red* และ *seedclass* เป็น *stonefruit* ตามลำดับ กลไกละจะเริ่มค้นหาทุกกฎอีกครั้งโดยค้นหากฎที่มีข้อสรุปว่า *fruitclass = tree* ซึ่งปรากฏในกฎข้อที่ 3

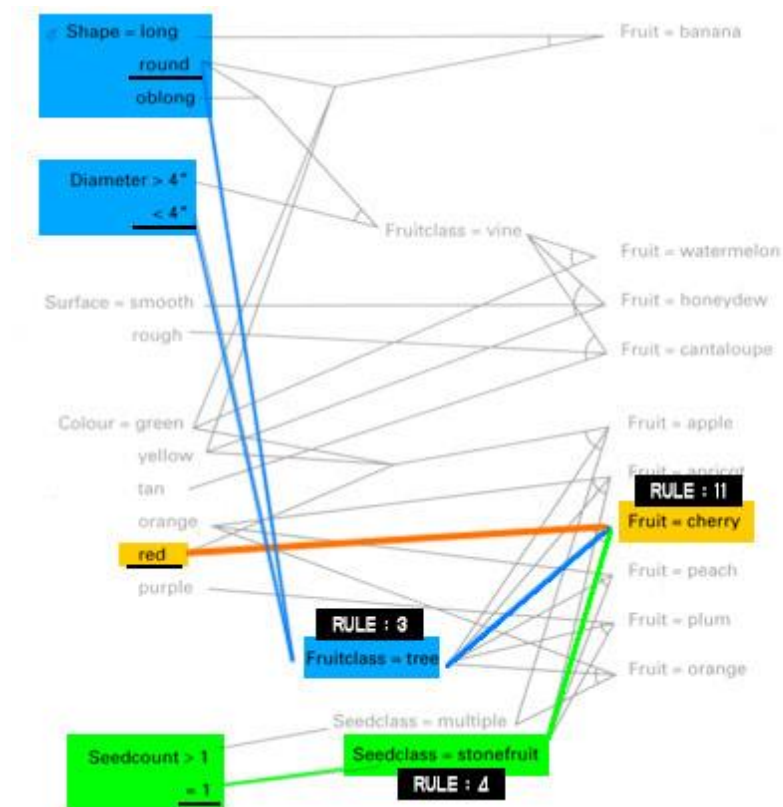
กฎข้อที่ 3 มีตัวนำ (Antecedent) ที่ต้องพิสูจน์ทั้งสิ้น 2 ตัว คือ *shape* และ *diameter* ถ้าผู้ใช้ป้อนค่า *shape* ว่า *round* และ *diameter* มากกว่า 4 นิ้ว จะทำให้กฎข้อ 3 เป็นจริง และทำให้ antecedent: *fruitclass* ในกฎข้อที่ 11 เป็นจริง จากนั้นกลไกละจะพิสูจน์ Antecedent ถัดไปคือ *color*

ถ้าผู้ใช้ป้อนค่า *color* เข้ามาเป็น *red* ทำให้ antecedent: *color* ในกฎข้อที่ 11 เป็นจริง จากนั้นกลไกละจะพิสูจน์ antecedent ถัดไปคือ *seedclass* กลไกละจะเริ่มค้นหาทุกกฎอีกครั้งโดยค้นหากฎที่มีข้อสรุปว่า *seedclass = stonefruit* ซึ่งปรากฏในกฎข้อที่ 4

กฎข้อที่ 4 มีตัวนำ (Antecedent) ที่ต้องพิสูจน์ทั้งสิ้น 1 ตัว คือ *seedcount* ถ้าผู้ใช้ป้อนค่า *seedcount* เป็น 1 จะทำให้กฎข้อ 4 เป็นจริง และทำให้ antecedent: *seedcount* ในกฎข้อที่ 11 เป็นจริง ส่งผลให้กฎข้อ 11 เป็นจริงจึงพิสูจน์ได้ว่า *fruit = cherry* จริง และจบกระบวนการอนุมานย้อนกลับ ความสัมพันธ์ของการใช้กฎเพื่อพิสูจน์ข้อสรุป *fruit = cherry* แสดงในรูปที่ 2.14

ค่าความจริงที่ได้ : $Shape = round / diameter = 1\ inch / fruitclass = tree / color = red / seedclass = stonefruit / fruit = cherry$

โดยมีกฎที่เป็นจริงดังต่อไปนี้ : กฎข้อที่ 3, 4 และข้อที่ 11



รูปที่ 2.14 แผนภาพอธิบายกระบวนการอนุมานแบบย้อนกลับจากตัวอย่าง

2.2.2.3 วิธีการเลือกกฎในกรณีที่ใช้งานได้มากกว่า 1 กฎ

ดังที่กล่าวไว้ข้างต้นว่าการอนุมานแบบเดินหน้าและย้อนกลับอาจเกิดกรณีที่มีกฎหลายๆกฎมีเงื่อนไขตรงกับค่าความจริงในฐานความรู้ ระบบจะมีการจัดการความขัดแย้ง (Conflict Resolution) ซึ่งมีวิธีการจัดการข้อขัดแย้งหลายลักษณะที่สามารถเลือกใช้ได้ ดังนี้ [7]

1. เลือกใช้โดยการสุ่ม
2. นำกฎมาเรียงไว้ด้วยกัน กฎใดที่ตรงกับความจริงเป็นกฎแรกจะใช้กฎนั้น
3. กฎใดมีเงื่อนไขตรงกับข้อมูลมากที่สุดจะใช้กฎนั้น
4. ใช้กฎที่ใช้ครั้งหลังสุด
5. ใช้กฎที่มีตัวแปรใช้ไปหลังสุด
6. ใช้กฎที่เพิ่มเข้าไปในฐานความรู้หลังสุด

ในกรณีข้างต้นนี้ ระบบจะมีความรู้อีกลักษณะหนึ่งที่เรียกว่า Meta-Knowledge มาไว้คอยกำกับการใช้กฎต่างๆในฐานความรู้

2.2.3. ส่วนดึงความรู้ (Knowledge Acquisition Subsystem)

ส่วนดึงความรู้เป็นส่วนที่ช่วยให้ผู้เชี่ยวชาญสามารถนำความรู้จากแหล่งความรู้ไปเก็บไว้ในฐานความรู้ของระบบผู้เชี่ยวชาญในรูปแบบการแทนความรู้ที่ถูกต้องได้สะดวกและไม่มีผิดพลาด ทั้งในด้านการเพิ่มหรือปรับปรุงฐานความรู้ให้ทันสมัย

2.2.4. ส่วนอธิบาย (Explanation Sub-system)

ส่วนนี้ทำหน้าที่อธิบายรายละเอียดของขั้นตอนการวินิจฉัยต่อผู้ใช้งานว่าข้อสรุปหรือคำตอบนั้นได้มาอย่างไร เนื่องจากเมื่อผู้ใช้ปริกระบบผู้เชี่ยวชาญ และได้คำตอบออกมาเพียงอย่างเดียวผู้ใช้อาจไม่มั่นใจในขั้นตอนการวินิจฉัย การอธิบายเหตุผลให้ผู้ใช้งานทราบอาจทำให้ผู้ใช้นำคำตอบที่ได้จากระบบไปใช้ด้วยความมั่นใจมากยิ่งขึ้น

2.2.5. ส่วนติดต่อกับผู้ใช้ (User Interface)

ส่วนติดต่อกับผู้ใช้เป็นส่วนของระบบที่ใช้สื่อสารระหว่างผู้ใช้งานกับระบบ ในระบบผู้เชี่ยวชาญสำหรับงานที่ซับซ้อนมาก ส่วนนี้ไม่เป็นเพียงการพัฒนาหน้าจอสื่อสารกับผู้ใช้ระบบเท่านั้น ยังรวมไปถึงการวิเคราะห์การใช้ฐานความรู้และการวิเคราะห์ลักษณะของผู้ใช้เพื่อให้ระบบได้ทราบถึงระดับความรู้ของผู้ใช้สาขานั้น ส่วนติดต่อกับผู้ใช้ในระดับที่สูงขึ้นนี้มีจุดประสงค์ที่จะสื่อสารกับผู้ใช้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นข้อแนะนำอาจแตกต่างกันไปได้ตามระดับความรู้ความชำนาญของผู้ใช้

ดังที่กล่าวไว้ข้างต้น ระบบผู้เชี่ยวชาญบางระบบอาจมีส่วนประกอบไม่ครบทั้ง 5 ส่วน แต่ส่วนที่สำคัญและขาดไม่ได้คือฐานความรู้และกลไกอนุมาน

2.3 เครื่องมือในการสร้างระบบผู้เชี่ยวชาญ

เครื่องมือที่ใช้สร้างระบบผู้เชี่ยวชาญอาจแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆคือ การพัฒนาระบบด้วย Programming Language และการพัฒนาระบบโดยใช้โครงระบบผู้เชี่ยวชาญ (Expert System Shell)

1. การพัฒนาระบบด้วย Programming Language

การพัฒนาระบบด้วย Programming Language คือการพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญขึ้นมาจากภาษาคอมพิวเตอร์ที่เหมาะสม ซึ่งภาษาที่ได้รับความนิยมได้แก่ LISP และ PROLOG เป็นต้น เนื่องจากภาษาทั้ง 2 นี้เหมาะสมกับการพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญซึ่งเป็นงานด้านตรรกวิทยา ส่วนในภาษาคอมพิวเตอร์อื่นๆเช่น C, VB, Java, PHP ที่มีลักษณะเป็น Procedural Language ก็สามารถ

นำมาใช้พัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญได้ด้วยเช่นกัน ความซับซ้อนในการพัฒนาระบบด้วยภาษาเหล่านี้ขึ้นอยู่กับความซับซ้อนของความรู้และการอนุมานในแขนงวิชาที่จะถูกพัฒนาขึ้น

2. การพัฒนาระบบด้วย Expert System Shells

โครงระบบผู้เชี่ยวชาญ (Expert System Shells) เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญที่ช่วยให้สามารถพัฒนาระบบได้ง่ายมากขึ้นเนื่องจากการสร้างกลไกการอนุมานและโครงสร้างการแทนความรู้ไว้ให้เรียบร้อยแล้วแต่ไม่มีข้อมูลในฐานความรู้ ขั้นตอนในการพัฒนาด้วยโครงระบบผู้เชี่ยวชาญจึงเป็นการรวบรวมความรู้ จัดระเบียบและนำมาใส่ไว้ในฐานความรู้รวมทั้งใช้กลไกอนุมานที่โครงระบบผู้เชี่ยวชาญมีในการเลียนแบบขั้นตอนการแก้ปัญหาของผู้เชี่ยวชาญที่เป็นมนุษย์

ปัจจุบันโครงระบบผู้เชี่ยวชาญมีมากมายทั้งที่สามารถใช้ได้ฟรี และที่เสียค่าใช้จ่าย ตัวอย่างโครงระบบผู้เชี่ยวชาญ 5 ตัวอย่างที่มีชื่ออยู่ในปัจจุบันมีดังต่อไปนี้ [8]

1. **CLIPS** เป็นโครงระบบผู้เชี่ยวชาญฟรี ถูกพัฒนาด้วยภาษา C
2. **EXSYS** เป็นโครงระบบผู้เชี่ยวชาญที่เสียค่าใช้จ่าย
3. **Fair-Isaac Blaze Advisor** เป็นโครงระบบผู้เชี่ยวชาญที่เสียค่าใช้จ่ายที่มักจะใช้ในงานพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญเพื่อช่วยตัดสินใจในด้านธุรกิจ
4. **ILOG JRules** เป็นโครงระบบผู้เชี่ยวชาญที่เสียค่าใช้จ่ายที่มักจะใช้ในงานพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญเพื่อช่วยวิเคราะห์ธุรกิจ ถูกพัฒนาด้วยภาษา Java
5. **JESS** เป็นโครงผู้เชี่ยวชาญฟรี (เงื่อนไขห้ามใช้ในการค้า) เป็นโครงผู้เชี่ยวชาญที่พัฒนาด้วยภาษา Java

โครงระบบผู้เชี่ยวชาญมีข้อเสียคือไม่มีความยืดหยุ่นเนื่องจากการสร้างส่วนแทนค่าความรู้และวิธีการอนุมานไว้เรียบร้อยแล้ว การพัฒนาส่วนอื่นๆนอกเหนือจากที่มีอยู่อาจทำได้ยาก ส่วนการพัฒนาโดยใช้ Programming Language มีความอิสระมากกว่า อย่างไรก็ตามการพัฒนาระบบจากจุดเริ่มต้นขึ้นมาเองย่อมมีความยุ่งยากและใช้เวลามากกว่าการใช้โครงระบบผู้เชี่ยวชาญ

2.4 ลักษณะปัญหาที่ระบบผู้เชี่ยวชาญได้ถูกนำมาใช้

ดังที่กล่าวไว้แล้วข้างต้นว่าระบบผู้เชี่ยวชาญเป็นระบบที่ใช้แก้ปัญหาซับซ้อนในแขนงต่างๆ ในหลากหลายลักษณะดังต่อไปนี้

1. **การตีความ (interpretation) :** งานลักษณะนี้จะต้องตีความหรือวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาความหมายที่ได้จากข้อมูลนั้นเช่นการวิเคราะห์หาโครงสร้างเคมีจากข้อมูลที่ได้จาก spectrometer ซึ่งโดยปกติจะต้องตีความไปในทุกแนวทางที่เป็นไปได้ก่อนแล้วจะทำการตัดข้อใดข้อหนึ่งทิ้งไปเมื่อมีเหตุผลเพียงพอว่าการตีความแบบนั้นผิด
2. **การวินิจฉัย (diagnosis) :** งานวินิจฉัยคือการตรวจสอบว่ามีอะไรผิดพลาดในระบบเช่นการวินิจฉัยโรค งานลักษณะนี้ผู้วินิจฉัยจำเป็นต้องเข้าใจว่าสิ่งที่กำลังวินิจฉัยนั้นประกอบด้วยอะไรและสัมพันธ์กันอย่างไร งานในลักษณะนี้มีความยากตรงที่ความผิดพลาดอย่างหนึ่งอาจเป็นอาการซึ่งเป็นสาเหตุของความผิดพลาดอีกอย่างหนึ่งซ้อนหรือแฝงอยู่
3. **การควบคุมการทำงาน (monitoring) :** งานลักษณะนี้คือการตีความข้อมูลที่ส่งออกจากระบบว่ามีอะไรผิดพลาดหรือไม่ และต้องแจ้งให้ผู้ปฏิบัติงานหรือผู้ควบคุมการทำงานทราบทันทีที่เกิดความผิดพลาดขึ้น เช่น การควบคุมการทำงานของเครื่องช่วยหายใจของคนไข้ผ่าตัด งานลักษณะนี้จะรวมเอางานด้านวินิจฉัยเอาไว้ด้วยเพราะจำเป็นต้องวินิจฉัยหาจุดผิดพลาดด้วยว่าคืออะไรเพื่อแจ้งสาเหตุนั้นให้กับผู้ใช้เครื่องมือหรือผู้ควบคุมได้ทันที
4. **การทำนาย (prediction) :** งานลักษณะนี้คืองานที่มีการคาดเดาพฤติกรรมในอนาคตจากต้นแบบซึ่งได้มาจากข้อมูลในอดีตและปัจจุบัน เช่นการทำนายผลกระทบทางเศรษฐกิจเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงนโยบาย หรือการพยากรณ์อากาศเพื่อการเกษตร
5. **การวางแผน (planning) :** งานลักษณะนี้คืองานที่ช่วยวางแผนให้เป็นลำดับขั้นตอนไปสู่เป้าหมายได้ด้วยการใช้ทรัพยากร หรือเวลาน้อยที่สุด และสามารถแนะนำวิธีที่ดีที่สุดหรือลำดับความสำคัญได้หากมีแผนที่มากกว่า 1 แผน โดยปกติอาจนำงานด้านการทำนายมาช่วยในการวางแผนด้วยเช่นการวางแผนทางธุรกิจหรือเศรษฐศาสตร์ การวางแผนการผลิต เป็นต้น
6. **การออกแบบ (designing) :** งานลักษณะนี้คือการกำหนดรายละเอียด (specification) ของสิ่งใดสิ่งหนึ่งให้มีลักษณะหรือคุณสมบัติตามที่ต้องการเช่น ระบบช่วยออกแบบวงจรดิจิทัล, ระบบช่วยออกแบบเฟอร์นิเจอร์ เป็นต้น

2.5 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

เนื่องจากระบบผู้เชี่ยวชาญมีความสามารถในการแก้ปัญหาหรือช่วยเหลือผู้เชี่ยวชาญที่เป็นมนุษย์ ระบบผู้เชี่ยวชาญจึงได้ถูกนำไปประยุกต์ใช้ในแขนงต่างๆ มากมายตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน ดังที่กล่าวมาข้างต้น ระบบผู้เชี่ยวชาญมีได้หลายมิติ ในวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องนี้ขอกล่าวถึงงานระบบผู้เชี่ยวชาญที่นำระบบผู้เชี่ยวชาญในมิติของการใช้กลไกอนุมานและการแทนความรู้ในลักษณะต่างๆ พอสังเขป ดังนี้

ระบบผู้เชี่ยวชาญในการวินิจฉัยอุบัติเหตุและบำบัดหลังเกิดอุบัติเหตุของเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ [9] : งานวิจัยนี้เป็นการนำระบบผู้เชี่ยวชาญมาใช้ในการวินิจฉัยหาสาเหตุของอุบัติเหตุของเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์รวมทั้งการบำบัดเครื่องปฏิกรณ์ให้กลับมาทำงานได้อย่างปกติโดยใช้ค่าต่างๆ ที่วัดได้จากห้องควบคุม ระบบนี้ใช้รูปแบบการแสดงความรู้แบบกฎ และใช้กลไกอนุมานแบบเดินหน้าและย้อนกลับร่วมกัน

ระบบผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับการกระทำความผิดตามประมวลกฎหมายอาญามาตรา 357 (ความผิดฐานรับของโจร) [10] : งานวิจัยนี้เป็นการนำระบบผู้เชี่ยวชาญมาใช้ในการวิเคราะห์ความผิดตามกฎหมายมาตรา 357 ซึ่งเป็นการประยุกต์นำระบบผู้เชี่ยวชาญมาใช้ในการนิติศาสตร์ พัฒนาด้วย LEVEL5 ซึ่งใช้การแทนความรู้แบบกฎและใช้กลไกอนุมานแบบไปข้างหน้า

ระบบผู้เชี่ยวชาญในอุตสาหกรรมการทำเหมืองถ่านหิน Coal Mining Expert and Optimization Consultation System (CMEOC) [11] : เป็นระบบที่ถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อช่วยสนับสนุนการออกแบบและตัดสินใจของวิศวกรในงานที่ต้องการผลลัพธ์ที่ดีที่สุด ระบบนี้ใช้รูปแบบการแสดงความรู้แบบกฎ และใช้กลไกอนุมานแบบเดินหน้า

ระบบผู้เชี่ยวชาญการปฐมพยาบาล [12] : งานวิจัยนี้เป็นการนำระบบผู้เชี่ยวชาญมาใช้ในการช่วยหาคำแนะนำในการปฐมพยาบาลซึ่งเป็นการประยุกต์นำระบบผู้เชี่ยวชาญมาใช้ในการแพทย์และพยาบาล โดยนำความรู้จากหนังสือและการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ ใช้การแทนความรู้แบบกฎ และใช้กลไกอนุมานแบบไปข้างหน้าและการอนุมานแบบย้อนกลับควบคู่กัน ซึ่งพัฒนาด้วย LEVEL5 ซึ่งมีข้อจำกัดคือ LEVEL5 ไม่มีส่วนอธิบายเหตุผล ทำให้ผู้พัฒนาแก้ไขปัญหาด้วยการใช้ฐานความรู้แบบไดนามิกเข้ามาใช้เพื่อเพิ่มส่วนอธิบายเหตุผลแทน

ระบบผู้เชี่ยวชาญโดยใช้กฎพีชชีเพื่อวินิจฉัยโรคทางคลินิก [13] : งานวิจัยนี้เป็นการนำระบบผู้เชี่ยวชาญมาใช้ในการวินิจฉัยโรคทั่วไปซึ่งเป็นการประยุกต์นำระบบผู้เชี่ยวชาญมาใช้ในวงการแพทย์พัฒนาด้วยภาษา Common LISP โดยงานวิจัยนี้มีจุดเด่นอยู่ที่การแบ่งการวินิจฉัยเป็น 3 ส่วนโดยใช้รูปแบบของการอนุมานและการแทนความรู้ 2 แบบที่แตกต่างกัน ในการวินิจฉัยแรกจะเป็นการวินิจฉัยหากกลุ่มโรค จะใช้กลไกอนุมานแบบพีชชีและการแทนความรู้แบบพีชชี ส่วนในการวินิจฉัยหาโรคและการกำหนดแนวทางรักษาจะใช้การอนุมานไปข้างหน้าและการแทนความรู้แบบกฎ

ระบบผู้เชี่ยวชาญทางพยานุกรมวิธาน [14] : งานวิจัยนี้เป็นการนำระบบผู้เชี่ยวชาญมาใช้ในการจัดหมวดหมู่ของพืชในปัจจุบันและจำแนกวงศ์ของพืชตามทฤษฎีของ Hsuan Keng ซึ่งเป็นการประยุกต์นำระบบผู้เชี่ยวชาญมาใช้ในการพฤกษศาสตร์ ใช้การแทนความรู้แบบ และใช้กลไกอนุมานแบบ Decision Tree งานวิจัยนี้มีจุดเด่นที่สามารถเพิ่มความรู้ในฐานความรู้ที่ถูกออกแบบให้สามารถเพิ่มความรู้อื่นให้เหมาะสมได้

ระบบผู้เชี่ยวชาญในการตรวจ วินิจฉัย และรักษาโรคตาแดง [15] : งานวิจัยนี้เป็นการนำระบบผู้เชี่ยวชาญมาใช้ในการตรวจวินิจฉัยด้านการแพทย์พัฒนาด้วยภาษา Visual Basic ใช้รูปแบบการแสดงความรู้แบบกฎ และใช้กลไกอนุมานแบบเดินหน้าและย้อนกลับ ซึ่งจุดเด่นของงานวิจัยนี้คือมีการใช้กลไกอนุมานทั้งแบบเดินหน้าและย้อนกลับร่วมกัน

ระบบผู้เชี่ยวชาญบนเว็บเพื่อตรวจวินิจฉัยโรคสุกร Pig-vet [16] : งานวิจัยนี้เป็นการนำระบบผู้เชี่ยวชาญมาใช้ในการตรวจวินิจฉัยด้านการปศุสัตว์ ใช้รูปแบบการแสดงความรู้แบบกฎ และใช้กลไกอนุมานแบบเดินหน้าและย้อนกลับ ซึ่งจุดเด่นของงานวิจัยนี้คือมีการใช้กลไกอนุมานทั้งแบบเดินหน้าและย้อนกลับร่วมกัน รวมถึงการพัฒนาบบบน Web-Based เพื่อให้สามารถเข้าถึงระบบได้ง่าย

ระบบผู้เชี่ยวชาญการวินิจฉัยหาสาเหตุขัดข้องของดีวีโออาร์ [17] : งานวิจัยนี้เป็นการนำระบบผู้เชี่ยวชาญมาใช้ในการวินิจฉัยหาสาเหตุขัดข้องของเครื่องมือควบคุมการจราจรทางอากาศซึ่งเป็นการประยุกต์นำระบบผู้เชี่ยวชาญมาใช้ในการวิศวกรรมและคมนาคม พัฒนาด้วยภาษา Visual Basic ซึ่งใช้รูปแบบการแสดงความรู้แบบกฎ และใช้กลไกอนุมานแบบเดินหน้า

ระบบผู้เชี่ยวชาญเพื่อวินิจฉัยปัญหาทางด้านฮาร์ดแวร์คอมพิวเตอร์ [18] : งานวิจัยนี้เป็นการนำระบบผู้เชี่ยวชาญมาใช้ในการวินิจฉัยปัญหาทางด้านฮาร์ดแวร์คอมพิวเตอร์ซึ่งเป็นการประยุกต์นำระบบผู้เชี่ยวชาญมาใช้ในการเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ ซึ่งพัฒนาด้วย System Shell: CLIPS

ระบบวินิจฉัยความผิดพลาดแบบออนไลน์และระบบผู้เชี่ยวชาญเพื่อป้องกันความผิดพลาดของเรือชุดลอก [19] : ระบบนี้ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อใช้วินิจฉัยความผิดพลาดของเรือชุดลอกแบบออนไลน์และเพื่อป้องกันความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้น รวมทั้งเพื่อเร่งกระบวนการกู้คืนการทำงานหากเกิดความผิดพลาด ระบบนี้ใช้รูปแบบการแสดงความรู้แบบออบเจกต์ (object-based knowledge representation) กฎ และใช้กลไกอนุมานแบบเดินหน้าและย้อนกลับร่วมกัน

ระบบผู้เชี่ยวชาญเพื่อประเมินผู้จัดจำหน่าย กรณีศึกษาสภาพแวดล้อมการผลิตแบบ JIT (just-in-time) [20] : งานวิจัยนี้เป็นการนำระบบผู้เชี่ยวชาญมาใช้ในการประเมินบริษัทผู้จัดจำหน่ายยานยนต์ที่มีชื่อเสียงที่ทำงานแบบ JIT (ระบบการส่งมอบ วัตถุดิบ สินค้า หรือบริการ มาถึงผู้ใช้ในเวลาที่ต้องการและจำนวนที่ต้องการใช้เท่านั้น) [21] ระบบนี้เป็นระบบผู้เชี่ยวชาญลักษณะ Web-Based พัฒนาด้วย PHP และใช้ MySQL เป็นฐานข้อมูล ใช้รูปแบบการแสดงความรู้แบบกฎ และใช้กลไกอนุมานแบบเดินหน้า จุดเด่นของงานวิจัยนี้คือการนำความรู้เข้ามาจัดเก็บความรู้ จะนำเข้าไปในรูปของโครงสร้างแผนผังแบบต้นไม้ (Tree Diagram) และแปลงให้อยู่ในรูปของการให้เหตุผลแบบกฎ

