รายงานผลการประดิษฐ์
ทุนอุดหนุนโครงการสิ่งประดิษฐ์

เรื่อง

ระบบผู้เชี่ยวชาญเพื่อการปรึกษาด้านระบบปรับอากาศ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โดย

วริทธิ์ องภากรณ์

2531

ระบบผู้เชี่ยวชาญการเลือกระบบปรับอากาศ

บทคัดย่อ

บทความนี้กล่าวถึงการพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญการเลือกระบบปรับอากาศประเภทต่าง ๆ เพื่อใช้กับไมโครคอมพิวเตอร์ 16 บิท ภาษาที่ใช้ในโปรแกรมคือ ภาษาโปรล็อก ประเภทของเครื่องปรับอากาศในฐานความรู้ของโปรแกรมมีทั้งสิ้น 9 ประเภท ระบบผู้เชี่ยวชาญเป็นระบบประเภท Production System ซึ่งประกอบด้วย Production Rules ต่าง ๆ รวมอยู่ในฐานความรู้ สำหรับ Expert System Shell ของโปรแกรมในส่วนที่เป็นกลไกการตัดสินใจเป็นแบบ Backward-Chaining และสามารถที่จะสรุปผลการตัดสินใจได้ในระดับความมั่นใจต่างกัน ซึ่งขึ้นอยู่กับว่าข้อมูลจากผู้ใช้เป็นไปตามเงื่อนไขทุกเงื่อนไขที่อยู่ใน Production Rules หรือไม่ ระบบผู้เชี่ยวชาญที่ได้พัฒนาขึ้นนี้มีปฏิภาคกับผู้ใช้เป็นอย่างดี ทำให้สามารถใช้งานได้ง่าย และเหมาะที่จะนำไปช่วยวิศวกรในการตัดสินใจเลือกเครื่องปรับอากาศประเภทต่าง ๆ ให้เหมาะสมกับลักษณะของอาคารและวัตถุประสงค์ของการใช้งานได้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ฝ่ายวิจัย. จุฬาฯ
มอบให้หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
๑๐ / มิ.ย. / ๓๔

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EXPERT SYSTEM FOR AIR CONDITIONING SYSTEM SELECTION

ABSTRACT

The paper describes the development of an expert system for air conditioning system selection. The expert system is for use with an IBM PC/XT. Turbo prolog version of the prolog language has been used. The domain knowledge consists of 9 types of air conditioning units. The expert system is that of the Production System with backward-chaining inference engine capable of concluding at various certainty level depending on whether all the Production Rules have been satisfied. The user interface is very comprehensive and does not require any special commands. Thus, this expert system is very suitable for any air conditioning engineers for the consultation of air conditioning system selection.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ระบบผู้เชี่ยวชาญการเลือกระบบปรับอากาศ

EXPERT SYSTEM FOR AIR CONDITIONG SYSTEM SELECTION

ศาสตราจารย์ ดร.วริทธิ์ อึ้งภากรณ์ คณะวิศวกรรมศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทนำ

ระบบปรับอากาศมีหลายประเภท ถ้าพูดเฉพาะทางด้านตัวเครื่องทำความเย็นแต่เพียงอย่างเดียวแล้ว เราอาจจะแบ่งเครื่องปรับอากาศประเภทต่าง ๆ ออกได้ดังนี้

- Window Type
- Air-Cooled Split Type
- Air-Cooled Packaged Unit
- Water-Cooled Packaged Unit
- Air-Cooled Reciprocating Water Chiller
- Air-Cooled Screw Water Chiller
- Water-Cooled Reciprocating Water Chiller
- Water-Cooled Screw Water Chiller
- Water-Cooled Centrifugal Water Chiller

เครื่องปรับอากาศทุกประเภทดังกล่าวมานี้ต่างก็มีความเหมาะสมที่จะใช้ในการทำความเย็นภายในอาคารทั้งสิ้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับตัวแปรหลายประการ อาทิเช่น ขนาดของอาคาร ลักษณะการใช้สอยเนื้อที่ภายในอาคาร สิ่งแวดล้อมทั้งภายในและภายนอกอาคาร การพิจารณาทางด้านการประหยัดพลังงาน และเหตุผลทางเศรษฐศาสตร์ เป็นต้น ในบางโครงการวิศวกรและผู้เชี่ยวชาญทางด้านระบบปรับอากาศเองก็อาจจะมีความลำบากในการพิจารณาเลือกใช้เครื่องปรับอากาศชนิดที่เหมาะสมกับความต้องการ และในบางครั้งก็ต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญหลายคนมาถกเถียงเพื่อหาข้อสรุปที่ถูกต้อง ฉะนั้นถ้าเราสามารถที่จะรวบรวมความรู้จากผู้เชี่ยวชาญทั้งหลายมาไว้ในฐานข้อมูลเดียวกัน และสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อเลียนแบบการชักเหตุผล และการวินิจฉัยของผู้เชี่ยวชาญได้ เราก็จะได้โปรแกรมที่สามารถทำงานแทนผู้เชี่ยวชาญหลายคนได้ภายในขอบเขตของความรู้ที่กำหนดไว้ โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่มีคุณลักษณะดังกล่าวนี้เรียกว่าระบบผู้เชี่ยวชาญ หรือ Expert System

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

621.570
2854ว
ก1733

20 ก.ย. 2532

ก049869

ระบบผู้เชี่ยวชาญที่เป็นศาสตร์แขนงหนึ่งในศาสตร์ทางวิทยาการคอมพิวเตอร์ที่เรียกว่า Artificial Intelligence หรือ AI ในปัจจุบันนี้ได้มีการเล็งเห็นความจำเป็นที่จะต้องมีระบบผู้เชี่ยวชาญประเภทต่าง ๆ เพิ่มขึ้น ประกอบกับความสามารถทั้งทางด้าน Hardware และ Software สูงขึ้น จึงได้มีผู้ที่ให้ความสนใจในการพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญต่าง ๆ ขึ้นมากมาย ตัวอย่างศักยภาพของระบบผู้เชี่ยวชาญ อาทิเช่น

- ระบบผู้เชี่ยวชาญการวินิจฉัยโรคต่าง ๆ [1]
- ระบบผู้เชี่ยวชาญการวินิจฉัยข้อบกพร่องในระบบปรับอากาศ [8]
- ระบบผู้เชี่ยวชาญการจ่ายยา
- ระบบผู้เชี่ยวชาญการให้คำปรึกษาอาชีพต่าง ๆ
- ระบบผู้เชี่ยวชาญสำหรับการฝึกอบรมและเรียนรู้ด้วยตนเอง

ไม่ว่าจะมีผู้เชี่ยวชาญอยู่อย่างพร้อมมูลหรือไม่แล้วก็ตาม เราก็ยังมีความจำเป็นที่จะต้องพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญอย่างต่อเนื่องด้วยเหตุผลบางประการดังต่อไปนี้

1. เพื่อใช้สำหรับการให้คำปรึกษาแทนผู้เชี่ยวชาญในท้องถิ่นที่ขาดแคลนผู้เชี่ยวชาญ
2. เพื่อใช้สำหรับแทนผู้เชี่ยวชาญในท้องถิ่นที่ค่าจ้างผู้เชี่ยวชาญประจำแพงมาก
3. การสร้างผู้เชี่ยวชาญจริงกระทำได้ยากและต้องใช้เวลาเป็นสิบปี ในขณะที่การสร้างระบบผู้เชี่ยวชาญจะกระทำได้ง่ายกว่า และสามารถคัดลอกแจกจ่ายไปได้เป็นจำนวนไม่จำกัด
4. ผู้เชี่ยวชาญอาจจะตัดสินใจหรือให้ข้อมูลผิดพลาดไปตามสถานะของอารมณ์ในขณะนั้นได้ แต่ระบบผู้เชี่ยวชาญจะไม่มีความเอนเอียงในการตัดสินใจ และทำงานวินิจฉัยด้วยความสม่ำเสมอ
5. เมื่อทำงานไประยะเวลาหนึ่งแล้วผู้เชี่ยวชาญจะต้องเมื่อยล้า แต่ระบบผู้เชี่ยวชาญสามารถทำงานได้ตลอด 24 ชั่วโมง อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดเสมอ

ในบทความนี้จะกล่าวถึงการสร้างระบบผู้เชี่ยวชาญการเลือกเครื่องปรับอากาศให้เหมาะสมกับลักษณะของอาคาร การใช้สอย สภาพแวดล้อม และข้อบังคับหรือ Constraint ต่าง ๆ เพื่อใช้กับไมโครคอมพิวเตอร์ 16 บิท ชนิดที่ทำงานเช่นเดียวกับเครื่อง IBM PC/XT เครื่องปรับอากาศที่พิจารณามีอยู่ 9 ประเภทดังกล่าวมาแล้ว ระบบจะเป็นประเภท Production System ที่ใช้ Production Rules ที่อยู่ในฐานความรู้ และภาษาที่ใช้คือ ภาษาโปรล็อกในรูปแบบของเทอร์โบโปรล็อก [2] และ [7]

ภาษาสำหรับระบบผู้เชี่ยวชาญ

ภาษาคอมพิวเตอร์ที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันส่วนใหญ่เป็นภาษาที่จะต้องกำหนดลำดับขั้นตอนในการทำงานที่แน่นอน ซึ่งเรียกว่า Procedural Language ซึ่งผู้เขียนโปรแกรมจะต้องกำหนดลำดับขั้นตอนหรือที่เรียกว่า Algorithm สำหรับการแก้ปัญหานั้นขึ้นเสียก่อน แล้วจึงทำการเขียนโปรแกรมให้ทำงานตามขั้นตอนที่ได้กำหนดไว้ล่วงหน้าแล้วนี้ สำหรับระบบผู้เชี่ยวชาญต้องอาศัยการตัดสินใจทางตรรกวิทยา และทำการค้นหาคำตอบซึ่งมีรูปแบบหรือขั้นตอนที่ไม่แน่นอน ดังนั้นภาษาประเภท Procedural Language จึงไม่สามารถที่จะนำมาใช้ได้ หรือในบางกรณีก็อาจจะใช้ได้ในขอบเขตจำกัด แต่ต้องอาศัยการสร้างโปรแกรมที่ซับซ้อนมาก ภาษาที่เหมาะสมกับการพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญในขณะนี้คือ ภาษาโปรล็อก (Prolog) ซึ่งย่อมาจากคำว่า Programming in Logic ซึ่งเป็นภาษาประเภท Symbolic Language ส่วนอีกภาษาหนึ่งซึ่งมีศักยภาพสูงเช่นกันคือ LISP (List Processing) แต่ดูเหมือนว่าจะไม่มีความเหมาะสมเท่าภาษาโปรล็อก

