# บทที่ 7

## สรุปการวิจัยและข้อเสนอแนะ

### 7.1 บทนำ

ในบทสุดท้ายนี้จะเป็นการสรุปผลของการวิจัยซอฟท์แวร์เชิงประยุกต์ในระบบสกาดา เฉพาะในส่วนโครงสร้างข้อมูลและทาสก์ประยุกต์ รวมทั้งทาสก์บริวารบางส่วนที่ได้ทำการวิจัยมาตั้งแต่ต้น พร้อมทั้งนำเสนอข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในขั้นต่อไป

### 7.2 สรุปการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและหาประสบการณ์สำหรับงานซอฟท์แวร์เชิงประยุกต์ในระบบสกาดา ซึ่งเป็นลักษณะงานเชิงประยุกต์แบบเรียลไทม์ และเพื่อจัดทำเอกสารอ้างอิงที่จะเป็นข้อมูลหรือแนวทางในการปรับปรุงหรือพัฒนาซอฟท์แวร์เชิงประยุกต์ในระบบสกาดาต่อไป โดยการวิจัยจะมุ่งศึกษาซอฟท์แวร์เชิงประยุกต์เฉพาะในส่วนของระบบข้อมูลและกลุ่มทาสก์ประยุกต์

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย

ก. เอกสารอ้างอิงเท่าที่มีอยู่เดิม เอกสารเหล่านี้ได้แก่ คู่มือทางซอฟท์แวร์[7] และรายละเอียดซอฟท์แวร์ (software listing) เป็นต้น คู่มือทางซอฟท์แวร์ส่วนใหญ่เป็นความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับซอฟท์แวร์เชิงประยุกต์หรือเป็นคู่มือประกอบการบำรุงรักษาแฟ้มข้อมูลที่จำเป็นบางส่วนเท่านั้น ส่วนรายละเอียดซอฟท์แวร์เป็นรายละเอียดของทาสก์ประยุกต์ซึ่งส่วนใหญ่จัดทำขึ้นโดยใช้ภาษาเฉพาะ คือ ภาษาคอรอล 66

ข. ซอฟท์แวร์ในระบบสกาดา ตั้งแต่โปรแกรมควบคุมระบบ ทาสก์ประยุกต์ ทาสก์บริวาร จนถึงระบบข้อมูล ซึ่งมีส่วนในการศึกษา วิเคราะห์ และทดสอบซอฟท์แวร์เชิงประยุกต์ในระบบสกาดา

ค. อุปกรณ์ระบบคอมพิวเตอร์ของระบบสกาดา ซึ่งใช้เป็นเครื่องมือในการตรวจสอบหรือทดสอบการทำงานของซอฟท์แวร์เชิงประยุกต์

ผลการวิเคราะห์สรุปได้ดังนี้

1. จากการวิเคราะห์ระบบงานเชิงประยุกต์สำหรับงานควบคุมระบบไฟฟ้า เราได้แบ่งฝังงานของซอฟท์แวร์เชิงประยุกต์ที่รองรับงานควบคุมระบบไฟฟ้าออกเป็น 6 ฝังงาน (ดังรูปที่ 4.1-4.6) ได้แก่

- ฝังงานรับและวิเคราะห์ข้อมูลเหตุการณ์ในระบบไฟฟ้า
- ฝังงานแสดงผลและจัดทำรายงานข้อมูลเหตุการณ์
- ฝังงานจัดทำคำสั่งควบคุมการทำงานของอุปกรณ์
- ฝังงานรับและวิเคราะห์ข้อมูลค่าวัดต่าง ๆ ในระบบไฟฟ้า
- ฝังงานแสดงผลและจัดทำรายงานข้อมูลค่าวัด
- ฝังงานบันทึกข้อมูลประวัติเพื่องานทางด้านวิจัยและซ่อมบำรุง

2. การวิเคราะห์ได้แบ่งทาสก์ประยุกต์ที่มีบทบาทโดยตรงต่องานควบคุมระบบไฟฟ้าจำนวน 23 ทาสก์ ออกเป็น 9 กลุ่ม คือ