ระบบผู้เชี่ยวชาญเพื่อให้คำปรึกษาการจัดการสภาพแวดล้อมการผลิตสำหรับมาตรฐาน ISO 9001 [22] : งานวิจัยนี้เป็นการนำระบบผู้เชี่ยวชาญมาใช้ในการให้คำแนะนำในการจัดการสภาพแวดล้อมการผลิตตามมาตรฐาน ISO 9001 โดยรวบรวมความรู้และประสบการณ์จากผู้เชี่ยวชาญมาจัดเก็บและใช้ประเมินคุณภาพตามมาตรฐาน ISO 9001 ได้ ระบบนี้ ใช้รูปแบบการแสดงความรู้แบบกฎ และใช้กลไกอนุมานแบบเดินหน้าและย้อนกลับ จุดเด่นของงานวิจัยนี้คือการใช้กลไกอนุมานแบบเดินหน้าและย้อนกลับร่วมกัน

ระบบผู้เชี่ยวชาญเพื่อตรวจหาความผิดปกติทางจิต [23] : งานวิจัยนี้เป็นการนำระบบผู้เชี่ยวชาญมาใช้ในการตรวจหาความผิดปกติทางจิต ระบบนี้เป็นระบบผู้เชี่ยวชาญลักษณะ Web-Based พัฒนาด้วย PHP และใช้ MySQL เป็นฐานข้อมูล ใช้รูปแบบการแสดงความรู้แบบกฎ และใช้กลไกอนุมานแบบเดินหน้า จุดเด่นของงานวิจัยนี้คือการนำความรู้เข้ามาจัดเก็บความรู้ จะนำเข้าไปในรูปของโครงสร้างแผนผังแบบต้นไม้ (Tree Diagram) และแปลงให้อยู่ในรูปของการให้เหตุผลแบบกฎ

ระบบผู้เชี่ยวชาญแบบกฎเพื่อวิเคราะห์ข้อมูลการขายของตลาดแฟชั่นใช้งานบนโทรศัพท์มือถือ [24] : งานวิจัยนี้เป็นการนำระบบผู้เชี่ยวชาญมาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลการขายและสรุปรายงานการขาย รวมถึงการให้คำแนะนำเพื่อสนับสนุนการตัดสินใจ ระบบนี้พัฒนาด้วย System Shell: JESS โดยทำงานร่วมกับระบบ ERP [25] ที่มีอยู่แล้ว ใช้รูปแบบการแสดงความรู้แบบกฎ และใช้กลไกอนุมานแบบเดินหน้า จุดเด่นของงานวิจัยนี้คือการใช้ Expert System ร่วมกับระบบ ERP

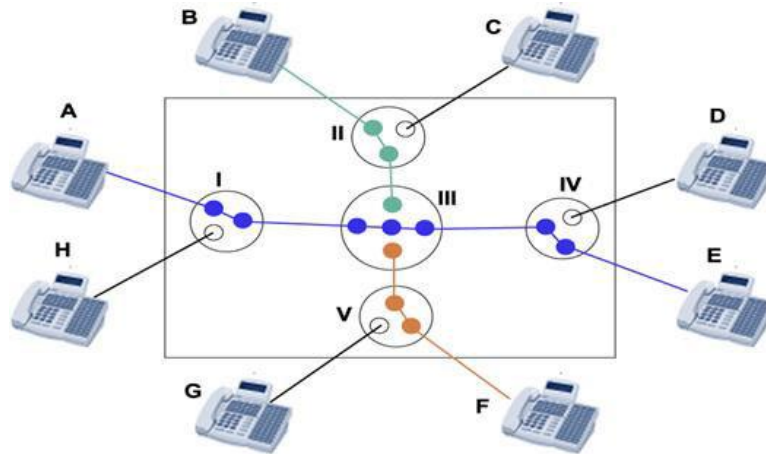
บทที่ 3

VoIP และ FreeSWITCH

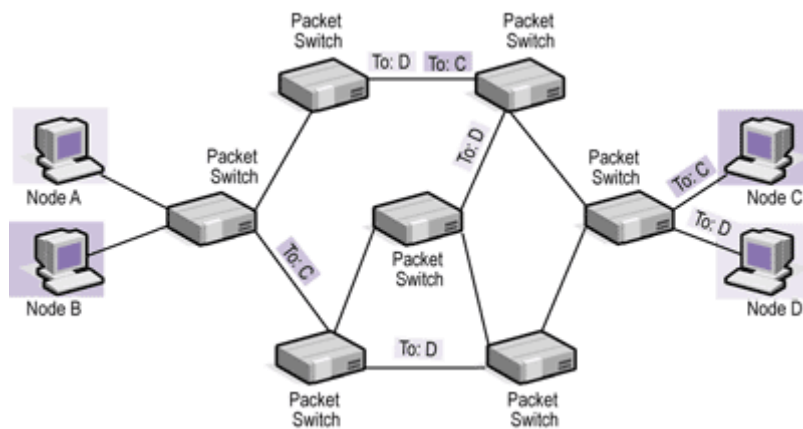
Voice Over IP (VoIP) หรือระบบโทรศัพท์ผ่านเครือข่ายระบบ Internet Protocol (IP) [26] ได้รับความนิยมเป็นอย่างมากในปัจจุบันทั้งในองค์กร หน่วยงานรัฐ และหน่วยงานเอกชน เพราะมีข้อดีเหนือกว่าโทรศัพท์แบบพื้นฐานหรือ Public Switched Telephone Network (PSTN) มากมาย เช่น ประหยัดค่าใช้จ่ายในการโทรและการติดตั้ง การใช้งานที่หลากหลาย สามารถใช้เครือข่ายเน็ตเวิร์คในองค์กรเป็นระบบ VoIP ได้ อีกทั้งปัจจุบันยังมี Software ที่ใช้ในการติดตั้งระบบ VoIP เพื่อลดความยุ่งยากของการติดตั้ง ทั้งที่ฟรีและที่ต้องเสียค่าใช้จ่าย บทนี้จะกล่าวถึง VoIP และ FreeSWITCH พอสังเขป ดังนี้

3.1 ความเป็นมาของ VoIP

ระบบโทรศัพท์พื้นฐานที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบันหรือ Public Switched Telephone Network (PSTN) เป็นการใช้งานผ่านตู้สาขา (PBX) และส่งสัญญาณเสียงผ่านโครงข่ายวงจรของชุมสายโทรศัพท์ (Circuit Switching) ดังรูปที่ 3.1 โดยแต่ละวงจรหรือการส่งสัญญาณเสียงนั้นได้ถูกกำหนดให้สามารถใช้งานเพียงแค่ 1 คู่สนทนาเท่านั้น ทำให้การใช้งานโครงข่ายทำได้ไม่เต็มประสิทธิภาพ จึงมีการพัฒนาระบบเครือข่ายสัญญาณข้อมูล (Data Network) เพื่อให้รองรับการรับส่งข้อมูลได้ปริมาณมากๆ และสามารถรับส่งข้อมูลได้พร้อมๆ กันที่ละหลายๆ คน ทำให้สามารถใช้งานโครงข่ายได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น การส่งข้อมูลลักษณะนี้เรียกว่าโครงข่ายแบบแพ็กเก็ต สวิตชิง (Packet Switching) ดังแสดงในรูปที่ 3.2 ต่อมาได้มีการนำเอาหลักการแพ็กเก็ต สวิตชิงมาใช้เพื่อส่งข้อมูลเสียงร่วมกับสัญญาณข้อมูลได้พร้อมๆ กันเพื่อความสะดวกและประหยัดค่าใช้จ่ายและใช้โครงข่ายคอมพิวเตอร์ให้เกิดประโยชน์สูงสุด เทคโนโลยีดังกล่าวมีชื่อเรียกแตกต่างกันออกไป เช่น Voice Over Packet Switching, IP Telephony แต่ที่เป็นที่รู้จักมากที่สุดคือ Voice Over IP หรือ VoIP



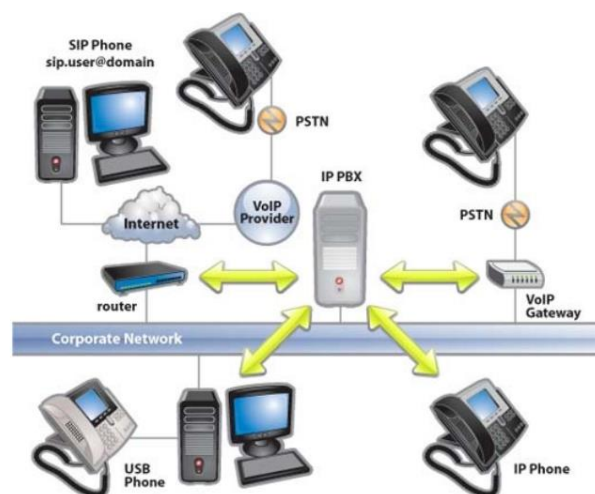
รูปที่ 3.1 โครงข่ายวงจรของชุมสายโทรศัพท์ (Circuit Switching) [27]



รูปที่ 3.2 โครงข่ายแบบแพ็กเก็ต สวิตจิง (Packet Switching) [28]

3.2 องค์ประกอบของระบบ VoIP

องค์ประกอบหลักของ VoIP แสดงอยู่ในรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 โครงข่ายโทรศัพท์ระบบ VoIP [29]

3 VoIP Gateway

VoIP Gateway เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ในการแปลงสัญญาณเสียงให้เป็นข้อมูลเสียงที่สามารถวิ่งอยู่บนเครือข่ายข้อมูลแบบ IP ได้ ซึ่งเป็นตัวกลางในการเชื่อมต่อเข้ากับเครื่องโทรศัพท์ตู้ชุมสายโทรศัพท์ PSTN กับระบบเครือข่ายไอพี ซึ่งการจะใช้งานระบบโทรศัพท์ไอพีเพื่อติดต่อกับโทรศัพท์พื้นฐาน PSTN ต้องอาศัยอุปกรณ์นี้เป็นตัวกลางก่อน ลักษณะของ VoIP Gateway แสดงในรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 อุปกรณ์ VoIP Gateway [32]

4 IP-PBX

IP-PBX เป็นการรวมเทคโนโลยีของ ระบบโทรศัพท์พื้นฐาน ที่ใช้กันทั่วไปรวมเข้ากับระบบ IP เป็นตัวกลางที่ใช้บริหารจัดการและควบคุมการให้บริการต่างๆในเครือข่าย VoIP (เช่นระบบ Voicemail, IVR, Auto-Attendant) โดยการทำงานของ IP-PBX นั้นจะทำหน้าที่เหมือนตู้ชุมสาย PBX ในระบบโทรศัพท์พื้นฐาน PSTN โดยจะทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางในการทำงาน เช่น การ Route Call ไปยังปลายทาง หากแต่ IP-PBX นั้นจะทำงานผ่านระบบ IP เป็นหลัก ลักษณะของ IP-PBXแสดงในรูปที่

3.7



รูปที่ 3.7 อุปกรณ์ IP-PBX [33]

3.3 การทำงานของระบบ VoIP

การทำงานของระบบ VoIP นั้นใช้โปรโตคอลของ IP (Internet Protocol) ในการส่งผ่านสัญญาณเสียง ซึ่งสัญญาณเสียงนั้นจะถูกแบ่งออกเป็นส่วนย่อยๆ หรือที่เรียกว่าแพ็กเก็ต (Packet) โดยสัญญาณเสียงที่ส่งไปบนเครือข่ายสามารถส่งได้ทั้งแบบ User Datagram Protocol (UDP) และ Transmission Control Protocol (TCP) แต่มักนิยมส่งแบบ UDP มากกว่า เนื่องจากการส่งข้อมูลแบบ UDP จะมีการส่งข้อมูลได้เร็วกว่าจึงเหมาะที่จะนำมาใช้ในการส่งข้อมูลเสียงบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต นอกจากนี้จะต้องอาศัยโปรโตคอลที่ส่งสัญญาณระหว่างต้นทางและปลายทางเพื่อให้ต้นทางและปลายทางสื่อสารกันได้ ซึ่งโปรโตคอลที่เป็นที่รู้จักและนิยมใช้งานมากที่สุดคือ SIP (Session Initiation Protocol) [34]

Application	↔	Asterisk/Tribbox/X-Lite
Presentation	↔	Codec (G.729/G.711/GSM)
Session	↔	SIP / IAX / H.323
Transport	↔	UDP / RTP
Network	↔	IP
Datalink	↔	Ethernet / PPP / ATM
Physical	↔	RS-232 V.35 / xDSL

รูปที่ 3.8 การเปรียบเทียบ OSI Model กับทำงานของระบบ VoIP [34]

รูป 3.8 แสดงการทำงานของระบบ VoIP โดยเปรียบเทียบกับ Open Systems Interconnection (OSI) model [35] และแสดงการเปรียบเทียบระหว่าง OSI Model ที่เป็นพื้นฐานของการสื่อสารโดยแต่ละชั้นจะแบ่งหน้าที่กันอย่างชัดเจนตั้งแต่ชั้นบนสุดไปยังชั้นล่างสุด กับการทำงานของระบบ VoIP

3.4 การติดตั้งใช้งาน VoIP ในรูปแบบต่างๆ

ปัจจุบันเทคโนโลยีการสื่อสารมีการพัฒนาให้สามารถสื่อสารกันด้วยความเร็วที่สูงขึ้นและมีความสะดวกมากยิ่งขึ้น เทคโนโลยีหนึ่งที่มีความนิยมมากในปัจจุบันคือการสื่อสารไร้สายซึ่งได้รับการพัฒนาจนทำให้สามารถรับส่งข้อมูลในปริมาณที่มากขึ้นได้ด้วยความเร็วที่สูงขึ้นจนสามารถใช้งาน Application ที่ต้องการการเชื่อมต่อที่มีความเร็วและมีเสถียรภาพได้ เช่น การรับส่งเสียง วิดีโอ การประชุมทางไกลออนไลน์ เป็นต้น ดังนั้นการติดตั้งและใช้งาน VoIP ในปัจจุบันจึงสามารถทำได้หลากหลายตามวัตถุประสงค์การใช้งาน โดยสามารถแบ่งวิธีการติดตั้งระบบ VoIP ตามลักษณะการใช้งานออกได้ 3 ประเภทดังต่อไปนี้ [36] (ภาคผนวก ก)

3.4.1 การติดตั้ง VoIP โดยให้เครื่องรับโทรศัพท์อยู่กับที่

การติดตั้ง VoIP โดยให้เครื่องรับโทรศัพท์อยู่กับที่นั้นเป็นการติดตั้ง VoIP ที่ง่ายที่สุดโดยโทรศัพท์ VoIP นั้นจะอยู่กับที่เช่น อยู่ประจำแต่ละห้อง หรือแต่ละโต๊ะทำงาน และโทรศัพท์ VoIP แต่ละเครื่องจะเชื่อมต่อกับระบบเครือข่าย VoIP ด้วยสาย Ethernet เหมาะสมกับองค์กรหรือหน่วยงานที่มีโต๊ะประจำหรือมีการแบ่งส่วนพื้นที่ที่แน่นอน เช่น ธนาคาร หรือโรงงานอุตสาหกรรม เป็นต้น

3.4.2 การติดตั้ง VoIP โดยให้เครื่องรับโทรศัพท์สามารถเคลื่อนที่ได้ในพื้นที่จำกัด

การติดตั้ง VoIP โดยให้เครื่องรับโทรศัพท์สามารถเคลื่อนที่ได้ในพื้นที่จำกัดเป็นการใช้ความสามารถของเทคโนโลยีไร้สายโดยการเชื่อมต่อเครื่องโทรศัพท์ VoIP ที่เป็นอุปกรณ์ที่สามารถพกพาได้เช่น Tablet หรือ Notebook แต่ละเครื่องด้วย WIFI (802.11) [37] ทำให้เครื่องโทรศัพท์ VoIP เหล่านั้นสามารถเคลื่อนย้ายไปได้ในขอบเขตการให้บริการของ Access Point หรือจุดกระจายสัญญาณ เหมาะกับองค์กรที่ไม่มีโต๊ะประจำหรือต้องการการเคลื่อนที่ เช่น ห้างสรรพสินค้าที่พนักงานจะต้องเดินไปมาอยู่ตลอดเวลา

3.4.3 การติดตั้ง VoIP โดยให้เครื่องรับโทรศัพท์สามารถเคลื่อนที่ได้ในพื้นที่ไม่จำกัด

การติดตั้ง VoIP โดยให้เครื่องรับโทรศัพท์สามารถเคลื่อนที่ได้ในพื้นที่ไม่จำกัดเป็นการใช้ความสามารถของเทคโนโลยีไร้สายโดยการเชื่อมต่อเครื่องโทรศัพท์ VoIP ที่เป็นอุปกรณ์ที่สามารถพกพาได้เช่น Tablet หรือ โทรศัพท์มือถือ Smartphone แต่ละเครื่องด้วย สัญญาณ UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) หรือที่รู้จักกันในชื่อ 3G และ 4G LTE โดยจุดเด่นของเทคโนโลยีนี้คือสามารถเชื่อมต่ออุปกรณ์ไร้สายในระยะทางที่ไกลมากด้วยเสาส่งสัญญาณโทรศัพท์เคลื่อนที่ เหมาะกับการใช้งานนอกสำนักงานหรือสถานที่ที่โล่งแจ้งเป็นต้น

จากงานวิจัยข้างต้น การติดตั้ง VoIP โดยให้เครื่องรับโทรศัพท์อยู่กับที่และการติดตั้ง VoIP โดยให้เครื่องรับโทรศัพท์สามารถเคลื่อนที่ได้ในพื้นที่จำกัดสามารถใช้งาน VoIP ได้เป็นอย่างดีโดยวัดจากคุณภาพของเสียง (MOS Score) ที่อยู่ในระดับน่าพอใจ [38] แต่สำหรับการติดตั้ง VoIP โดยให้เครื่องรับโทรศัพท์สามารถเคลื่อนที่ได้ในพื้นที่ไม่จำกัดยังมีข้อจำกัดทำให้ยังไม่สามารถใช้งานได้เต็มที่ประสิทธิภาพ แต่การพัฒนาระบบเครือข่ายในปัจจุบันที่ทำให้การสื่อสารไร้สายด้วย UMTS

มีความเร็วที่สูงขึ้นและมีคุณภาพมากขึ้น [39] ก็จะสามารถทำให้ข้อจำกัดในการใช้งาน VoIP ในรูปแบบที่โทรศัพท์สามารถเคลื่อนที่ได้ในพื้นที่ไม่จำกัดนั้นหมดไป

3.5 ประโยชน์ของ VoIP

VoIP มีประโยชน์ต่าง ๆ มากมายดังต่อไปนี้ [40]

1. **ลดค่าใช้จ่ายในการติดต่อสื่อสารทางโทรศัพท์ :** การใช้ VoIP จะลดค่าใช้จ่ายในการติดต่อสื่อสารทางโทรศัพท์ลง เนื่องจากเสียงได้ถูกเปลี่ยนให้อยู่ในรูปแบบเดียวกับข้อมูล จึงทำให้สามารถส่งสัญญาณเสียงไปในเครือข่าย LAN หรือ WAN ได้โดยไม่ต้องผ่านเครือข่าย PSTN ที่มีค่าใช้จ่ายสูงกว่า
2. **เพิ่มความยืดหยุ่นในการติดต่อสื่อสาร :** การใช้ VoIP จะช่วยเพิ่มความยืดหยุ่นในการติดต่อสื่อสารให้กับองค์กร เช่น ในสาขาหรือ Site งานชั่วคราว สามารถนำ VPN ร่วมกับ VoIP ประกอบกันเพื่อสร้างระบบการติดต่อสื่อสารเต็มรูปแบบภายในองค์กรได้อย่างง่ายดายและรวดเร็ว
3. **จัดการระบบเครือข่ายได้ง่ายขึ้น :** ระบบ VoIP จะช่วยจัดการระบบเครือข่ายได้ง่ายขึ้น เนื่องจากเครือข่ายการติดต่อสื่อสารทั้งหมด สามารถยุบรวมกันให้เหลือเพียงเครือข่ายเดียวได้อีกทั้งในกรณีที่มีการโยกย้ายของหน่วยงานหรือพนักงาน การจัดการด้านหมายเลขโทรศัพท์และอื่นๆ สามารถทำได้โดยไม่ต้องเดินสายสัญญาณใดๆ ขึ้นมาใหม่
4. **รองรับการขยายตัวของระบบในอนาคต :** ระบบ VoIP สามารถรองรับการขยายตัวของระบบในอนาคต หากในอนาคตองค์กรขยายตัวใหญ่ขึ้น VoIP สามารถรองรับผู้ใช้งานได้เพิ่มมากขึ้นได้
5. **ลดค่าใช้จ่ายในการดูแลและจัดการ :** การใช้ VoIP จะช่วยลดค่าใช้จ่ายในการดูแลและจัดการเนื่องจากใช้ซอฟต์แวร์ในการจัดการ ทำให้ VoIP ง่ายในการจัดการและบำรุงรักษา
6. **เพิ่มประสิทธิภาพการทำงาน :** การใช้ VoIP จะสามารถทำให้พนักงานสามารถส่งเอกสารผ่านเครือข่ายควบคู่ไปกับการสนทนา หรืออาจจัดการประชุมออนไลน์ (Conference Call) ทั้งภาพและเสียง และแม้กระทั่งส่งเอกสารการประชุมให้กับผู้เข้าร่วมประชุมผ่านทางเครือข่ายได้อีกด้วย

7. ใช้ร่วมกับการสื่อสารไร้สายได้ : การใช้ VoIP จะสามารถทำให้อุปกรณ์สื่อสารไร้สายต่างๆ เช่น โทรศัพท์มือถือหรือ PDA สามารถติดต่อผ่าน VoIP เข้ามาในเครือข่ายขององค์กรได้สะดวก

3.6 ซอฟต์แวร์บริหารจัดการระบบ VoIP : FreeSWITCH

FreeSWITCH ถูกพัฒนาขึ้นเมื่อปี ค.ศ. 2006 โดย Minessale และคณะ[41] ซึ่งเป็นอดีตนักพัฒนาของ Asterisk เป็นซอฟต์แวร์ที่ทำหน้าที่หลักเป็น Softswitch, IP-PBX หรือผู้ชุมสายโทรศัพท์ระบบ IP ซึ่งมีหน้าที่ในการควบคุมและจัดการบริหารการเชื่อมต่อ ระหว่างอุปกรณ์โทรศัพท์ผ่านระบบเครือข่าย อีกทั้งยังสามารถเพิ่มเติมประสิทธิภาพและความสามารถในการทำงานได้โดยง่าย ดังที่ชื่อกล่าวไว้ FreeSWITCH เป็นซอฟต์แวร์ที่บุคคลทั่วไปสามารถดาวน์โหลดมาติดตั้งได้โดยไม่เสียค่าใช้จ่าย รูปสัญลักษณ์ของซอฟต์แวร์ FreeSWITCH แสดงไว้ดังรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 สัญลักษณ์ของซอฟต์แวร์ FreeSWITCH [42]

จุดเด่นของ FreeSWITCH นอกจากจะเป็นซอฟต์แวร์ที่ไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายแล้วยังสามารถรองรับการทำงานของผู้ใช้งานได้มากกว่า Asterisk ประมาณ 10 เท่าเนื่องจากการออกแบบได้ดีกว่า Asterisk มาก [43] โดยมีความเสถียรมากกว่ารวมถึงยังมีความเป็น SIP Standard มากกว่า Asterisk เนื่องจากใช้ SIP Stack ของ Sofia [43] และมีการใช้ SQLite ในส่วนใหญ่ของการเก็บค่าปรับแต่งและการทำงาน ส่วนใหญ่ของระบบ และมีอีกจุดเด่นหนึ่งคือการรองรับการทำงานร่วมกับ VoIP Protocol อื่นๆเช่น Google Talk โดยใน FreeSWITCH 1.0.6 ยังมีฟังก์ชันสนับสนุนการทำงานในหลายๆด้าน เช่น SRTP, ZRTP, SIPS เป็นต้น ด้วยเหตุนี้ FreeSWITCH จึงได้รับความนิยมและถูกนำมาใช้ในระบบ VoIP เป็นจำนวนมาก

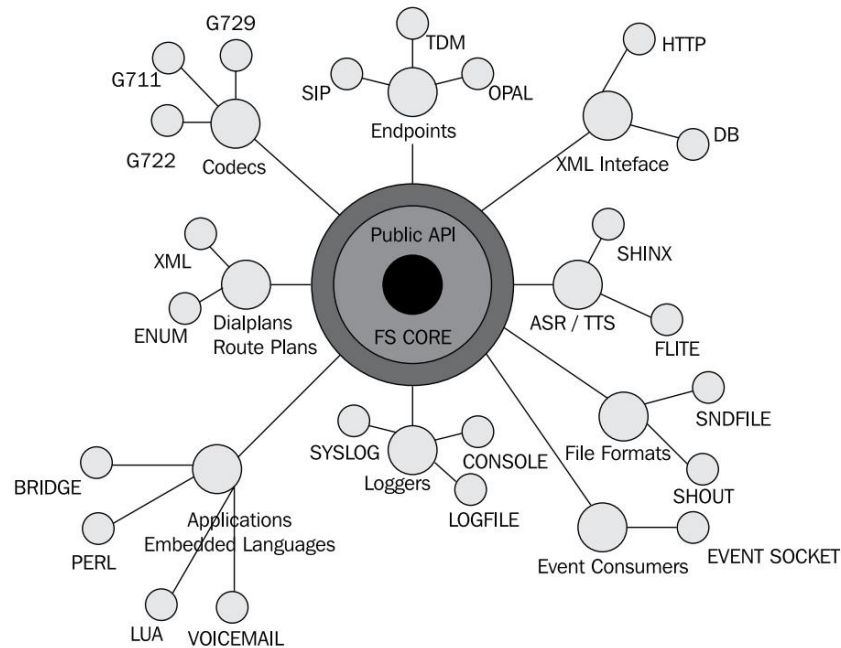
3.6.1 โมดูลต่างๆของ FreeSWITCH

การออกแบบของ FreeSWITCH มีเป้าหมายเพื่อให้สามารถแยกโมดูลต่างๆออกเป็นส่วนๆ และสามารถขยายออกไปได้ตามขนาดของระบบ และมีส่วน Interface ที่ช่วยให้นักพัฒนาสามารถเพิ่มและควบคุมระบบได้ง่าย องค์ประกอบต่างๆใน FreeSWITCH มีมากมายโดยแต่ละโมดูลจะเป็นอิสระจาก