คุณสมบัติเด่นของภาษาโปรล็อกก็คือความสามารถในการใช้สร้างโปรแกรมที่ต้องการชักเหตุผล และวินิจฉัยเพื่อสรุปความเห็นออกมาได้ โดยอาศัยวิธีการเชื่อมเข้าคู่ (Unification) ของข้อเท็จจริง (Facts) และกฎต่าง ๆ (Rules) ที่มีอยู่ในฐานความรู้ (Knowledge Base) โดยเฉพาะคุณสมบัติทางด้าน Backtracking และ Recursion ของโปรล็อก ทำให้ภาษานี้มีประสิทธิภาพทางด้านการแก้ปัญหาที่ต้องอาศัยตรรกวิทยาสูงขึ้นเป็นอย่างมาก ในปัจจุบันนี้ได้มีการพัฒนาภาษาโปรล็อกสำหรับใช้กับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ออกมาหลายรูปแบบ เช่น Turbo Prolog, Arity Prolog, Prolog-2 และ Micro-Prolog เป็นต้น แต่ละรูปแบบต่างก็มีคุณลักษณะและความสามารถแตกต่างกันไป ทั้งนี้เพราะภาษาโปรล็อกยังจัดได้ว่าเป็นภาษาที่ยังไม่มีมาตรฐานสากล สำหรับตำราที่อาจจะถือได้ว่ามีมาตรฐานเป็นที่ยอมรับในการอ้างอิงอย่างกว้างขวางคือ ตำราที่เขียนโดย Clocksin และ Mellish [3] และ Bratko [4] สำหรับในงานพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญการเลือกเครื่องปรับอากาศนี้ ผู้เขียนได้ใช้เทอร์โบโปรล็อกเป็นหลัก ทั้งนี้เพราะเทอร์โบโปรล็อกมีทั้ง Compiler และ Editor อยู่ร่วมกัน ทำงานได้รวดเร็ว มีคุณสมบัติพิเศษที่ดี และง่ายต่อการจัดหาในประเทศไทย ซึ่งผู้อ่านจะสามารถหาคู่มือได้จากเอกสารหมายเลข 2 และ 7

โครงสร้างของระบบผู้เชี่ยวชาญ

โครงสร้างมาตรฐานของระบบผู้เชี่ยวชาญประเภทให้คำปรึกษา มักจะมีรูปแบบดังแสดงอยู่ในรูปที่ 1 ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็นส่วนที่สำคัญได้ 5 ส่วน คือ

- ฐานความรู้ (Knowledge Base)
- กลไกตัดสินใจ (Inference Engine)
- การปฏิภาคกับผู้ใช้ด้วยภาษาธรรมชาติ (Natural Language Interface)
- ส่วนของการให้คำอธิบาย (Explanatory Interface)
- ระบบการแสวงหาความรู้ (Knowledge Aquisition System)

ฐานความรู้ประกอบด้วยความรู้เฉพาะเรื่องซึ่งได้รวบรวมมาจากเอกสาร ตำรา จากการพูดคุยกับผู้เชี่ยวชาญ และจากความรู้ที่ได้ในระหว่างการถามโต้ตอบระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์และผู้ใช้ สำหรับระบบผู้เชี่ยวชาญการเลือกระบบปรับอากาศ สามารถแบ่งฐานความรู้ออกได้เป็น 2 ส่วนคือ ฐานข้อมูลสถิตย์ (Static Database) และฐานข้อมูลไดนามิก (Dynamic Database) ฐานข้อมูลนี้จะประกอบด้วยข้อเท็จจริง (Facts) และกฎ (Production Rules) ที่เกี่ยวข้องกับฐานความรู้ของระบบผู้เชี่ยวชาญ สำหรับฐานข้อมูลสถิตย์จะเป็นฐานข้อมูลที่อยู่คงที่ในโปรแกรม และจะแสดงถึงข้อเท็จจริงและกฎเกี่ยวกับความรู้เฉพาะเรื่องซึ่งจะไม่แปรเปลี่ยนไปในขณะใช้งาน ส่วนฐานข้อมูลไดนามิกจะเป็นข้อมูลที่โปรแกรมได้รับจากการโต้ตอบกับผู้ใช้ในระหว่างการให้คำปรึกษา ซึ่งส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปแบบของ yes หรือ No โดยปกติเราจะให้โปรแกรมเก็บฐานข้อมูลไดนามิกนี้ไว้เพียงชั่วคราวจนกว่าการให้คำปรึกษาจะสิ้นสุดลงเป็นกรณี ๆ ไป จึงจะทำการลบฐานข้อมูลไดนามิกออกเพื่อเตรียมพร้อมสำหรับการให้คำปรึกษาในกรณีต่อไป

กลไกการตัดสินใจเป็นส่วนที่สำคัญที่สุดส่วนหนึ่งของระบบผู้เชี่ยวชาญสำหรับใช้ในการชักเหตุผล และสรุปผลออกมาเป็นคำตอบหรือคำแนะนำ ซึ่งนอกจากจะต้องทำงานร่วมกับฐานความรู้แล้ว ยังจะต้องมีปฏิภาคกับผู้ใช้โปรแกรมอีกด้วย กลไกการตัดสินใจขั้นพื้นฐานของ Production System สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 แบบ คือ

1. Forward-Chaining Method หรือ Data-Driven Method
2. Backward-Chaining Method หรือ Object-Driven Method

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายละเอียดของกลไกการตัดสินใจหรือวินิจฉัยในรูปแบบต่าง ๆ กันนั้น ผู้อ่านสามารถหาดูได้จากเอกสารหมายเลข 6 สำหรับระบบผู้เชี่ยวชาญการเลือกเครื่องปรับอากาศนี้ใช้ Backward-Chaining Method ในการค้นหาคำตอบ ซึ่งจะเริ่มต้นด้วยการสมมุติเป้าประสงค์ของปัญหาแล้วทำการสอบถามข้อมูลจากผู้ใช้โปรแกรม เพื่อใช้ในการตรวจสอบกับฐานความรู้ที่มีอยู่จนกว่าจะสามารถชักเหตุผลและสรุปเป็นคำตอบออกมาได้

สำหรับส่วนของโปรแกรมที่เป็นปฏิภาคกับผู้ใช้ก็มีความสำคัญมากเช่นกัน การที่โปรแกรมสำเร็จรูปจะใช้ได้ง่ายเพียงใดก็ขึ้นอยู่กับการออกแบบในส่วนนี้นั่นเอง ส่วนที่เป็นปฏิภาคกับผู้ใช้นี้จะเป็นส่วนที่ใช้สำหรับถ่ายทอดข้อมูลลการโต้ตอบระหว่างผู้ใช้กับระบบผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งข้อมูลดังกล่าวมักจะถูกนำไปเก็บไว้ในฐานข้อมูลไดนามิก สำหรับระบบผู้เชี่ยวชาญประเภทที่ออกแบบไว้ให้ผู้ใช้สร้างฐานความรู้ได้ด้วยตนเองนั้น ส่วนที่เป็นปฏิภาคกับผู้ใช้ก็จะทำหน้าที่ในการถ่ายทอดหรือแสวงหาความรู้จากผู้ใช้ไปเก็บไว้ในไฟล์ซึ่งเป็นฐานความรู้ของปัญหานั้น ๆ เพิ่มขึ้นอีกหน้าที่หนึ่ง ซึ่งเราอาจจะเรียกระบบผู้เชี่ยวชาญประเภทนี้ว่าเป็นระบบผู้เชี่ยวชาญเอนกประสงค์ก็ได้ [7] สำหรับในระบบของเราได้ใช้ Knowledge Engineer ทำหน้าที่นี้แทนระบบการแสวงหาความรู้

สำหรับกลไกการตัดสินใจและส่วนที่เป็นปฏิภาคกับผู้ใช้มักจะต้องได้รับการออกแบบให้ทำงานร่วมกันเป็นชุด หรือ module จนกระทั่งไม่สามารถที่จะแยกเป็นส่วนของโปรแกรมออกจากกันได้ เราจึงเรียกทั้งสองส่วนนี้รวมกันว่า Expert System Shell หรือบางครั้งก็ Shell เพียงคำเดียว

Knowledge Representation

ผู้ที่จะทำการสร้างและพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญเรียกว่า Knowledge Engineer ซึ่งเป็นผู้ที่จะต้องทำหน้าที่รวบรวมข้อมูลจากตำรา เอกสารต่าง ๆ ตลอดจนการออกไปสัมภาษณ์และเรียนรู้วิธีการชักเหตุผลเพื่อตัดสินใจของผู้เชี่ยวชาญ เพื่อนำมาสร้างเป็นฐานความรู้ และกลไกการตัดสินใจที่เหมาะสม การรวบรวม การจัดฐานความรู้ และการหาวิธีการตรวจสอบความถูกต้องของฐานความรู้นี้เรียกว่า Knowledge Engineering สำหรับความรู้ที่ต้องใช้ในการสร้างระบบผู้เชี่ยวชาญของเราอาจจะแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท คือ [5]

1. Domain Knowledge หมายถึงความรู้เกี่ยวกับระบบย่อยหรือเครื่องปรับอากาศแต่ละชนิดว่า มีการแยกแยะและเกี่ยวพันกันอย่างไรภายใต้ขอบเขตของระบบผู้เชี่ยวชาญของเรา

สำหรับเรื่องเกี่ยวกับการเลือกเครื่องปรับอากาศนี้ เราสามารถที่จะแสดง Domain Knowledge ในลักษณะของแผนภาพ "Tree" ดังรูปที่ 2

2. Constraint Knowledge ได้แก่ ความรู้ที่จะเป็นข้อจำกัดสำหรับการใช้อุปกรณ์หรือเครื่องแต่ละชนิด ซึ่งอาจจะเนื่องมาจากตัวเครื่องเอง หรือเนื่องมาจากสิ่งแวดล้อมก็ได้ เช่น อาคารตั้งอยู่ในพื้นที่ซึ่งขาดแหล่งน้ำที่เหมาะสมสำหรับใช้ในการระบายความร้อนจากเครื่องปรับอากาศ อาคารเน้นความต้องการเครื่องปรับอากาสประเภทประหยัดพลังงาน ข้อจำกัดในเรื่องเงินลงทุน เป็นต้น

3. Procedural Knowledge ได้แก่ ความรู้ว่าเครื่องปรับอากาศแต่ละชนิดมีคุณลักษณะประจำตัวอย่างไร และเราจะนำคุณลักษณะประจำตัวนี้มาใช้ประโยชน์ในการวินิจฉัยหรือตัดสินใจได้อย่างไร เช่น เครื่องชนิด Window Type ควรใช้กับพื้นที่ซึ่งต้องการขนาดความเย็นรวมกันไม่เกิน 5 ตัน เครื่องชนิด Water-Cooled Water Chiller ควรใช้กับพื้นที่ซึ่งต้องการขนาดความเย็นรวมกันตั้งแต่ 150 ตัน ขึ้นไป การจะเลือกเครื่องแบบ Air-Cooled Split Type จะต้องมีเนื้อที่นอกอาคารสำหรับการตั้ง Condensing Unit เป็นต้น

ความรู้ทั้ง 3 ประเภทนี้จะถูกนำมาเรียบเรียงอยู่ในฐานความรู้สถิตย์ในรูปแบบของข้อเท็จจริง และกฎ สำหรับกฎเหล่านี้จะมีลักษณะเป็น If-Then Rules หรือเรียกว่า Production Rules ซึ่งอาจจะมีรูปแบบต่าง ๆ กัน เช่น

If condition A Then conclusion C

If condition a Then conclusion C with Certainty Factor F

If situation A Then action C

If condition A and B hold Then condition C does not hold

เพื่อเป็นตัวอย่างในการวิเคราะห์เรื่องเกี่ยวกับ Knowledge Representation ผู้เขียนจะขอนำเฉพาะกฎที่สามารถใช้ในการตัดสินใจเลือกเครื่องชนิด Window Type มาแสดงดังนี้

If :-

1. total cooling load less than 5 TR and
2. total floor area less than 100 sq.m. and
3. it is for a small commercial/residential space and
4. operating hours less than 10 and
5. the expected life for the unit is about 10 to 12 years and
6. the investment is very limited and
7. the exterior appearance of the building is not very important and
8. it is not for central distribution system

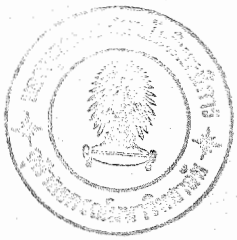
Then

the air conditioning unit is the Window Type

สำหรับ Production Rules ของเครื่องปรับอากาศชนิดอื่น ๆ อีก 8 ชนิด ในรูปที่ 2 ก็สามารถที่จะสร้างได้ในทำนองเดียวกัน ถ้าให้เราสังเกตดูกฎข้างบนนี้เราจะพบว่าบางเงื่อนไขเป็นเงื่อนไขที่ไม่จำเป็น หรือบางเงื่อนไขก็มีน้ำหนักน้อย ซึ่งหมายความว่า ถ้าขาดเงื่อนไขดังกล่าวนี้ไป เราก็ยังสามารถที่จะเลือกเครื่องได้ถูกต้อง โดยอาจจะมีเปอร์เซ็นต์ความมั่นใจ (Certainty Factor) ลดลงไปตามสัดส่วน เช่น การที่จะเลือกใช้เครื่องแบบ Window Type ไม่จำเป็นที่จะต้องมีงบประมาณจำกัด และไม่จำเป็นที่จะต้องใช้งานน้อยกว่า 10 ชั่วโมง ต่อวันก็ได้ ฉะนั้นการบรรจุเงื่อนไขทั้งหมดนี้ไว้ให้เป็นเงื่อนไขที่จำเป็น จึงเป็นการสร้างปัญหาในการทำงานของระบบผู้เชี่ยวชาญ และจะทำให้ระบบผู้เชี่ยวชาญไม่สามารถสรุปผลออกมาได้ เพื่อแก้ไขข้อบกพร่องนี้ Knowledge Representation ของกฎดังกล่าวจึงต้องแยกออกเป็น 2 ส่วนคือ

1. ส่วนที่สำคัญต่อการตัดสินใจ โดยมีความมั่นใจอยู่ในระดับสูงเพียงพอ
2. ส่วนที่มีความสำคัญหรือน้ำหนักน้อย จะใช้เฉพาะในการย้ำเพื่อให้เกิดความมั่นใจสูงขึ้นไปอีก จนถึง 99 %

ส่วนที่จัดได้ว่ามีความจำเป็นและน้ำหนักน้อยคือ เงื่อนไขที่ 2, 4, 5, 6 และ 7 ดังนั้นกฎสำหรับเครื่อง Window Type จึงควรมีลักษณะดังนี้



If :-

1. total cooling load less than 5 TR and
2. it is for a small commercial/residential space and
3. it is not for central distribution system

Then

the air conditioning unit should be the Window Type with Certainty Factor F

And confirm if :-

1. total floor area less than 100 sq.m. and
2. operating hours less than 10 and
3. the expected life is about 10 to 12 years and
4. the investment is very limited and
5. the exterior appearance of the building is not very important.

ซึ่งอาจจะนำมาเขียนเป็นกฎในรูปแบบของเทอร์โบโปรล็อกได้ดังนี้

```
try("Window Type") :-
     condition(cooling_load),
     condition(residential),
     not(condition(central_distribution),
     confirm("Window Type").

confirm("Window Type") :-
     condition(area),
     condition(operating_hours),
     condition(life),
     condition(investment),
     condition(exterior),
     conclude("Window Type").
```

ในกฎข้างบนนี้ เพรดดิเคท (Predicate) confirm และ conclude จะต้องไปทำงานต่อเนื่องกับกฎอื่นอีกต่อไป เพื่อที่จะทำการสรุปผลการตัดสินใจออกมาทางจอภาพ และจะต้องระบุถึง Certainty factor ที่ได้ในระดับความมั่นใจต่าง ๆ กันด้วย

Expert System Shell

ตามที่ได้กล่าวมาแล้วว่า Shell ของระบบผู้เชี่ยวชาญประกอบด้วยกลไกการตัดสินใจ และส่วนที่เป็นปฏิภาคกับผู้ใช้ แต่เนื่องจากเนื้อที่ของบทความมีจำกัด จึงจะไม่นำรายละเอียดมาแสดง อย่างไรก็ตาม Shell ของระบบจะประกอบด้วยส่วนสำคัญย่อย ๆ ดังนี้คือ

1. ส่วนของตั้งคำถามและรับคำตอบ
2. ส่วนของการแยกแยะคำตอบ และสร้างฐานข้อมูลไดนามิก
3. ส่วนของการตรวจสอบมิให้ถามคำถามซ้ำกับที่ได้เคยถามไปแล้ว
4. ส่วนของการตรวจสอบข้อมูลและเงื่อนไขต่าง ๆ ในฐานความรู้
5. ส่วนของการตัดสินใจและสรุปผล

บทสรุป

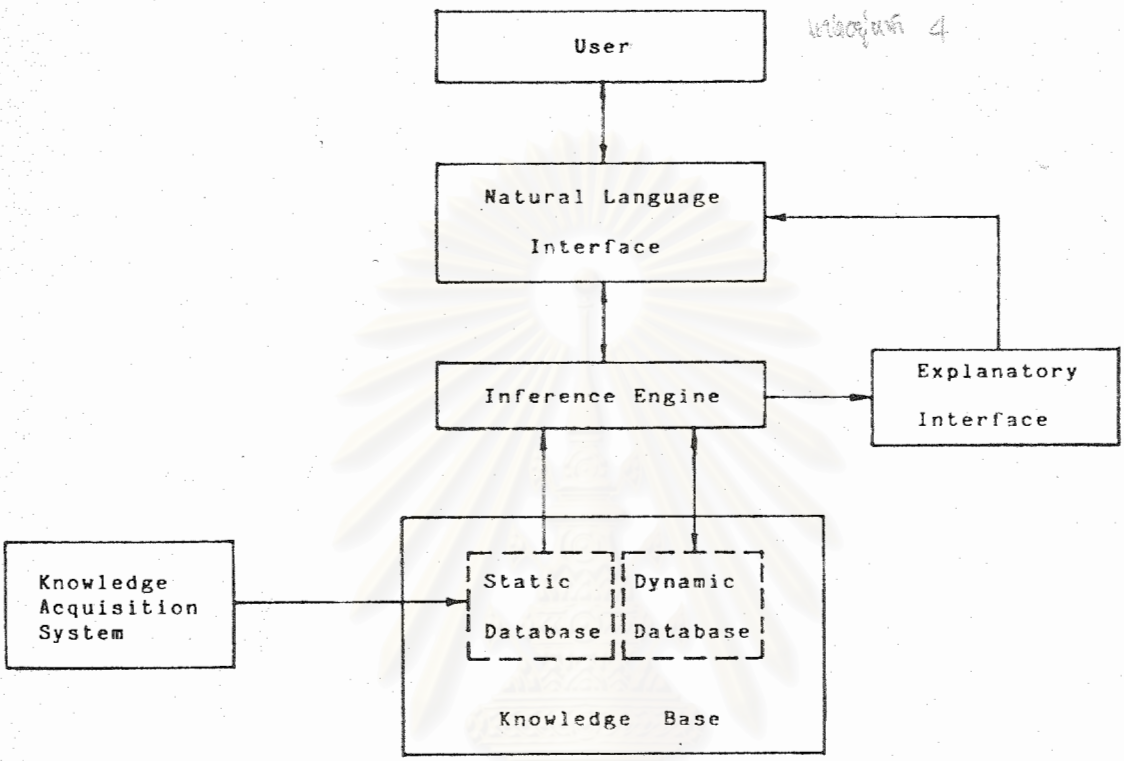
บทความนี้กล่าวถึงการพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญการเลือกเครื่องปรับอากาศสำหรับใช้กับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ 16 บิท โดยใช้ภาษาโปรล็อก วัตถุประสงค์ก็เพื่อที่จะให้ได้ระบบผู้เชี่ยวชาญไว้ช่วยวิศวกรในการตัดสินใจเลือกชนิดของเครื่องปรับอากาศให้เหมาะสมกับการใช้สอยของอาคารประเภทต่างๆ ภายในฐานความรู้มีเครื่องปรับอากาศอยู่ทั้งสิ้น 9 ชนิด การทำงานของระบบการตัดสินใจเป็นแบบ Backward-Chaining Method โปรแกรมได้รับการจัดให้มีปฏิภาคกับผู้ใช้เป็นอย่างดี ซึ่งจะเอื้ออำนวยให้วิศวกรทุกคนสามารถใช้งานได้โดยไม่จำเป็นต้องมีความรู้ทางด้านไมโครคอมพิวเตอร์หรือการเขียนโปรแกรมแต่อย่างใด

กิตติกรรมประกาศ

งานพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญการเลือกเครื่องปรับอากาศนี้ ได้รับการสนับสนุนด้านการเงินจากคณะกรรมการสิ่งประดิษฐ์ ฝ่ายวิจัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย พ.ศ. 2531 ผู้พัฒนาต้องขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์ ทวี เวชพฤติ และคุณเกษม อภินันทกุล แห่งบริษัทกริม-แคเรียร์ จำกัด ที่ได้สละเวลาในการทดสอบโปรแกรม และให้คำแนะนำในการปรับปรุงความแม่นยำของฐานความรู้

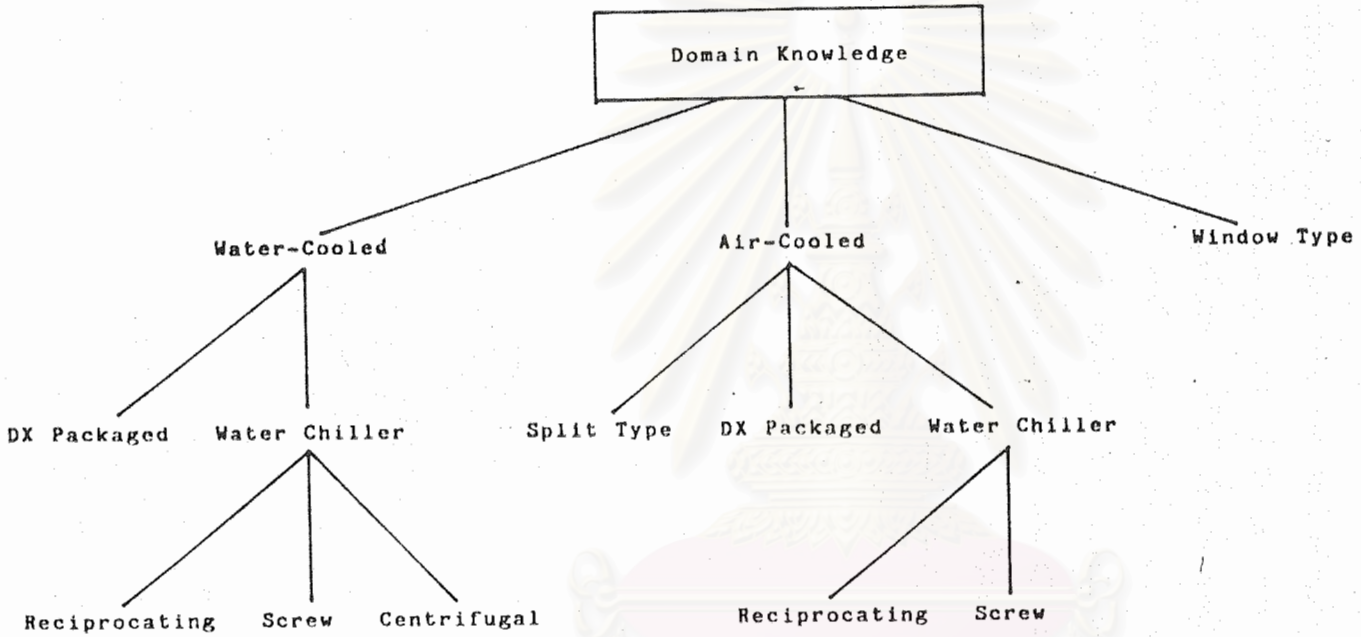
เอกสารอ้างอิง

1. Shortliffe, E.H., "Consultation Systems for Physicians : The Role of Artificial Intelligence Techniques," Reading in Artificial Intelligence, Tioga Publishing Co., 1981.
2. Turbo Prolog Owner's Handbook, Borland International, Inc. 1986.
3. Clocksin, W.I., Mellish, C.S., Programming in Prolog, Springer-Verlag, 1987.
4. Bratko, I, Prolog Programming for Artificial Intelligence, Addison-Wesley, 1986.
5. Doheny, J.G., Monaghan, P.F., "Expert Systems for the Conceptual Design of Air Conditioning Systems," Proceeding ICBEM'87, Switzerland.
6. Rowe, N.C., Artificial Intelligence Through Prolog, Prentice-Hall, 1988, pp. 100-115.
7. วริทธิ์ อึ้งภากรณ์ เทอร์โบโปรล็อกและระบบผู้เชี่ยวชาญ จัดพิมพ์โดยฟิสิกส์เซ็นเตอร์การพิมพ์ 2531
8. วริทธิ์ อึ้งภากรณ์ "การพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญการวินิจฉัยระบบปรับอากาศ" เสนอในการสัมมนาทางวิชาการของเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกล 12-13 พฤษภาคม 2531



รูปที่ 1 โครงสร้างของระบบผู้เชี่ยวชาญ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ระบบผู้เชี่ยวชาญการวินิจฉัยเครื่องทำน้ำเย็นและหอระบายความร้อน

บทคัดย่อ

บทความนี้กล่าวถึงการพัฒนาและสร้างระบบผู้เชี่ยวชาญเพื่อการวินิจฉัยถึงข้อขัดข้องที่อาจจะเกิดขึ้นในระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบระบายความร้อนด้วยน้ำ และระบบของหอระบายความร้อน สำหรับใช้กับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ 16 บิท ภาษาที่ใช้คือ ภาษาโปรล็อกในรูปแบบของเทอร์โบโปรล็อก ระบบผู้เชี่ยวชาญที่ได้สร้างขึ้นเป็นประเภท Production System ซึ่งประกอบด้วยสาเหตุของข้อขัดข้องอยู่ในฐานความรู้ทั้งสิ้น 102 สาเหตุ ระบบประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ 4 ส่วน คือ ฐานความรู้ กลไกตัดสินใจ การปฏิภาคด้วยภาษาธรรมชาติ และส่วนของการให้คำอธิบาย โปรแกรมมีความจุประมาณ 126 KB ระบบผู้เชี่ยวชาญมีปฏิภาคกับผู้ใช้บนจอภาพทุกระยะ และไม่ต้องอาศัยคำสั่งพิเศษใด ๆ จึงเหมาะสำหรับวิศวกรระบบปรับอากาศที่จะนำไปใช้ในการให้คำปรึกษาด้านการวินิจฉัยถึงสาเหตุขัดข้องที่เกิดขึ้นในระบบปรับอากาศประเภทเครื่องทำน้ำเย็น และหอระบายความร้อน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

WATER CHILLER REFRIGERATION PLANT AND COOLING TOWER DIAGNOSTIC EXPERT SYSTEM

ABSTRACT

This paper describes the development and construction of a consultation expert system for diagnosis of the water-cooled water chiller and cooling tower systems. The program is suitable for use with 16-bits microcomputers. Turbo prolog version of the prolog language has been employed for program development. The developed expert system is that of the Production System. There are 102 causes within the knowledge base to be inferred. The expert system comprises of four main parts, namely, knowledge base, inference engine, natural language user interface, and explanatory interface. The size of the executable program is about 126 KB. The user interface is very complete and comprehensive without the need of any special commands. Hence, this expert system is a very convenient tool for the consultation of chilled-water system and cooling tower diagnosis for any air conditioning engineers.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ระบบผู้เชี่ยวชาญการวินิจฉัยเครื่องทำน้ำเย็นและหอระบายความร้อน

วริทธิ์ อึ๊งภากรณ์ คณะวิศวกรรมศาสตร์
หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทนำ

ในปัจจุบันมีการใช้เครื่องปรับอากาศหลายประเภทในอาคารพาณิชย์ โดยเฉพาะเมื่ออาคารมีขนาดใหญ่ขึ้น การที่จะใช้ระบบปรับอากาศแต่เพียงประเภทเดียวย่อมไม่เป็นการเหมาะสมสำหรับการใช้งานในพื้นที่ต่าง ๆ ได้ทุกพื้นที่ ดังนั้นอาคารพาณิชย์ขนาดใหญ่ในประเทศไทยจึงมักจะประกอบด้วยระบบปรับอากาศ 3 ประเภท ดังต่อไปนี้คือ

- Air-Cooled Split Type
- Chilled-Water System
- Clean Room Air Conditioning System

ระบบปรับอากาศที่จัดได้ว่ามีความจำเป็นที่จะต้องมีวิศวกรประจำอาคาร เพื่อคอยดูแลรักษาอย่างสม่ำเสมอก็คือ ระบบปรับอากาศประเภทเครื่องทำน้ำเย็น หรือ Water Chiller System ทั้งนี้เพราะในระบบจะมีอุปกรณ์ควบคุมการทำงานที่ซับซ้อนกว่าระบบประเภทอื่น ๆ ดังนั้นวิศวกรและช่างเทคนิคผู้ดูแลการใช้งาน จึงต้องได้รับการฝึกฝนและอบรมเป็นพิเศษ อาการและสาเหตุที่อาจจะบ่งบอกถึงข้อขัดข้องของระบบจะมีจำนวนมาก ซึ่งในบางครั้งก็อาจจะต้องการผู้ชำนาญการเฉพาะมาช่วยในการวิเคราะห์ปัญหาด้วย

บทความนี้กล่าวถึงการสร้างระบบผู้เชี่ยวชาญสำหรับการวินิจฉัยข้อขัดข้องที่เกิดขึ้นในระบบของเครื่องทำน้ำเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ และหอระบายความร้อนเพื่อใช้กับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ 16 บิท ชนิดที่ทำงานเช่นเดียวกับเครื่อง IBM PC/XT โดยใช้ภาษาโปรล็อกในรูปแบบของเทอร์โบโปรล็อก [1] [4] ระบบผู้เชี่ยวชาญเป็นประเภท Production หรือ Rule-Based System ซึ่งจะให้คำปรึกษาโดยการปฏิภาคกับผู้ใช้โปรแกรมตลอดทุกขั้นตอน กลไกวินิจฉัยหรือ Inference Engine ของระบบเป็นชนิด Backward-Chaining ซึ่งจะเริ่มที่เป้าประสงค์ของปัญหาแล้วทำงานย้อนกลับหลังจนกว่าจะสามารถสรุปผลออกมาได้ทางจอภาพ

ลักษณะการชักเหตุผลโดยผู้เชี่ยวชาญ

ในแต่ละปัญหาต่างก็มีวิธีการชักเหตุผลเพื่อสรุปเป็นคำตอบแตกต่างกันไปซึ่งขึ้นอยู่กับลักษณะของปัญหานั้น ๆ อย่างไรก็ตามในการที่จะสร้างระบบผู้เชี่ยวชาญ (ES) ใด ๆ เราจะต้องมี Knowledge Engineer เป็นผู้ทำหน้าที่เป็นตัวกลางระหว่างผู้เชี่ยวชาญและการสร้างโปรแกรมเพื่อทำการรวบรวมค้นหาข้อมูลทั้งจากเอกสารต่าง ๆ และผู้เชี่ยวชาญตลอดจนเรียนรู้ถึงลักษณะการชักเหตุผลและสรุปผลของผู้เชี่ยวชาญในระหว่างการปฏิบัติการจริงด้วย ข้อมูลทั้งหมดที่จำเป็นต่อการสร้าง ES นี้เรียกว่า ฐานความรู้หรือ Knowledge Base ซึ่งจะต้องได้รับการเรียบเรียงให้เหมาะสมกับ ES ที่จะสร้างขึ้น การเรียบเรียงฐานความรู้ให้เหมาะสมกับระบบนี้เรียกว่า การแสดงความรู้หรือ Knowledge Representation

ในการวินิจฉัยข้อขัดข้องในการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็นและหอระบายความร้อน วิศวกรจะเริ่มด้วยการสังเกตอาการหรือทำการวัดในสิ่งที่วัดได้สะดวก เช่น การวัดความดันของน้ำยาภายในระบบ การตรวจสอบดูอุณหภูมิของน้ำขณะเข้าสู่และออกจากระบบ เป็นต้น สิ่งที่สังเกตหรือวัดได้นี้คือ อาการของระบบ จากอาการที่ได้มานี้วิศวกรจะเริ่มทำการวินิจฉัยถึงสาเหตุของข้อขัดข้อง โดยจะเริ่มทำการตรวจสอบทีละสาเหตุจนกว่าจะพบ ตัวอย่างเช่น ถ้าวิศวกรทำการวัดความดันแล้วพบว่า ความดันทางด้านดูดน้ำยาสูงกว่าที่ควรจะเป็นมาก สาเหตุก็อาจจะเนื่องมาจากสาเหตุใดสาเหตุหนึ่งต่อไปนี้คือ

1. น้ำยาในระบบมากเกินไป
2. ขนาดของ Expansion Valve ใหญ่เกินไป
3. ภาระความเย็นสูงเกินกว่าความสามารถของเครื่องทำน้ำเย็น
4. วาล์วของคอมเพรสเซอร์เสียหาย
5. Expansion Valve เปิดกว้างจนเกินไป
6. การติดตั้ง Sensing Bulb ของ Expansion Valve ไม่ถูกต้อง

ในการตรวจสอบข้อขัดข้องของระบบเครื่องทำน้ำเย็นตามอาการดังกล่าวนี้ วิศวกรจะต้องทำการตรวจสอบสาเหตุทั้งหกข้อนี้ทีละข้อ จนกว่าจะค้นพบสาเหตุที่ทำให้ความดันทางด้านดูดของน้ำยาสูงกว่าเกณฑ์กำหนด แล้วจึงสั่งให้มีการแก้ไขสาเหตุดังกล่าว

ให้สังเกตว่าความสัมพันธ์ระหว่างอาการและสาเหตุมีลักษณะของ 'OR' นั่นคือ สาเหตุใดสาเหตุหนึ่งในรายการทั้งหก ก็เพียงพอที่จะทำให้เกิดอาการดังกล่าวแล้ว ฉะนั้นจึงมีโอกาสเป็นไปได้ยากที่จะมีสาเหตุ 2 อย่างพร้อมกันในเรื่องของการวินิจฉัยข้อขัดข้องของเครื่องทำน้ำเย็น และหอระบายความร้อน ลักษณะของปัญหาดังกล่าวนี้จะตรงกันข้ามกับระบบผู้เชี่ยวชาญการวินิจฉัยทางการแพทย์ [2] ในการวินิจฉัยของแพทย์ แพทย์จะสอบถามอาการของโรคหลาย ๆ อาการ เท่าที่จะสามารถรวบรวมได้ จากอาการทั้งหมดที่ค้นพบ แพทย์จะนำมาใช้ในการวินิจฉัยและสรุปผลว่าผู้ป่วยเป็นโรคอะไร ซึ่งจะเห็นได้ว่ารูปแบบของปัญหาเข้าลักษณะ 'AND' ระบบผู้เชี่ยวชาญการเลือกเครื่องปรับอากาศ [5] ก็มีลักษณะ 'AND' เช่นเดียวกับ ES ที่มีลักษณะธรรมชาติ 'AND' ดังกล่าวมานี้ เราสามารถที่จะนำข้อมูลมาเรียบเรียงและสร้างเป็นฐานความรู้ได้โดยตรง ส่วน ES ที่มีลักษณะ 'OR' เช่นนี้จะต้องได้รับการมองปัญหาหรือกลับการวิเคราะห์เสียใหม่ เพื่อให้มีลักษณะ 'AND' เสียก่อน เราจึงจะสามารถนำมาสร้างเป็นฐานความรู้ของ ES ประเภท Consultation ได้ สำหรับในโปรล็อกเราสามารถที่จะดำเนินการดังกล่าวได้โดยการใช้เพรดิเคท not อย่างไรก็ตาม การที่เราต้องทำการดัดแปลงจากปัญหาของ 'OR' ให้กลายเป็น 'AND' ในวิธีการดังกล่าวนี้ก็จะทำให้ต้องใช้หน่วยความจำของเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์เพิ่มขึ้นมากด้วย

โครงสร้างของระบบผู้เชี่ยวชาญ

ES ประเภทการให้คำปรึกษาใด ๆ จะต้องประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ อย่างน้อย 3 ส่วน ต่อไปนี้คือ

1. ภาษาสำหรับการแสดงความรู้ (Knowledge Representation Language)
2. กลยุทธการค้นหาคำตอบ (Inference Strategy)
3. การปฏิภาคกับผู้ใช้ (User Interface)

โปรล็อกเป็นภาษาที่เหมาะสำหรับใช้ในการพัฒนา ES ประเภทให้คำปรึกษา เพราะว่าเป็นภาษาที่เหมาะสำหรับการแสดงความรู้ สำหรับ ES เพื่อการวินิจฉัยข้อขัดข้องในเครื่องทำน้ำเย็นและหอระบายความร้อนมีโครงสร้างดังแสดงอยู่ในรูปที่ 1 ซึ่งแบ่งออกเป็นส่วนต่าง ๆ ดังนี้

- ฐานความรู้ (Knowledge Base)
- กลไกตัดสินใจ (Inference Engine)
- การปฏิภาคกับผู้ใช้ด้วยภาษาธรรมชาติ (Natural Language Interface)
- การปฏิภาคในลักษณะของคำอธิบาย (Explanatory Interface)
- ระบบการสร้างฐานข้อมูลสถิตย์ (Knowledge Aquisition System)

ฐานความรู้ เป็นส่วนที่รวบรวมข้อมูลต่าง ๆ ตามขอบเขตของ ES เพื่อใช้ประกอบในการค้นหาคำตอบ ก่อนที่เราจะสร้างฐานความรู้ได้ เราจะต้องตกลงใจเกี่ยวกับประเภทของ ES และวิธีการแสดงความรู้เสียก่อน ในโปรล็อกเราอาจจะเลือกวิธีการแสดงความรู้ได้หลายวิธี อาทิเช่น

- Semantic Network
- Rule Representation
- Frame Representation
- First-Order Predicate Logic

สำหรับ ES ที่กำลังพิจารณาอยู่นี้ได้เลือกวิธีการแสดงความรู้ด้วยกฎ ซึ่งเรียกว่า Production Rules หรือ If-Then Rules ทั้งนี้เพราะเป็นวิธีการที่ใกล้เคียงกับการชักเหตุผลของมนุษย์มากที่สุด และยังสามารถนำไปสร้างเป็นฐานความรู้ในโปรล็อกได้อย่างเหมาะสมและเข้าใจง่ายอีกด้วย ฐานความรู้ในส่วนที่กล่าวมานี้เป็นฐานความรู้สถิตย์ หรือ Static Database สำหรับฐานความรู้อีกส่วนหนึ่งคือ ฐานความรู้ไดนามิก หรือ Dynamic Database จะเป็นส่วนที่ ES สร้างขึ้นในระหว่างการให้คำปรึกษา โดยอาศัยการตอบสนองจากผู้ใช้โปรแกรม

กลไกตัดสินใจ เป็นส่วนที่สำคัญที่สุดของ ES ซึ่งควบคุมวิธีการค้นหาคำตอบของระบบ กลไกตัดสินใจขั้นพื้นฐานมีอยู่ 2 ประเภท คือ

- Backward Chaining
- Forward Chaining

ในบางครั้งการใช้กลไกตัดสินใจทั้ง 2 ประเภทนี้ร่วมกันก็อาจจะทำให้ระบบสามารถทำงานอย่างมีประสิทธิภาพสูงขึ้นได้ กลไกตัดสินใจดังกล่าวนี้เรียกว่า Hybrid Chaining เนื่องจากโปรล็อกมีธรรมชาติของการทำงานในลักษณะของ Backward Chaining อยู่แล้ว และ ES ที่ได้สร้างขึ้นก็มีขนาดปานกลาง ดังนั้นการเลือกใช้กลไกตัดสินใจแบบ Backward Chaining จึงเป็นการเลือกที่เหมาะสมที่สุด สำหรับรายละเอียดของกลไกตัดสินใจอื่น ๆ ของ ES ประเภท Rule-Based System นี้อาจจะดูรายละเอียดได้จาก [3]

การปฏิภาคด้วยภาคธรรมชาติ การออกแบบโปรแกรม ES ให้มีปฏิภาคกับผู้ใช้ที่สมบูรณ์จะเป็นส่วนสำคัญที่ช่วยให้ผู้ใช้ ES เกิดความรู้สึกเป็นธรรมชาติในการใช้คอมพิวเตอร์ การปฏิภาคนี้จะต้องแสดงบนจอภาพในลักษณะของภาษาธรรมชาติที่ใช้ในการพูดหรือเขียนทั่วไป สำหรับ ES ที่ได้สร้างขึ้นนี้จะมีปฏิภาคกับผู้ใช้ในรูปแบบของคำถาม/คำตอบ Yes หรือ No เสียเป็นส่วนใหญ่ นอกจากการปฏิภาคกับผู้ใช้แล้ว ข้อมูลที่ได้จากการปฏิภาคยังถูกนำไปเก็บไว้ในฐานความรู้ไดนามิก โดยจะทำงานร่วมกับส่วนของกลไกตัดสินใจเพื่อสรุปเป็นคำตอบบนจอภาพ

การปฏิภาคในลักษณะของคำอธิบาย หมายถึงการแสดงคำอธิบายบนจอภาพเพื่อให้ผู้ใช้โปรแกรม ES เกิดความเข้าใจถึงปัญหาดีขึ้น หรือเข้าใจการใช้งานดีขึ้น ตลอดจนให้คำแนะนำต่าง ๆ แก่ผู้ใช้ตามขั้นตอนที่จำเป็น ตัวอย่างเช่น ถ้าผู้ใช้ไม่เข้าใจถึงการสรุปคำตอบของ ES ก็อาจจะถามด้วยคำถามว่า 'why' หรือ 'how' เพื่อให้ ES นำ 'Reasoning Chain' ออกมาแสดงบนจอภาพ เป็นต้น สำหรับ ES ของเราจะมีการปฏิภาคในลักษณะของคำอธิบาย 2 ลักษณะ คือ

- จากสาเหตุที่ค้นพบ ES จะให้คำอธิบายที่แนะนำถึงวิธีการแก้ไข
- ในกรณีที่ผู้ใช้กดคีย์ผิด ES จะให้คำอธิบายในการเลือกคีย์บนจอภาพ

การสร้างฐานข้อมูลสถิตย์ ระบบผู้เชี่ยวชาญในอุดมคติจะต้องมีระบบสร้างฐานข้อมูลสถิตย์ เพื่อให้ผู้เชี่ยวชาญสามารถที่ปฏิภาคกับ ES ในการสร้างฐานความรู้ได้โดยตรง ทั้งนี้เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องที่สุด นอกจากนี้ ES ยังควรที่จะสามารถปรับปรุงฐานความรู้ให้ทันสมัยได้เองโดยอัตโนมัติด้วย ซึ่งขณะนี้ระบบดังกล่าวยังอยู่ห่างไกลจากความเป็นจริงอยู่ สำหรับการสร้าง ES ให้มีความสามารถในการรับข้อมูลโดยตรงจากผู้เชี่ยวชาญ และนำแยกไปเก็บไว้เป็นไฟล์ต่างหากนี้ อาจจะเรียกได้ว่าเป็นระบบผู้เชี่ยวชาญเอนกประสงค์ [4] อย่างไรก็ตามการที่เราได้

สร้าง ES ให้มีความสามารถเช่นนี้ ก็จะทำให้การปฏิภาคกับผู้ใช้เป็นไปไม่สู้ดีนัก ทั้งนี้เพราะคำถามจะต้องเริ่มด้วยคำกว้าง ๆ และถูกจำกัดอยู่ในขอบเขตหนึ่งเท่านั้น เช่น การเริ่มต้นคำถามทั่ว ๆ ไปว่า

Do/Has/Is/Are

ด้วยเหตุนี้การสร้าง ES ของเราจึงใช้ Knowledge Engineer ในการสร้างฐานความรู้ ซึ่งจะต้องมีการตรวจสอบอย่างระมัดระวัง เพื่อให้ Knowledge Engineer ถ่ายทอดความรู้นั้นจากผู้เชี่ยวชาญได้อย่างถูกต้อง

Knowledge Representation

ดังที่ได้กล่าวมาแล้วว่า ES ที่ได้พัฒนาขึ้นนี้เป็นแบบ Production System ซึ่งจะต้องแทนสาเหตุของข้อขัดข้องต่าง ๆ ที่อยู่ในฐานความรู้ด้วยกฎที่เรียกว่า Production Rules สาเหตุต่าง ๆ ที่ได้รวบรวมมามีทั้งสิ้น 102 สาเหตุ การที่จะให้ ES พยายามค้นหาสาเหตุเหล่านี้โดยตรง จึงเป็นการดำเนินการตัดสินใจที่ไม่มีประสิทธิภาพ และอาจจะทำให้ ES ไม่สามารถค้นหาคำตอบได้ด้วย วิธีการแสดงความรู้จึงมีบทบาทสำคัญในการจัดฐานความรู้ให้ ES สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในที่นี้ได้ทำการรวบรวมกลุ่มของสาเหตุที่ทำให้เกิดอาการร่วมกันไว้ด้วยกัน ซึ่งจะสามารถแบ่งอาการออกได้เป็น 13 อาการ ดังแสดงอยู่ในรูปที่ 2 ตัวอย่างเช่น ถ้าอาการที่ตรวจพบคือ ความดันของน้ำยาทางด้านส่งมีค่าต่ำจนเกินไป ซึ่งตรงกับรายการที่ 4 ในรูปที่ 2 จะมีกลุ่มของสาเหตุอยู่ 5 สาเหตุ คือ

1. Refrigerant undercharge.
2. Condenser outlet water temperature too low.
3. Excessive condenser water flow.
4. Partially closed refrigerant suction valve.
5. Compressor operating unloaded.

ในขั้นต่อไป เราจะต้องเปลี่ยนลักษณะของปัญหาจาก 'OR' ไปเป็น 'AND' โดยการใช้เพรดิเคท not ซึ่งจะทำให้ได้กฎสำหรับสาเหตุแรกดังนี้คือ

```
diagnos4("undercharged refrigerant"):-
        not(condition(cond_outlet_water_temp_too_low)),
        not(condition(excess_cond_water_flow)),
        not(condition(closed_suction_v)),
        not(condition(unloaded_comp)),
        conclude("undercharged refrigerant",
        "Check for leaks. Repair and add charge").
```

เพรดิเคท condition เป็นเพรดิเคทที่จะทำงานร่วมกับเพรดิเคทที่จะแสดงคำถามบนจอภาพ ส่วนเพรดิเคท conclude จะเป็นส่วนที่สรุปสาเหตุ และพร้อมกับแนะนำวิธีการแก้ไข ซึ่งจะต้องทำงานสัมพันธ์กับกฎ conclude ที่อยู่ในโปรแกรมต่อไป สำหรับสาเหตุอื่น ๆ ที่ทำให้เกิดอาการเดียวกันก็จะสามารถเขียนเป็นโปรล็อกได้ในทำนองเดียวกัน

Expert System Shell

Expert System Shell ประกอบด้วยกลไกตัดสินใจแบบ Backward Chaining และส่วนที่เป็นปฏิภาคกับผู้ใช้บนจอภาพ ซึ่งประกอบด้วยส่วนที่ทำหน้าที่ต่าง ๆ ดังนี้คือ

- ส่วนของการตั้งคำถามและรับคำตอบ
- ส่วนของการแยกแยะคำตอบเพื่อสร้างฐานความรู้ไดนามิก
- ส่วนของการตรวจสอบมิให้ถามคำถามซ้ำกับที่ได้เคยถามแล้ว
- ส่วนของการให้คำอธิบาย
- ส่วนของการค้นหาฐานความรู้และตัดสินใจสรุปผล

ES ประเภทการให้คำปรึกษามักจะมีปฏิภาคกับผู้ใช้ในลักษณะของคำถาม-คำตอบ yes หรือ No ในการออกแบบ ES ที่ดี เราจะต้องสามารถลด Search Space ลงได้มากจากการถาม-ตอบแต่ละครั้ง ทั้งนี้เพื่อให้ ES สามารถค้นหาคำตอบได้รวดเร็ว การถาม-ตอบคำถามแรกก็ควรที่จะลด Search Space ลงได้ไม่ต่ำกว่าครึ่งหนึ่ง ถ้าเราใช้การถาม-ตอบ Yes/No กับอาการทั้ง 13 อาการในรูปที่ 2 เราจะต้องทำการถาม-ตอบ หลายคำถามกว่าจะเข้าไปสู่เป้าของอาการที่ตรวจพบได้ วิธีการที่จะทำให้เราสามารถลด Search Space ลงได้กว่า 85 % โดยการกดคีย์เพียงครั้งเดียวก็คือการสร้างเมนูประเภท

Multi-choice ดังรูปที่ 2 ซึ่งนอกจากจะทำให้การทำงานของ ES เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพแล้ว ยังทำให้สามารถใช้งานได้ง่ายด้วย เพรดดิเคทหลักของ Expert System Shell แสดงอยู่ในรูปที่ 3 ซึ่งมีรายละเอียดโดยสังเขปต่อไปนี้

เพรดดิเคท findall จะทำหน้าที่สร้างเมนูหลักให้กับ ES ในที่นี้จะมีรายการให้เลือกอยู่ 2 รายการคือ

- choice(1) สำหรับการวินิจฉัยเครื่องทำน้ำเย็น
- choice(2) สำหรับการวินิจฉัยหอระบายความร้อน

ถ้าเราเลือก choice(1) เพรดดิเคท choice จะแสดงอาการทั้ง 13 อาการบนจอภาพดังรูปที่ 2 แต่ละอาการนี้แทนได้ด้วยเพรดดิเคท select(1) จนถึง select(13) ซึ่งจะเรียกเพรดดิเคท diagnos เพื่อทำการตรวจสอบดูสาเหตุของอาการดังกล่าว

เพรดดิเคท diagnos จะประกอบด้วยเพรดดิเคท condition จำนวนมากซึ่งจะทำการถามคำถามโดยอาศัยเพรดดิเคท question เพื่อให้ผู้ใช้ตอบคำถามว่า Yes โดยการกดคีย์ 'y' หรือ No โดยการกดคีย์ 'n' ส่วนที่ทำงานต่อเนื่องกับเพรดดิเคท question นี้จะประกอบด้วยหลายส่วนดังนี้

- ส่วนที่ตรวจสอบว่าเป็นคำถาม-คำตอบที่เคยถามมาแล้วหรือไม่ ซึ่งแทนด้วย database predicate 2 ส่วนคือ yes และ no
- ส่วนที่จะอธิบายกับผู้ใช้ให้กดคีย์ 'y' หรือ 'n' ในกรณีที่ผู้ใช้มิได้กดคีย์ใดคีย์หนึ่งดังกล่าวมานี้
- ในกรณีที่เป็นคำถามใหม่ เพรดดิเคท query จะแสดงคำถามบนจอภาพ

เมื่อผู้ใช้ได้ตอบคำถามแล้ว คำตอบเหล่านี้ก็จะถูกนำไปเก็บไว้ในฐานความรู้ไดนามิกโดยเพรดดิเคท remember ซึ่งจะใช้เพรดดิเคท asserta ของโปรล็อก หลังจากที่ ES ได้รับคำตอบจนสามารถสรุปผลได้แล้ว เพรดดิเคท conclude ก็จะแสดงสาเหตุ และวิธีการแก้ไขบนจอภาพ

ตัวอย่างการใช้งาน

เมื่อได้เริ่มใช้ ES จากปรากฏเมนูรูปที่ 2 บนจอภาพแล้ว สมมุติว่าเรากด Enter เพื่อเลือกอาการลำดับที่4 ซึ่งตรงกับ Low discharge pressure เราจะได้การตอบโต้บนจอภาพในลักษณะคล้ายคลึงกับรูปที่ 4 ส่วนของคำถามคือคำถามที่ ES ถามผู้ใช้บนจอภาพ ส่วนที่ต่อจากคำถาม เช่น n เป็นส่วนที่ผู้ใช้กดคีย์ 'n' เพื่อตอบ No จากรูปที่ 4 จะเห็นได้ว่าในคำถามที่ 3 ผู้ใช้ได้กดคีย์ 'p' แทน 'y' หรือ 'n' ES จะแสดงข้อความบนจอภาพให้ผู้ใช้กดคีย์ 'y' หรือ 'n' เท่านั้น เมื่อ ES ได้รับข้อมูลจนเพียงพอแล้วก็จะสรุปผลพร้อมกับเสนอแนะวิธีการแก้ไข

บทสรุป

บทความนี้เกี่ยวข้องกับการสร้างระบบผู้เชี่ยวชาญเพื่อการวินิจฉัยข้อขัดข้องในระบบปรับอากาศประเภทเครื่องทำน้ำเย็น และหอระบายความร้อนสำหรับใช้กับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ 16 บิท ระบบผู้เชี่ยวชาญเป็นประเภท Production System ซึ่งมีสาเหตุของข้อขัดข้องอยู่ในฐานความรู้ทั้งสิ้น 102 สาเหตุ โปรแกรมที่สร้างขึ้นมีความจุประมาณ 126 KB และมีปฏิภาคกับผู้ใช้ด้วยภาษาธรรมชาติตลอดการใช้งานของโปรแกรม จึงเหมาะกับการนำไปใช้งานประกอบการวินิจฉัยของวิศวกรระบบปรับอากาศ

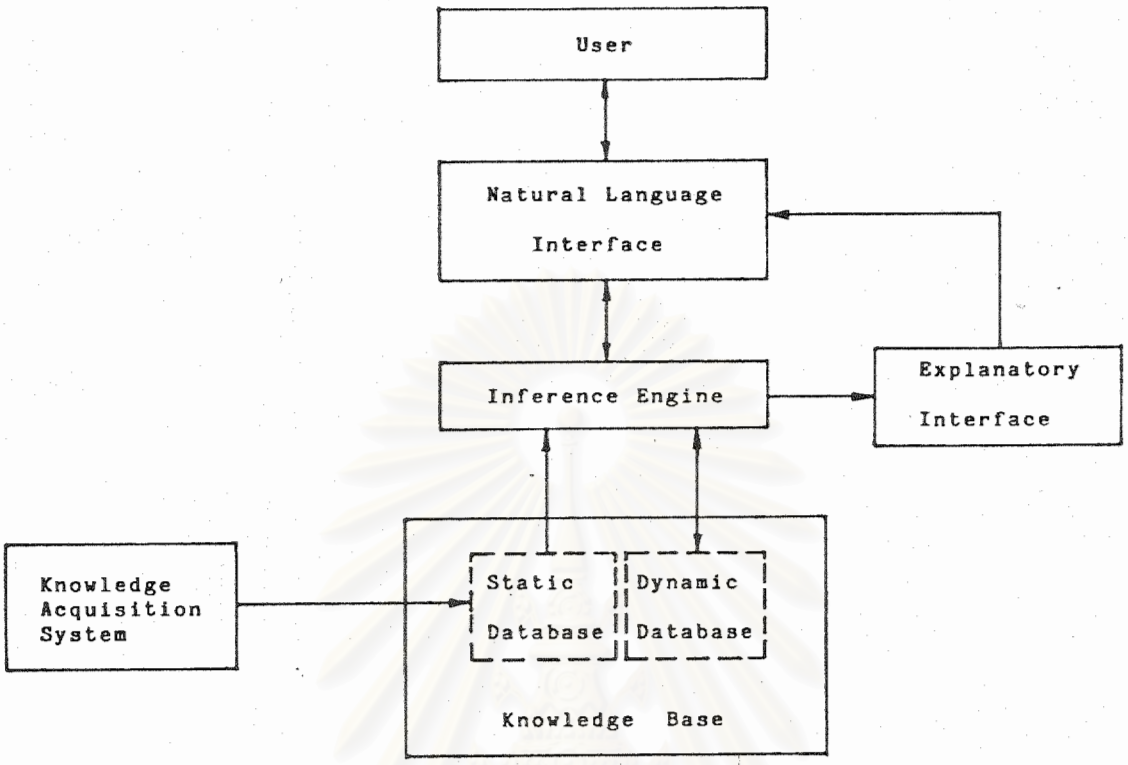
กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยและพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญนี้ได้รับการส่งเสริมทางด้านการเงินจากคณะกรรมการสิ่งประดิษฐ์ ฝ่ายวิจัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย พ.ศ.2531 สำหรับการทดสอบโปรแกรมและความแม่นยำของฐานความรู้ได้รับความร่วมมือจาก คุณเกษม อภินันทกุล แห่ง บริษัทกริมแคเรียร์ จำกัด

เอกสารอ้างอิง

1. Turbo Prolo, Borland International Inc., 1986.
2. Shortliffe, E.H., "Consultation Systems for Physicians : The Role of Artificial Intelligence Techniques", Reading in Artificial Intelligence, Tioga Pub. Co., 1981.
3. Rowe, N.C., Artificial Intelligence Through Prolog, Prentice-Hall, 1988, pp.100-115.
4. วริทธิ์ อึ๊งภากรณ์, เทอร์โบโปรล็อกและระบบผู้เชี่ยวชาญ, จัดพิมพ์โดยสำนักพิมพ์ฟิสิกส์เซ็นเตอร์ พ.ศ.2531
5. วริทธิ์ อึ๊งภากรณ์, "ระบบผู้เชี่ยวชาญการเลือกเครื่องปรับอากาศ" วิศวกรรมสาร เล่มที่ 3 พ.ศ.2531.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



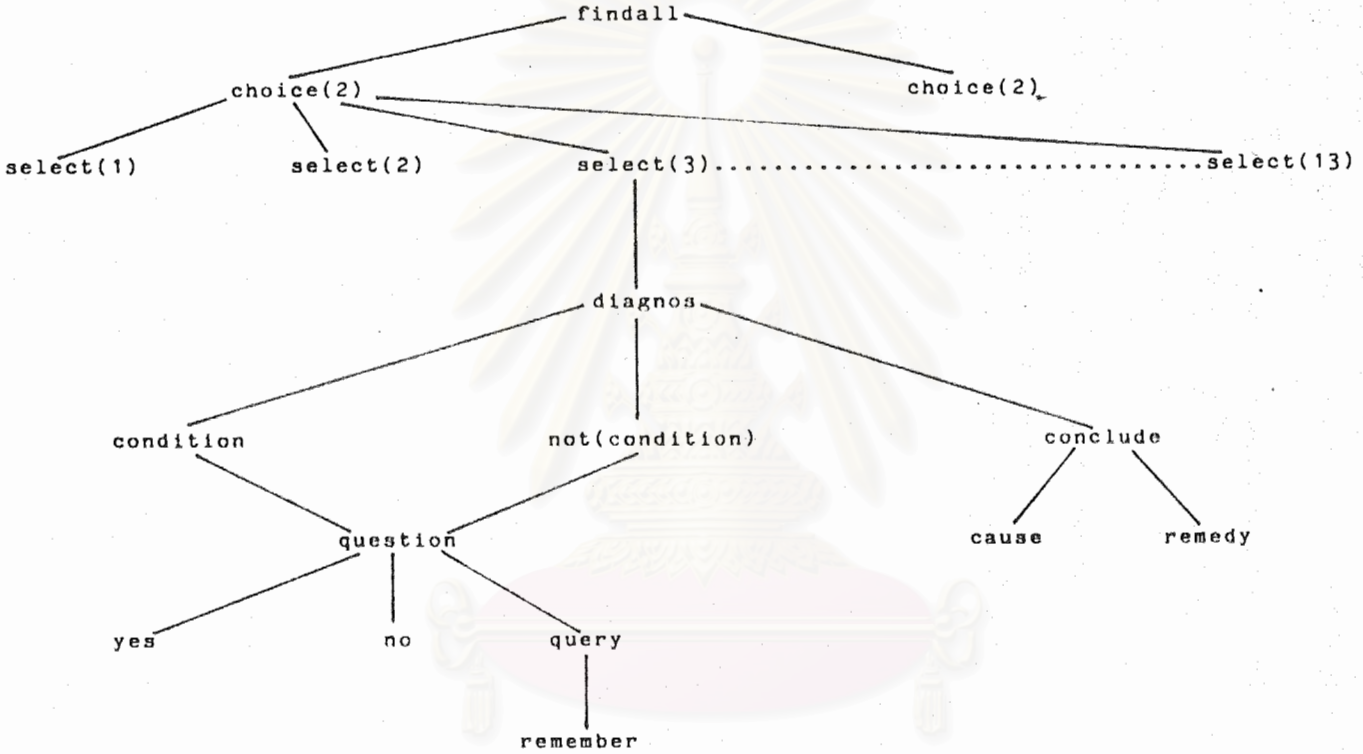
รูปที่ 1 โครงสร้างของระบบผู้เชี่ยวชาญ

AIR CONDITIONING EXPERT SYSTEM

CHILLED WATER REFRIGERATION PLANT DIAGNOSIS

1. Compressor will not run.
2. Compressor noisy or vibrating.
3. High discharge pressure.
4. Low discharge pressure.
5. High suction pressure.
6. Low suction pressure.
7. Compressor will not unload.
8. Compressor will not load up.
9. Compressor loading-unloading intervals too short.
10. Little or no oil pressure.
11. Compressor loses oil.
12. Motor overload relays open.
13. Compressor thermal protector switch opens.

รูปที่ 2



รูปที่ 3

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

AIR CONDITIONING EXPERT SYSTEM

```
Is condenser outlet water temperature too low (y/n)?n
Is condenser water flow too excessive (y/n)?n
Is refrigerant suction shut-off valve partially closed (y/n)?p
Please answer 'y' or 'n'
Is refrigerant suction shut-off valve partially closed (y/n)?n
Is compressor operating unloaded (y/n)?n

The cause of the symptom is likely due to :
undercharged refrigerant.

REMEDY IS : Check for leaks. Repair and add charge.

This analysis is not guaranteed by any individual or institution.
Please consult your engineer for a comprehensive conclusion.
The Certainty Factor Is Very High.

Press RETURN To Continue.
```

รูปที่ 4

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คู่มือการใช้งาน
ระบบผู้เชี่ยวชาญเพื่อการปรึกษาด้านระบบปรับอากาศ
EXPERT SYSTEM FOR AIR CONDITIONING SYSTEM CONSULTATION

ขอบเขตความรู้ของโปรแกรม

ระบบผู้เชี่ยวชาญเพื่อการปรึกษาด้านระบบปรับอากาศ เป็นระบบผู้เชี่ยวชาญประเภท Consultation Expert System ซึ่งประกอบด้วยหัวเรื่องต่าง ๆ จำนวนทั้งสิ้น 7 เรื่องคือ

1. การวินิจฉัยข้อขัดข้องในเครื่องปรับอากาศชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศ
   (Air-Cooled Split Type or Packaged Unit Diagnosis)

2. การวินิจฉัยข้อขัดข้องในเครื่องทำน้ำเย็นสำหรับการปรับอากาศ
   (Central Chilled Water Refrigeration Plant Diagnosis)

3. การวินิจฉัยข้อขัดข้องในระบบหอน้ำระบายความร้อน
   (Water Cooling Tower Diagnosis)

4. แบบทดสอบความรู้การวินิจฉัยเครื่องปรับอากาศชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศ
   (Quiz #1 : Air-Cooled A/C System Diagnosis)

5. แบบทดสอบความรู้การวินิจฉัยเครื่องทำน้ำเย็นสำหรับการปรับอากาศ
   (Quiz #2 : Water Chiller Refrigeration Plant Diagnosis)

6. แบบทดสอบความรู้การวินิจฉัยระบบหอน้ำระบายความร้อน
   (Quiz #3 : Cooling Tower Diagnosis)

7. การเลือกชนิดของระบบปรับอากาศให้เหมาะสมกับอาคาร
   (Air Conditioning System Selection)

แต่ละหัวเรื่องดังกล่าวนี้จะแสดงเป็นเมนูบนจอภาพ ซึ่งผู้ใช้สามารถที่จะเลือกหัวเรื่องได้โดยการเลื่อนแถบไฟสว่างไปยังหัวเรื่องที่ต้องการ แล้วกดคีย์ Enter

อุปกรณ์ที่ต้องการ

อุปกรณ์ที่ต้องการประกอบด้วยเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ชนิดที่ทำงานได้ในลักษณะเดียวกันกับเครื่อง IBM PC/XT ซึ่งมีหน่วยความจำ RAM ไม่น้อยกว่า 384 KB พร้อมด้วยจอภาพสี CGA หรือ Monochrome แผ่นโปรแกรมที่จัดเตรียมไว้สำหรับจอภาพสี และ Monochrome จะใช้สลับกันไม่ได้

การใช้โปรแกรม

โปรแกรมจะมีปฏิภาคกับผู้ใช้ด้วยภาษาธรรมชาติทุกขั้นตอน ซึ่งกล่าวได้ว่าไม่มีความจำเป็นที่จะต้องมีหนังสือคู่มือสำหรับการใช้งานหรือจดจำหน้าที่ของคีย์ต่าง ๆ แต่อย่างใด วิธีการเริ่มโปรแกรมมีขั้นตอนดังนี้

1. ใส่แผ่นโปรแกรมลงใน Drive A แล้วเปิดเครื่อง
2. Boot จนบนจอภาพแสดง A>
3. พิมพ์คำว่า expert กดคีย์ Return หรือ Enter แล้วรอจนกว่าจะปรากฏ logo บนจอภาพดังรูปที่ 1
4. เมื่อกดคีย์ Return จะปรากฏคำอธิบายการใช้คีย์ดังในรูปที่ 2
5. เมื่อกดคีย์ Return อีกครั้งจะปรากฏเมนูแสดงหัวเรื่องทั้ง 7 หัวเรื่องดังแสดงอยู่ในรูปที่ 3
6. ให้ผู้ใช้เลือกหัวเรื่องใดหัวเรื่องหนึ่งแล้วดำเนินการตามระบุบนจอภาพ

การใช้คีย์ต่าง ๆ

1. ในการเลื่อนแถบไฟสว่างเพื่อเลือกรายการในเมนู ให้ใช้คีย์ลูกศร หรือ PgUp หรือ PgDn เพื่อเลื่อนแถบไฟสว่างไปยังรายการที่ต้องการ แล้วกดคีย์ Return
2. ในการตอบ yes/no ให้กดคีย์ y/n

ตัวอย่างการให้คำปรึกษาด้านการวินิจฉัย

จากรูปที่ 3 ถ้าเราเลื่อนแถบไฟสว่างไปยังรายการที่ 1 แล้วกดคีย์ Return จะปรากฏเมนูที่แสดงถึงอาการต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นจากข้อขัดข้องในระบบปรับอากาศชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศจำนวน 14 รายการ ดังแสดงในรูปที่ 4 สมมุติว่าผู้ใช้เลือกอาการที่ 4 ตัวอย่างการตอบโต้ระหว่างผู้ใช้และระบบผู้เชี่ยวชาญ จะมีลักษณะดังแสดงอยู่ในรูปที่ 5 ให้สังเกตว่าถ้าผู้ใช้มิได้กดคีย์ y หรือ n โปรแกรมจะให้คำอธิบายให้ผู้ใช้กดคีย์ y หรือ n ดังแสดงอยู่ในบรรทัดที่ 3 และ 4 ของรูปที่ 5

ตัวอย่างการใช้แบบทดสอบความรู้

ให้เริ่มต้นจากจอภาพลักษณะดังรูปที่ 3 ถ้าเราเลื่อนแถบไฟสว่างไปยังรายการที่ 4 แล้วกดคีย์ Return เพื่อเลือกหัวเรื่องการทดสอบความรู้สำหรับการวินิจฉัยเครื่องปรับอากาศชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศ จะปรากฏคำอธิบายการใช้คีย์ และถ้าเรากดคีย์ Return อีกครั้งหนึ่ง จะปรากฏคำถาม-คำตอบแบบ Multi-Choice ขึ้นดังแสดงอยู่ในรูปที่ 6 พร้อมกับมีไฟกระพริบอยู่ในกรอบเมนูที่ผู้ใช้จะต้องเลือกคำตอบ

ให้ใช้คีย์ลูกศรหรือ PgUp หรือ PgDn ในการเลื่อนไฟกระพริบนี้ไปยังรายการคำตอบที่ต้องการแล้วกดคีย์ Return เมื่อได้เลือกจำนวนคำตอบจนเป็นที่พอใจแล้ว ให้กดคีย์ F10 สำหรับในคำถามข้อ 1 นี้ ให้ผู้ใช้เลือกคำตอบข้อ a b d และ e หลังจากกดคีย์ F10 แล้ว บนจอภาพจะแสดงผลที่ได้ว่าถูกหรือ ให้ดำเนินการตอบแบบทดสอบความรู้ไปจนกว่าจะสิ้นสุด ซึ่งโปรแกรมจะทำการสรุปผลของการทดสอบให้อีกครั้งหนึ่ง

ในกรณีที่ยังไม่ได้กดคีย์ F10 และผู้ใช้ต้องการที่จะยกเลิกคำตอบข้อที่ได้เลือกเอาไว้แล้ว ให้กดคีย์ Return อีกครั้งหนึ่ง

เฉลยคำตอบในแบบทดสอบความรู้

สำหรับคำตอบที่ถูกต้องของแบบทดสอบความรู้แต่ละแบบมีดังนี้คือ

Quiz #1

ข้อ	คำตอบ
1	a b d e
2	a c e
3	a b e
4	b c e
5	a b c
6	b c d
7	b c d e
8	b c
9	b d
10	a b c d
11	b c e
12	b c e

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Quiz #2

ข้อ	คำตอบ
1	a b
2	b c d e
3	a c d
4	c d e
5	a b
6	c e
7	a b
8	b c e
9	b c d e
10	a b c d e

Quiz #3

ข้อ	คำตอบ
1	b d
2	a b c
3	a b c d
4	a b c e
5	a c

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Source File

รายละเอียดต่าง ๆ ของโปรแกรมอยู่ใน Source File จำนวน 10 ไฟล์ ดังต่อไปนี้คือ

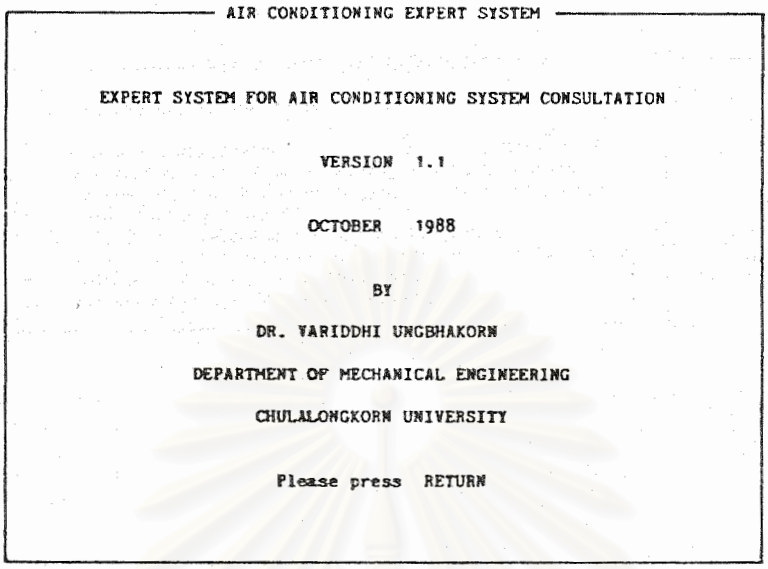
EXPERT.PRJ	เป็น Project File ซึ่งทำหน้าที่ในการเชื่อมโยงไฟล์ทั้งหมดโดยหลักการของ Modular Programming
MN.PRO	เป็นไฟล์ที่ใช้สร้าง Logo และเมนูหลักซึ่งแสดงหัวเรื่องทั้ง 7 เรื่อง
ACST.PRO	เป็นไฟล์สำหรับ Air-Cooled Split Type or Packaged Unit Diagnosis
CHILLER.PRO	เป็นไฟล์สำหรับ Central Chilled Water Refrigeration Plant Diagnosis และ Water Cooling Tower Diagnosis
QUIZ.PRO	เป็นไฟล์สำหรับแบบทดสอบความรู้ทั้งหมด
SYSTEM.PRO	เป็นไฟล์สำหรับ Air Conditioning System Selection
TDOMS.PRO	เป็นไฟล์สำหรับระบุ Domain ที่ต้องใช้ในไฟล์ SMENU.PRO และ SLONGMNU.PRO
TPREDS.PRO	เป็นไฟล์สำหรับระบุ Predicate ที่ต้องใช้ในไฟล์ SMENU.PRO และ SLONGMNU.PRO

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

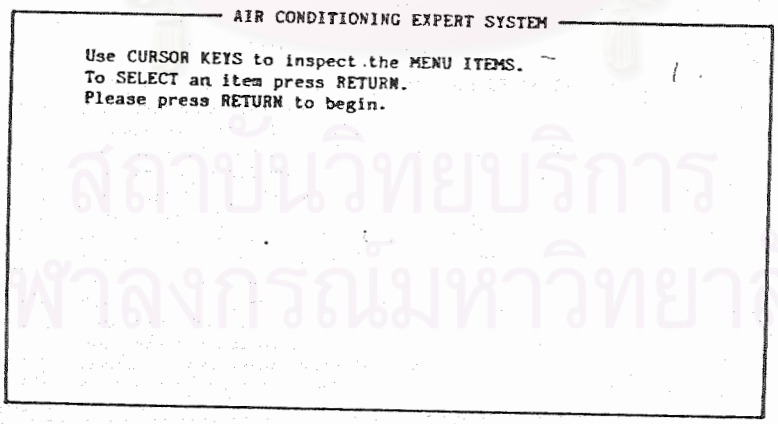
SMENU.PRO เป็นไฟล์สำหรับการสร้างเมนูที่มีรายการจำนวนน้อย

SLONGMNU.PRO เป็นไฟล์สำหรับการสร้างเมนูที่มีรายการจำนวนมาก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

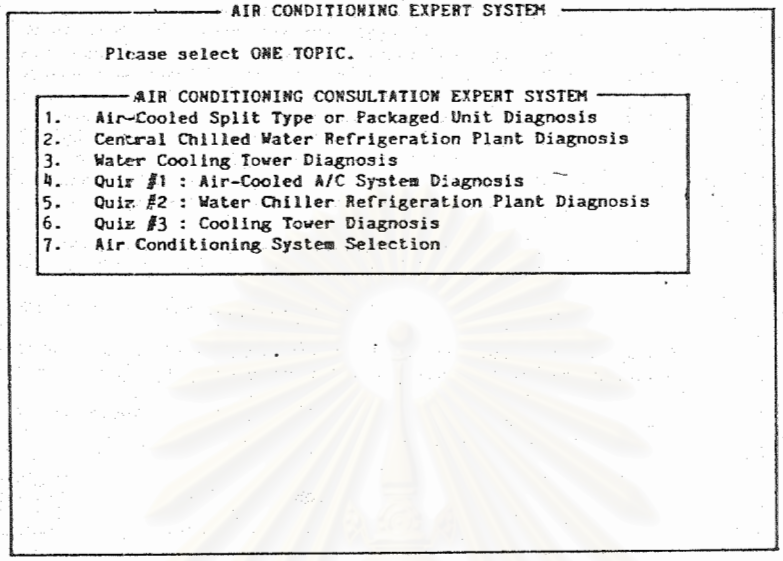


รูปที่ 1

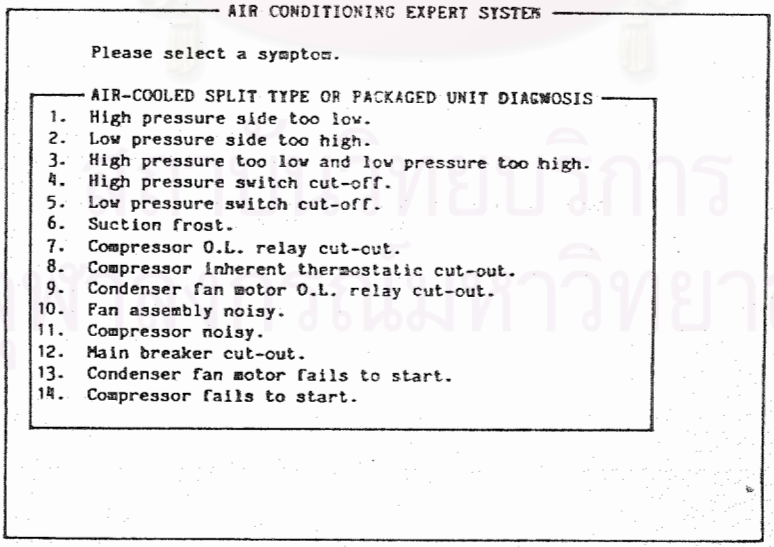


รูปที่ 2

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย


AIR CONDITIONING EXPERT SYSTEM
Please select ONE TOPIC.
AIR CONDITIONING CONSULTATION EXPERT SYSTEM
1. Air-Cooled Split Type or Packaged Unit Diagnosis
2. Central Chilled Water Refrigeration Plant Diagnosis
3. Water Cooling Tower Diagnosis
4. Quiz #1 : Air-Cooled A/C System Diagnosis
5. Quiz #2 : Water Chiller Refrigeration Plant Diagnosis
6. Quiz #3 : Cooling Tower Diagnosis
7. Air Conditioning System Selection

รูปที่ 3


AIR CONDITIONING EXPERT SYSTEM
Please select a symptom.
AIR-COOLED SPLIT TYPE OR PACKAGED UNIT DIAGNOSIS
1. High pressure side too low.
2. Low pressure side too high.
3. High pressure too low and low pressure too high.
4. High pressure switch cut-off.
5. Low pressure switch cut-off.
6. Suction frost.
7. Compressor O.L. relay cut-out.
8. Compressor inherent thermostatic cut-out.
9. Condenser fan motor O.L. relay cut-out.
10. Fan assembly noisy.
11. Compressor noisy.
12. Main breaker cut-out.
13. Condenser fan motor fails to start.
14. Compressor fails to start.

รูปที่ 4

AIR CONDITIONING EXPERT SYSTEM

```
Is condenser fan motor running  (y/n)?y
Does fan motor rotate in reverse direction  (y/n)?n
Is there any obstruction to condenser air circulation  (y/n)?j
Please answer 'y' or 'n'
Is there any obstruction to condenser air circulation  (y/n)?n
Is refrigerant overcharged  (y/n)?n
Is there air in refrigerant circuit  (y/n)?n
Is refrigerant discharge valve blocked or partially closed  (y/n)?n
Is the space load too high or A/C unit undersized  (y/n)?n

The cause of the symptom is likely due to :
very dirty condenser coil.

REMEDY IS : Clean condenser coil.

This analysis is not guaranteed by any individual or institution.
Please consult your engineeer for a comprehensive conclusion.

Press RETURN To Continue.
```

รูปที่ 5

QUIZ NO. 1 : AIR-COOLED AIR CONDITIONING SYSTEM

Low pressure side too high is probably due to :

Question No. 1

a. Expansion valve oversize.
b. Refrigerant overcharge.
c. Fan motor belt slips.
d. Ineffective compression of compressor or valve damage.
e. Excessive opening of thermostatic valve.
f. Air present in refrigerant circuit.

รูปที่ 6