- กลุ่มทาสก์ควบคุมการรับส่งข้อมูลระหว่างศูนย์ควบคุมกับสถานีไฟฟ้าต่าง ๆ (จำนวน 2 ทาสก์)
- กลุ่มทาสก์วิเคราะห์ข้อมูลสถานะอุปกรณ์ (จำนวน 4 ทาสก์)
- กลุ่มทาสก์วิเคราะห์ข้อมูลค่าวัด (จำนวน 3 ทาสก์)
- กลุ่มทาสก์จัดทำคำสั่งควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ (จำนวน 2 ทาสก์)
- กลุ่มทาสก์ควบคุมการแสดงผลข้อมูลด้วยภาพ (จำนวน 2 ทาสก์)
- กลุ่มทาสก์จัดทำรายงานข้อมูลเหตุการณ์ (จำนวน 5 ทาสก์)
- กลุ่มทาสก์จัดทำรายงานข้อมูลค่าวัด (จำนวน 1 ทาสก์)
- กลุ่มทาสก์บันทึกข้อมูลประวัติ (จำนวน 2 ทาสก์)
- กลุ่มทาสก์เบ็ดเตล็ด (จำนวน 2 ทาสก์)

โดยมีเหตุผลในการจัดแบ่งตามหน้าที่หลักของแต่ละกลุ่มและลักษณะความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่ม ดังรูปที่ 5.1

3. การทำงานของทาสก์ต่าง ๆ เพื่อจัดทำงานหนึ่ง ๆ จะเริ่มต้นวงจรการทำงานที่ทาสก์ซึ่งอยู่ประจำภายในหน่วยความจำ (fixed task) แล้วทาสก์นี้จะเป็นผู้ส่งข้อมูลที่จำเป็นและให้สัญญาณเริ่มต้นการทำงานแก่ทาสก์ถัดไป ซึ่งจะส่งต่องานให้กับทาสก์อื่น ๆ ต่อไปเรื่อย ๆ จนกว่างานนั้นจะแล้วเสร็จ

4. ผลการวิเคราะห์ทาสก์ประยุกต์ต่าง ๆ แสดงในรูปของผังงานและลำดับขั้นตอนการทำงานของทาสก์ประยุกต์แต่ละทาสก์ตามที่ปรากฏในบทที่ 5

5. เนื่องจากการทำงานของทาสก์ประยุกต์เหล่านี้จะมีการส่งงานติดต่อกันเป็นทอด ๆ เรื่อยไปจนกว่างานจะเสร็จ ดังนั้นเพื่อให้การสื่อสารหรือการส่งถ่ายข้อมูลระหว่างทาสก์ทำได้สะดวกและรวดเร็ว ลดความสับสนของการเรียกใช้ข้อมูลร่วมกันของทาสก์ต่าง ๆ จึงต้องมีการกำหนดข้อมูลชนิดพิเศษที่เรียกว่า ข้อมูลเพื่อการสื่อสารระหว่างทาสก์ขึ้นสำหรับใช้ในงานติดต่อหรือส่งถ่ายข้อมูลระหว่างทาสก์ต่าง ๆ

6. ระบบข้อมูลในระบบสกาดา ประกอบด้วยข้อมูล 3 ประเภท คือ

- แท็มข้อมูล เป็นข้อมูลขนาดใหญ่เก็บอยู่ภายในดิสก์

- ข้อมูลร่วม เป็นข้อมูลขนาดเล็กมีความถี่ในการใช้งานสูง ต้องการความรวดเร็วในการเรียกใช้ข้อมูล จึงถูกนำไปเก็บไว้ภายในหน่วยความจำตลอดเวลาที่ระบบทำงาน

- ข้อมูลเพื่อการสื่อสารระหว่างทาสก์ สำหรับใช้ในการติดต่อหรือส่งถ่ายข้อมูลระหว่างทาสก์ต่าง ๆ สามารถแบ่งตามขนาดหรือลักษณะการใช้งานได้เป็น 3 ชนิดคือ

ก. คำผ่าน มีขนาด 1 คำ เก็บอยู่ภายในหน่วยความจำ ใช้เป็นข้อมูลกำหนดการเริ่มต้นการทำงานของทาสก์ต่าง ๆ