กันแต่ถูกเชื่อมโยงเข้าด้วยกันด้วย Core หรือแกนกลางของระบบดังรูปที่ 3.10 และสามารถเพิ่มได้
 ภายหลัง ตารางที่ 3.1 แสดงโมดูลที่สำคัญดังต่อไปนี้ [44]

ตารางที่ 3.1 โมดูลต่างๆของ FreeSWITCH

ชนิดของโมดูล	หน้าที่หรือจุดมุ่งหมาย
Endpoint	โปรโตคอลของโทรศัพท์เช่น SIP/H.323 และการให้บริการโทรศัพท์แบบพื้นฐาน (POTS)
Dialplan	เก็บบัญชีผู้ใช้และรายละเอียดต่างๆรวมถึงค้นหาเส้นทางและเลือกเส้นทางในการสื่อสารระหว่างคู่สนทนา
Codec	แปลงสัญญาณเสียงให้เป็นรูปแบบที่เหมาะสมในการสื่อสารผ่านเครือข่าย
Application	ทำงานต่างๆเช่นตั้งค่าข้อมูล หรือเปิดไฟล์เสียง
Application Programming Interface (API)	สร้าง Code เพื่อให้นักพัฒนานำไปใช้กับโมดูลต่างๆหรือนำไปใช้กับการเชื่อมต่อภายนอก
File	ส่วนติดต่อที่ให้ผู้ใช้งานดึงไฟล์เสียงและเล่นไฟล์เสียงจากไฟล์เสียงรูปแบบต่างๆ
Text-To-Speech (TTS)	ส่วนติดต่อกับ text-to-speech engines
Automated Speech Recognition ASR	ส่วนติดต่อกับ speech recognition systems
Directory	ส่วนเชื่อมต่อบริการข้อมูลไดเรกทอรีเช่น LDAP
Chat	ส่วนคั่นกลางเพื่อเชื่อมต่อและแลกเปลี่ยนโปรโตคอลการสนทนาต่างๆ
Say	เชื่อมโยงเสียงในภาษาต่างๆเข้าด้วยกันเพื่อใช้บอกสิ่งต่างๆ (ข้อความอัตโนมัติ) เช่น เบอร์โทรศัพท์ วันที่ เวลา หรือการสะกดคำอื่นๆ



รูปที่ 3.10 โมดูลต่างๆของ FreeSWITCH ที่ถูกเชื่อมโยงกันด้วย Core ของระบบ [44]

รูปที่ 3.10 แสดงได้ว่า FreeSWITCH มีความยืดหยุ่นสามารถขยายระบบได้ง่ายเพราะโมดูลต่างๆแยกกันเป็นอิสระและสามารถเพิ่มเติมหรือติดต่อกับระบบภายนอกหรือพัฒนาเพิ่มได้ง่ายด้วย API ที่ FreeSWITCH มีให้ จึงเป็นจุดเด่นที่ทำให้ FreeSWITCH ได้รับความนิยมและถูกนำมาใช้งานอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน

3.6.2 การติดตั้ง FrssSWITCH

ดังที่กล่าวไว้แล้วข้างต้น FrssSWITCH เป็นซอฟต์แวร์ฟรี (Open Source) สามารถดาวน์โหลด ติดตั้งใช้งาน แก้ไข พัฒนาเพิ่มเติมได้ แต่ผู้ใช้หลายคนโดยเฉพาะอย่างยิ่งผู้ที่เพิ่งเริ่มต้นหรือใช้งานเป็นครั้งแรกจะมีความรู้สึว่าการดาวน์โหลด FreeSWITCH มาติดตั้งเป็นเรื่องที่ยากและน่ากลัวในขณะที่ทางผู้พัฒนา FreeSWITCH เองก็มีคู่มือการติดตั้ง FreeSWITCH มาให้ผู้ศึกษาและทำตาม ในหัวข้อนี้ก็จะแสดงขั้นตอนและวิธีการติดตั้ง FreeSWITCH ด้วยตัวเอง

ก่อนการติดตั้ง FreeSWITCH จะต้องเตรียมสภาพแวดล้อมของระบบ ซึ่ง FreeSWITCH เหมือนกับซอฟต์แวร์โดยทั่วไปที่ต้องการสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมกับการติดตั้งและใช้งาน โดยความต้องการพื้นฐานของ FreeSWITCH มีดังต่อไปนี้

1. เครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้ติดตั้ง FreeSWITCH และต้องเชื่อมต่อกับระบบ LAN/WAN
2. ระบบปฏิบัติการที่สามารถใช้ติดตั้งได้มีดังต่อไปนี้
 - 2.1 Linux เช่น BSD, Solaris, Cent OS, Ubuntu เป็นต้น ที่ติดตั้งสิ่งต่างๆต่อไปนี้
 1. SVN: A Subversion(SVN)
 2. Repository
 3. Git
 4. GNUMAKE
 5. AUTOCONF เวอร์ชัน 2.60 หรือสูงกว่า
 6. AUTOMAKE เวอร์ชัน 1.9 หรือสูงกว่า
 7. LIBTOOL เวอร์ชัน 1.5.14 หรือสูงกว่า
 8. GCC เวอร์ชัน 3.3 หรือสูงกว่า
 9. WGET เวอร์ชันล่าสุด หรือเวอร์ชันใดๆก็ได้
 10. LIBNCURSES เวอร์ชันล่าสุด หรือเวอร์ชันใดๆก็ได้
 - 2.2 Mac OS X
 - 2.3 Windows เวอร์ชัน XP, Vista, Windows 7, Server 2003 หรือ Server 2008 ที่ติดตั้งสิ่งต่างๆต่อไปนี้
 1. Microsoft Visual C++ 2008 (หรือ 2008 Express Edition)
 2. A file decompression utility
3. โปรแกรมแก้ไขไฟล์ Text Editor และ XML

หลังจากที่เตรียมสิ่งต่างๆที่จำเป็นข้างต้นแล้ว ขั้นตอนของการติดตั้ง FreeSWITCH สามารถสรุปคร่าวๆได้ดังต่อไปนี้

1. ดาวน์โหลดตัวติดตั้ง FreeSWITCH จากเว็บไซต์ freeswitch.org ซึ่งใน Linux สามารถใช้คำสั่งด้านล่างเพื่อดาวน์โหลดและแตกไฟล์ออกมาได้

```
#> cd /usr/src
```

```
#> wget http://files.freeswitch.org/freeswitch-1.0.6.tar.gz
```

```
#> tar zxvf freeswitch-1.0.6.tar.gz
```

2. Build ไฟล์ที่ดาวน์โหลดมา ซึ่งต้องใช้ Subversion (SVN) client หรือ Git client ด้วยคำสั่งต่อไปนี้

```
#>cd /usr/src ; wget http://www.freeswitch.org/eg/Makefile ; make
```

```
#>make all
```

```
#>cd freeswitch.trunk
```

```
#>make install
```

```
#>make cd-sounds-install
```

```
#>make cd-moh-install
```

3. Compile FreeSWITCH ซึ่งในขั้นตอนนี้จะมีวิธีทำที่แตกต่างกันระหว่างระบบปฏิบัติการ Linux หรือ Mac OS X กับ Windows

สำหรับระบบปฏิบัติการ Linux และ Mac OS X มีขั้นตอนการทำดังต่อไปนี้

1. แก้ไขไฟล์ modules.conf โดยเริ่มจากใช้คำสั่งเพื่อเข้าไปยังไดเรกทอรีของไฟล์

```
#>cd /usr/src/freeswitch-1.0.6
```

จากนั้นเปิดไฟล์ modules.conf ด้วยโปรแกรม Text Editor แล้วเลื่อนลงมาหาบรรทัดที่มีโค้ดดังต่อไปนี้

```
#usr_tts/mod_flite
```

จากนั้นลบเครื่องหมาย # ที่อยู่ข้างหน้าสุดของคำสั่งในบรรทัดนั้นออก แล้วทำการบันทึก

2. Execute configure script ด้วยการใส่คำสั่ง

```
#>./configure
```

3. Execute make และ make install ด้วยคำสั่ง

```
#>make && make install
```

และถ้าไม่มีข้อผิดพลาดในขั้นตอนเบื้องต้น ผลลัพธ์ของการติดตั้งแสดงดังรูปที่ 3.11

```

+----- FreeSWITCH install Complete -----+
+ FreeSWITCH has been successfully installed.  +
+                                             +
+   Install sounds:                          +
+   (uhd-sounds includes hd-sounds, sounds) +
+   (hd-sounds includes sounds)             +
+   -----+
+       make cd-sounds-install               +
+       make cd-moh-install                  +
+                                             +
+       make uhd-sounds-install              +
+       make uhd-moh-install                 +
+                                             +
+       make hd-sounds-install               +
+       make hd-moh-install                  +
+                                             +
+       make sounds-install                  +
+       make moh-install                     +
+                                             +
+   Install non english sounds:               +
+   replace XX with language                  +
+   (ru : Russian)                           +
+   -----+
+       make cd-sounds-XX-install             +
+       make uhd-sounds-XX-install            +
+       make hd-sounds-XX-install             +
+       make sounds-XX-install                +
+                                             +
+   Upgrade to latest:                       +
+   -----+
+       make current                          +
+                                             +
+   Rebuild all:                             +
+   -----+
+       make sure                             +
+                                             +
+   Install/Re-install default config:       +
+   -----+
+       make samples                          +
+                                             +
+   Additional resources:                    +
+   -----+
+   http://www.freeswitch.org                 +
+   http://wiki.freeswitch.org                +
+   http://jira.freeswitch.org                 +
+   http://lists.freeswitch.org               +
+                                             +
+   irc.freenode.net / #freeswitch            +
+                                             +
+-----+

```

รูปที่ 3.11 ข้อความแสดงผลเมื่อ make และ make install สำเร็จ

4. แก้ไขไฟล์ modules.conf.xml ซึ่งไฟล์นี้จะอยู่ใน /usr/local/freeswitch/conf/autoload_configs/ ให้ทำการเปิดด้วยโปรแกรม File Editor แล้วค้นหบรรทัดที่มีข้อความต่อไปนี้

```
<!-- <load module="mod_flite"/> -->
```

จากนั้นให้ทำการลบสัญลักษณ์ `<!--` และ `-->` ออก ซึ่งจะเหลือข้อความที่มีลักษณะดังต่อไปนี้ :

```
<load module="mod_flite"/>
```

จากนั้นให้ทำการบันทึกไฟล์ ซึ่งเมื่อถึงขั้นตอนนี้ FreeSWITCH พร้อมที่จะใช้งานแล้ว

5. ติดตั้งไฟล์เสียง ซึ่งขั้นตอนนี้อาจไม่จำเป็น แต่ทางผู้พัฒนาแนะนำให้ติดตั้งไฟล์เสียงไว้ในระบบด้วย เนื่องจากถ้าไม่มีไฟล์เสียงในระบบจะไม่สามารถใช้ฟังก์ชันเสียงเพลงรอสาย, ฟังก์ชันฝากข้อความเสียง หรือระบบตอบรับอัตโนมัติ (IVR) ได้ ซึ่งในขั้นตอนการติดตั้งไฟล์เสียงใช้คำสั่งดังต่อไปนี้ :

```
#>make cd-sounds-install
```

```
#>make cd-moh-install
```

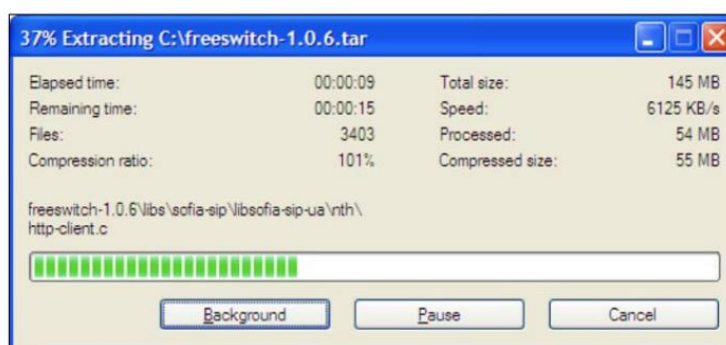
สำหรับระบบปฏิบัติการ Windows ให้ build โดยการใช้ MSVC/MSVCEE โดยมีขั้นตอนต่อไปนี้

1. สร้างโฟลเดอร์ใหม่และคัดลอกไฟล์ .tar.gz เข้าไปเก็บไว้ ตัวอย่างเช่น

```
C:\FreeSWITCH\fre SWITCH-1.0.6.tar.gz
```

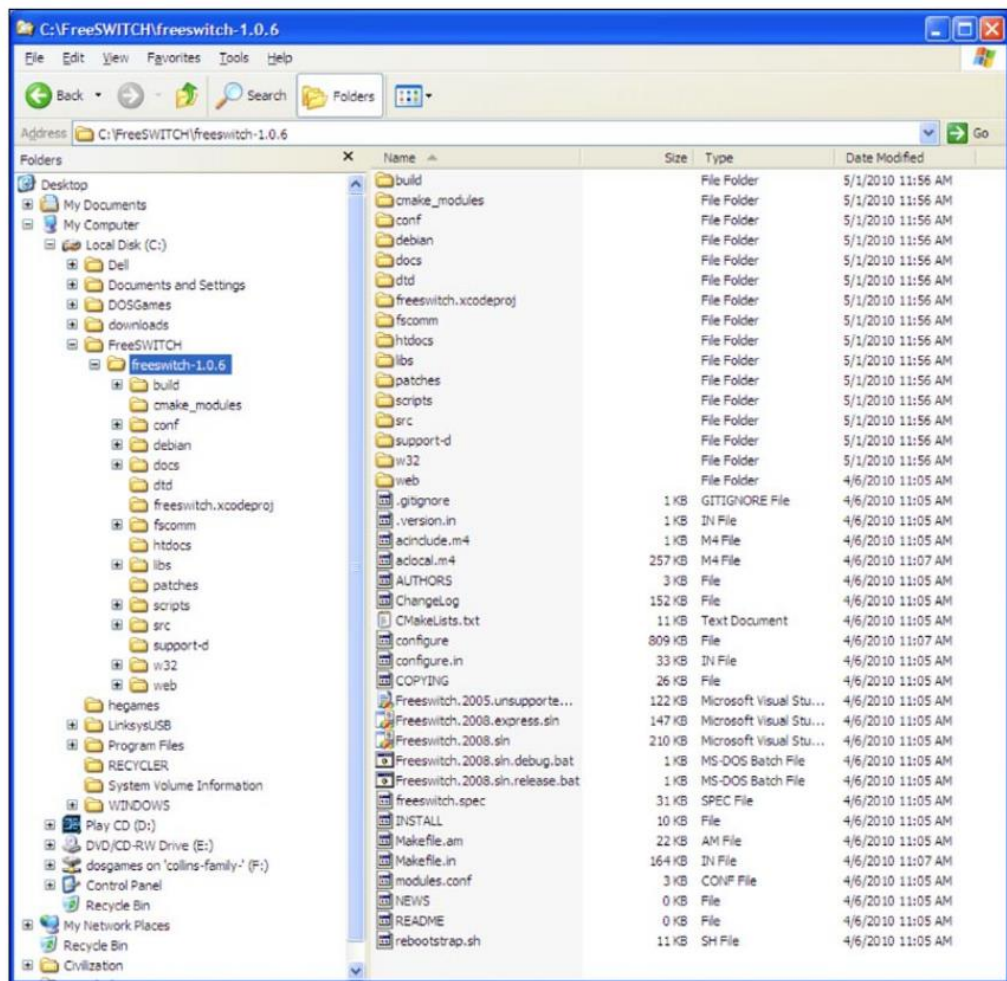
2. แยกไฟล์ `fre SWITCH-1.0.6.tar.gz` ไว้ภายในโฟลเดอร์นั้น ซึ่งตอนนี้จะได้ไฟล์ `fre SWITCH-1.0.6.tar` ออกมา

3. แยกไฟล์ `fre SWITCH-1.0.6.tar` อีกครั้ง ซึ่งขั้นตอนนี้ใช้เวลาสักครู่ และหน้าต่างจะปรากฏดังรูปที่ 3.12



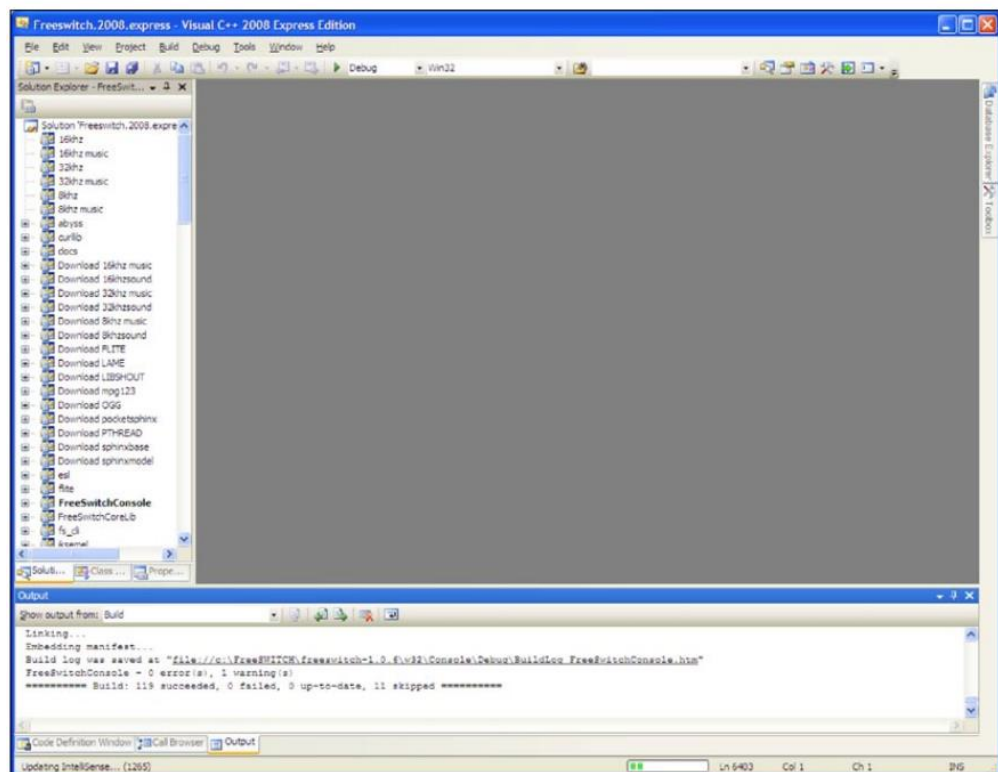
รูปที่ 3.12 หน้าต่างที่แสดงผลในขณะที่ทำการแตกไฟล์ `fre SWITCH-1.0.6.tar`

4. หลังจากแตกไฟล์ออกมาแล้วจะปรากฏไฟล์และโฟลเดอร์ดังรูปที่ 3.13



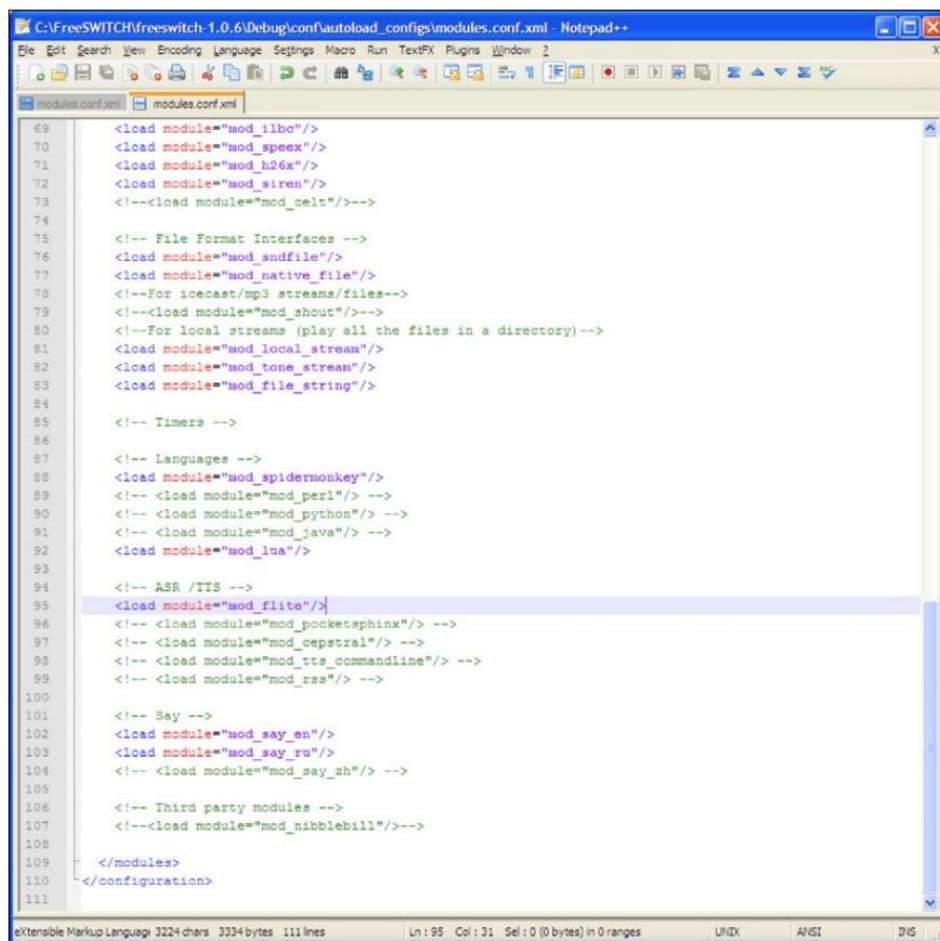
รูปที่ 3.13 ไฟล์และโฟลเดอร์ทั้งหมดที่ปรากฏหลังจากแตกไฟล์สำเร็จ

5. มองหาไฟล์ Freeswitch.2008.express.sln แล้วดับเบิลคลิกเพื่อเปิดไฟล์ขึ้นมา หน้าต่างที่ปรากฏขึ้นแสดงได้ดังรูปที่ 3.14



รูป 3.14 หน้าต่างที่แสดงผลเมื่อเปิดไฟล์ Freeswitch.2008.express.sln

6. เมื่อไฟล์ Freeswitch.2008.express.sln โหลดเสร็จสิ้นให้คลิกที่ Build > Build Solution หรือกดปุ่ม F7
7. หลังจากการ Build เสร็จสิ้นลงให้กลับไปดูใน Windows Explorer จะมีโฟลเดอร์ใหม่ปรากฏขึ้นชื่อ Debug
8. หาไฟล์ modules.conf.xml ซึ่งอยู่ในโฟลเดอร์ conf/autoload_configs จากนั้นเปิดไฟล์ด้วยโปรแกรม Text Editor ดังตัวอย่างในรูปที่ 3.15



รูปที่ 3.15 ตัวอย่างการเปิดไฟล์ด้วยโปรแกรม Text Editor : Notepad++

6. ค้นหาบรรทัดที่มีข้อความต่อไปนี้

```
<!-- <load module="mod_flite"/> -->
```

จากนั้นให้ทำการลบสัญลักษณ์ <!-- และ --> ออก ซึ่งจะเหลือข้อความที่มีลักษณะดังต่อไปนี้ :

```
<load module="mod_flite"/>
```

จากนั้นกดบันทึกไฟล์ เมื่อบันทึกแล้ว FreeSWITCH พร้อมใช้งาน

3.6.3 การเริ่มใช้งาน FreeSWITCH

การเริ่มทดสอบใช้งาน FreeSWITCH โดยแต่ละระบบปฏิบัติการจะมีวิธีเปิดใช้งาน FreeSWITCH แตกต่างกันไปดังนี้

Linux, Unix หรือ OS X : ระบบปฏิบัติการเหล่านี้ให้ Execute ด้วยคำสั่ง `/usr/local/freeswitch/bin/freeswitch`

Windows : ระบบปฏิบัติการนี้ให้เปิดจากไฟล์ *freeswitch.exe* ซึ่งอยู่ในโฟลเดอร์ *Debug*

จากนั้น FreeSWITCH จะเริ่มทำงานโดยแสดงหน้าจอที่เป็น command-line interface (CLI) ขึ้นมาพร้อมกับข้อความ '*freeswitch@localhost>* '

3.6.4 ปัญหาที่อาจเกิดขึ้นในขณะติดตั้ง

ถึงแม้ว่าทางผู้พัฒนา FreeSWITCH จะมีคู่มือการติดตั้งมาให้ แต่ก็ยังมีผู้ติดตั้งจำนวนมากที่ไม่สามารถติดตั้งได้ หรือติดตั้งเสร็จแล้วไม่สามารถใช้งานได้เนื่องจากสาเหตุต่างๆ โดยสามารถสรุปสาเหตุออกเป็นหัวข้อๆ ได้ดังนี้

1. **ปัญหาที่เกิดจากสภาพแวดล้อมในการติดตั้ง :** ปัญหานี้อาจเกิดได้จากส่วนต่างๆ ที่ใช้ติดตั้ง เช่น เครื่องคอมพิวเตอร์ ระบบเครือข่าย ซอฟต์แวร์ที่จำเป็นต่างๆ เป็นต้น
2. **ปัญหาที่เกิดจากไฟล์ที่ไม่สมบูรณ์ หรือผิดพลาด :** ปัญหานี้อาจเกิดจากไฟล์ที่ดาวน์โหลดมาเสียหาย สูญหาย ถูกแก้ไขหรือถูกลบไปจากระบบทำให้ FreeSWITCH ไม่สามารถทำงานได้
3. **ปัญหาที่เกิดจากการทำผิดขั้นตอนหรือข้ามขั้นตอนใดขั้นตอนหนึ่ง :** ปัญหานี้อาจเกิดจากการทำผิดขั้นตอนหรือข้ามขั้นตอนใดขั้นตอนหนึ่งไปทำให้การติดตั้งไม่สมบูรณ์หรือไม่สามารถดำเนินการติดตั้งจนเสร็จสิ้นได้

ปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นอาจเกิดจากสาเหตุเดียวหรือหลายสาเหตุซึ่งทำให้การแก้ปัญหาทำได้ยากและซับซ้อนเพราะต้องหาสาเหตุที่แท้จริงที่ทำให้เกิดปัญหาให้ได้ก่อนที่จะแก้ปัญหา ดังนั้นการติดตั้ง FreeSWITCH อาจดูไม่ซับซ้อนนัก แต่หากปัญหาเกิดขึ้นจะเป็นเรื่องยากสำหรับผู้ที่ไม่ใช่ผู้เชี่ยวชาญ ดังนั้นการศึกษานี้จึงนำเอาเทคนิคระบบผู้เชี่ยวชาญมาใช้ในการแก้ปัญหาในส่วนนี้ ในบทที่ 4 กล่าวถึงการพัฒนาของระบบช่วยแก้ปัญหาการติดตั้ง FreeSWITCH ดังกล่าว

บทที่ 4

การพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญการแก้ปัญหาการติดตั้ง FreeSWITCH

การติดตั้ง FreeSWITCH ถึงแม้ว่าจะมีคู่มือจากผู้พัฒนาไว้ให้แล้วและขั้นตอนการติดตั้งไม่ซับซ้อนมากนัก แต่ก็มีผู้ติดตั้งจำนวนมากที่ประสบปัญหาการติดตั้งและการเริ่มใช้งาน FreeSWITCH ซึ่งการแก้ปัญหานั้นหากไม่ใช่ผู้ที่มีความรู้หรือผู้เชี่ยวชาญก็จะทำให้การแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นนั้นเป็นเรื่องยาก ดังนั้นระบบผู้เชี่ยวชาญจึงเป็นเทคนิคที่สามารถเข้ามาช่วยแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นได้โดยจะทำหน้าที่เปรียบเสมือนผู้เชี่ยวชาญที่สามารถค้นหาสาเหตุของปัญหาและนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาให้กับผู้ใช้ ในบทนี้กล่าวถึงเทคนิคที่ใช้พัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญเพื่อแก้ปัญหาการติดตั้งและปัญหาที่พบบ่อยของ FreeSWITCH รวมไปถึงตัวอย่างการใช้งานระบบ

4.1 การจัดหมวดหมู่ของปัญหาของ FreeSWITCH

ปัญหาของการติดตั้งและใช้งาน FreeSWITCH มีได้หลายสาเหตุตั้งแต่ปัญหาจากขั้นตอนการติดตั้ง ปัญหาจากการตั้งค่าที่ผิด จนถึงปัญหาที่เกิดจากอุปกรณ์อื่นๆในระบบ ซึ่งการจัดหมวดหมู่ที่มีลักษณะคล้ายกันหรือเกิดจากสาเหตุเดียวกันจะทำให้การจัดการด้วยระบบผู้เชี่ยวชาญทำได้รวดเร็วและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ดังที่กล่าวไว้ข้างต้นว่าปัญหาของ FreeSWITCH นั้นสามารถเกิดขึ้นได้จากหลายสาเหตุและบางปัญหาอาจไม่ได้เกิดขึ้นจากความผิดพลาดของ FreeSWITCH โดยตรง เนื่องจาก FreeSWITCH เป็นซอฟต์แวร์ที่ทำงานร่วมกับอุปกรณ์ต่างๆในระบบ VoIP และทำงานกับซอฟต์แวร์อื่นๆที่อาจเกิดปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อการทำงานของ FreeSWITCH ได้ ดังนั้นในการพัฒนาระบบที่สามารถครอบคลุมปัญหาทั้งหมดจึงทำได้ยากเพราะต้องศึกษาและเก็บข้อมูลจากทุกแหล่งที่อาจไม่เกี่ยวข้องกับ FreeSWITCH โดยตรง ดังนั้นในระบบแก้ปัญหา FreeSWITCH ที่พัฒนาขึ้นนี้ครอบคลุมปัญหาเฉพาะที่เกิดขึ้นบ่อยและเกี่ยวข้องกับขั้นตอนการติดตั้งและเริ่มใช้งาน FreeSWITCH ปัญหาลักษณะอื่นที่ซับซ้อนไปมากกว่านี้จะถือว่าอยู่นอกขอบเขตของการศึกษานี้ การจัดหมวดหมู่ของปัญหาสามารถทำได้ตามลักษณะการเกิด 3 กรณีดังต่อไปนี้

1. ปัญหาที่เกิดขึ้นจากความไม่เข้ากันของระบบซอฟต์แวร์ หรืออุปกรณ์ในระบบทำงานผิดพลาด ; ปัญหานี้ส่วนใหญ่เกิดขึ้นในขณะทำการติดตั้ง FreeSWITCH ซึ่งเกิดจากความไม่เข้ากันของระบบ Hardware, Software หรือระบบเครือข่าย ซึ่งทำให้ FreeSWITCH ไม่สามารถติดตั้งได้ และ/หรือไม่สามารถทำงานได้

2. ปัญหาที่เกิดขึ้นจากไฟล์ของ FreeSwitch ; ปัญหาในหมวดหมู่นี้เกิดขึ้นจากการใช้คำสั่งผิดพลาดหรือการตั้งค่าต่างๆภายในไฟล์ของ FreeSWITCH ผิด (เช่น ไฟล์ configuration) ซึ่งอาจเกิดขึ้นจากการติดตั้ง หรือการแก้ไขไฟล์ผิดพลาด

3. ปัญหาที่เกิดขึ้นจากความผิดพลาดของ FreeSwitch ในขณะที่ทำงาน ; ปัญหาที่เกิดขึ้นในหมวดหมู่นี้เกิดขึ้นหลังจากการติดตั้งผ่านไปได้ปกติแต่เกิดปัญหขึ้นในขณะที่ใช้งานซึ่งอาจเกิดจากการตั้งค่าหรือการปรับเปลี่ยนค่าที่ผิดพลาดหรือสาเหตุอื่นๆที่ทำให้ FreeSWITCH ทำผิดพลาดในขณะที่ใช้งาน

4.2 การสังเคราะห์ความรู้จากแหล่งต่างๆ

แหล่งความรู้ที่นำมาใช้ในระบบแก้ปัญหา FreeSWITCH มาจาก 3 แหล่ง คือจากหนังสือ FreeSWITCH, เว็บไซต์ทางการของทีมผู้พัฒนา FreeSWITCH และเว็บบอร์ดถาม-ตอบปัญหาของกลุ่มผู้ใช้ FreeSWITCH โดยแต่ละแห่งมีวิธีการนำเสนอความรู้แตกต่างกันไป ดังนั้นความรู้จากแหล่งที่แตกต่างกันจึงต้องมีการสังเคราะห์ให้เหมาะสมในการเก็บความรู้เหล่านี้ แหล่งความรู้ทั้ง 3 นี้สามารถอธิบายพอสังเขปได้ดังนี้

1. **หนังสือ FreeSWITCH** ; หนังสือ FreeSWITCH (รูปที่ 4.1) [45] มีเนื้อหาเกี่ยวกับทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับซอฟต์แวร์ FreeSWITCH เช่น VoIP เบื้องต้น, โพรโทคอลต่างๆ, อุปกรณ์ที่ใช้ในระบบ, การติดตั้ง และการตั้งค่าต่างๆ, การใช้ฟังก์ชัน ต่างๆและการแก้ปัญหาเบื้องต้น ผู้เขียนเป็นทีมงานพัฒนาระบบ FreeSWITCH จึงสามารถดึงเอาข้อมูลต่างๆที่มาจากหนังสือมาเก็บไว้ในฐานความรู้ได้ทันที ความรู้ในหนังสือ FreeSWITCH มีความถูกต้องและสามารถนำไปเก็บในฐานความรู้ได้แต่มีข้อเสียคือข้อมูลที่อยู่ในหนังสือไม่มีการปรับปรุงเมื่อมีการพัฒนาเวอร์ชันใหม่ๆ



รูปที่ 4.1 หนังสือ FreeSWITCH ที่เขียนโดยทีมงานพัฒนาระบบ FreeSWITCH [45]

2. เว็บไซต์ทางการของทีมผู้พัฒนา FreeSwitch ; เว็บไซต์ทางการของ FreeSWITCH (<http://www.freeswitch.org>) (รูปที่ 4.2) [46] มีข้อมูลต่างๆคล้ายคลึงกับหนังสือ FreeSWITCH แต่ข้อมูลมีการปรับปรุงใหม่กว่าหนังสือ สร้างโดยทีมงานพัฒนาระบบ FreeSWITCH ความรู้ในเว็บไซต์ทางการของทีมผู้พัฒนา FreeSWITCH มีความถูกต้องและสามารถนำไปเก็บในฐานความรู้ได้ทันที เช่นเดียวกับหนังสือ FreeSWITCH แต่มีข้อเสียคือข้อมูลความรู้ในเว็บไซต์อาจไม่ละเอียดเท่ากับในหนังสือ



รูปที่ 4.2 เว็บไซต์ทางการของทีมผู้พัฒนา FreeSWITCH [46]

3. เว็บบอร์ดถาม-ตอบปัญหาของกลุ่มผู้ใช้ FreeSWITCH ; เว็บบอร์ดถามตอบปัญหาของกลุ่มผู้ใช้ FreeSWITCH (รูปที่ 4.3) [47] เป็นเว็บไซต์ที่ผู้ใช้ที่มีปัญหาการใช้งาน FreeSWITCH มาตั้งคำถามทิ้งไว้แล้วผู้เชี่ยวชาญจะมาตอบคำถามที่สามารถแก้ปัญหาได้ ความรู้ในเว็บบอร์ดถาม-ตอบปัญหาของกลุ่มผู้ใช้ FreeSWITCH มีข้อมูลปัญหาจำนวนมากที่เกิดขึ้นจริงกับผู้ใช้งานรวมถึงการแก้ปัญหาของผู้เชี่ยวชาญที่มาช่วยแก้ปัญหาให้ภายในเว็บ แต่แหล่งข้อมูลนี้ไม่สามารถนำทุกคำตอบจากผู้เชี่ยวชาญมาใช้ได้ เนื่องจากต้องมีการคัดกรองว่าเป็นการวิเคราะห์และแก้ไขปัญหาลูกที่ต้องจริงก่อน โดยดูจากผลการนำข้อแนะนำนั้นไปใช้ หากมีผู้ถามกลับมาตอบว่าแก้ไขปัญหาลูกสำเร็จโดยใช้วิธีการที่ผู้เชี่ยวชาญแนะนำไว้ แสดงว่าสามารถนำวิธีการนั้นมาเก็บในฐานความรู้ได้

freeswitch-users

This forum is an archive for the mailing list freeswitch-users@lists.freeswitch.org ([more options](#)) Messages posted here will be sent to this mailing list.
The freeswitch-users list

1 2 3 4 5 6 7 8 ... 372

Topics (13084)	Replies	Last Post	Views
lua session question by Ira Tessler	1	Oct 14, 2013 by mercutioviz	11
Configuration with dynamic public IP by Martin Cmelik	0	Oct 14, 2013 by Martin Cmelik	8
No savessdrop in mod_dptools by Luis Daniel Lucio Qu...	5	Oct 13, 2013 by Luis Daniel Lucio Qu...	13
how to implement transfer on hangup by stevep	0	Oct 13, 2013 by stevep	25
Recording mod_native file and passthrough codecs by Steven Ayre	0	Oct 13, 2013 by Steven Ayre	12
Sending SAVPF INVITE to Opensips by James Mortensen	12	Oct 13, 2013 by James Mortensen	37
c function - find the user id from number alias by Lloyd Aloysius-2	3	Oct 12, 2013 by Ken Rice-2	15
Playing announcement file before MOH by nandy	4	Oct 12, 2013 by Mario G	15
Error when building ESL for PHP by Sami Montour	7	Oct 12, 2013 by Sami Montour	28
mod_translate question by Victor Chukalovskiy-...	4	Oct 12, 2013 by Victor Chukalovskiy-...	14
play hold music by veera	1	Oct 11, 2013 by JP	20
Friday Free For All Today, 2P Eastern until 722 by Ken Rice-2	0	Oct 11, 2013 by Ken Rice-2	8
old calls hanging around by Peter Hartmann	1	Oct 11, 2013 by Cal I lemming [Similic...	18

รูปที่ 4.3 เว็บบอร์ดถาม-ตอบปัญหาของกลุ่มผู้ใช้ FreeSWITCH [47]

4.2.1 หลักเกณฑ์สำหรับการเลือกปัญหาจากแหล่งข้อมูลมาเก็บเป็นองค์ความรู้

หลักเกณฑ์สำหรับการเลือกปัญหาจากแหล่งความรู้มาเก็บเป็นองค์ความรู้แบ่งเป็น 2 ลักษณะคือ

1. แหล่งความรู้ที่สร้างโดยผู้เชี่ยวชาญ FreeSWITCH ; แหล่งนี้สามารถนำข้อมูลปัญหาและวิธีการแก้ปัญหา มาเก็บในฐานความรู้ได้ทันที หนังสือ และเว็บไซต์ทางการของ FreeSWITCH โดยถูกแบ่งเก็บตามหมวดหมู่ที่มีไว้แล้ว
2. แหล่งความรู้ที่สร้างโดยผู้ใช้งาน FreeSWITCH ที่ประสบปัญหาการใช้งาน ; แหล่งข้อมูลนี้เกิดขึ้นโดยผู้ใช้งาน FreeSWITCH ที่ประสบปัญหาการใช้งานซึ่งมีข้อมูลปัญหาและวิธีการแก้ปัญหาจากผู้ที่เป็นผู้ใช้ทั่วไปและจากผู้เชี่ยวชาญ แหล่งความรู้เหล่านี้ส่วนใหญ่จะมาจากเว็บบอร์ดถามตอบปัญหาของกลุ่มผู้ใช้ FreeSWITCH ซึ่งต้องทำการเลือกเอาเฉพาะปัญหาที่ถูกแก้ไขได้โดยผู้เชี่ยวชาญ มาเก็บไว้ในฐานความรู้เท่านั้น โดยมีหลักเกณฑ์ดังนี้ วิธีการแก้ปัญหานั้นๆจะต้องมีผู้ตอบคำถาม และวิธีการแก้ปัญหานั้นๆจะต้องแก้ปัญหาได้สำเร็จโดยตรวจสอบจากการยืนยันจากผู้ตั้งคำถามว่าสามารถนำวิธีแก้ปัญหานั้นไปใช้แก้ปัญหาได้

ตัวอย่างต่อไปนี้เป็นารคัดเลือกและสกัดความรู้จากแหล่งความรู้ที่สร้างโดยผู้ใช้งาน FreeSWITCH ที่ประสบปัญหาการใช้งาน ในรูปที่ 4.4 เป็นรูปการสนทนาถามตอบในเว็บบอร์ดถาม-ตอบปัญหาของกลุ่มผู้ใช้ FreeSWITCH ซึ่งผู้ถามประสบปัญหาเกิดข้อผิดพลาดกับ TLS ซึ่งเป็นปัญหาที่เกิดกับการเชื่อมต่อ และมีการถามตอบระหว่างผู้ถามและผู้ตอบซึ่งคาดว่าเป็นผู้เชี่ยวชาญ และผู้เชี่ยวชาญได้ให้คำแนะนำในการแก้ไขในข้อ 2 และ 4 ซึ่งผู้ใช้นั้นยืนยันว่าสามารถนำวิธีในข้อ 4 ไปใช้แก้ปัญหาได้ในข้อ 5 ดังนั้นความรู้นี้จึงสามารถสกัดเพื่อเก็บลงในฐานความรู้ได้

1 questioner	Jul 21, 2010; 2:50pm TLS error? Hi, I'm trying to setup FS as a gtalk client. I'm working on Linux Ubuntu 10.04 and have cloned the git FS repository about 1 week ago. I can compile everything with no errors. However, after configuring client.xml and starting FS I see the following error message in the freeswitch.log file: <pre>2010-07-20 23:38:56.392853 [CRIT] switch_loadable_module.c:926 Error Loading module /opt/freeswitch/mod/mod_dingaling.so "/opt/freeswitch/mod/mod_dingaling.so: undefined symbol: gnutls_global_init"</pre> TLS comes from the following Ubuntu packages: libgnutls26, libgnutls-dev. I would appreciate any suggestion on how to investigate further the problem. Could it be a gnutls library version incompatibility? A bug in FS? In the ubuntu gnutls packages? Or simply an error in the configuration? Thanks for you help! Fede
2 Respondents or Expert	have you installed gnutls? if yes, befaure doing ./configure or after? if after please reconfigure using ./configure and re make it Le 21/07/2010 09:50, Federico Beffa a écrit :
3 questioner	Dear Tayeb Meftha, yes, gnutls was installed before issuing ./configure. As I described in an email I just posted to the list, I confined the problem to the re-link phase performed during "make install". By adding manually the flag "-lgnutls" to gcc in relink_command in the file file src/mod/endpoints/mod_dingaling/mod_dingaling_la and re-issuing "make install" everything works fine. Thanks! Fede
4 Respondents or Expert	please use below mentioned cert file code in your gencert-tls file , hope Tls connection made successfully <pre>ifff :-----: #!/bin/sh CONFDIR=/usr/local/freeswitch/conf/ssl DAYS=2190 KEY_SIZE=1024 export KEY_SIZE=\${KEY_SIZE} TMPFILE="/tmp/fs-ca-\$\$-\$(date +%Y%m%d%H%M%S)" COMMON_NAME="FreesWITCH CA" ALT_NAME="DNS:test.freeswitch.org" ORG_NAME="FreeSWITCH" OUTFILE="agent.pem" umask 037</pre>
5 questioner	It's done and works for me.Thanks very much for sharing

รูปที่ 4.4 การสนทนาถามตอบในเว็บบอร์ดถาม-ตอบปัญหาของกลุ่มผู้ใช้ FreeSWITCH ในหัวข้อ ประสบปัญหาเกิดข้อผิดพลาดกับ TLS

4.2.2 การจัดการวิธีแก้ปัญหาระบบ

การให้คำแนะนำโดยผู้เชี่ยวชาญ FreeSWITCH อาจได้วิธีการแก้ปัญหามองปัญหาได้หลายรูปแบบเช่น 1 วิธี, มากกว่า 1 วิธี หรือ ไม่รู้วิธีแก้ปัญหานั้น เนื่องจากเป็นธรรมชาติของการแก้ปัญหาซอฟต์แวร์ FreeSWITCH ที่สามารถมีวิธีแก้ปัญหาก็แตกต่างกันในรายละเอียดการตั้งค่าต่างๆหรือสภาพแวดล้อมของการใช้งาน

4.2.2.1 ตัวอย่างความซับซ้อนในการแก้ปัญาเนื่องจากมีวิธีการแก้หลากหลายรูปแบบ

เนื่องจากการให้คำแนะนำโดยผู้เชี่ยวชาญ FreeSWITCH อาจได้วิธีการแก้ปัญหามองปัญหาได้หลายรูปแบบ ระบบจึงมีวิธีการจัดการกับรูปแบบต่างๆดังนี้

1. ปัญหาที่มีวิธีการแก้ปัญหาเพียง 1 วิธี ; ระบบจะแสดงวิธีการแก้ปัญหาที่มีโดยดึงความรู้การแก้ไขปัญหามาจากฐานข้อมูลโดยตรง กรณีนี้เป็นกรณีที่ธรรมดาที่สุด
2. ปัญหาที่มีวิธีการแก้ปัญหามากกว่า 1 วิธี ; ระบบจะแสดงวิธีการแก้ปัญหาจากระบบครั้งละ 1 วิธี ถ้าหากวิธีการนั้นแก้ปัญหของผู้ใช้ไม่ได้ ระบบจะทำการนำเสนอวิธีการถัดไปจนกระทั่งถ้าหากไม่มีวิธีใดแก้ปัญหาก็จะหมายถึงปัญหาที่ระบบยังไม่มีความรู้ กรณีนี้จะเข้าลักษณะในกรณีที่ 3
3. ปัญหาที่ยังไม่รู้วิธีแก้ปัญหา หรืออยู่นอกเหนือจากที่ระบบมี : ระบบจะแนะนำให้ผู้ใช้สอบถามจากผู้เชี่ยวชาญจากเว็บไซต์ของ FreeSWITCH เนื่องจากเป็นกรณีที่ฐานความรู้ไม่มีแนวทางแก้ปัญหานี้

4.2.2.2 ความซับซ้อนในการแก้ปัญหาและการจดจำผู้ใช้งาน

ธรรมชาติของการแก้ปัญหาด้านซอฟต์แวร์แต่ละปัญหาใช้เวลาแก้ปัญหแตกต่างกันออกไป โดยเฉพาะ FreeSWITCH ซึ่งเป็นซอฟต์แวร์ที่ทำงานร่วมกับซอฟต์แวร์อื่นๆ รวมถึงอุปกรณ์ภายนอกต่างๆ ดังนั้นวิธีการแก้ปัญหของ FreeSWITCH ก็ใช้เวลาต่างกันไปเช่นเดียวกัน ซึ่งสามารถเป็นไปได้ตั้งแต่การแก้ไขโค้ดของโปรแกรมเพียงไม่กี่บรรทัด หรือการติดตั้งไฟล์เข้าไปใหม่ ไปจนถึงการอัปเดต FreeSWITCH หรือติดตั้งใหม่ซึ่งใช้เวลาแก้ไขแตกต่างกันมาก ดังนั้นเพื่อให้ระบบสามารถรองรับสถานการณ์ดังกล่าวไว้ข้างต้นจึงมีการออกแบบให้ระบบสามารถจดจำการให้คำแนะนำของผู้ใช้แต่ละคนได้ เพื่อที่ผู้ใช้สามารถกลับมาดูวิธีการแก้ปัญหาที่ยังแก้ไม่เสร็จได้ถึงแม้ว่าจะออกจากระบบหรือปิดคอมพิวเตอร์ไปแล้ว แต่การแก้ปัญหานี้จำเป็นต้องพัฒนาส่วนจัดการผู้ใช้เพิ่มเติมเข้าไปในระบบผู้เชี่ยวชาญโดยทั่วไป

4.3 การออกแบบและพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญ

ในบทที่ 2 ได้กล่าวถึงระบบผู้เชี่ยวชาญและส่วนประกอบของระบบผู้เชี่ยวชาญไว้คร่าวๆแล้ว ในบทนี้กล่าวถึงการพัฒนาในส่วนของฐานความรู้ การแทนความรู้และกลไกอนุมาน

4.3.1 ฐานความรู้

ฐานความรู้เป็นข้อมูลเกี่ยวกับความรู้ในการแก้ปัญหาที่ต้องการสร้างเป็นระบบผู้เชี่ยวชาญตามจุดมุ่งหมายที่ตั้งไว้ ซึ่งฐานความรู้ในระบบผู้เชี่ยวชาญแก้ไขปัญหา FreeSWITCH นี้ได้นำความรู้มาจาก 3 แหล่งความรู้ คือจากหนังสือ FreeSWITCH, เว็บไซต์ทางการของทีมผู้พัฒนา FreeSWITCH

และเว็บบอร์ดถาม-ตอบปัญหาของกลุ่มผู้ใช้ FreeSWITCH ดังที่กล่าวไว้แล้วในหัวข้อที่ 4.2 ซึ่งจะต้องมีกระบวนการสกัดความรู้ออกมาและจัดเก็บไว้ในรูปแบบการแทนความรู้แบบต่างๆเพื่อที่กลไกอนุมานของระบบจะสามารถนำความรู้ออกไปใช้ได้ เนื่องจากความน่าเชื่อถือของระบบผู้เชี่ยวชาญจะขึ้นอยู่กับความถูกต้อง และปริมาณความรู้ที่อยู่ในฐานความรู้

4.3.2 การแทนความรู้

การแทนข้อมูลในฐานความรู้หรือการแสดงความรู้ (Knowledge Representation) เป็นวิธีการแทนความรู้ให้อยู่ในรูปแบบที่เหมาะสมเพื่อสะดวกในการนำไปใช้ในกระบวนการอนุมานและแก้ปัญหาต่างๆมีการนำเสนอการแทนความรู้หลากหลายรูปแบบทั้งนี้เพราะกลไกการแก้ปัญหานั้นสามารถทำได้หลากหลายรูปแบบจึงจำเป็นต้องมีรูปแบบการแทนความรู้ที่สอดคล้องกับกลไกการแก้ปัญหา ซึ่งมีหลายรูปแบบดังที่กล่าวไว้แล้วในบทที่ 3

ในงานวิจัยนี้ใช้ Frame ซึ่งเป็นการแทนความรู้แบบโครงสร้าง (Structural representation) โดยพื้นฐานของ Frame ในระบบที่พัฒนานี้ประกอบไปด้วยชื่อเฟรม และสล็อต (Slot) โดยมีลักษณะตายตัวในแต่ละเฟรม และแต่ละเฟรมอาจมีความสัมพันธ์กัน Frame เหมาะสมกับการเก็บฐานความรู้ในงานวิจัยนี้เนื่องจากปัญหาของ FreeSWITCH มีลักษณะที่ตายตัว คือมีชื่อ อาการ สาเหตุ และชนิด และแต่ละเฟรมก็มีความสัมพันธ์กัน เฟรมทั้งหมดในงานวิจัยนี้แสดงในรูปที่ 4.5 และตัวอย่างเฟรม Problem (ปัญหา) ในกรณีที่ไม่สามารถอัปเดต FreeSWITCH ได้ แสดงในตารางที่ 4.1

Frame : Problem type	Frame : Problem	Frame : Solution	Frame : User
Type name	Problem title	Solution	Username
Sub type of	Problem type	Explanation	Password
	The symptom of Problem Description	Score	

รูปที่ 4.5 โครงสร้างของ Frame ในระบบที่พัฒนาขึ้น

Frame Name (ชื่อเฟรม)	Problem
Problem Title (หัวข้อปัญหา)	Cannot update FreeSWITCH
Problem type (ประเภทของปัญหา)	Configuration error or file error
Is the symptom of (เป็นต้นเหตุของปัญหาอื่น)	-
Problem Description (รายละเอียดของปัญหา)	Cannot update FreeSWITCH with the following error message: <pre> /bin/bash: /usr/src/FreeSWITCH.git/libs/ldns/configure: No such file or directory make[5]: *** [/usr/src/FreeSWITCH.git/libs/ldns/Makefile] Error 127 make[4]: *** [install] Error 1 make[3]: *** [mod_enum-install] Error 1 make[2]: *** [install-recursive] Error 1 make[1]: *** [install-recursive] Error 1make: *** [install] Error 2 </pre>

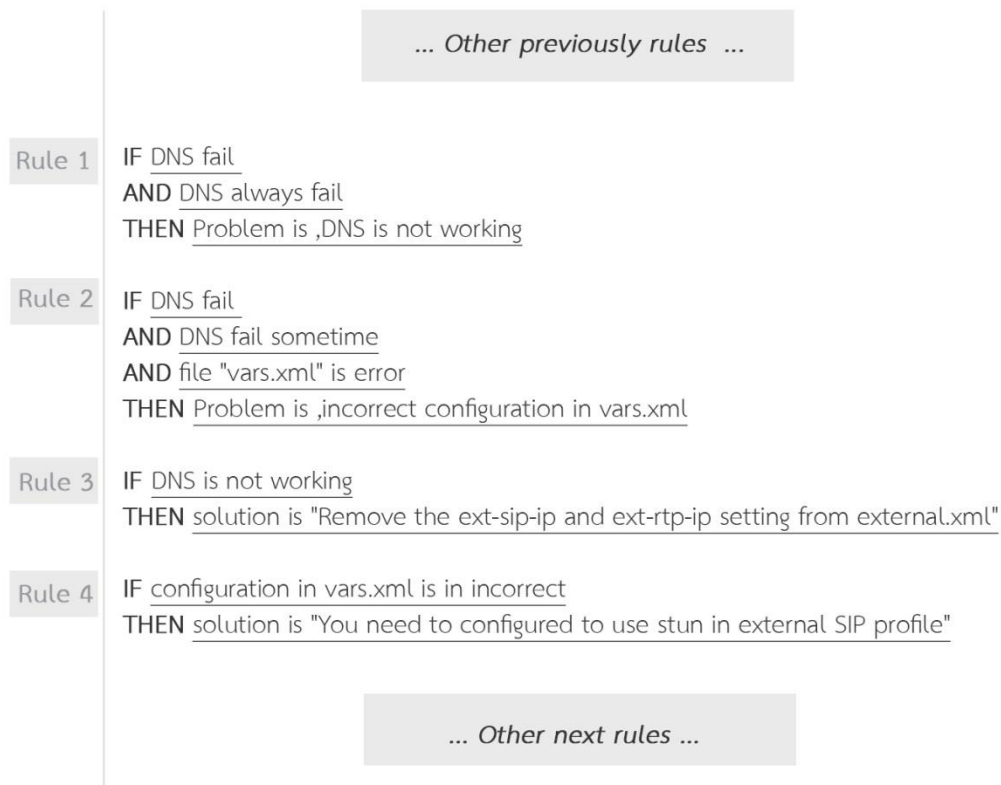
รูปที่ 4.6 ตัวอย่าง Frame Problem และค่าในสล็อตต่างๆในกรณีที่ไม่สามารถอัปเดต FreeSWITCH ได้

4.3.3 กลไกอนุমান

กลไกอนุमानเป็นส่วนที่ควบคุมการใช้ความรู้ในฐานความรู้เพื่อแก้ไขปัญหาอย่างมีประสิทธิภาพดังที่กล่าวไว้ข้างต้นในบทที่ 2 โดยอาศัยข้อเท็จจริงที่ได้รับจากผู้ใช้ ซึ่งกลไกอนุमानมีหลายวิธี แต่การอนุमानแบบเดินหน้า (Forward Chaining) และการอนุमानแบบย้อนกลับ (Backward Chaining) เป็น 2 วิธีที่ได้รับความนิยมและพบเห็นได้มากที่สุด

ในงานวิจัยนี้ใช้กลไกอนุमानในรูปแบบของกฎแบบเดินหน้า (Forward chaining) เนื่องจากธรรมชาติของการแก้ไขปัญหา FreeSWITCH โดยผู้เชี่ยวชาญมีลักษณะคล้ายกับ Forward Chaining เพราะเป็นการแก้ปัญหาโดยต้องการวิเคราะห์ข้อมูลไปข้างหน้าเพื่อหาต้นเหตุของปัญหา (ภาคผนวก ข) [48]

รูปที่ 4.7 แสดงตัวอย่างกฎบางส่วนในงานวิจัยซึ่งใช้อนุमानเพื่อหาสาเหตุของปัญหาและหาวิธีแก้ปัญหาให้กับผู้ใช้ ซึ่งวิธีการอนุमानแบบเดินหน้าได้กล่าวไว้ในหัวข้อที่ 2.2.2.1



รูปที่ 4.7 รูปแบบของกฎที่ใช้อนุมานด้วยกลไกอนุมานแบบเดินหน้า

ตารางที่ 4.1 เป็นขั้นตอนการอนุมานจากกฎในรูปที่ 4.7 ด้วยวิธีอนุมานแบบเดินหน้า โดยเริ่มต้นสมมุติให้ผู้ใช้พบปัญหาและให้ข้อมูล (fact) ว่า DNS มีปัญหา กลไกอนุมานจะค้นหากฎที่ใช้ได้ ปรากฏว่ากฎที่ 1 และ 2 สามารถใช้ได้ จากนั้นระบบจะถามข้อมูลจากผู้ใช้ต่อว่า DNS มีปัญหาบ่อยแค่ไหน ผู้ใช้ตอบกลับมาว่าเป็นบางครั้ง (ไม่ได้เป็นตลอดเวลา) จึงทำให้กฎที่ 1 ไม่สามารถใช้ได้ เหลือเพียงกฎข้อที่ 2 จากนั้นระบบถามผู้ใช้อีกว่าเกิดข้อผิดพลาดขึ้นกับไฟล์ vars.xml หรือไม่ และผู้ใช้ตอบว่า ใช่ กฎข้อที่ 2 จึงสมบูรณ์ระบบจึงสรุปตามกฎข้อที่ 2 ว่า ปัญหาเกิดจากการตั้งค่าผิดพลาดในไฟล์ var.xml และดึงเฟรมปัญหาออกมาแสดงพร้อมทั้งค้นหากฎที่ใช้แก้ปัญหานี้ซึ่งตรงกับกฎข้อที่ 4 ระบบจึงสรุปตามกฎข้อที่ 2 ว่า วิธีการแก้ปัญหานี้คือต้องตั้งค่าใช้ใช้งาน STUN ใน SIP Profile พร้อมทั้งดึงเฟรมวิธีการแก้ปัญหานี้มาแสดงและจบขั้นตอนการอนุมาน

ตารางที่ 4.1 ขั้นตอนการอนุมานแบบเดินหน้าด้วยกฎในรูปที่ 4.7

STEP	ACTION		PROCESS
1	user input	DNS Failed	Fact input > Match rule 1 and 2
2	system output	How often does DNS fail? (Alway / Sometime)	Finding fact of rule 1 and 2
3	user input	Sometime	Fact input > Match rule 2
4	system output	Did you encounter the error in file "vars.xml"? (Yes / No)	Finding fact of rule 2
5	user input	Yes	Data input > Process rule 2 conclusion
6	Problem is ,incorrect configuration in vars.xml		Match and process rule 4
7	solution is "You need to configured to use stun in external SIP profile"		Process rule 4 conclusion

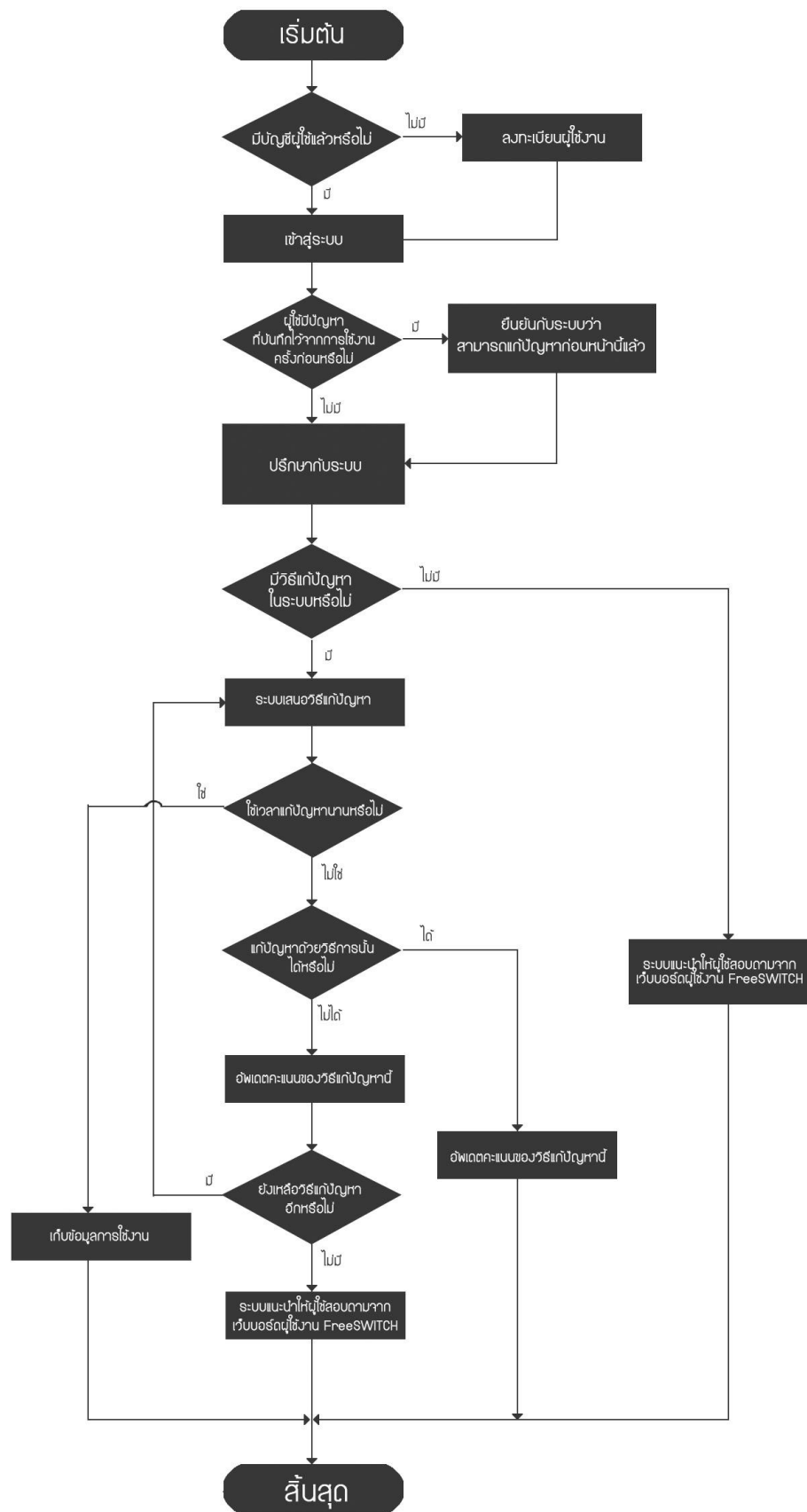
4.3.4 ส่วนจัดการผู้ใช้ระบบ

เนื่องจากระบบผู้เชี่ยวชาญเพื่อแก้ปัญหา FreeSWITCH มีการแก้ปัญหาที่มีความยากและซับซ้อนที่แตกต่างกัน แต่ละปัญหาที่มีรูปแบบการแก้ปัญหาหลายรูปแบบและใช้เวลาแก้ปัญหาที่แตกต่างกัน ดังที่กล่าวไว้ในหัวข้อที่ 4.2.2 ดังนั้นระบบที่พัฒนาขึ้นจึงมีระบบจัดการผู้ใช้เพื่อให้สามารถจดจำการให้คำปรึกษาล่าสุดกับผู้ใช้ โดยผู้ใช้สามารถกลับเข้าสู่ระบบเพื่อดูวิธีแก้ปัญหาล่าสุดในกรณีที่ผู้ใช้ต้องใช้เวลาในการแก้ปัญหามาก และหากวิธีการแก้ปัญหานั้นไม่สามารถแก้ปัญหให้กับผู้ใช้ได้ระบบจะสามารถให้คำปรึกษาต่อโดยที่ผู้ใช้ไม่ต้องผ่านกระบวนการถาม-ตอบกับระบบอีกครั้ง นอกจากนี้ส่วนจัดการผู้ใช้ยังสามารถนำมาใช้ติดตามคำแนะนำกับผู้ใช้ว่าสามารถนำวิธีแก้ไขปัญหจากระบบไปใช้ได้หรือไม่เพื่อให้ระบบเก็บข้อมูลได้ว่าปัญหาใดถูกถามบ่อย และวิธีแก้ปัญหาคือที่ใช้งานได้ผลมากที่สุด ซึ่งอาจมีประโยชน์สำหรับชุมชนของผู้ใช้ FreeSWITCH ในอนาคต

4.3.5 การทำงานของระบบผู้เชี่ยวชาญเพื่อการแก้ปัญหา FreeSWITH

ระบบถูกพัฒนาขึ้นมาจากภาษา PHP [49] และทำงานร่วมกับฐานข้อมูลเนื่องจากต้องการให้ระบบสามารถใช้งานได้ผ่านโปรแกรมเว็บเบราว์เซอร์ซึ่งไม่ต้องทำการติดตั้ง และต้องการให้ระบบที่พัฒนาความยืดหยุ่นเพื่อให้สอดคล้องกับธรรมชาติของการแก้ไขปัญห FreeSWITCH ซึ่งมีความซับซ้อนของการวินิจฉัยปัญหาดังที่อธิบายไว้ในบทที่ 4.1 ในการพัฒนาส่วนของกลไกอนุมานนั้น กฎได้ถูกเขียนในรูปแบบของคำสั่งภายใน PHP เพื่อดึงความรู้ที่เป็น Frame จากฐานความรู้ในฐานข้อมูล ส่วนการติดต่อกับผู้ใช้เพื่อรับ input และแสดงผล ทำผ่านโปรแกรม web browser

ภายในไฟล์ที่ทำหน้าที่กลไกอนุমান มีการใช้คำสั่ง SQL เพื่อดึง Frame ที่อยู่ในรูปแบบของ Row จากฐานข้อมูลขึ้นมาแล้วตรวจสอบว่าปัญหานี้มีสาเหตุเกิดจากปัญหาใด (จาก Slot ชื่อ The symptom of) ระบบจะวนกลับไปใช้คำสั่ง SQL เพื่อดึง Frame ของปัญหาที่คาดว่าจะเกิดเป็นสาเหตุของปัญหามาให้ผู้ใช้งานตรวจสอบ และทำการวนซ้ำกลับไปตรวจสอบไปเรื่อยๆจนกระทั่งผู้ใช้พบปัญหาที่ระบบให้ทดสอบ ระบบจะเสนอวิธีการแก้ปัญหานั้นๆให้กับผู้ใช้ทราบตามหลักการของการอนุমানแบบเดินหน้า แต่ถ้าหากไม่พบต้นเหตุของปัญหาเลย จะถือว่าอยู่นอกเหนือของเขตที่ระบบจะให้คำแนะนำได้ ระบบจะแนะนำให้ผู้ใช้ไปสอบถามจากผู้เชี่ยวชาญจากเว็บไซต์ของ FreeSWITCH แทน รูปที่ 4.8 แสดงตามผังการของระบบที่พัฒนาขึ้นโดยสังเขป



รูปที่ 4.8 ขั้นตอนการทำงานของระบบที่พัฒนาขึ้น

4.4 คุณลักษณะ (Specification) ของระบบที่พัฒนาขึ้น

ระบบผู้เชี่ยวชาญการแก้ปัญหาการติดตั้ง FreeSWITCH ที่พัฒนาขึ้นมีคุณลักษณะและรายละเอียดในการพัฒนาคงต่อไปนี้

1. **อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้พัฒนา (Hardware and Tool) ;** ระบบนี้พัฒนาขึ้นโดยการใช้เครื่องคอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊กที่มีประสิทธิภาพเพียงพอต่อการพัฒนาซอฟต์แวร์ ความต้องการของคอมพิวเตอร์ที่ใช้พัฒนาระบบขึ้นตามีดังต่อไปนี้
 - RAM ไม่ต่ำกว่า 512 MB
 - HardDisk มีเนื้อที่ว่างมากกว่า 1.5GB
 - CPU ความเร็วขั้นต่ำ 1GHz
2. **ซอฟต์แวร์ (Software) ;** ระบบนี้พัฒนาด้วยซอฟต์แวร์ต่อไปนี้
 - 2.1 **XAMPP ;** ซอฟต์แวร์นี้ใช้จำลองเครื่องคอมพิวเตอร์ให้เป็น Web Server ซอฟต์แวร์นี้ใช้จำลองเครื่องคอมพิวเตอร์ให้เป็น Web Server ภายในซอฟต์แวร์ประกอบด้วย Apache, PHP, MySQL, PHP MyAdmin, Perl
 - 2.2 **Sublime Text ;** ซอฟต์แวร์เป็น Text Editor นี้ใช้เขียนภาษาคอมพิวเตอร์ซึ่งสามารถรองรับภาษามากกว่า 40 ภาษา เช่น HTML, PHP, C, C++, SQL, ASP, Java, LaTeX, RUBY เป็นต้น
 - 2.3 **Adobe Photoshop ;** เป็นซอฟต์แวร์ที่ใช้ออกแบบหน้าจอรระบบและกราฟฟิกต่างๆ
3. **ฐานความรู้ (Knowledge Base) ;** ฐานความรู้ในระบบที่พัฒนาขึ้นจัดเก็บความรู้ในรูปแบบเฟรม โดยมีเฟรมของปัญหาทั้งสิ้น 60 เฟรม และเฟรมของวิธีแก้ไขปัญหาทั้งสิ้น 78 เฟรม
4. **กลไกอนุมาน (Inference Engine) ;** กลไกอนุมานในระบบที่พัฒนาขึ้นมีกฎทั้งสิ้น 135 กฎ
5. **เวลาในการติดตั้ง (Setup and Complilation Time) ;** ไม่มีเวลาในการติดตั้งเนื่องจากระบบใช้งานบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เครื่องที่ใช้งานไม่ต้องทำการติดตั้งระบบเพื่อใช้งาน
6. **เวลาในการอนุมานและแสดงผลข้อมูล (Inference Time) ;** ระบบสามารถอนุมานและแสดงผลต่อผู้ใช้ประมาณ 0.05 – 0.50 วินาทีต่อ 1 ขั้นตอน
7. **เวลาในการตอบสนองการใช้งาน (Response Time) ;** เวลาในการใช้งานระบบขึ้นอยู่กับความเร็วนีตเวิร์คของผู้ใช้

เนื่องจากระบบนี้เป็นระบบวินิจฉัยแบบถามตอบ (Dignosis) เวลาที่ใช้ในการประมวลผลจึงนับพันทันที และระบบได้ถูกติดตั้งไว้ในเครื่องคอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์ ดังนั้นเครื่องที่ใช้งานจึงสามารถใช้งานได้ทันทีโดยไม่จำเป็นต้องติดตั้งระบบไว้ในเครื่อง โดยความเร็วในการใช้งานขึ้นอยู่กับความเร็วของอินเทอร์เน็ตของเครื่องที่ใช้งานอยู่

4.5 ตัวอย่างการใช้งานระบบ

ในหัวข้อนี้แสดงตัวอย่างหน้าจอของการใช้งานระบบแก้ไขปัญหา FreeSWICH เมื่อพบว่า STUN (Simple Transversal UDP over NAT) ซึ่งเป็น Protocol หนึ่งที่จะช่วยในการใช้งาน VoIP เกิดปัญหาผิดพลาด

ในขั้นตอนแรกเมื่อใช้งานระบบจะเข้าสู่หน้าจอตรวจสอบผู้ใช้โดยการเข้าสู่ระบบดังรูปที่ 4.9 แต่ถ้าผู้ใช้งานยังไม่มีบัญชีผู้ใช้ จะต้องลงทะเบียนผู้ใช้ก่อนโดยคลิกที่คำว่า register จุดประสงค์ของการต้องลงทะเบียนผู้ใช้งานคือการเก็บข้อมูลการให้คำปรึกษากับผู้ใช้แต่ละคนไว้ซึ่งได้กล่าวไว้ในหัวข้อที่

4.3.4



รูปที่ 4.9 หน้าจอเข้าสู่ระบบ

FreeSwitch Diagnostic System

REGISTER

You have not used this system before, please enter your 'Username' and 'Password' to register.

Username

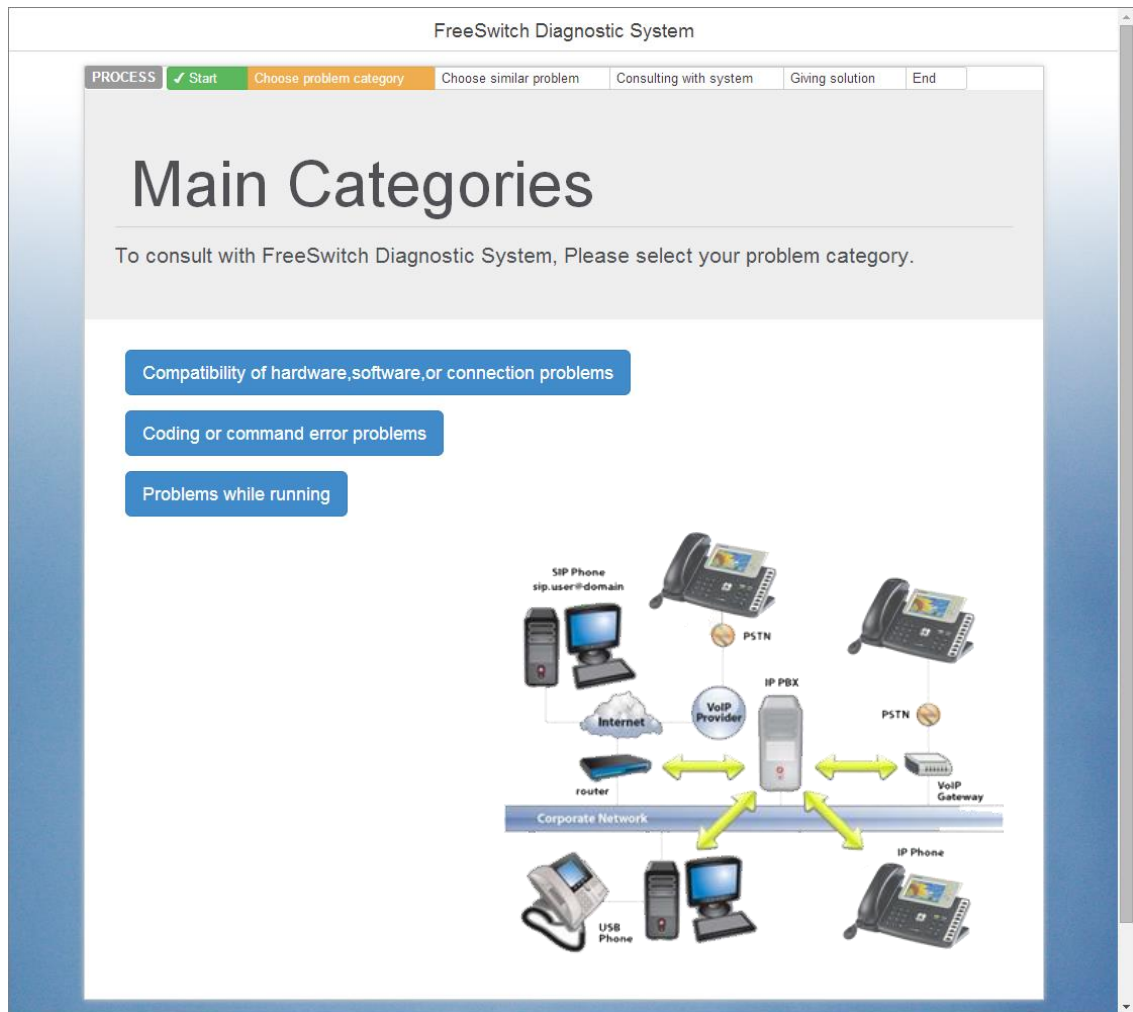
username

Password

password

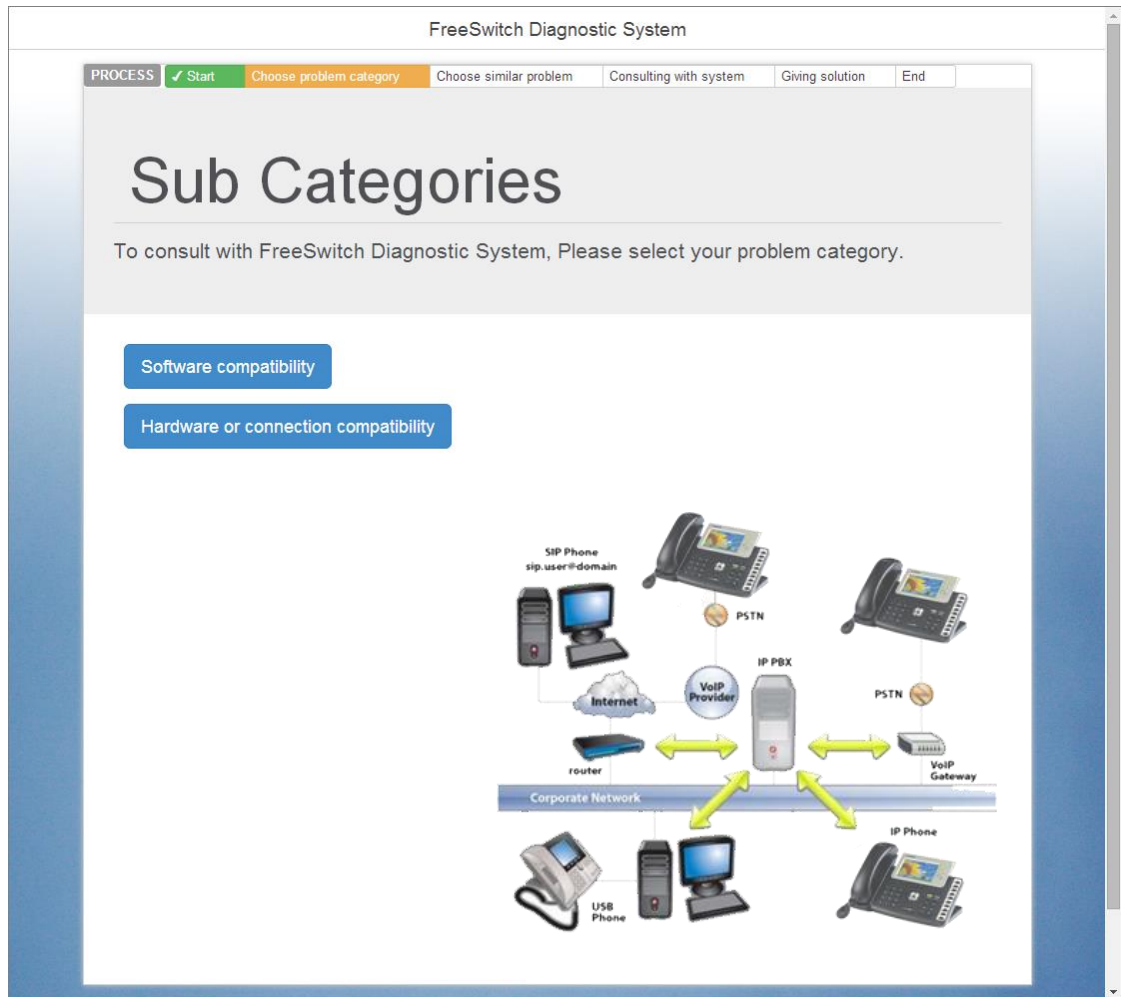
รูปที่ 4.10 หน้าจอเข้าลงทะเบียนผู้ใช้ใหม่

เมื่อผู้ใช้เข้าสู่ระบบแล้วระบบจะแสดงหมวดหมู่หลักทั้ง 3 หมวดหมู่ให้ผู้ใช้เลือกดังรูปที่ 4.11 ดังต่อไปนี้ ปัญหาความเข้ากันของอุปกรณ์, ซอฟต์แวร์ และการเชื่อมต่อ, ปัญหาที่เกี่ยวกับโค้ดและคำสั่ง และปัญหาที่เกิดขึ้นในขณะที่กำลังทำงาน ซึ่งในกรณีตัวอย่างนี้ STUN เป็น Protocol ที่เกี่ยวข้องกับหัวข้อ ปัญหาความเข้ากันของอุปกรณ์, ซอฟต์แวร์ และการเชื่อมต่อ (เมนู Compatibility of hardware, software, or connection problems) ดังนั้นจึงกดเลือกหัวข้อนี้



รูปที่ 4.11 หน้าจอแสดงหมวดหมู่หลักของปัญหา VoIP

ในหัวข้อปัญหาความเข้ากันของอุปกรณ์, ซอฟต์แวร์ และการเชื่อมต่อก็มีอีก 2 กลุ่มปัญหาคือ ปัญหาจากซอฟต์แวร์ และปัญหาจากอุปกรณ์หรือจากการเชื่อมต่อ ซึ่ง STUN เป็น Protocol หรือซอฟต์แวร์ จึงเลือกหัวข้อย่อยนี้ ดังรูปที่ 4.12



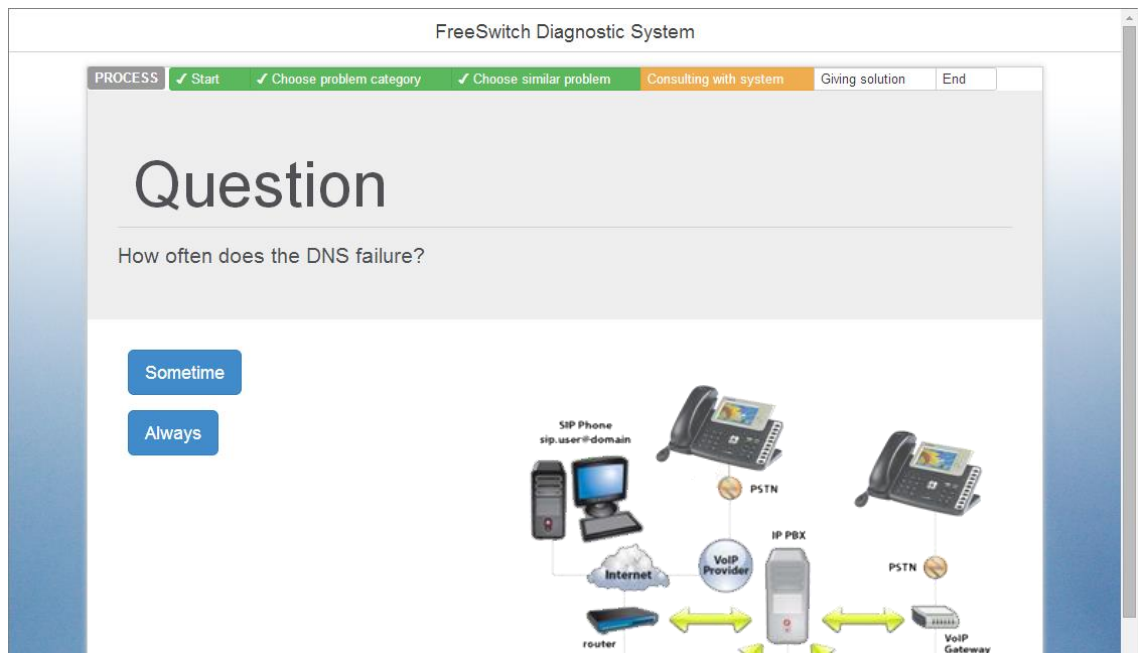
รูปที่ 4.12 หน้าจอแสดงหมวดหมู่ย่อยของปัญหาที่เกิดจากซอฟต์แวร์

เมื่อเลือกกลุ่มปัญหาที่เกิดจากซอฟต์แวร์แล้ว ระบบจะแสดงปัญหาในกลุ่มที่เกิดจากซอฟต์แวร์ทั้งหมดออกมา ดังรูปที่ 4.13 ซึ่งผู้ใช้จะต้องหาปัญหาที่มีลักษณะคล้ายคลึงหรือเหมือนกับปัญหาที่กำลังประสบอยู่ ในตัวอย่างการใช้งานนี้เกิดปัญหากับ STUN จึงเลือกปัญหา The STUN error

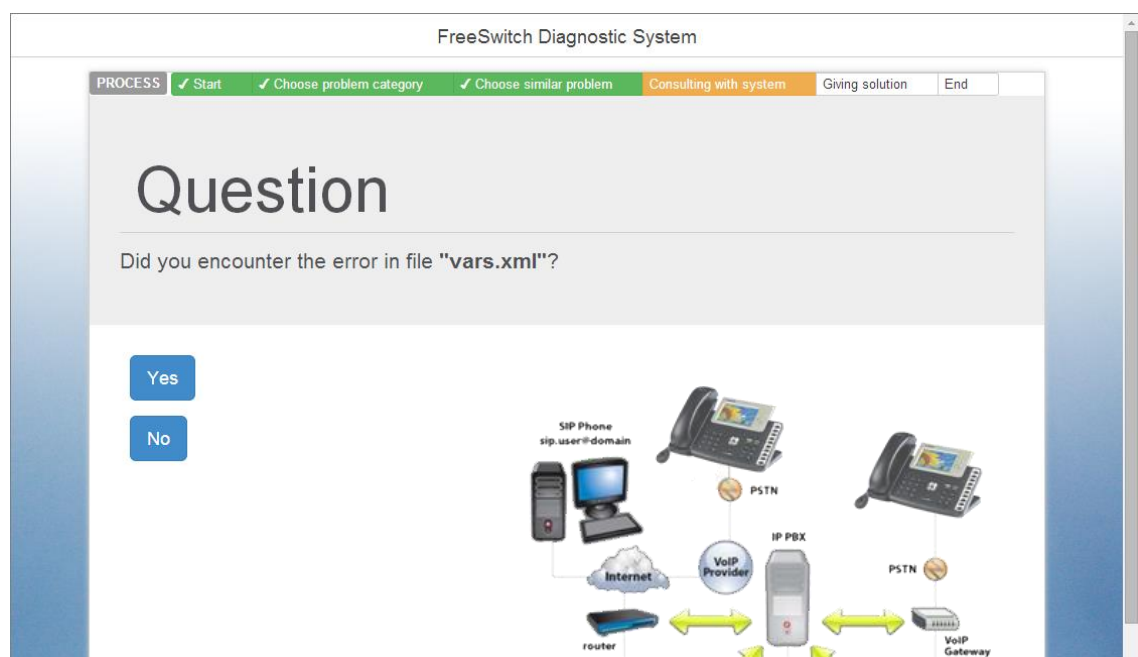


รูปที่ 4.13 หน้าจอแสดงปัญหาที่เกิดจากซอฟต์แวร์

หลังจากนั้นระบบจะเข้าสู่ขั้นตอนการถามตอบกับผู้ใช้ โดยผู้ใช้งานจะตอบคำถามต่างๆที่ระบบต้องการเพื่อใช้ในการวิเคราะห์และวินิจฉัย สมมติว่าปัญหาที่เกิดขึ้นมีลักษณะของ DNS failure (DNS ล้มเหลว) เป็นบางครั้งและพบข้อผิดพลาดภายใน vars.xml รูปที่ 4.14 และรูปที่ 4.15 แสดงหน้าจอการปฏิสัมพันธ์กับผู้ใช้

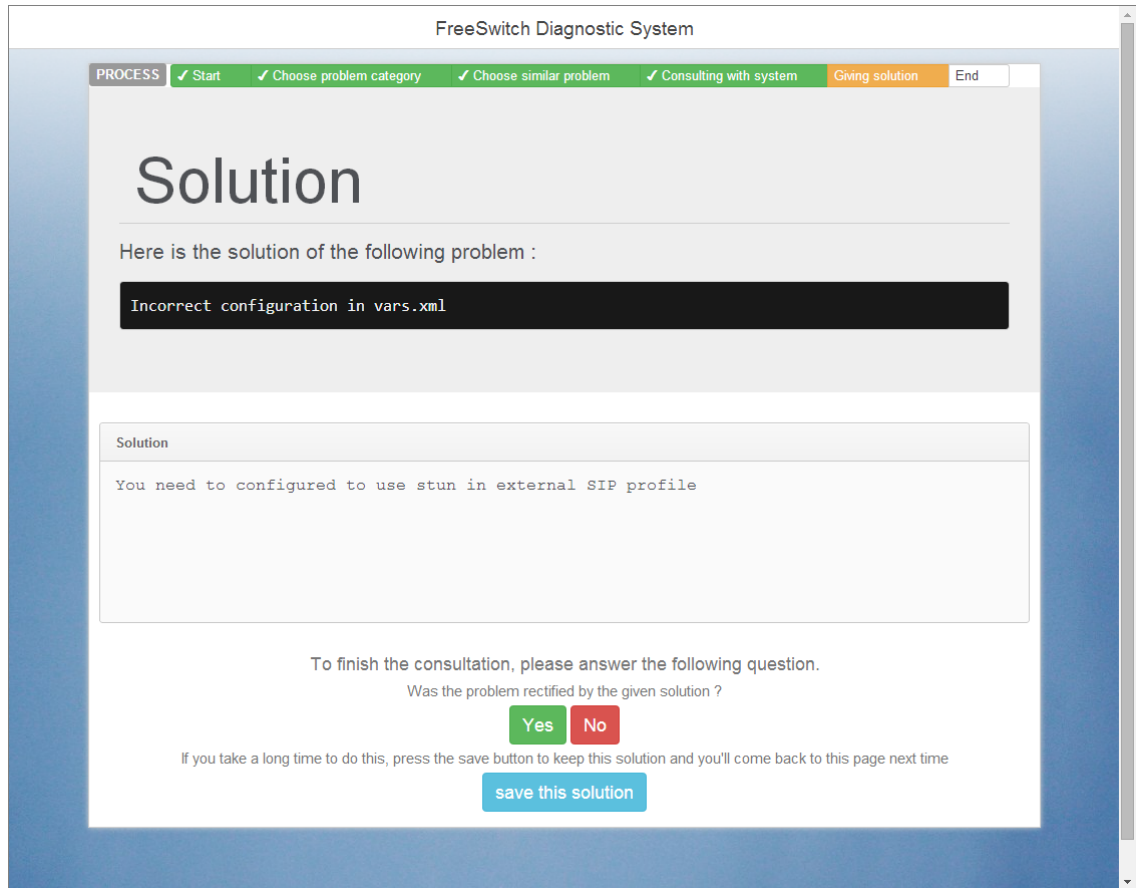


รูปที่ 4.14 หน้าจอแสดงคำถามจากระบบ



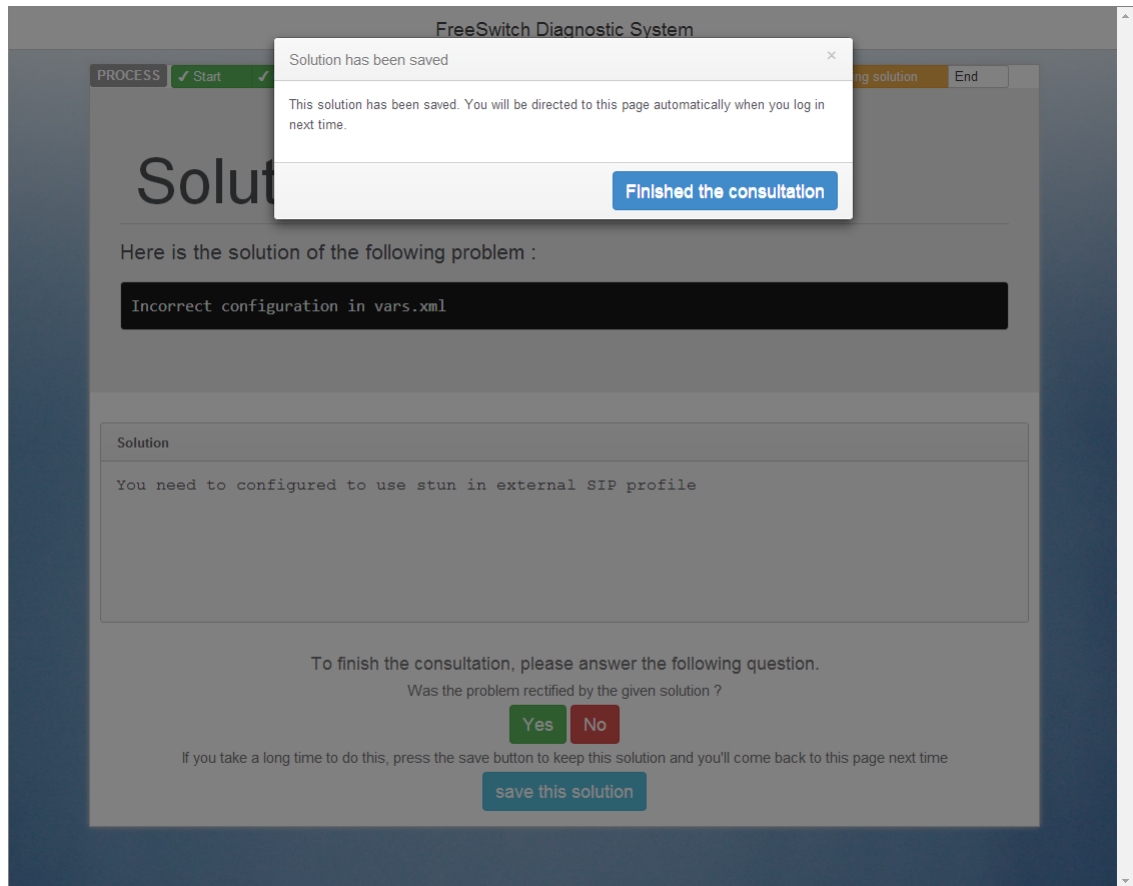
รูปที่ 4.15 หน้าจอแสดงคำถามจากระบบ (ต่อ)

เมื่อระบบสามารถวินิจฉัยสาเหตุของปัญหาได้ ระบบจะเสนอวิธีการแก้ปัญหาอย่างหนึ่งอย่างใด ออกมาตามรูปแบบการแก้ปัญหาแบบต่างๆดังที่กล่าวในหัวข้อ 4.2.2.1 ซึ่งในกรณีนี้ระบบสามารถเสนอวิธีแก้ปัญหามาได้ ดังรูปที่ 4.16

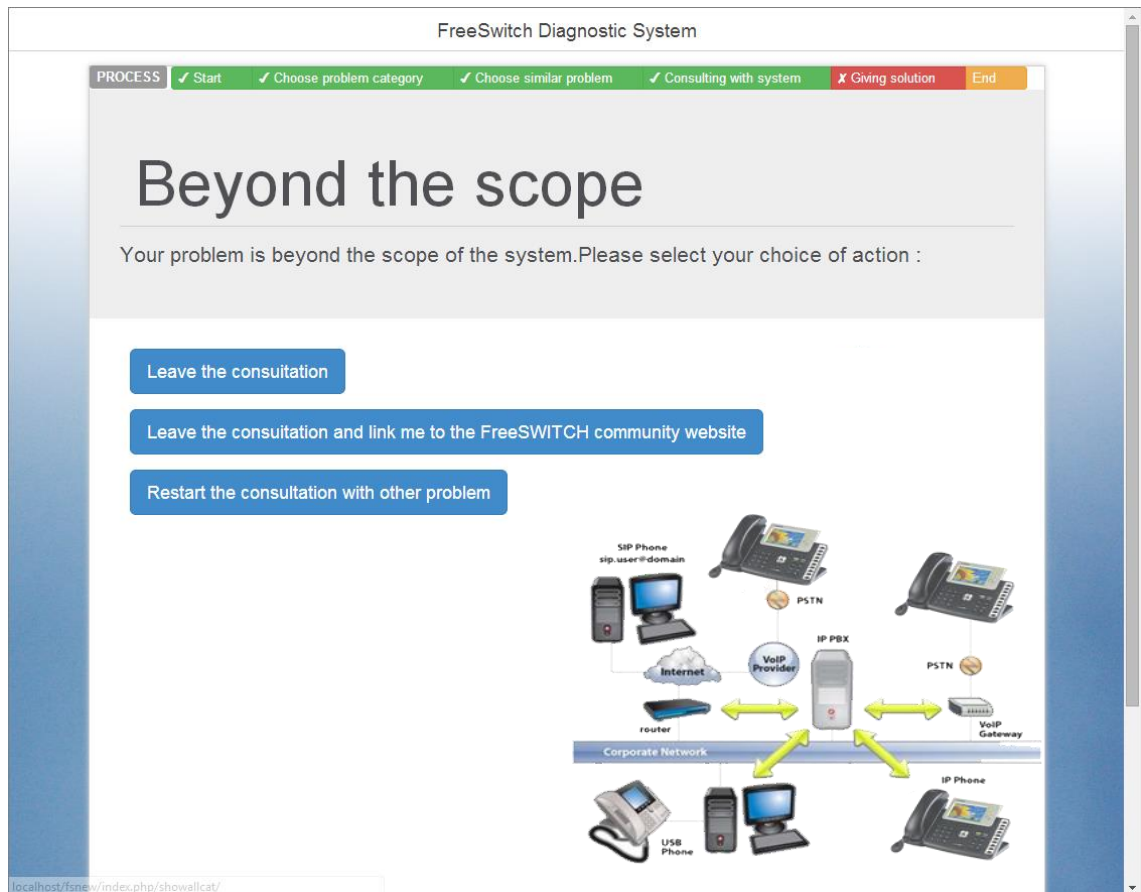


รูปที่ 4.16 หน้าจอแสดงคำแนะนำวิธีแก้ปัญหาจากระบบ

ผู้ใช้สามารถแก้ไขตามคำแนะนำจากระบบ แต่เนื่องจากการแก้ไขปัญหามักใช้เวลา หรือถ้าผู้ใช้ไม่สามารถแก้ปัญหาในทันทีได้ ระบบจะเสนอให้ผู้ใช้บันทึกวิธีแก้ปัญหานี้เอาไว้ซึ่งผู้ใช้สามารถกลับมายังหน้าวิธีการแก้ปัญหานี้ได้ด้วยการเข้าสู่ระบบครั้งต่อไป ดังรูปที่ 4.17 แต่ถ้าผู้ใช้สามารถแก้ปัญหาได้ทันที ระบบจะขอให้ตอบผลการใช้วิธีการแก้ปัญหานี้ว่าสามารถแก้ปัญหาได้หรือไม่ ถ้าได้ระบบก็จะสิ้นสุดการให้คำปรึกษา แต่ถ้าไม่ระบบจะให้คำแนะนำต่อไปโดยถ้าปัญหานี้มีวิธีแก้ปัญหาเพียงวิธีเดียวในระบบ ระบบจะเสนอแนวทางให้ผู้ใช้ดังรูปที่ 4.18 แต่ถ้าหากปัญหานี้มีวิธีแก้ปัญห่อื่นอีก ระบบจะนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาลัดไปมาให้กับผู้ใช้ โดยกลไกนี้จะอธิบายไว้ในบทที่ 5

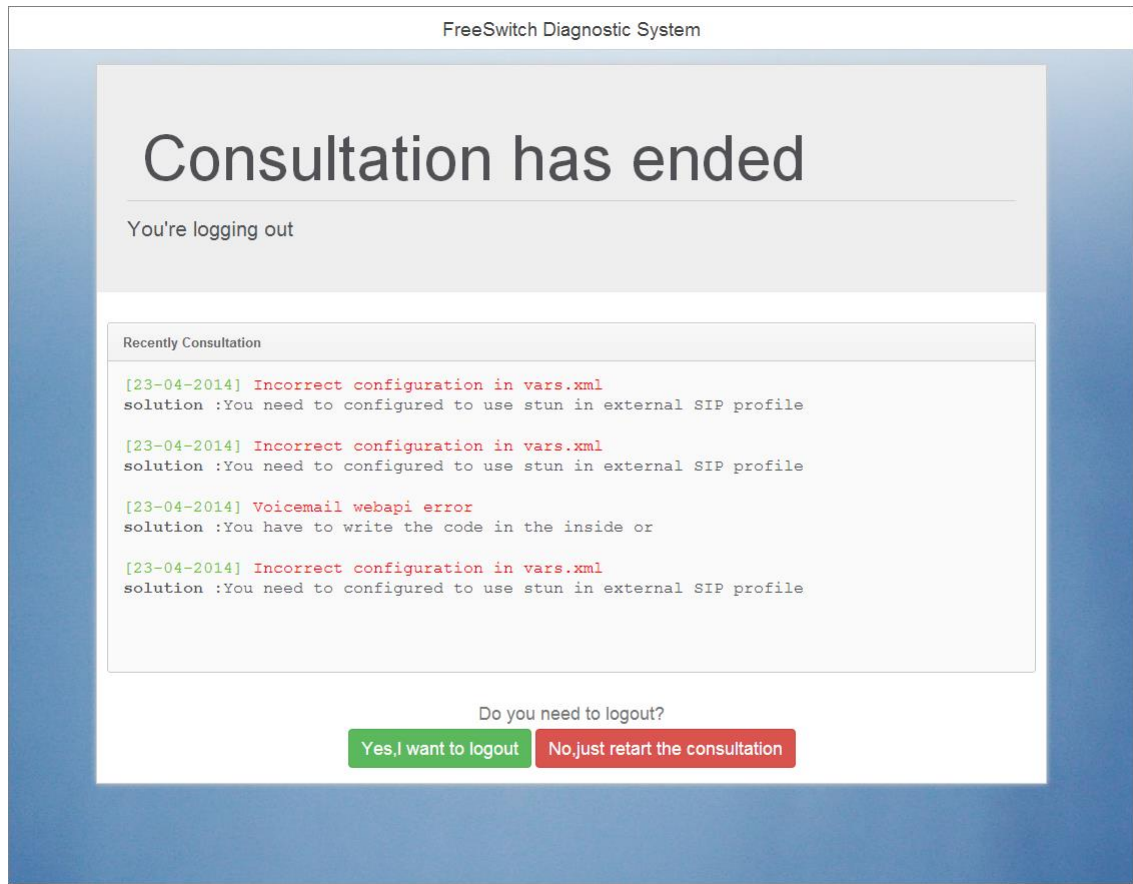


รูปที่ 4.17 หน้าจอหลังจากที่ผู้ใช้กดบันทึกคำแนะนำการแก้ปัญหาในกรณีที่ใช้เวลาแก้ปัญหาามาก



รูปที่ 4.18 หน้าจอแสดงคำแนะนำในกรณีที่ระบบไม่สามารถแสดงวิธีแก้ปัญหาคือ

เมื่อกระบวนการปรึกษาปัญหากับระบบสิ้นสุดลง ระบบจะแสดงหน้าจอสรุปการให้คำแนะนำให้กับผู้ใช้ และผู้ใช้สามารถออกจากระบบหรือสามารถกลับไปเริ่มต้นระบบใหม่ได้ ดังรูปที่ 4.19



รูปที่ 4.19 หน้าจอแสดงหน้าจอสรุปการให้คำแนะนำให้กับผู้ใช้ก่อนที่ผู้ใช้จะออกจากระบบ

ตัวอย่างการใช้งานที่แสดงในบทนี้อธิบายขั้นตอนการทำงานของระบบที่มีวิธีแก้ปัญหาเพียงวิธีเดียว ในการให้คำแนะนำกรณีที่มีวิธีแก้ปัญหามากกว่า 1 วิธี ขอกล่าวถึงในบทที่ 5

บทที่ 5

เทคนิควิธีนำเสนอปัญหาที่มีวิธีแก้ไขมากกว่าหนึ่งวิธี

ในการแก้ไขปัญหาโดยผู้เชี่ยวชาญโดยเฉพาะปัญหาการติดตั้งระบบ VoIP อาจจะมีวิธีการแก้ปัญหามากกว่า 1 วิธี เนื่องจากสภาพแวดล้อมของระบบและรายละเอียดตั้งค่าต่างๆที่อาจแตกต่างกัน การวินิจฉัยโดยใช้ค่าทุกค่าและรายละเอียดของสภาพแวดล้อมของอุปกรณ์ หรือซอฟต์แวร์อื่นๆที่ใช้งานร่วมอยู่ด้วยไม่สามารถทำได้ หรือทำให้เกิดความยุ่งยากและใช้เวลานาน ดังนั้นการเสนอวิธีการแก้ปัญหามีที่สามารถแก้ไขปัญหาก็หลายวิธีเพื่อความสะดวกและรวดเร็วผู้เชี่ยวชาญจึงต้องตัดสินใจเลือกวิธีใดวิธีหนึ่งที่คาดว่าจะแก้ไขปัญหาก็ก่อน หากวิธีที่เลือกใช้ไปแล้วนั้นไม่ประสบความสำเร็จ วิธีแก้ปัญหาลักษณะอื่นๆจะถูกนำมาพิจารณา จนกระทั่งปัญหานั้นสามารถถูกแก้ไขหรือทุกๆวิธีได้ถูกลองใช้แล้ว

ในระบบผู้เชี่ยวชาญเพื่อแก้ปัญหา FreeSWITCH นี้ได้ใช้วิธีนำเสนอวิธีแก้ปัญหามากกว่า 1 วิธีเพื่อลดความยุ่งยากที่เกิดจากการวินิจฉัยปัญหาด้วยการตรวจสอบค่าจำนวนมาก การนำเสนอวิธีการแก้ปัญหานั้นสามารถทำได้หลายแนวทางเช่น เลือกวิธีที่มีขั้นตอนน้อยที่สุดออกมาก่อน หรือเลือกวิธีที่ใช้เวลาแก้ไขเร็วที่สุดออกมาก่อน เป็นต้น ซึ่งในระบบแก้ไขปัญห FreeSWITCH นี้ ระบบจะทำการเลือกวิธีการแก้ปัญหาก็เคยมีผู้นำไปใช้แล้วประสบความสำเร็จมากที่สุดขึ้นมาแสดงผลก่อน บนสมมติฐานว่าวิธีการนั้นสามารถนำไปใช้กับระบบที่มีการตั้งค่าส่วนใหญ่ได้ อย่างไรก็ตามแนวทางนี้ไม่สามารถรับประกันได้ว่าจะเป็นวิธีที่ดีที่สุด เนื่องจากปัญหาอาจเกิดขึ้นปัจจัยที่ต่างจากปัญหาต่างๆไป จึงพอสรุปได้ว่าในปัญหาที่มีวิธีแก้ไขมากกว่า 1 วิธี ไม่สามารถกำหนดล่วงหน้าได้ว่าวิธีแก้ปัญหาคือวิธีแก้ปัญหาก็เหมาะสมที่สุด (ยกเว้นได้รับการตรวจสอบทุกๆค่าพารามิเตอร์, สภาพแวดล้อม ซึ่งทำไม่ได้ในทางปฏิบัติ และผู้ใช้ระบบอาจไม่สามารถบอกคำตอบเหล่านี้ได้) ในระบบที่พัฒนาขึ้นได้นำเทคนิคการเลือก (Selection) ที่ใช้ในการประมวลผลเชิงวิวัฒนาการ (Evolutionary Computation) ที่เรียกว่า Roulette Wheel Selection [50] มาประยุกต์ใช้

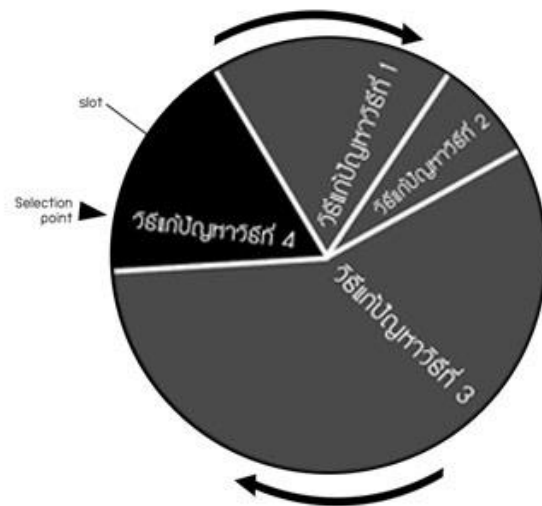
5.1 การนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุดด้วย Roulette Wheel Selection

การนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุดนั้นต้องมีกระบวนการคัดเลือกเพื่อหาวิธีการที่ดีที่สุดมาแสดงผลให้กับผู้ใช้ หากวิธีการนั้นใช้แก้ปัญหาไม่สำเร็จ ระบบจะค้นหาวิธีการที่ดีที่สุดที่เหลืออยู่ในลำดับถัดไป ดังนั้นระบบการเลือกวิธีการแก้ปัญหาจะต้องมีการปรับโอกาสที่จะถูกเลือกของแต่ละวิธีให้เหมาะสมด้วยการปรับลดโอกาสที่จะถูกเลือกของวิธีที่แก้ปัญหาไม่สำเร็จให้ลดลง และเพิ่มโอกาสกับวิธีการที่สำเร็จให้มีความน่าจะเป็นที่จะถูกเลือกมากขึ้น

โดยหลักการแล้ววิธีที่นิยมใช้มากที่สุดควรจะได้รับโอกาสเลือกก่อน และวิธีแก้ปัญหาวิธีหนึ่งถูกนำเสนอไปแล้วแต่ไม่ประสบความสำเร็จ โอกาสที่วิธีนั้นจะถูกเลือกในคราวต่อไปน่าจะลดลงโดยที่โอกาสของวิธีอื่นๆที่ยังไม่ได้ถูกเลือกน่าจะเพิ่มขึ้น

5.2 Roulette Wheel Selection

Roulette Wheel Selection เป็นเทคนิคการคัดเลือกแบบหนึ่งที่นิยมใช้ใน Evolutionary Computation [50] ที่สามารถเปรียบได้กับวงล้อ Roulette แต่มีช่อง Slot ซึ่งมีขนาดไม่เท่ากัน (แต่วงล้อ Roulette ของจริงจะมีขนาด slot เท่ากันหมด) โดยช่อง Slot ที่มีขนาดใหญ่ที่สุดเปรียบเทียบกับวิธีการแก้ปัญหาที่มีโอกาสแก้ไขปัญหามาก ดังนั้นจึงมีโอกาสถูกเลือกมาสูง ในขณะที่ช่อง Slot ที่มีขนาดเล็กเปรียบเทียบกับวิธีการแก้ปัญหาที่มีโอกาสแก้ไขปัญหาน้อยกว่า ดังนั้นจึงมีโอกาสถูกเลือกน้อยกว่า ขนาดของ Slot ของวงล้อ Roulette แต่ละช่องจะถูกกำหนดจากอัตราส่วนของความสำเร็จในการนำไปใช้แก้ปัญหามาของแต่ละวิธีการกับความสำเร็จรวมของทุกวิธีการ ในการคัดเลือกจะทำการกำหนดจุดคงที่หนึ่งจุดแล้วหมุนวงล้อ Roulette โดยการสุ่ม เมื่อวงล้อ Roulette หยุดที่จุดใด วิธีการแก้ปัญหาก็ถูกแทนโดย Slot ช่องนั้นจะถูกคัดเลือกมานำเสนอ ถ้าหากวิธีแก้ปัญหานั้นไม่สามารถแก้ปัญหามาได้ ขนาดของ slot (ซึ่งหมายถึงโอกาสที่จะถูกคัดเลือก) จะถูกปรับให้เล็กลงตามความเหมาะสม แล้วทำการหมุนวงล้อสุ่มต่อไปอีกครั้งโดยที่ไม่นำ slot เก่าที่ไม่สามารถแก้ปัญหามาพิจารณาเพื่อเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุดในการที่เหลือ ลักษณะของ Roulette Wheel Selection แสดงดังรูปที่ 5.1



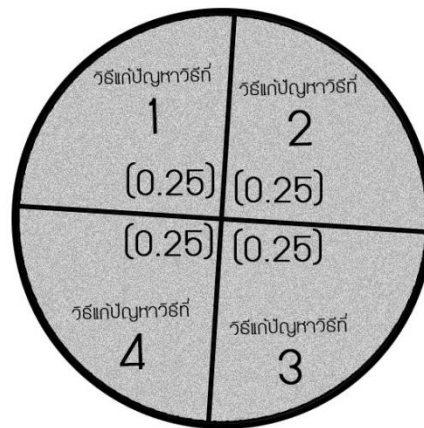
รูปที่ 5.1 ลักษณะของ Roulette Wheel วิธีแก้ปัญหาแต่ละวิธีมีโอกาสถูกเลือกไม่เท่ากัน

5.3 ขั้นตอนการเลือกวิธีการแก้ปัญหาและวิธีการปรับโอกาสของตัวเลือก

ในขั้นตอนแรกหลังจากผู้ได้ปรึกษากับระบบและมีวิธีแก้ปัญหาที่มากกว่า 1 วิธีแล้ว ระบบทำการคำนวณหาโอกาสที่จะถูกเลือกของแต่ละวิธี หากวิธีการเหล่านั้นยังไม่เคยถูกใช้งาน หรือไม่ทราบว่าใช้แก้ปัญหาได้หรือไม่ ทุกๆวิธีแก้ปัญหามีโอกาสที่จะถูกเลือกเท่ากันหมดและคะแนนของแต่ละวิธีจะเป็น 1 เท่ากันหมด สมมติว่าปัญหาหนึ่งมีทางเลือก 4 วิธี ตารางที่ 5.1 แสดงถึงโอกาสที่แต่ละวิธีจะถูกคัดเลือก รูปที่ 5.2 สะท้อนให้เห็นถึงโอกาสที่จะถูกเลือกในลักษณะ Roulette Wheel Selection เมื่อวิธีแก้ปัญหาวิธีที่ 3 สามารถใช้แก้ปัญหาได้

ตารางที่ 5.1 โอกาสที่จะถูกเลือกของวิธีการแก้ปัญหาในตอนเริ่มต้นกรณีที่วิธีแก้ปัญหามี 4 วิธี

วิธีแก้ปัญหา	คะแนน	โอกาสที่จะถูกเลือก
วิธีแก้ปัญหาวิธีที่ 1	1	0.25
วิธีแก้ปัญหาวิธีที่ 2	1	0.25
วิธีแก้ปัญหาวิธีที่ 3	1	0.25
วิธีแก้ปัญหาวิธีที่ 4	1	0.25



รูปที่ 5.2 ตัวอย่างขนาดของ slot (วิธีแก้ปัญหาวีรท์) ใน Roulette Wheel Selection ของทั้ง 4 วิธีในตอนเริ่มต้น

โอกาสที่จะถูกเลือกของวิธีแก้ปัญหาวีรท์แต่ละวิธีคำนวณจากสมการที่ 5.1

ให้ n = จำนวนวิธีแก้ปัญหาวีรท์
 x_i = วิธีการแก้ปัญหาวีรท์ของ i
 $Score\ x_i$ = คะแนนของวิธีการแก้ปัญหาวีรท์ของ i

$$P(x_i) = \frac{score\ x_i}{\sum_{i=1}^n Score\ x_i} \quad (5.1)$$

จากตารางที่ 5.1 โอกาสที่จะถูกเลือกของวิธีแก้ปัญหาวีรท์ที่ 1 สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\begin{aligned} P(x_1) &= \frac{score\ x_1}{\sum_{i=1}^4 Score\ x_i} \\ &= \frac{1}{4}(0.25) \end{aligned}$$

ดังนั้นโอกาสที่จะถูกเลือกของวิธีแก้ปัญหาวีรท์ที่ 1 เท่ากับ 0.25 เช่นเดียวกับวิธีแก้ปัญหาวีรท์อื่นๆ

หลังจากคำนวณหาโอกาสที่จะถูกเลือกของทุกๆวิธีแก้ปัญหาวีรท์แล้ว ระบบทำการสุ่มเลือก ซึ่งเปรียบเสมือนการหมุนวงล้อ Roulette โดยสมมุติให้วิธีแก้ปัญหาวีรท์ที่ 3 ถูกเลือก

ในขั้นตอนของการอัปเดตโอกาสที่จะถูกเลือกของวิธีแก้ปัญหาวีรท์ หากวิธีการที่ถูกนำเสนอสามารถแก้ไขปัญหาวีรท์ได้ (โดยผู้ใช้กลับมายืนยันกับกับระบบ) ระบบจะเพิ่มคะแนนให้กับวิธีแก้ปัญหานี้ 1 คะแนน เพื่อให้เพิ่มโอกาสที่วิธีการนี้จะถูกนำเสนอในการวินิจฉัยครั้งต่อไปสูงขึ้น ดังแสดงในตารางที่ 5.2 และรูปที่ 5.3 โดยสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 5.1 ดังนี้

$$P(x_3) = \frac{score\ x_3}{\sum_{i=1}^4 Score\ x_i}$$

$$= \frac{2}{5} (0.40)$$

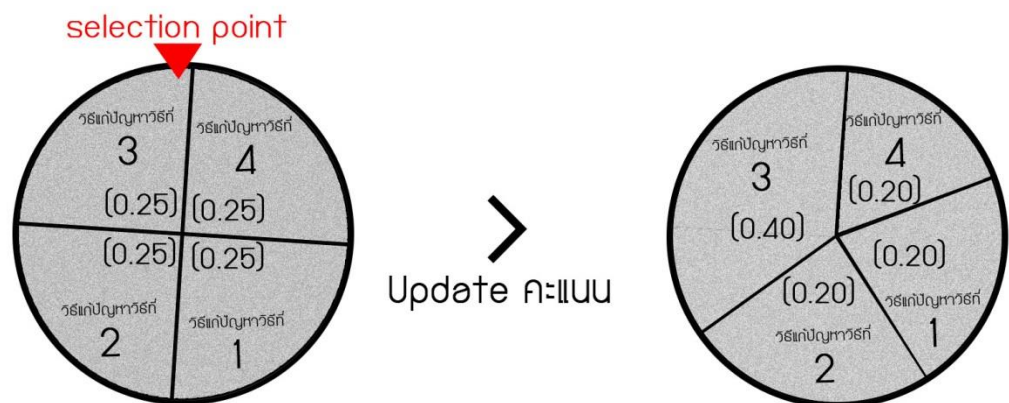
ดังนั้นโอกาสที่จะถูกเลือกของวิธีแก้ปัญหาวีธีที่ 3 เท่ากับ 0.40 ในขณะที่โอกาสที่จะถูกเลือกของวิธีแก้ปัญหาวีธีที่เหลือสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$P(x_1) = P(x_2) = P(x_4) = \frac{\text{score } x_{1,2,4}}{\sum_{i=1}^4 \text{Score } x_i} = \frac{1}{5} (0.20)$$

ดังนั้นโอกาสที่จะถูกเลือกของวิธีแก้ปัญหาวีธีที่ 1,2 และ 4 เท่ากับ 0.20

ตารางที่ 5.2 โอกาสที่จะถูกเลือกของวิธีการแก้ปัญหาวีธีที่ 3 หลังจากวิธีการแก้ปัญหาวีธีที่ 3 สามารถใช้แก้ปัญหาก็ได้

วิธีแก้ปัญหาวีธี	คะแนน	โอกาสที่จะถูกเลือก
วิธีแก้ปัญหาวีธีที่ 1	1	0.20
วิธีแก้ปัญหาวีธีที่ 2	1	0.20
วิธีแก้ปัญหาวีธีที่ 3	2	0.40
วิธีแก้ปัญหาวีธีที่ 4	1	0.20



รูปที่ 5.3 การ Update โอกาสที่จะถูกเลือกของวิธีแก้ปัญหาวีธีที่ 3 หลังจากวิธีแก้ปัญหาวีธีที่ 3 สามารถใช้แก้ปัญหาก็ได้

แต่ในทางกลับกัน ถ้าหากวิธีการที่ถูกนำเสนอไม่สามารถแก้ไขปัญหาได้ ระบบจะเพิ่มคะแนนให้กับวิธีแก้ปัญหานั้นๆ ที่เหลือ เพื่อให้เป็นการลดโอกาสที่วิธีการนี้จะถูกนำเสนอเป็นอันดับแรกในการวินิจฉัยครั้งต่อไป ดังแสดงในตารางที่ 5.3 และรูปที่ 5.4 โดยสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 5.1 ดังนี้

$$P(x_3) = \frac{score_{x_3}}{\sum_{i=1}^4 Score_{x_i}} = \frac{1}{7} (0.13)$$

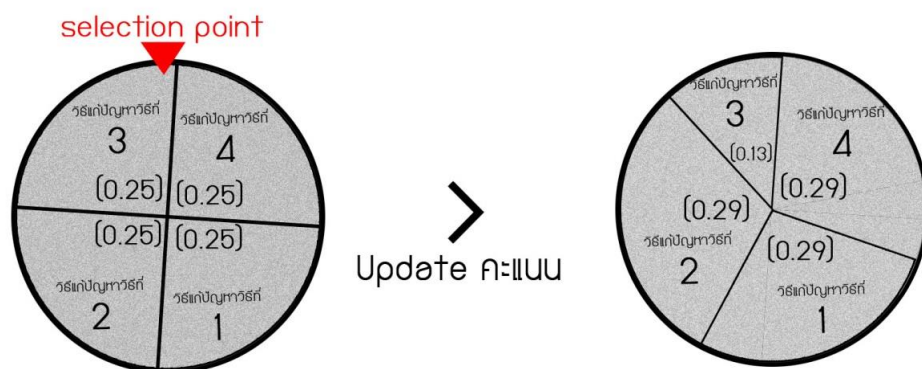
ดังนั้นโอกาสที่จะถูกเลือกของวิธีแก้ปัญหาวีธีที่ 3 เท่ากับ 0.13 ในขณะที่โอกาสที่จะถูกเลือกของวิธีแก้ปัญหาวีธีที่เหลือสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$P(x_1) = P(x_2) = P(x_4) = \frac{score_{x_{1,2,4}}}{\sum_{i=1}^4 Score_{x_i}} = \frac{2}{7} (0.29)$$

ดังนั้นโอกาสที่จะถูกเลือกของวิธีแก้ปัญหาวีธีที่ 1, 2 และ 4 เท่ากับ 0.29

ตารางที่ 5.3 โอกาสที่จะถูกเลือกของวิธีการแก้ปัญหาวีธีที่ 3 หลังจากวิธีการแก้ปัญหาวีธีที่ 3 ไม่สามารถใช้แก้ปัญหาก็

วิธีแก้ปัญหาวีธี	คะแนน	โอกาสที่จะถูกเลือก
วิธีแก้ปัญหาวีธีที่ 1	2	0.29
วิธีแก้ปัญหาวีธีที่ 2	2	0.29
วิธีแก้ปัญหาวีธีที่ 3	1	0.13
วิธีแก้ปัญหาวีธีที่ 4	2	0.29



รูปที่ 5.4 การ Update โอกาสที่จะถูกเลือกของวิธีแก้ปัญหาวีธีที่ 3 หลังจากวิธีแก้ปัญหาวีธีที่ 3 ไม่สามารถใช้แก้ปัญหาก็

ด้วยวิธีการการปรับคะแนนให้เพิ่มขึ้นหรือลดลงเมื่อวิธีการนั้นๆสามารถแก้ปัญหาได้หรือไม่ได้ การปรับคะแนนเพิ่มให้กับวิธีการอื่นๆจะเป็นการลดโอกาสที่จะถูกเลือกของวิธีการที่ไม่สามารถแก้ปัญหาได้ในทางอ้อมนั้นทำให้ระบบสามารถสุ่มเพื่อแสดงวิธีการที่สามารถใช้แก้ปัญหาให้คนส่วนใหญ่ได้ก่อน และลดโอกาสที่วิธีที่ใช้แก้ปัญหาได้น้อยให้แสดงผลได้น้อยลง แต่อย่างไรก็ตามวิธีที่ไม่สามารถแก้ปัญหาได้ในสถานการณ์หนึ่งไม่ได้หมายความว่าวิธีการนั้นจะใช้ไม่ได้ตลอดไป เพียงแต่ระบบจะเปิดโอกาสให้วิธีการที่มีแนวโน้มว่าสามารถแก้ไขปัญหานั้นได้ขึ้นมาก่อน

5.4 ตัวอย่างการแก้ปัญหากรณีที่มีวิธีแก้ปัญหามากกว่า 1 วิธี

จากตัวอย่างในหัวข้อที่ 4.4 เป็นการแสดงตัวอย่างการแก้ปัญหามีวิธีแก้ไขเพียงวิธีเดียวโดยหลังจากผู้ใช้ตอบผลการใช้วิธีการแก้ปัญหว่าสามารถแก้ปัญหาได้หรือไม่หรือไม่ได้ระบบจะจบการทำงาน แต่ถ้าหากปัญหานั้นๆมีวิธีแก้ไขมากกว่า 1 วิธี ระบบจะทำการเลือกวิธีแก้ไขปัญหานั้นมาแสดงด้วยกลไกของ Roulette Wheel Selection ดังรูปที่ 5.5

The screenshot shows the 'FreeSwitch Diagnostic System' interface. At the top, a progress bar indicates the steps: PROCESS, Start, Choose problem category, Choose similar problem, Consulting with system, Giving solution, and End. The main heading is 'Solution'. Below it, the text says 'Here is the solution of the following problem :'. The problem is displayed in a black box: 'Cannot install as a Win32 Service'. Under the 'Solution' section, it says 'Use the command : fs_cli> shutdown'. At the bottom, there is a question: 'To finish the consultation, please answer the following question. Was the problem rectified by the given solution ?'. There are two buttons: 'Yes' (green) and 'No' (red). Below these buttons, a note says: 'If you take a long time to do this, press the save button to keep this solution and you'll come back to this page next time'. There is a 'save this solution' button.

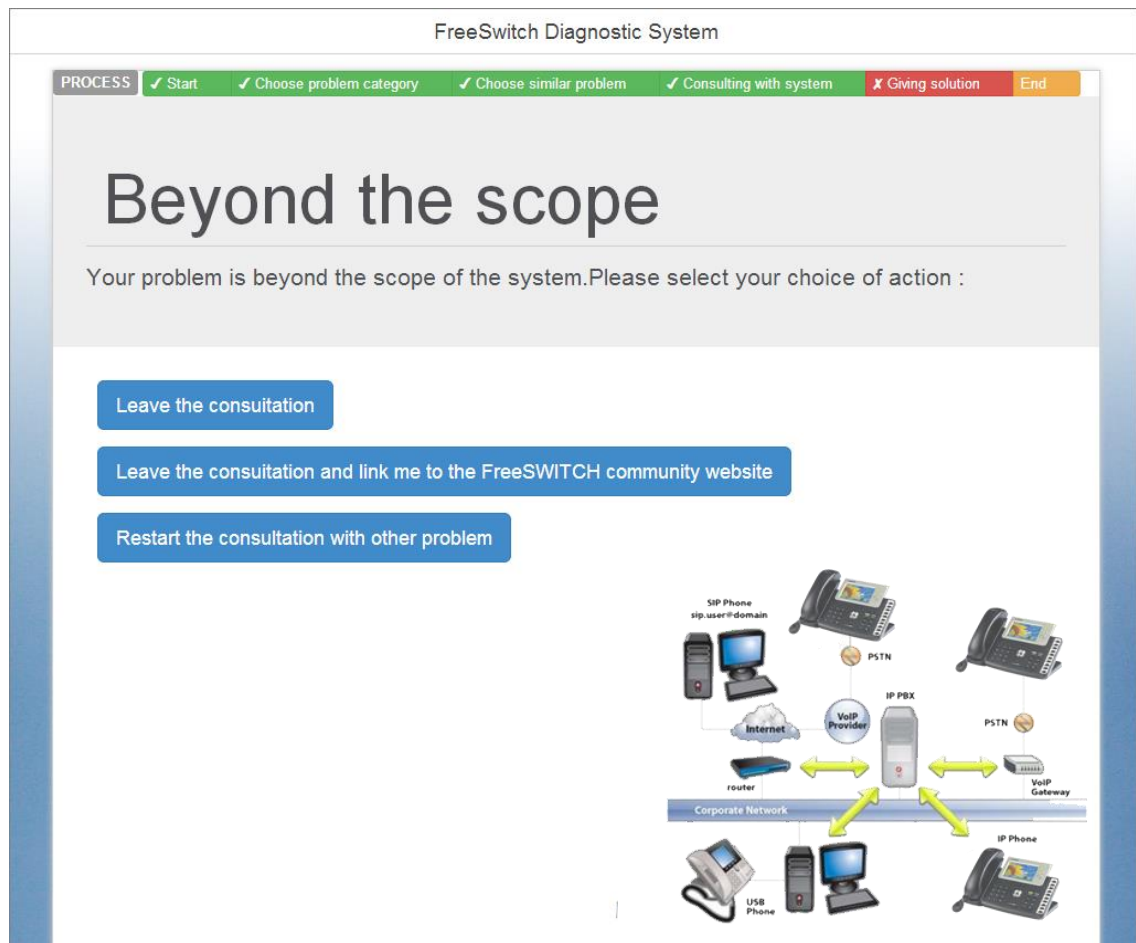
รูปที่ 5.5 วิธีแก้ปัญหาระบบแสดงผลจากการเลือกด้วย Roulette Wheel Selection

หากวิธีแก้ปัญหานี้สามารถใช้แก้ปัญหาได้ (ผู้ใช้งานเป็นผู้ยืนยัน) ระบบจะทำการอัปเดตค่าเพื่อเพิ่มโอกาสที่วิธีแก้ปัญหานี้จะถูกนำเสนอในลำดับแรกๆมากขึ้น แต่ถ้าหากวิธีแก้ปัญหานี้ไม่สามารถใช้แก้ปัญหาได้ ระบบจะทำการอัปเดตค่าเพื่อลดโอกาสที่วิธีแก้ปัญหานี้จะถูกนำเสนอ และทำการเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เหลือในระบบขึ้นมามีด้วยเทคนิค Roulette Wheel Selection เช่นเดิม โดยที่วิธีแก้ปัญหานี้จะไม่ถูกนำมาพิจารณาดังรูปที่ 5.6

The screenshot shows the 'FreeSwitch Diagnostic System' interface. At the top, there is a progress bar with steps: 'PROCESS', 'Start', 'Choose problem category', 'Choose similar problem', 'Consulting with system', 'Giving solution', and 'End'. The 'Giving solution' step is currently active. Below the progress bar, the word 'Solution' is displayed in large text. Underneath, it says 'Here is the solution of the following problem :'. A black box contains the problem description: 'Cannot install as a Win32 Service'. Below this, a box labeled 'Solution' contains the text: 'Try to set high priority to freeswitch daemon with the option -hp'. At the bottom, there is a question: 'To finish the consultation, please answer the following question. Was the problem rectified by the given solution ?'. There are two buttons: 'Yes' (green) and 'No' (red). Below these buttons, there is a note: 'If you take a long time to do this, press the save button to keep this solution and you'll come back to this page next time'. A blue button labeled 'save this solution' is at the bottom.

รูปที่ 5.6 วิธีแก้ปัญหาลูกอื่น ๆ ที่ถูกสุ่มเลือกหลังจากวิธีการแก้ปัญหาก่อนหน้าไม่สามารถใช้แก้ปัญหาได้

ระบบจะทำการบันทึกการนี้เข้าจนกระทั่งพบวิธีการที่ผู้ยืนยันว่าใช้แก้ปัญหาได้ระบบจะสิ้นสุดการให้คำแนะนำ หรือจนกระทั่งทุกวิธีแก้ปัญหาก็ถูกนำเสนอไปแล้วระบบจะแนะนำให้ผู้ใช้สอบถามปัญหาจากผู้เชี่ยวชาญจากเว็บบอร์ดผู้ใช้งาน FreeSWITCH และจบการทำงานดังรูปที่ 5.7



รูปที่ 5.7 การนำเสนอทางเลือกหลังจากระบบได้เสนอทุกวิธีแก้ปัญหาที่มีในระบบแต่ไม่สามารถใช้แก้ปัญหาได้

บทที่ 6

การทดสอบ, สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

ในการสรุปผลที่ได้จากการพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญการแก้ปัญหาการติดตั้ง FreeSWITCH สามารถแบ่งตามหัวข้อใหญ่ๆกล่าวคือ การทดสอบระบบที่พัฒนาขึ้น, สิ่งที่ได้รับจากงานวิจัย สิ่งที่ได้คิดค้นขึ้นและใช้ในงานวิจัย คุณลักษณะเฉพาะ และแนวทางในการพัฒนาในอนาคต

6.1 การทดสอบและประเมินซอฟต์แวร์

ดังที่กล่าวไว้ในบทที่ 2 ระบบผู้เชี่ยวชาญคือซอฟต์แวร์ที่รวบรวมเอาความรู้ ความชำนาญและวิธีคิดที่เป็นเหตุเป็นผลของมนุษย์นำมา สร้างเป็นฐานความรู้ และมีกลไกอนุมานที่ถูกพัฒนาบนพื้นฐานความรู้ด้านปัญญาประดิษฐ์โดยทำหน้าที่เป็นเสมือนผู้เชี่ยวชาญให้คำปรึกษา ให้คำแนะนำ บอกวิธีการแก้ไขปัญหาหรือแนะนำขั้นตอนต่างๆในแขนงหรือสาขาใดสาขาหนึ่ง ดังนั้นในการพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญจึงเกี่ยวข้องกับศาสตร์ของการพัฒนาซอฟต์แวร์ ปัจจุบันการทดสอบและประเมินผลซอฟต์แวร์ (Software Testing) เป็นขั้นตอนหนึ่งที่ถูกนำมาใช้เพื่อประเมินคุณภาพของซอฟต์แวร์ที่พัฒนาขึ้นซึ่งมีเทคนิค แนวทางการทดสอบ และรูปแบบการทดสอบดังต่อไปนี้

6.1.1 เทคนิคการทดสอบซอฟต์แวร์

เทคนิคการทดสอบซอฟต์แวร์มี 2 แบบหลักๆ คือ

1. **Black Box Testing** ; เทคนิคนี้เป็นการทดสอบซอฟต์แวร์โดยไม่คำนึงถึงคำสั่งภายในโปรแกรม เพียงแต่ทดสอบว่าฟังก์ชันต่างๆของซอฟต์แวร์สามารถทำงานได้อย่างถูกต้องตรงกับความต้องการหรือไม่
2. **White Box Testing** ; เทคนิคนี้เป็นการทดสอบซอฟต์แวร์โดยดูโครงสร้างของซอฟต์แวร์ว่าซอฟต์แวร์ทำงานได้ถูกต้องตามโครงสร้างที่พัฒนาขึ้นมาหรือไม่

6.1.2 แนวทางการทดสอบซอฟต์แวร์

แนวทางการทดสอบมีหลายวิธีการ [51] การประเมินคุณภาพของซอฟต์แวร์ตามคุณลักษณะต่างๆ จะสามารถสะท้อนถึงประสิทธิภาพของซอฟต์แวร์ได้ โดยรวมแล้วการทดสอบซอฟต์แวร์สามารถทำได้ตามมิติต่างๆดังนี้

1. reliability – ความน่าเชื่อถือ
2. efficiency – ประสิทธิภาพ
3. portability – ความสามารถในการเคลื่อนย้าย
4. maintainability – ความสามารถในการดูแลรักษา
5. compatibility – ความสามารถเข้ากันได้
6. usability – สามารถใช้ได้ง่ายเข้าใจได้ง่าย

6.1.3 รูปแบบการทดสอบซอฟต์แวร์

การทดสอบซอฟต์แวร์สามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภทคือ

1. การทดสอบแบบอัลฟา (Alpha Testing) ; แนวทางนี้จะดำเนินการทดสอบระบบด้วยการจำลองสภาพแวดล้อมขึ้นมา
2. การทดสอบแบบเบต้า (Beta Testing) ; แนวทางนี้จะให้ผู้ใช้งานจริงทำการทดสอบระบบบนสภาพแวดล้อมจริง และใช้ข้อมูลจริงในการทดสอบ

6.2 การทดสอบระบบที่พัฒนาขึ้น

ระบบผู้เชี่ยวชาญการแก้ปัญหาการติดตั้ง FreeSWITCH ที่พัฒนาขึ้นได้รับการทดสอบและประเมินผลจากผู้ทดสอบ 2 กลุ่ม โดยกลุ่มแรกคือผู้ทดสอบที่ไม่ใช่ผู้เชี่ยวชาญ FreeSWITCH จำนวน 12 คนซึ่งเป็นนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษาของคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสารสนเทศ จำนวน 7 คน และนักศึกษาระดับอุดมศึกษาของคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสารสนเทศ จำนวน 5 คน และกลุ่มที่สองคือผู้ทดสอบที่เป็นผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 คน

6.2.1 การทดสอบและประเมินผลระบบโดยผู้ทดสอบที่ไม่ใช่ผู้เชี่ยวชาญ FreeSWITCH

การทดสอบและประเมินความสามารถของระบบผู้เชี่ยวชาญการแก้ปัญหาการติดตั้ง FreeSWITCH โดยผู้ทดสอบจำนวน 12 คนที่ไม่ใช่ผู้เชี่ยวชาญ การทดสอบกระทำโดยการให้ผู้ทดสอบทำการติดตั้ง FreeSWITCH ตามคู่มือที่มีอยู่ในเว็บไซต์ FreeSWITCH ในระหว่างการติดตั้งหากพบปัญหาให้บันทึกปัญหาที่พบและใช้ระบบที่พัฒนาขึ้นเพื่อหาวิธีแก้ไขปัญหาที่พบ ผู้ทดสอบจะบันทึกผลการทดสอบลงในแบบสอบถาม (ภาคผนวก ก.1) ความรู้ด้าน VoIP และ FreeSWITCH ของผู้ทดสอบและผลการทดสอบทั้งหมดสามารถสรุปได้ตามตารางและแผนภูมิวงกลม ตารางที่ 6.1 และ 6.2 แสดงระดับความรู้ความสามารถของผู้ทดสอบ รูปที่ 6.1 และ 6.2 แสดงผลการติดตั้ง FreeSWITCH และการทดสอบและประเมินระบบ

ตารางที่ 6.1 ความรู้ด้านคอมพิวเตอร์เน็ตเวิร์คและ VoIP ของผู้ทดสอบระบบ

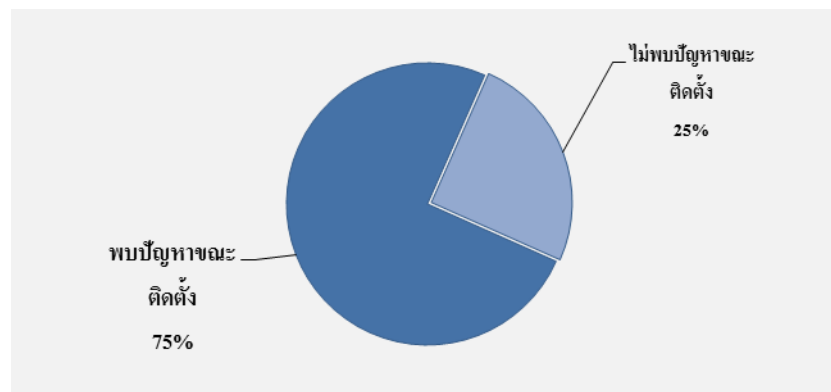
ความรู้ด้านคอมพิวเตอร์เน็ตเวิร์คและ VoIP	ดีมาก	ดี	พอใช้	รู้เรื่องเล็กน้อย	ไม่มีความรู้
จำนวนผู้ทดสอบ	0	3	6	3	0

จากตารางที่ 6.1 สรุปได้ว่าผู้ทดสอบทั้งหมดมีความรู้ด้านเน็ตเวิร์คและ VoIP มากเพียงพอในการติดตั้ง FreeSWITCH และเพียงพอในการตอบคำถามในระบบ

ตารางที่ 6.2 ความรู้ด้าน FreeSWITCH ของผู้ทดสอบระบบ

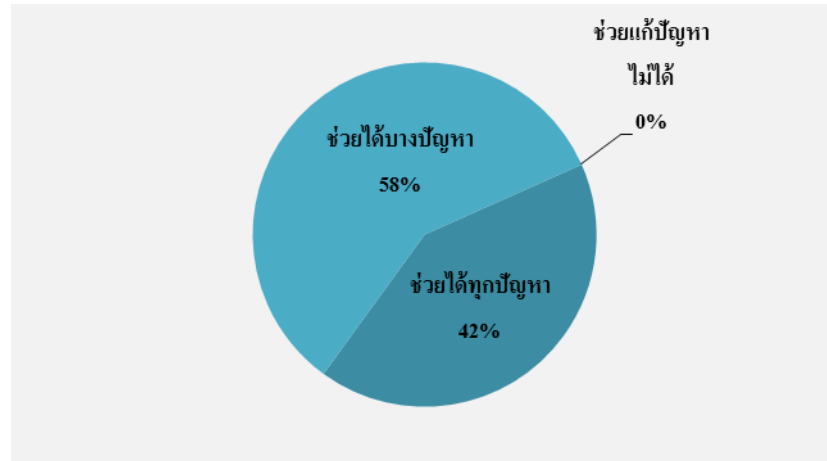
ความรู้ด้าน FreeSWITCH	ดีมาก	ดี	พอใช้	รู้เรื่องเล็กน้อย	ไม่มีความรู้
จำนวนผู้ทดสอบ	0	0	2	5	5

จากตารางที่ 6.2 สรุปได้ว่าผู้ทดสอบทั้งหมดไม่ได้เป็นผู้เชี่ยวชาญ FreeSWITCH ซึ่งเป็นผู้ใช้ที่อยู่ในขอบเขตและวัตถุประสงค์เพื่อให้ผู้ใช้ที่ไม่ใช่ผู้เชี่ยวชาญด้าน FreeSWITCH



รูปที่ 6.1 ผลทดสอบการติดตั้ง FreeSWITCH โดยผู้ทดสอบ

รูปที่ 6.1 เป็นผลทดสอบการติดตั้ง FreeSWITCH ของผู้ทดสอบทั้ง 12 คน พบว่า 9 คนหรือ 75% พบปัญหาขณะทำการติดตั้ง และ 3 คนหรือ 25% สามารถติดตั้งได้สำเร็จโดยปราศจากปัญหา



รูปที่ 6.2 ความเห็นของผู้ทดสอบในด้านความช่วยเหลือจากระบบที่พัฒนาขึ้นในการแก้ปัญหาการติดตั้ง FreeSWITCH

รูปที่ 6.2 เป็นความเห็นของผู้ทดสอบในด้านความช่วยเหลือจากระบบที่พัฒนาขึ้นในการแก้ปัญหาการติดตั้ง FreeSWITCH ของผู้ทดสอบทั้ง 12 คน พบว่า 7 คนหรือ 58% ให้ความเห็นว่าระบบผู้เชี่ยวชาญการแก้ปัญหาการติดตั้ง FreeSWITCH ที่พัฒนาขึ้นสามารถช่วยแก้ไขบางปัญหาได้ ในขณะที่ 5 คนหรือ 42% ให้ความเห็นว่าระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถช่วยแก้ไขได้ทุกปัญหา และไม่มีผู้ที่ระบุว่าระบบไม่สามารถช่วยแก้ไขปัญหาใดได้เลย สรุปได้ว่าการทดสอบและประเมินความสามารถของระบบโดยผู้ทดสอบที่ไม่ใช่ผู้เชี่ยวชาญ ระบบสามารถช่วยเหลือผู้ทดสอบในการแก้ไขปัญหาการติดตั้ง FreeSWITCH ได้ในระดับหนึ่ง อย่างไรก็ตามในกรณีที่ระบบไม่สามารถแก้ปัญหาได้ สถานการณ์เหล่านี้อาจเกิดจากความไม่เข้าใจในคำถามเนื่องมาจากความรู้ด้าน VoIP ในระดับน้อยของผู้ใช้ระบบก็เป็นได้

6.2.2 การทดสอบและประเมินผลระบบโดยผู้เชี่ยวชาญด้านคอมพิวเตอร์เน็ตเวิร์คและ VoIP, ด้านฐานข้อมูล และด้านการพัฒนาซอฟต์แวร์

การทดสอบและประเมินความสามารถของระบบผู้เชี่ยวชาญการแก้ปัญหาการติดตั้ง FreeSWITCH โดยผู้เชี่ยวชาญ 3 คนประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญด้านคอมพิวเตอร์เน็ตเวิร์คและ VoIP ผู้เชี่ยวชาญด้านการพัฒนาและทดสอบซอฟต์แวร์ และผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบและพัฒนาฐานข้อมูล การทดสอบและประเมินผลระบบกระทำโดยการให้ผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 คนทดลองใช้งานระบบด้วยการสุ่มเลือกปัญหาและได้ตอบกับระบบเพื่อวิเคราะห์ว่าระบบสามารถแนะนำวิธีแก้ไขปัญหาได้ถูกต้องและเหมาะสมหรือไม่ในมิติต่างๆต่อไปนี้

- ผู้เชี่ยวชาญด้านเน็ตเวิร์คและ VoIP ให้ความสำคัญในการติดตั้งและใช้งานระบบ VoIP ในมุมมองของผู้ติดตั้งและใช้งานระบบ VoIP ในการทำงานจริงว่าระบบสามารถแสดงปัญหาและแสดงวิธีการแก้ไขปัญหาได้เข้าใจและเหมาะสมหรือไม่
 - ผู้เชี่ยวชาญด้านการพัฒนาและทดสอบซอฟต์แวร์ให้ความสำคัญในการวิเคราะห์ซอฟต์แวร์ ในมุมมองของผู้วิเคราะห์ซอฟต์แวร์ว่าระบบสามารถทำงานได้ดีหรือไม่โดยทดสอบความเร็วในการประมวลผล ตรวจสอบหาข้อผิดพลาดของระบบและประเมินความยากง่ายในการใช้งานต่อผู้ใช้งานทั่วไป
 - ผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบและพัฒนาฐานข้อมูลให้ความสำคัญในมุมมองของผู้วิเคราะห์ฐานข้อมูล โดยตรวจสอบความถูกต้องและความเร็วในการดึงข้อมูลจากฐานข้อมูลมาใช้งาน
- ผลลัพธ์จากการทดสอบของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 คนได้แนบไว้ในภาคผนวก ก.2

6.3 สิ่งที่ได้รับและเรียนรู้จากการวิจัย

สิ่งที่ได้เรียนรู้จากงานวิจัยพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญการแก้ปัญหาการติดตั้ง FreeSWITCH สามารถสรุปได้ดังนี้

1. ระบบผู้เชี่ยวชาญสามารถนำมาใช้เพื่อให้คำแนะนำในการแก้ปัญหาการติดตั้ง FreeSWITCH ได้ โดยสามารถวินิจฉัยด้วยกลไกอนุมานและหาคำตอบมาให้กับผู้ที่ประสบปัญหาการติดตั้งได้ คล้ายคลึงกับผู้เชี่ยวชาญด้าน FreeSWITCH ที่เป็นมนุษย์ได้ระดับหนึ่ง
2. กลไกอนุมานที่เหมาะสมกับการแก้ปัญหาการติดตั้ง FreeSWITCH คือการอนุมานแบบไปข้างหน้า เนื่องจากจะต้องนำข้อมูลที่จำเป็นในการวินิจฉัยมาใช้เพื่อเลือกกฎที่เป็นคำตอบของปัญหา
3. การแทนความรู้ที่เหมาะสมในการจัดเก็บปัญหาและวิธีการแก้ปัญหาในระบบผู้เชี่ยวชาญการแก้ปัญหาการติดตั้ง FreeSWITCH คือรูปแบบเฟรม เนื่องจากโครงสร้างของปัญหาและวิธีการแก้ปัญหาที่มีรูปแบบที่ค่อนข้างตายตัว
4. เนื่องจากแหล่งของความรู้ที่นำมาใช้ในระบบผู้เชี่ยวชาญการแก้ปัญหาการติดตั้ง FreeSWITCH มาจาก 3 แหล่งคือหนังสือ, เว็บไซต์ทางการของผู้พัฒนา และเว็บบอร์ดถามตอบปัญหาของผู้ใช้งาน FreeSWITCH ดังนั้นวิธีการนำความรู้มาใส่ในระบบจึงแตกต่างกันตามลักษณะของแหล่งความรู้นั้นๆ

5. การพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญด้วยภาษาคอมพิวเตอร์โดยไม่ใช้โครงผู้เชี่ยวชาญสามารถทำได้ โดยมีข้อดีคือมีความยืดหยุ่นในการเพิ่มส่วนที่นอกเหนือจากที่โครงระบบผู้เชี่ยวชาญทั่วไปไม่ได้ง่ายกว่า แต่มีข้อเสียคือเสียเวลาในการพัฒนามาก และต้องการตรวจสอบความถูกต้องของส่วนต่างๆ โดยเฉพาะส่วนกลไกอนุมานก่อนนำไปใช้งานจริง

6. ระบบผู้เชี่ยวชาญการแก้ปัญหาการติดตั้ง FreeSWITCH ที่พัฒนาขึ้นนี้สามารถเป็นต้นแบบของการพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญเพื่อใช้แก้ปัญหาโปรแกรม VoIP อื่นๆซึ่งมีลักษณะคล้ายคลึงกัน

6.4 สิ่งที่ได้คิดค้นขึ้นในงานวิจัย

สิ่งที่ได้คิดค้นในงานวิจัยจะพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญการแก้ปัญหาการติดตั้ง FreeSWITCH สามารถสรุปได้ดังนี้

1. การคัดเลือกและสกัดความรู้จากแหล่งความรู้ที่แตกต่างกัน ในงานวิจัยนี้แบ่งแหล่งความรู้ออกเป็น 2 กลุ่มคือแหล่งความรู้ที่สร้างโดยผู้เชี่ยวชาญ FreeSWITCH ซึ่งประกอบด้วยหนังสือ FreeSWITCH และเว็บไซต์ทางการของผู้พัฒนา และแหล่งความรู้ที่สร้างโดยผู้ใช้งาน FreeSWITCH ที่ประสบปัญหาการใช้งานคือเว็บบอร์ดถามตอบปัญหาการใช้งาน FreeSWITCH หลักเกณฑ์และวิธีการคัดเลือกและสกัดความรู้ได้กล่าวไว้ในหัวข้อที่ 4.2.1

2. การใช้ระบบลงทะเบียนผู้ใช้งานเพื่อเก็บวิธีการแก้ปัญหาล่าสุดไว้ในกรณีที่มีการแก้ปัญหา คาดว่าจะใช้เวลามาก ทำให้ผู้ใช้สามารถกลับมาดูวิธีการแก้ปัญหาล่าสุดได้แม้ผู้ใช้จะปิดระบบไปแล้ว โดยไม่ต้องเริ่มปรึกษากับระบบใหม่ทั้งหมด

3. การใช้เทคนิควิธีนำเสนอปัญหาที่มีวิธีแก้ไขมากกว่าหนึ่งวิธีเพื่อเลียนแบบวิธีการจัดการการแก้ปัญหาของผู้เชี่ยวชาญด้านซอฟต์แวร์ VoIP เนื่องจากสภาพแวดล้อมของระบบและรายละเอียดตั้งค่าต่างๆที่อาจแตกต่างกัน การวินิจฉัยโดยใช้ค่าทุกค่าและรายละเอียดของสภาพแวดล้อมของอุปกรณ์หรือซอฟต์แวร์อื่นๆที่ใช้งานร่วมอยู่ด้วยไม่สามารถทำได้ หรือทำให้เกิดความยุ่งยากและใช้เวลานาน จึงนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุดด้วย Roulette Wheel Selection มาใช้เพื่อแสดงวิธีแก้ปัญหาก็ที่สามารถแก้ปัญหาได้ดีที่สุดกรณีที่วิธีแก้ไขปัญหามีมากกว่า 1 วิธี โดยอาศัยหลักการเพิ่มโอกาสที่จะถูกนำมาใช้แสดงผลให้กับวิธีแก้ปัญหาก็ที่สามารถแก้ปัญหาได้ ให้มากขึ้น และลดโอกาสที่จะถูกนำมาใช้แสดงผลให้กับวิธีแก้ปัญหาก็ที่ไม่สามารถแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่พบได้

6.5 คุณลักษณะเฉพาะที่พบในงานวิจัย

ในงานวิจัยและพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญการแก้ปัญหาการติดตั้ง FreeSWITCH นี้มีคุณลักษณะเฉพาะสามารถสรุปได้ดังนี้

1. ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับ FreeSWITCH อาจไม่ได้เกิดขึ้นจากปัญหาของ FreeSWITCH โดยตรง โดยอาจเกิดจากส่วนประกอบอื่นๆหรือสิ่งแวดล้อมของระบบ VoIP ดังนั้นงานวิจัยและพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญการแก้ปัญหาการติดตั้ง FreeSWITCH นี้จึงคัดเลือกเฉพาะปัญหาที่เกิดขึ้นในขณะที่ติดตั้ง FreeSWITCH และปัญหาที่พบบ่อยมาใช้เท่านั้น
2. เทคนิควิธีนำเสนอปัญหาที่มีวิธีแก้ไขมากกว่าหนึ่งวิธีจำเป็นต้องใช้คะแนนจากการให้คำตอบของผู้ใช้ว่าวิธีการแก้ปัญหานั้นๆสามารถนำไปใช้แก้ปัญหาได้หรือไม่ ระบบจึงต้องมีระบบจดจำผู้ใช้และบันทึกการให้คำปรึกษาล่าสุดไว้
3. เทคนิควิธีนำเสนอปัญหาที่มีวิธีแก้ไขมากกว่าหนึ่งวิธีจำเป็นต้องมีการให้คะแนนจากผู้ใช้งานเพียงพอจึงจะสามารถเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุดที่แท้จริงออกมาได้

6.6 แนวทางการพัฒนาในอนาคตและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยและพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญการแก้ปัญหาการติดตั้ง FreeSWITCH นี้ สามารถนำมาใช้เป็นต้นแบบในการพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญการแก้ปัญหา FreeSWITCH หรือซอฟต์แวร์อื่นๆในระบบ VoIP ได้ เพื่อให้ระบบมีประสิทธิภาพมากเพียงพอที่สามารถนำไปใช้งานจริงในอนาคต แนวทางการพัฒนาและข้อเสนอแนะต่างๆสามารถสรุปได้ดังนี้

1. ระบบที่สมบูรณ์ควรจะสามารถให้ผู้เชี่ยวชาญสามารถใส่ข้อมูลใหม่ หรืออัปเดตข้อมูลอย่างใดก็ได้ขึ้นตอนนี้ อาจหมายถึงผู้เพิ่มความรู้จำเป็นต้องรู้และเข้าใจถึงรูปแบบการแทนความรู้ และกลไกอนุมานบ้าง
2. ระบบที่สมบูรณ์อาจมีฐานความรู้ในระบบมากกว่านี้เพื่อให้สามารถปัญหาต่างๆให้ได้มากที่สุดซึ่งหมายถึงความรู้ทาง Hardware ของระบบ VoIP และซอฟต์แวร์ที่ทำงานร่วมกับ FreeSWITCH เป็นต้น
3. ระบบที่สมบูรณ์ควรจะมีการส่วนอธิบายเพื่อสร้างความไว้วางใจให้กับผู้ใช้และมีส่วนให้ความรู้ที่จำเป็นต่อผู้ใช้ ในการพัฒนาส่วนนี้อาจยุ่งยากเทียบเท่ากับการพัฒนาส่วนแก้ไขปัญหาการติดตั้ง FreeSWITCH