ข. ข้อมูลส่งผ่าน มีขนาด 15 คำ เก็บอยู่ภายในหน่วยความจำ อาจใช้เป็นข้อมูลกำหนดการเริ่มต้นการทำงานของทาสก์ต่าง ๆ

ค. ข้อมูลลำดับ เป็นข้อมูลที่มีขนาดค่อนข้างใหญ่ มีขนาดอยู่ระหว่าง 4-128 คำ มีการสำรองเนื้อที่ภายในหน่วยความจำไว้เก็บข้อมูลนี้บางส่วน ส่วนที่เหลือจะเก็บอยู่ภายในดิสก์

7. ผลการวิเคราะห์โครงสร้างข้อมูลและรายละเอียดข้อมูลของแท็มข้อมูลแต่ละแท็มและชุดข้อมูลแต่ละชุด ปรากฏในบทที่ 4

8. จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มทาสก์ประยุกต์กับระบบข้อมูล เราได้ลักษณะความสัมพันธ์ตามตารางที่ 4.1

9. ทาสก์บริวารเป็นทาสก์ที่ถูกจัดทำขึ้นเพื่อเป็นเครื่องมือสำหรับผู้ปฏิบัติงานในการทำงานเกี่ยวข้องกับระบบซอฟท์แวร์ บริษัทเมเดนซ่า ได้จัดทำทาสก์บริวารขึ้นเองหลายทาสก์เพื่อช่วยในงานบำรุงรักษาซอฟท์แวร์เชิงประยุกต์ในระบบสกาดา ทาสก์บริวารเหล่านี้

ส่วนใหญ่ถูกออกแบบให้มีการทำงานเป็นการโต้ตอบระหว่างทาล่ักกับผู้ปฏิบัติงาน จึงมีความสะดวกในการใช้ แต่ก็มีข้อเสียที่มีขอบเขตในการใช้งานค่อนข้างจำกัด

7.3 ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

1. การวิจัยครั้งนี้นับว่าเป็นงานวิจัยชิ้นแรกสำหรับงานซอฟท์แวร์เชิงประยุกต์ในระบบสกาดาของการไฟฟ้านครหลวง การวิจัยส่วนใหญ่เป็นการหาข้อมูลเพิ่มเติม หาแนวทางในการปรับปรุง และวิเคราะห์ระบบงานซอฟท์แวร์เชิงประยุกต์ที่มีอยู่เดิม ดังนั้นในการวิจัยครั้งต่อไปจึงควรมีการนำเอาผลการวิจัยครั้งนี้ไปใช้เพื่อหาทางปรับปรุงหรือพัฒนาซอฟท์แวร์เชิงประยุกต์เดิมให้ดียิ่ง เช่น

- การวิจัยเพื่อศึกษากลไกที่ควบคุมการทำงานของทาล่ักประยุกต์ต่าง ๆ ลักษณะการเริ่มต้นการทำงานของทาล่ักประยุกต์ การบอกการสิ้นสุดงานของทาล่ักประยุกต์หนึ่ง ๆ พร้อมทั้งการส่งถ่ายข้อมูลระหว่างทาล่ักประยุกต์

- การวิจัยเพื่อศึกษากลไกที่ควบคุมการเรียกใช้ข้อมูล ลักษณะการเรียกใช้ข้อมูล การป้องกันความสับสนในการเรียกใช้ข้อมูลพร้อมกันจากทาล่ักประยุกต์หลายทาล่ัก

- การวิจัยเพื่อจัดทำทาล่ักประยุกต์ใหม่หรือปรับปรุงทาล่ักประยุกต์เดิมไว้สำหรับสนองลักษณะงานเชิงประยุกต์ในงานควบคุมระบบไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นหรือเพิ่มประสิทธิภาพของงานเชิงประยุกต์เดิม ได้แก่

ก. การจัดทำตารางสรุปค่าแรงดันในระบบไฟฟ้า (voltage table) เพื่ออำนวยความสะดวกแก่ผู้ปฏิบัติงานในการตรวจสอบและควบคุมระดับแรงดันตามจุดต่าง ๆ ในระบบไฟฟ้า

ข. การปรับปรุงทาล่ักประยุกต์เพื่อช่วยลดเวลาในการต่อภาระไฟฟ้าเข้ากับระบบไฟฟ้า (load restoration) เมื่อระบบไฟฟ้าฟื้นตัวจากการขัดข้อง

ค. การปรับปรุงทาล่ักประยุกต์เพื่อทำการตรวจสอบและลดการสูญเสียข้อมูล เมื่อมีข้อมูลจำนวนมากเกินปกติเข้ามายังศูนย์ควบคุมพร้อมกัน

ง. การปรับปรุงระบบงานของทาล่ักประยุกต์เพื่อแก้ปัญหาการหยุดชะงักการทำงานของกลุ่มทาล่ักประยุกต์ เมื่อมีข้อมูลจำนวนมากเกินปกติเข้ามายังศูนย์ควบคุมพร้อมกัน

- การวิจัยเพื่อจัดทำทาล่ักบริวารสำหรับงานจัดการข้อมูล ได้แก่ การลอกข้อมูล และการลบล้างข้อมูล ในระดับบล็อกและในระดับเรคอร์ด ซึ่งในปัจจุบันยังไม่มีใช้งานในระบบสกาดาของการไฟฟ้านครหลวง

2. นอกจากซอฟท์แวร์เชิงประยุกต์สำหรับงานควบคุมระบบไฟฟ้าแล้ว ยังมีซอฟท์แวร์ส่วนอื่นที่มีบทบาทสำคัญต่องานระบบสกาดาอีก ได้แก่

- ซอฟท์แวร์ส่วนควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ศูนย์ควบคุม มีหน้าที่ในการตรวจสอบและควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ภายในศูนย์ควบคุม จัดการเกี่ยวกับการทำงานทดแทนของอุปกรณ์ต่าง ๆ ทั้งโดยอัตโนมัติและโดยการควบคุมจากผู้ปฏิบัติงาน ซอฟท์แวร์เหล่านี้แม้ว่าจะไม่มีเอกสารอ้างอิงเพียงพอ แต่ก็จัดว่าเป็นซอฟท์แวร์ส่วนที่ควรให้ความสนใจและทำการค้นคว้าวิจัยเพิ่มเติมเป็นอย่างมาก รวมทั้งการศึกษาฮาร์ดแวร์ส่วนที่ทำงานร่วมกับซอฟท์แวร์ส่วนนี้ด้วย

- ซอฟท์แวร์ส่วนควบคุมการสื่อสารในระบบสกาดา ก็นับว่าเป็นซอฟท์แวร์ที่น่าสนใจและควรทำการวิจัยในลำดับต่อไปด้วย

- ซอฟท์แวร์ส่วนควบคุมการทำงานของอุปกรณ์สกาดาประจำสถานีไฟฟ้าต่าง ๆ เป็นส่วนที่น่าสนใจและอยู่ในวิสัยที่จะทำการศึกษาได้ ก็เป็นซอฟท์แวร์อีกส่วนหนึ่งที่ควรทำการวิจัยต่อไปอีกเช่นกัน

3. การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยซอฟท์แวร์เชิงประยุกต์แบบเรียลไทม์ สำหรับงานควบคุมระบบไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวงเท่านั้น การวิจัยครั้งต่อไปควรมีการวิจัยซอฟท์แวร์เชิงประยุกต์แบบเรียลไทม์ สำหรับงานเชิงประยุกต์อื่น ๆ ได้แก่

- งานควบคุมการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรม เช่น โรงกลั่นน้ำมัน โรงงานผลิตอาหารสัตว์ เป็นต้น

- งานสาธารณูปโภคอื่น ๆ เช่น การประปา การสื่อสาร การโทรศัพท์ เป็นต้น

- งานด้านศึกษา เช่น การควบคุมกระบวนการทดลองในห้องทดลองต่าง ๆ เป็นต้น

- งานด้านสาธารณสุข เช่น การตรวจสอบสภาวะการทำงานของระบบภายในร่างกายคนไข้ ตามโรงพยาบาลต่าง ๆ เป็นต้น

ทั้งนี้เพื่อเป็นการค้นคว้าและเผยแพร่ความรู้เกี่ยวกับซอฟท์แวร์เชิงประยุกต์แบบเรียลไทม์ให้กว้างขวางออกไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย