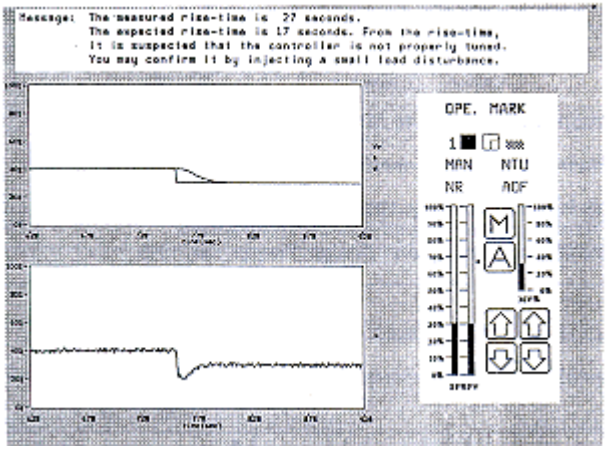
การประยุกต์ใช้ระบบผู้เชี่ยวชาญในการควบคุมแบบป้อนกลับ

สุขสันติ์ นุ่นงามsks@kmitnb.ac.th

- 1. บทนำ
- 2. บทบาทของฮิวริสติกในการออกแบบระบบควบคุม
- 3. ระบบผู้เชี่ยวชาญ (Expert System)
- 4. หลักการควบคุมด้วยระบบผู้เชี่ยวชาญ (Expert Control Concept)
- 5. คุณสมบัติพื้นฐานของระบบผู้เชี่ยวชาญที่ใช้ในการควบคุม
- 6. โครงสร้างทางฮาร์ดแวร์และซอฟแวร์ของการควบคุมด้วยระบบผู้เชี่ยวชาญ
- 7. ตัวอย่างของการพัฒนาระบบควบคุมโดยใช้เทคนิคของระบบผู้เชี่ยวชาญ
- 8. สรุป



1. บทนำ

ตลอดระยะเวลาที่ผ่านมานั้น มนุษย์เราได้มีความพยายามที่จะพัฒนาเครื่องจักรให้มีขีดความสามารถถึงขนาดทำงาน แทนมนุษย์ได้อย่างสมบูรณ์ หลายคนอาจจะคิดว่านี่เป็นความพยายามที่ไร้ผลเพราะสิ่งเหล่านี้จะเป็นจริงได้ก็แต่ในภาพยนต์การ์ตูนเท่านั้น บทความนี้อาจจะเปลี่ยนความคิดของท่านบ้างก็ได้ ไม่มากก็น้อย !

ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีด้านคอมพิวเตอร์และไมโครโปรเซสเซอร์ในปัจจุบันส่งผลให้มีการพัฒนา ทฤษฎีระบบควบคุมได้อย่างรวดเร็ว การพัฒนาทางด้านทฤษฎีนี้ก่อให้เกิดแนวความคิดและหลักการใหม่ ๆ ในการวิเคราะห์และออกแบบระบบควบคุมแบบป้อนกลับ (feedback control) ดังจะเห็นได้จากการที่มีการเสนออัลกอริธึม (algorithm) ของการควบคุมหลาย ๆ แบบสำหรับตัวควบคุมชนิดตั้งค่าพารามิเตอร์โดยอัตโนมัติ (Auto-tuned controller) และสำหรับตัวควบคุมชนิดปรับตัวเองได้ (Adaptive controller) เป็นต้น อย่างไรก็ตามการนำ อัลกอริธึมใหม่ ๆ เหล่านี้มาประยุกต์ใช้ในเชิงปฏิบัติโดยทั่วไปนั้นนับว่ายังอยู่ในวงจำกัด ทั้งนี้เพราะการที่จะใช้ อัลกอริธึมให้ได้ผลสมบูรณ์จริง ๆ นั้น จำเป็นต้องอาศัยความรู้ที่ได้จากประสบการณ์ของผู้เชี่ยวชาญที่เคยใช้ อัลกอริธึมนั้น ๆ ในภาคปฏิบัติการ ความรู้ในส่วนนี้เรียกว่า ความรู้เชิงฮิวริสติก (Heuristics)

ถึงแม้ว่าฮิวริสติกจะมีความสำคัญมาก แต่ในอดีตนั้นมักจะถูกมองข้ามหรือถูกนำมาใช้อย่างไม่เป็นระบบ เหตุผลประการหนึ่งอาจจะเป็นเพราะว่ายังไม่มีวิธีการในการที่จะนำเอาฮิวริสติกนี้มาเสริมความรู้เชิงทฤษฎีได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงทำให้เกิดช่องว่างระหว่างทฤษฎี และการปฏิบัติ แต่ปัจจุบันช่องว่างนี้ถูกทำให้ลดลงได้โดยการประยุกต์ใช้ระบบผู้เชี่ยวชาญ (Expert System)

ระบบผู้เชี่ยวชาญเป็นวิทยาการแขนงหนึ่งของเทคโนโลยีด้านปัญญาประดิษฐ์ โครงสร้างของระบบผู้เชี่ยวชาญมีลักษณะ ที่เอื้ออำนวยต่อการนำเอาส่วนที่เป็นฮิวริสติกมาเสริมประสิทธิภาพของส่วนที่เป็นอัลกอริธึมได้อย่างเป็นระบบ ดังนั้น การนำเอาระบบผู้เชี่ยวชาญมาประยุกต์ใช้ในการควบคุมนั้นจึงเป็นการเพิ่มขีดความสามารถของระบบควบคุม

แนวความคิดของการสร้างระบบควบคุมแบบป้อนกลับ โดยใช้เทคนิคของระบบผู้เชี่ยวชาญนั้นได้ถูกเสนอขึ้นในปี 1986 โดย Astrom และผู้ร่วมงาน แนวความคิดนี้กระตุ้นให้นักวิจัยหลายกลุ่มเกิดความสนใจ และได้ทำให้เกิดแนวทางใหม่ของการทำวิจัย และพัฒนาในสาขาวิศวกรรมระบบควบคุมซึ่งเรียกว่า Intelligent Control ซึ่งมีเป้าหมายที่จะพัฒนาระบบควบคุมให้มีลักษณะการทำงาน เลียนแบบมนุษย์ทั้งในด้านการตัดสินใจ การแก้ปัญหา และการสั่งการ

บทความนี้มีจุดประสงค์ที่จะรวบรวมแนวความคิดและวิธีการอย่างกว้าง ๆ ของการนำเอาระบบผู้เชี่ยวชาญมาประยุกต์ใช้ ในการควบคุมแบบป้อนกลับ โดยจะเริ่มจากการชี้ให้เห็นถึงบทบาทและความสำคัญของฮิวริสติกในการออกแบบระบบควบคุม จากนั้นจะกล่าวถึงระบบผู้เชี่ยวชาญ และวิธีการควบคุมโดยใช้ระบบผู้เชี่ยวชาญ ตลอดจนคุณสมบัติและโครงสร้างทางฮาร์ดแวร์และซอฟแวร์ ของระบบ พร้อมทั้งการแสดงตัวอย่างของการพัฒนาต้นแบบของระบบดังกล่าว

2. บทบาทของฮิวริสติกในการออกแบบระบบควบคุม

การที่จะออกแบบและสร้างระบบควบคุมที่ดีจะต้องใช้ทั้งความรู้ที่เกิดจากการวิเคราะห์ทางทฤษฎี และความรู้ที่เกิดจากประสบการณ์ ทางภาคปฏิบัติ เราอาจแบ่งความรู้ (knowledge) ออกเป็น 2 ประเภท คือ ความรู้เชิงทฤษฎี (Theoretical knowledge) และความรู้เชิงฮิวริสติก (Heuristic knowledge)

ความรู้เชิงทฤษฎีเป็นความรู้ที่เกิดจากการวิเคราะห์ตามกระบวนการคณิตศาสตร์ซึ่งมีการกำหนดเงื่อนไขตั้งสมมุติฐานพิสูจน์ และสรุปผลเป็นที่แน่นอน ความรู้นี้จะใช้ได้ผลดีก็เฉพาะในสถานการณ์ที่เป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนด ตัวอย่างเช่น ทฤษฎีระบบควบคุมที่พัฒนาขึ้นภายใต้เงื่อนไขที่ว่า ระบบจะต้องมีคุณสมบัติเป็นเชิงเส้น ดังนั้นเราจะสามารถใช้ทฤษฎีเพื่อวิเคราะห์ และทำนายผลได้อย่างถูกต้องก็เฉพาะในกรณีที่ระบบนั้นเป็นระบบเชิงเส้นเท่านั้น

ความรู้เชิงฮิวริสติกนั้นเกิดจากการสั่งสมประสบการณ์ของผู้เชี่ยวชาญในงานด้านใดด้านหนึ่งโดยเฉพาะ และมักจะไม่มีทฤษฎีรองรับ แต่ก็เป็นความรู้ที่สามารถนำไปใช้แก้ปัญหาทางภาคปฏิบัติได้เป็นผลสำเร็จในเปอร์เซ็นต์ที่สูง ถึงแม้จะไม่ได้ผลถึงร้อยเปอร์เซ็นต์ก็ตาม ตัวอย่างเช่นผู้ควบคุมที่ทำการควบคุมกระบวนการในอุตสาหกรรมเป็นเวลานาน ๆ จนมีประสบการณ์และรู้ว่าควรจะควบคุมกระบวนการนั้น ๆ ในสถานการณ์ต่าง ๆ อย่างไรจึงจะให้ได้ผลการควบคุมตามที่ต้องการ แต่ผู้ควบคุมอาจจะไม่รู้เหตุผลว่าทำไมจึงได้ผลออกมาเช่นนั้น

ฮิวริสติกมีบทบาทสำคัญในการออกแบบและสร้างระบบควบคุมแต่ในระยะเวลา 40 ปีที่ผ่านมานี้นั้น นักวิจัยทางด้านระบบควบคุมมักจะมุ่งความสนใจไปในการพัฒนาทางด้านทฤษฎี เช่น อัลกอริธึมของการควบคุม เป็นต้น นักทฤษฎีมักจะมองข้ามฮิวริสติก ทั้งที่ความจริงแล้วในระบบควบคุมนั้นส่วนที่เป็นฮิวริสติกจะมีมากกว่าส่วนที่เป็นอัลกอริธึมของการควบคุม ตัวอย่างต่อไปนี้จะได้แสดงให้เห็นบทบาทและความสำคัญของฮิวริสติกในการออกแบบระบบควบคุม

เราจะเริ่มจากตัวอย่างของการสร้างตัวควบคุม PID แบบธรรมดา (ordinary PID controller) ซึ่งมีอัลกอริธึมของการควบคุมดังนี้

$$u(t)=k\left[e(t)+\frac{1}{T_i}\int e(s)\mathrm{d}s+T_d\frac{\mathrm{d}e(t)}{\mathrm{d}t}\right] \qquad (1)$$

โดยที่ u(t) คือ สัญญาณควบคุม และ e(t) คือ สัญญาณที่เป็นผลต่างของเอาท์พุทกับสัญญาณอ้างอิง (reference signal) จากทฤษฎีของตัวควบคุม PID ทำให้เรารู้วิธีการที่จะเลือกค่าพารามิเตอร์ k, Ti และ Td ให้เหมาะสมได้ นอกจากนี้ทฤษฎียังบอกถึงผลต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นเมื่อมีการปรับพารามิเตอร์ดังกล่าว ความรู้ในส่วนนี้ถือได้ว่าเป็นความรู้เชิงทฤษฎี

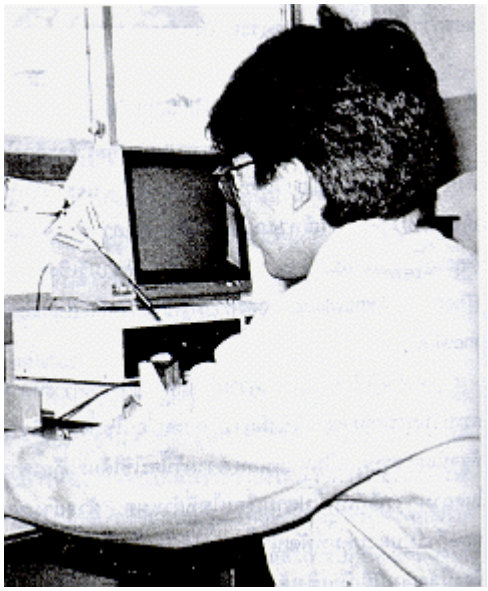
แต่การที่จะสร้างตัวควบคุม PID เพื่อให้ใช้งานได้จริง ๆ นั้น เราจำเป็นต้องพิจารณาในส่วนอื่น ๆ เช่น ส่วนที่ติดต่อกับผู้ใช้ (user interface) ในกรณีที่ผู้ใช้ต้องการจะเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ ส่วนที่จัดการกับการเปลี่ยนโหมด (mode) การทำงาน เช่นการเปลี่ยนจากโหมดการทำงานด้วยมือ (manual mode) ไปเป็นโหมดการทำงานอัตโนมัติ (automatic mode) จะต้องเปลี่ยนไปอย่างราบเรียบ (bumpless transfer) ส่วนที่ป้องกันไม่ให้ อินทิเกรเตอร์อิ่มตัว (integrator windup) ส่วนที่ปรับสภาพสัญญาณ ส่วนที่กรองสัญญาณ ส่วนตรวจสอบลิมิต และสัญญาณเตือน เป็นต้น ส่วนต่าง ๆ ที่กล่าวมานี้ ถือได้ว่าเป็นส่วนที่เกี่ยวกับฮิวริสติก

รูปที่ 1 โครงสร้างของตัวควบคุม PID

รูปที่ 1 แสดงโครงสร้างของตัวควบคุม PDI ซึ่งประกอบด้วยส่วนที่เป็นอัลกอริธึมสมการที่ (1) และส่วนที่เป็นฮิวริสติกทั้งหมดที่ได้กล่าวแล้ว เราจะเห็นว่าอัลกอริธึมเป็นเป็นเพียงส่วนเล็ก ๆ ส่วนหนึ่งเท่านั้น ส่วนที่เหลือจะเป็นฮิวริสติก นี่แสดงให้เห็นชัดเจนว่าเพียงการสร้างตัวควบคุมอย่างง่าย ๆ เช่นตัวควบคุม PID ธรรมดานี้ เราจะต้องเกี่ยวข้องกับฮิวริสติกมากเพียงใด และถ้าเป็นการสร้างระบบควบคุมที่ซับซ้อนขึ้น เช่น ระบบควบคุมที่ปรับตัวเองได้ เราจะต้องใช้ความรู้ในส่วนที่เป็นฮิวริสติกมากขึ้นอีกหลายเท่า ดังที่จะได้แสดงในตัวอย่างต่อไปนี้

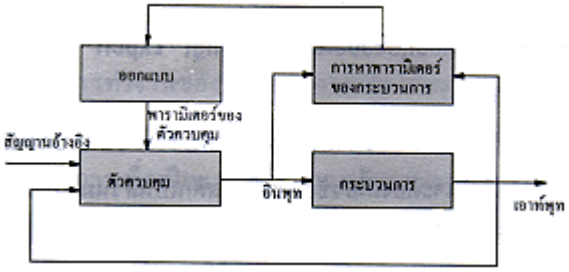
ระบบควบคุมที่สามารถปรับตัวเองได้ (adaptive control systems) ซึ่งมีโครงสร้างดังในรูปที่ 2 จะประกอบด้วย 2 ลูป (loop) คือ ลูปที่มีการควบคุมป้อนกลับธรรมดา และลูปที่ใช้ปรับพารามิเตอร์ของตัวควบคุม ลูปที่ใช้ปรับพารามิเตอร์นี่จะประกอบด้วย 2 ส่วน ส่วนแรกคือการหาพารามิเตอร์ของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของกระบวนการแล้วส่งพารามิเตอร์นี้ให้กับส่วนที่สอง คือ ส่วนที่ออกแบบเพื่อหาพารามิเตอร์ของตัวควบคุมที่เหมาะสมแล้วส่งพารามิเตอร์ที่ได้จากการออกแบบนี้ให้กับตัวควบคุม ลักษณะการควบคุมนี้ทำให้ตัวควบคุมสามารถปรับตัวเองตามการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการเพื่อให้ได้ผลการควบคุมที่ดีที่สุดในทุก ๆ ช่วงเวลา

การที่จะสร้างระบบดังกล่าวนี้ให้ทำงานได้ผลดีนั้น จะต้องใช้ทั้งความรู้เชิงทฤษฎี และความรู้เชิงฮิวริสติก ตัวอย่าง เช่น ถ้าพิจารณาเฉพาะในส่วนของการหาพารามิเตอร์ของกระบวนการ ความรู้เชิงทฤษฎีที่ใช้ก็คืออัลกอริธึมในการหาพารามิเตอร์ โดยการใช้ข้อมูลจากอินพุทและเอาท์พุทของกระบวนการ



ในส่วนที่เป็นฮิวริสติกที่จะสนับสนุนให้อัลกอริธึมทำงานได้ดีนั้นมีหลายประการ ที่ต้องพิจารณา ประการแรก คือ ค่าเริ่มต้นของพารามิเตอร์ในอัลกอริธึมมีผลต่อเสถียรภาพของระบบ หากเราใส่ค่าเริ่มต้นแตกต่างไปมากจากค่าพารามิเตอร์จริงของกระบวนการจะทำให้ระบบไร้เสถียรภาพได้ง่าย ดังนั้นจึงต้องมีฮิวริสติกในส่วนของการเลือกค่าเริ่มต้นให้เหมาะสม ประการที่สอง คือ ในสภาวะปกตินั้นอัลกอริธึมสามารถติดตาม การเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์ของกระบวนการได้ดีถ้าการเปลี่ยนแปลงนั้นเป็นไปอย่างช้า ๆ แต่ถ้าหากว่าพารามิเตอร์เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างกระทันหันเราจำเป็นต้องทำการเซ็ทค่าเริ่มต้นใหม่ ดังนั้นจึงต้องมีฮิวริสติกสำหรับตรวจสอบการเปลี่ยนแปลอย่างกระทันหันของพารามิเตอร์ (Jum detector) ประการสุดท้าย คือ อัลกอริธึมจะทำงานได้ดีก็ต่อเมื่อมีสัญญาณมากระตุ้นที่อินพุทของกระบวนการด้วยขนาดและความถี่ที่เหมาะสม หากการกระตุ้นน้อยเกินไปจะทำให้การหาพารามิเตอร์เกิดการผิดพลาดมาก ซึ่งในกรณีนี้อาจจะต้องมีการใส่สัญญาณกระตุ้นเพิ่มเติมจากภายนอก ดังนั้นจึงต้องมีฮิวริสติกสำหรับตรวจสอบว่ามีการกระตุ้นระบบพอเพียงหรือไม่

ตัวอย่างที่ยกมานี้เพื่อชี้ให้เห็นถึงบทบาทของฮิวริสติกในการเสริมประสิทธิภาพของระบบควบคุม ในอดีตนั้นตัวควบคุมจะเป็นชนิดแอนาลอกและฮิวริสติกจะถูกแปลงมาอยู่ในรูปของวงจรตรรก ซึ่งมักจะมีความยุ่งยากหากฮิวริสติกมีจำนวนมาก ต่อมาในยุกต์ของไมโครโปรเซสเซอร์ ตัวควบคุมเป็นชนิดดิจิตอล ในกรณีนี้ฮิวริสติกจะอยู่ในรูปของโปรแกรมที่เขียนเสริมเข้ากับโปรแกรม ในส่วนของอัลกอริธึม ปัญหาที่ตามก็คือ โปรแกรมในส่วนที่จัดการกับฮิวริสติกนี้มักจะมีขนาดใหญ่ ทำให้การออกแบบและทดสอบโปรแกรม กระทำได้ลำบาก และเสียเวลามาก ปัจจุบันนักวิจัยจึงได้พยายามหาวิธีที่จะจัดการกับฮิวริสติกอย่างมีระบบ วิธีหนึ่งที่ใช้ได้ผลดีก็คือ การสร้างระบบควบคุมโดยใช้เทคนิคของระบบผู้เชี่ยวชาญ (Expert system technique)



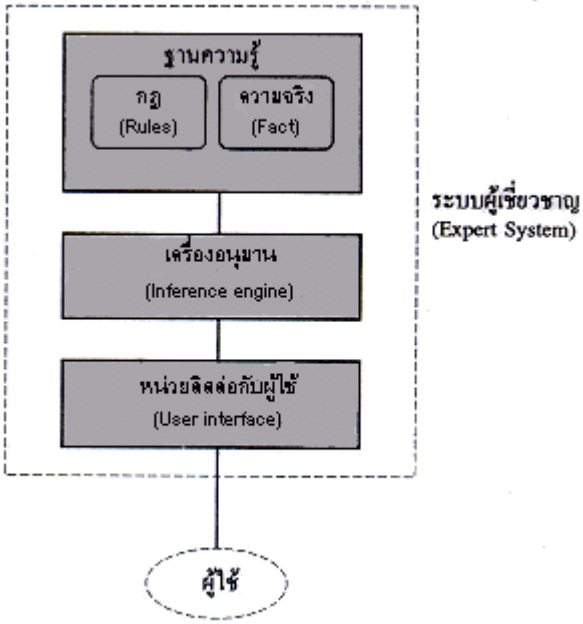
รูปที่ 2 ระบบควบคุมชนิดปรับตัวเองได้

3. ระบบผู้เชี่ยวชาญ (Expert System)

ระบบผู้เชี่ยวชาญเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ได้ถูกพัฒนาขึ้นจากเทคโนโลยีด้านปัญญาประดิษฐ์โดยมีจุดประสงค์ที่จะให้คอมพิวเตอร์ มีความสามารถแก้ไขหรือวินิจฉัยปัญหาในโดเมนปัญหาเฉพาะด้านซึ่งปกติแล้วจะต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญ

โดยทั่วไปแล้วเมื่อผู้เชี่ยวชาญต้องการแก้ปัญหาในโดเมนที่ตนมีความชำนาญ ผู้เชี่ยวชาญนั้นมักจะมีเทคนิคเฉพาะตัว ที่นำไปใช้แก้ปัญหานั้นแล้วได้ผลสำเร็จเป็นเปอร์เซ็นต์ที่สูงและใช้เวลาอันรวดเร็ว เทคนิคเหล่านี้ได้มาจากความรู้และประสบการณ์ของผู้เชี่ยวชาญ ที่คลุกคลีกับปัญหาเหล่านี้มาเป็นเวลานาน ระบบผู้เชี่ยวชาญได้ถูกพัฒนาขึ้นก็เพื่อที่จะให้คอมพิวเตอร์สามารถแก้ปัญหาโดยใช้เทคนิคและวิธีการต่าง ๆ เสมือนว่าเป็นผู้เชี่ยวชาญ

โครงสร้างของระบบผู้เชี่ยวชาญมีองค์ประกอบหลัก 3 ส่วนคือ ฐานความรู้ (Knowledge base) เครื่องอนุมาน (inference engin) และหน่ายติดต่อกับผู้ใช้ (user interface) ดังที่ได้แสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 โครงสร้างของระบบผู้เชี่ยวชาญ

ฐานความรู้ ประกอบขึ้นด้วย **กฎ (rules)** และ **ความจริง (fact)** ในโดเมนปัญหาเฉพาะด้าน ตัวอย่างเช่น ระบบการควบคุมกระบวนการอย่างหนึ่ง เราอาจจะมีความรู้ที่ใช้ตรวจสอบสถานะของระบบว่าถ้าความดันไม่เกิน 200 บาร์ และอุณหภูมิไม่เกิน 300 องศา จะถือว่าระบบนั้นทำงานในสภาวะปกติ เราอาจจะแทนความรู้ **(knowledge representation)** ในรูปของ **กฎ IF-THEN** ได้ดังนี้

IFความดัน **< 200** บาร์
ANDอุณหภูมิ**< 300** องศา
THENสถานภาพของระบบ = ปกติ

กฎและความจริงนี้จะถูกเก็บไว้ในฐานความรู้ และส่วนที่เป็นความจริง **(fact)** ที่เกี่ยวข้องกับกฎนี้ก็คือ ความดันและอุณหภูมิ เป็นต้น

เครื่องอนุมาน จะทำหน้าที่อนุมานความรู้ โดยใช้กฎและความจริงทั้งหมดที่มีอยู่ในฐานความรู้ เพื่อให้ได้ข้อสรุปในการวินิจฉัยปัญหานอกจากนี้เครื่องอนุมานจะทำหน้าที่หาข้อมูลเพิ่มเติมในกรณีที่ข้อมูล หรือความจริงที่มีอยู่ในฐานความรู้นั้นไม่พอเพียงในการอนุมาน การหาข้อมูลเพิ่มเติมนี้อาจจะกระทำผ่านทางหน่วยติดต่อกับผู้ใช้ ตัวอย่างเช่นถ้าเราต้องการรู้สถานภาพของระบบ เราก็อาจถามคำถามจากระบบผู้เชี่ยวชาญโดยผ่านทางหน่วยติดต่อกับผู้ใช้ จากนั้นเครื่องอนุมานจะตรวจสอบในฐานความรู้เพื่อหากฎต่าง ๆ ที่จะให้ข้อสรุปเกี่ยวกับสถานภาพของระบบและข้อมูลที่เกี่ยวข้อง เช่น ความดันและอุณหภูมิ หากพบว่า ความดันไม่เกิน **200** บาร์และอุณหภูมิน้อยกว่า **300** องศา เครื่องอนุมานก็จะสรุปโดยใช้กฎดังกล่าวว่าระบบอยู่ในสภาวะปรกติ แต่ถ้าหากข้อมูลในฐานความรู้ไม่เพียงพอ เช่นยังไม่มีข้อมูลของความดันในฐานความรู้ เครื่องอนุมานก็จะสอบถามยังผู้ใช้ถึงข้อมูลดังกล่าวเพื่อเติมเข้าไปในฐานข้อมูล

หน่วยติดต่อกับผู้ใช้ อาจแบ่งออกได้เป็น**2**ส่วน ส่วนแรก เป็นส่วนที่ช่วยในการพัฒนาระบบ เช่นบรรณาธิการสำหรับการเขียนกฎเข้าไปในฐานความรู้ **(Rule Editor)** เป็นต้น ส่วนที่สองเป็นส่วนที่ติดต่อกับผู้ใช้ ในขณะที่ระบบกำลังทำงาน **(Run-time user interface)** ส่วนนี้ประกอบด้วยหน่วยที่ช่วยในการอธิบาย **(explanation facilities)** ซึ่งเป็นหน่วยสำคัญหน่วยหนึ่งในระบบผู้เชี่ยวชาญที่ทำให้ผู้ใช้สามารถถามคำถามและรับคำตอบจากระบบผู้เชี่ยวชาญได้

ที่กล่าวมาทั้งหมดนี้เป็นเพียงตัวอย่างง่าย ๆ ซึ่งมีเพียงกฎเดียวในฐานความรู้ ทั้งนี้เพียงเพื่อแสดงให้เห็นการทำงานของระบบผู้เชี่ยวชาญ แต่ในทางปฏิบัติจริง ๆ นั้น ฐานความรู้จะประกอบด้วยกฎต่าง ๆ มากมาย และวิธีการที่เครื่องอนุมานใช้ค้นหาความจริง และเหตุผลนั้นก็มีทั้งการอนุมานแบบเดินหน้า **(forward chaining)** และการอนุมานแบบย้อนหลัง **(backward chaining)** รายละเอียดในเรื่องนี้จะไม่ขอกล่าวในที่นี้

โครงสร้างและหลักการทำงานของระบบผู้เชี่ยวชาญ ทำให้มีข้อดีหลายประการเมื่อเปรียบเทียบกับการเขียนโปรแกรมแบบธรรมดาทั่วไป **(conventional program)** ข้อดีประการแรกก็คือ การพัฒนา แก้ไขเพิ่มเติมและตรวจสอบโปรแกรมเป็นไปอย่างมีระบบและสะดวกรวดเร็ว เช่นหากต้องการแก้ไขกฎหรือความจริงต่าง ๆ เราก็สามารถกระทำได้โดยเปลี่ยนแปลงกฎและความจริงในฐานความรู้ โดยไม่ต้องไปเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของระบบเลย ซึ่งถ้าเปรียบเทียบกับการเขียนโปรแกรมธรรมดา **(conventional program)** แล้วการเปลี่ยนแปลงในลักษณะดังกล่าวแม้แต่เพียงเล็กน้อยก็อาจจะต้องทำให้โครงสร้างโปรแกรมเปลี่ยนแปลงทั้งหมด ข้อดีอีกประการหนึ่งก็คือความรู้เชิง ฮิวริสติก ซึ่งมักจะอยู่ในรูปของกฎ **IF-THEN** สามารถที่จะนำเข้าไปใส่ไว้ในฐานความรู้ได้โดยตรง

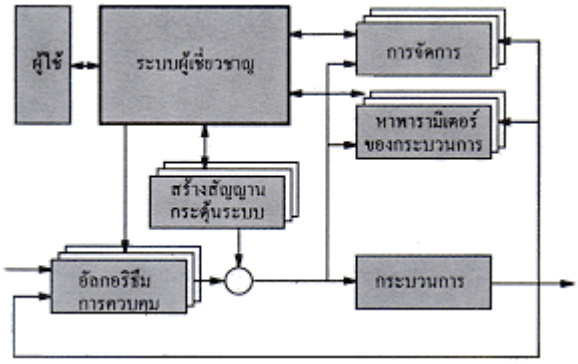
ปัจจุบันนี้มีผู้ผลิตซอฟแวร์หลายรายได้พัฒนา และจำหน่ายระบบผู้เชี่ยวชาญในลักษณะที่เรียกว่าเปลือกระบบ

ผู้เชี่ยวชาญ **(expert system shell)** ซึ่งเป็นระบบผู้เชี่ยวชาญที่ประกอบด้วย เครื่องอนุมาน และหน่วยติดต่อกับผู้ใช้ แต่ในส่วนของฐานความรู้นั้นจะออกแบบไว้ให้ว่างเปล่าเพื่อให้ผู้ใช้สามารถพัฒนาในส่วนของฐานความรู้นี้ให้เหมาะสมกับงานแต่ละด้าน ซึ่งจะทำให้การพัฒนาโปรแกรมด้วยเปลือกระบบผู้เชี่ยวชาญเป็นไปได้สะดวกและรวดเร็วยิ่งขึ้น ตัวอย่างของเปลือกระบบผู้เชี่ยวชาญที่มีจำหน่ายก็คือ **NEXPERT, EMYCIN** และ **G2** เป็นต้น

4. หลักการควบคุมด้วยระบบผู้เชี่ยวชาญ (Expert Control Concept)

จากที่ได้กล่าวมาแล้วในตอนต้นว่าระบบควบคุมในทางปฏิบัตินั้นจะต้องเกี่ยวข้องกับฮิวริสติกเป็นส่วนมาก และการใช้ระบบผู้เชี่ยวชาญก็เป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถจัดการกับฮิวริสติกได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นจึงได้มีแนวความคิดที่ทำการสร้างตัวควบคุมโดยอาศัยเทคนิคของระบบผู้เชี่ยวชาญเพื่อให้ได้ระบบควบคุมที่ชาญฉลาด

โครงสร้างของการควบคุมด้วยระบบผู้เชี่ยวชาญ **(Expert control system)** ได้แสดงในรูปที่ 4 ระบบนี้จะประกอบด้วยส่วนที่เป็นอัลกอริธึม โดยที่แต่ละส่วนจะมีอัลกอริธึมหลายชุด เพื่อจะได้เลือกใช้ได้ตามความเหมาะสม เช่น ส่วนของการควบคุมอาจประกอบด้วยอัลกอริธึมของตัวควบคุม **PID** และ อัลกอริทึมของตัวควบคุมชนิดการวางโพล **(Pole Placement algorithm)** เป็นต้น ส่วนของการหาพารามิเตอร์ของกระบวนการอาจประกอบด้วยอัลกอริธึมของลีสสแควร์ **(Least-square)** และอัลกอริธึมของการหาพารามิเตอร์ด้วยวิธีการป้อนกลับแบบรีเลย์ เป็นต้น ส่วนของการจัดการ **(supervision)** อาจมีอัลกอริธึมของการวิเคราะห์สัญญาณและอัลกอริธึมที่จะจัดการเกี่ยวกับสัญญาณเตือน เป็นต้น และส่วนของสร้างสัญญาณกระตุ้น **(Excitation)** ก็อาจจะประกอบด้วยอัลกอริธึมต่าง ๆ ที่ใช้ในการสร้างสัญญาณให้เหมาะสมเพื่อที่กระตุ้นระบบในเวลาที่ต้องการหาพารามิเตอร์ของกระบวนการ เป็นต้น



รูปที่ 4 โครงสร้างของการควบคุมด้วยระบบผู้เชี่ยวชาญ

ระบบผู้เชี่ยวชาญจะเป็นผู้ที่ทำหน้าที่ตัดสินใจว่าควรจะเลือกใช้อัลกอริธึมใดเพื่อให้เหมาะสมกับสถานการณ์ต่าง ๆ ดังนั้นฐานความรู้ของระบบผู้เชี่ยวชาญจะประกอบด้วยฮิวริสติกที่เกี่ยวข้องในการตัดสินใจเหล่านี้

การทำงานของระบบอาจจะเริ่มโดยการที่ระบบผู้เชี่ยวชาญถามข้อมูลเบื้องต้นจากผู้ใช้ซึ่งอาจเป็นข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการ เพื่อเป็นแนวทางในการเลือกช่วงเวลาของการสุ่มสัญญาณ **(sampling interval)** ให้เหมาะสม จากนั้นก็จะใช้ฮิวริสติกเลือกอัลกอริธึมของการกำเนิดสัญญาณกระตุ้นระบบ พร้อมทั้งเลือกอัลกอริธึมของการหาพารามิเตอร์ของกระบวนการ เมื่อระบบผู้เชี่ยวชาญรู้รายละเอียดของกระบวนการพอสมควรแล้วก็จะทำการออกแบบตัวควบคุมโดยการเลือกอัลกอรธึมของการควบคุม ให้เหมาะสมต่อไป และในระหว่างการควบคุมนั้น ส่วนจัดการก็จะส่งข้อมูลเพื่อให้ระบบผู้เชี่ยวชาญทำการวิเคราะห์สถานภาพ ของระบบเพื่อให้การทำงานเป็นไปตามที่ต้องการตลอดเวลา

การสร้างตัวควบคุมโดยใช้เทคนิคของระบบผู้เชี่ยวชาญนี้ จะทำให้เราสามารถแยกส่วนที่เป็นฮิวริสติกออกจากส่วนที่เป็นอัลกอริธึม ข้อดีที่เห็นชัดคือทำให้การพัฒนา แก้ไขและเพิ่มเติมโปรแกรมทำได้ง่ายและเป็นระบบ นอกจากนี้ระบบจะเสมือนว่าถูกควบคุมโดยผู้ชำนาญงาน

5. คุณสมบัติพื้นฐานของระบบผู้เชี่ยวชาญที่ใช้ในการควบคุม

ระบบผู้เชี่ยวชาญที่ถูกพัฒนาขึ้นในระยะแรกนั้นมักจะนำไปใช้กับงานประเภทการให้คำปรึกษา **(consultation)** โดยผู้ใช้ **(user)** อาจจะป้อนคำถามให้กับระบบผู้เชี่ยวชาญ เสมือนกับว่าผู้ใช้กำลังถามคำถามหรือขอคำปรึกษาจากผู้เชี่ยวชาญจริง ๆ ระบบผู้เชี่ยวชาญที่ทำงานในลักษณะนี้จะไม่มีข้อจำกัดในเรื่องเวลา **(time constrain)** นั่นคือระบบผู้เชี่ยวชาญจะให้คำตอบช้า หรือเร็วก็จะไม่มีผลต่อกระบวนการให้คำปรึกษามากนัก นอกจากนี้ตัวผู้ใช้เองก็จะต้องเข้าไปมีส่วนร่วมในกระบวนการนี้ด้วยโดยการให้ข้อมูล ที่เกี่ยวข้องในทุก ๆ ครั้งที่ระบบผู้เชี่ยวชาญต้องการ

แต่ระบบผู้เชี่ยวชาญที่ใช้ในการควบคุมนั้นจะมีข้อแตกต่างกับระบบผู้เชี่ยวชาญที่ใช้ให้คำปรึกษาทั้งในด้านปรัชญา การออกแบบ และกาทำงาน เราอาจสรุปข้อแตกต่างได้ในหลายประการดังนี้ ประการแรกระบบผู้เชี่ยวชาญที่ใช้ในการควบคุมนั้น จะถูกออกแบบให้ใช้ในการจัดการ **(supervision)** แทนที่จะเป็นการให้คำปรึกษา ประการต่อมาคือ ระบบผู้เชี่ยวชาญจะทำงานอย่างต่อเนื่องภายใต้สภาพการทำงานตามเวลาจริง **(real-time environment)**

ประการสุดท้ายคือ ระบบผู้เชี่ยวชาญจะทำการติดต่อกับกระบวนการ **(process)** ที่ควบคุมอยู่และเมื่อมีถึงเวลาต้องสั่งการ ระบบจะใช้เครื่องอนุมานทำการตัดสินใจและสั่งการโดยอัตโนมัติโดยที่ไม่มีผู้ปฏิบัติการ **(human operator)** เข้ามาเกี่ยวข้อง

ด้วยลักษณะการทำงานดังกล่าว เราอาจสรุปคุณสมบัติพื้นฐานของระบบผู้เชี่ยวชาญที่ใช้ในการควบคุมดังนี้

การทำงานภายใต้ข้อจำกัดเรื่องเวลา (time constrained reasoning)

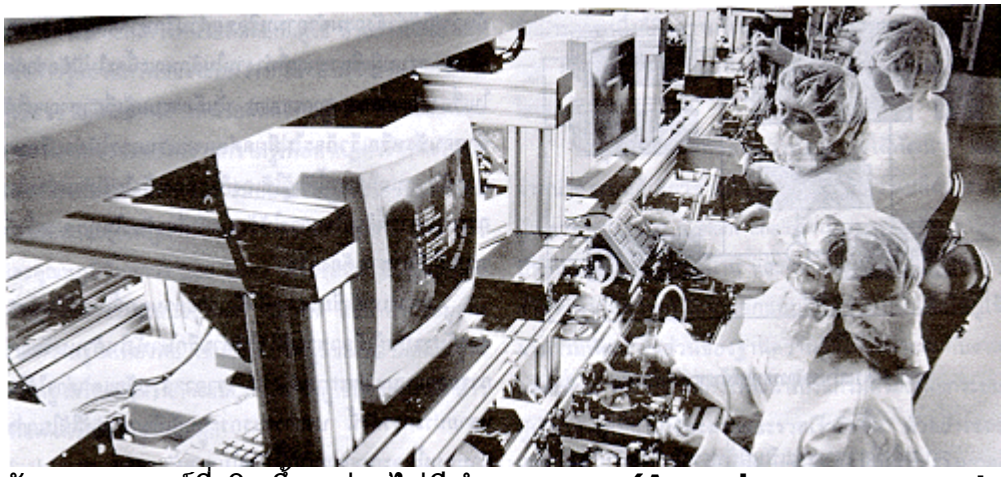
เนื่องจากระบบทำงานตามเวลาจริง **(real-time)** ดังนั้นระบบจำเป็นต้องมีความสามารถที่จะให้คำตอบหรือตัดสินใจ ให้ทันเวลาและเหตุการณ์ นอกจากนี้ต้องสามารถหาคำตอบที่ดีที่สุดให้ได้ ภายใต้เงื่อนไขเวลาที่กำหนด คุณสมบัติดังกล่าวนี้นับว่ามีความสำคัญมากที่สุด

ความสามารถในการจัดลำดับเหตุการณ์ (Temporal reasoning)

เวลาเป็นตัวแปรสำคัญสำหรับระบบควบคุม ดังนั้นระบบควรที่จะสามารถแสดงเวลาที่สัมพันธ์กับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นทั้งในอดีต ปัจจุบัน และอนาคต และสามารถลำดับเหตุการณ์พร้อมทั้งช่วงเวลาที่เกิดขึ้นได้ถูกต้อง

การทำงานภายใต้เงื่อนไขของความไม่แน่นอน (reasoning with uncertainty)

ในการควบคุมโดยระบบผู้เชี่ยวชาญนั้น ข้อมูลต่าง ๆ ที่ระบบได้รับมักจะได้โดยตรงมาจากเครื่องมือวัด ความคลาดเคลื่อนเนื่องจากการวัดมักจะเกิดขึ้นได้เสมออย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ความคาดเคลื่อนนี้เป็นเหตุให้เกิดความไม่แน่นอนในการตัดสินใจ ดังนั้นระบบควรมีความสามารถที่จะอนุมานภายใต้เงื่อนไขของความไม่แน่นอนที่อาจจะเกิดขึ้นได้



การจัดการกับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นอย่างไม่มีกำหนดเวลา (Asynchronouse events)

ระบบคุมนั้นอาจจะเป็นไปได้ที่มีเหตุการณ์บางอย่างเกิดขึ้นในระบบโดยที่เราไม่สามารถจะบอกเหตุการเหล่านี้เกิดขึ้นที่เวลาใด และอาจจะเป็นเหตุการณ์ที่ทำให้เกิดความเสียหายอย่างมากกับระบบ ดังนั้นระบบควรที่จะมีความสามารถในการจัดการกับเหตุการณ์ดังกล่าว เพื่อที่จะหลีกเลี่ยงความเสียหายหรือลดความสูญเสียให้น้อยที่สุด

การทำงานอย่างต่อเนื่อง (Continouse operation)

เนื่องจากระบบต้องทำงานในสภาวะที่มีการเปลี่ยนแปลงและข้อมูลที่เป็นไดนามิก ดังนั้นระบบจึงควรที่จะสามารถทำการเก็บ และบันทึกข้อมูลอย่างต่อเนื่อง ขณะเดียวกันก็ต้องสามารถแยกแยะข้อมูลเก่าที่ยังเป็นประโยชน์และลบข้อมูลเก่าที่ไม่จำเป็นต้องใช้ออกจาก ฐานข้อมูล ทั้งนี้เพื่อไม่ให้ฐานข้อมูลมีขนาดใหญ่เกินไปโดยไม่จำเป็น ซึ่งจะมีผลเสียต่อสมรรถนะของระบบ

ทั้งหมดที่ได้กล่าวมานี้ เป็นคุณสมบัติพื้นฐานของระบบผู้เชี่ยวชาญที่ใช้เพื่อการควบคุม แต่การที่จะใช้วิธีการใดวิธีการหนึ่งในการสร้างระบบเพื่อให้มีคุณสมบัติครบถ้วนดังกล่าวนี้นับว่าเป็นเรื่องยาก ได้มีผู้ที่เสนอเทคนิคต่าง ๆ โดยใช้เครื่องมือ **(tools)** ทั้งฮาร์ดแวร์และซอฟแวร์ที่มีอยู่ในปัจจุบันเพื่อพัฒนาระบบ ให้มีขีดความสามารถสูงสุดเท่าที่จะเป็นไปได้

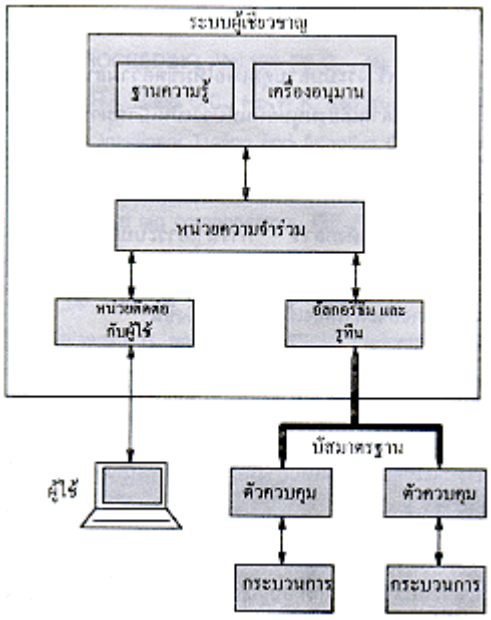
6. โครงสร้างทางฮาร์ดแวร์และซอฟแวร์ของการควบคุมด้วยระบบผู้เชี่ยวชาญ

จากที่ได้กล่าวมาแล้วว่าคุณสมบัติที่สำคัญของระบบผู้เชี่ยวชาญที่ทำงานในการควบคุมก็คือระบบจะต้องมีความสามารถในการตอบสนองต่อ การเปลี่ยนแปลงของข้อมูลและสามารถให้คำตอบหรือการตัดสินใจในปัญหาที่กำลังเกิดขึ้นได้ทันเวลา เพื่อให้ระบบมีคุณสมบัติดังกล่าวนี้จึงได้มีการเสนอวิธีการออกแบบโครงสร้างทางฮาร์ดแวร์และซอฟแวร์ในหลาย ๆ วิธี อย่างไรก็ตาม แต่ละวิธีจะมีหลักการใหญ่ ๆ คล้ายกัน จะแตกต่างกันเพียงเรื่องปลีกย่อย หลักการดังกล่าวมีโครงสร้างดังที่แสดงในรูปที่ 5

โครงสร้างทางฮาร์ดแวร์ประกอบด้วยคอมพิวเตอร์หลัก **(main computer)** ต่อเข้ากับตัวควบคุมต่าง ๆ โดยใช้บัสมาตรฐาน **(Standard Bus)** ระบบผู้เชี่ยวชาญจะอยู่ในคอมพิวเตอร์การติดต่อสื่อสารภายในระหว่างระบบผู้เชี่ยวชาญ กับผู้ใช้และตัวควบคุมจะกระทำผ่านทางหน่วยความจำร่วม ตัวควบคุมอาจมีหลายตัว โดยที่แต่ละตัวจะทำการควบคุมกระบวนการอย่างอิสระ ระบบผู้เชี่ยวชาญจะสั่งการมายังตัวควบคุมในเรื่องอัลกอริทึมของการควบคุมและพารามิเตอร์ที่ใช้ จากนั้นตัวควบคุมจะทำงานด้วยตัวเองตลอดไปจนกว่าจะมีคำสั่งเปลี่ยนแปลงมาจากระบบผู้เชี่ยวชาญ ข้อมูลเกี่ยวกับตัวแปรของการควบคุมนั้นจะถูกส่งไปยังหน่ายความจำร่วมอย่างต่อเนื่อง ข้อมูลนี้จะนำมาแสดง

ในรูปของกราฟโดยผ่านทางหน่วยติดต่อกับผู้ใช้ **(user interface)** ในขณะเดียวกันข้อมูลนี้ก็จะถูกนำไปวิเคราะห์โดยระบบผู้เชี่ยวชาญ เพื่อที่จะจัดการสั่งการมายังตัวควบคุมต่อไป ถึงแม้ว่าโครงสร้างนี้การทำงานหลักจะเป็นไปในด้านการจัดการ **(Supervisory Control)** แต่ผู้ใช้ก็ยังสามารถติดต่อกับระบบได้โดยผ่านทางหน่วยติดต่อกับผู้ใช้

ทางด้านซอฟแวร์นั้นจะใช้ระบบปฏิบัติการหลายแบบ **Multi-tasking** โดยจะมีกระบวนการทางซอฟแวร์ **3** กระบวนการทำงานพร้อมกัน **(concurrent process)** นั้นคือ **(1)** ระบบผู้เชี่ยวชาญ, **(2)** อัลกอริธึม และ**(3)** หน่วยติดต่อกับผู้ใช้ แต่ละกระบวนการจะถูกจัดลำดับความสำคัญให้ลดหลั่นกันไปเนื่องจากข้อมูลจากกระบวนการจะต้องถูกส่งมาที่หน่วยความจำร่วมอย่างต่อเนื่องในทุก ๆ ช่วงของการสุ่มสัญญาณ ดังนั้นส่วนที่เป็นอัลกอริธึมและรูทีนที่จัดการ ในเรื่องการส่งและรับข้อมูลนี้จะถูกจัดไว้ให้มีความสำคัญสูงสุด รองลงมาคือ ระบบผู้เชี่ยวชาญ และความสำคัญต่ำสุดคือหน่วยติดต่อกับผู้ใช้



รูปที่ 5 โครงสร้างฮาร์ดแวร์ของระบบ

การจัดโครงสร้างทางฮาร์ดวร์และซอฟแวร์ดังที่กล่าวนี้ เป็นวิธีการหนึ่งที่จะทำให้ระบบมีการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลง ของกระบวนการได้เร็วและทันเวลา นอกจากนี้การออกแบบซอฟแวร์จะเป็นลักษณะที่แยกส่วนที่เป็นฮิวริสติกออกจากส่วนที่เป็นอัลกอริธึม และรูทีนโดยที่ส่วนที่เป็นฮิวริสติกจะใส่ไว้ในฐานความรู้ของระบบผู้เชี่ยวชาญในรูปแบบที่กำหนด โดยเปลือกระบบผู้เชี่ยวชาญที่เลือกใช้ ส่วนที่เป็นอัลกอริธึมและรูทีนพร้อมทั้งส่วนติดต่อกับผู้ใช้อาจเขียนขึ้นด้วยโปรแกรมภาษามาตรฐานอื่น ๆ เช่น ภาษา **C** เป็นต้น การแยกส่วนลักษณะนี้จะทำให้ระบบมีโครงสร้างที่ง่ายต่อการเข้าใจและพัฒนา

7. ตัวอย่างของการพัฒนาระบบควบคุมโดยใช้เทคนิคของระบบผู้เชี่ยวชาญ

ตัวอย่างของระบบที่พัฒนาขึ้นมีโครงสร้างทางฮาร์ดแวร์และซอฟแวร์ดังที่แสดงในรูปที่ **5** คอมพิวเตอร์ที่ใช้คือ **HP9000** เปลือกของระบบผู้เชี่ยวชาญคือ **NEXPERT** ตัวควบคุมจะเป็นชนิดเอนกประสงค์ **(Universal Controller)** โดยที่อัลกอริธึมของการควบคุมนั้นสามารถเปลี่ยนแปลงได้ตามต้องการ ตัวควบคุมจะสร้างจากไมโครคอนโทรกเลอร์ การติดต่อระหว่าง **HP9000** และตัวควบคุมจะใช้บัส **IEEE488** ระบบปฏิบัติการที่ใช้คือ **HP-UNIX** โดยมีการเพิ่มในส่วนที่จัดการตามเวลาจริง **(real-time extention)**

สำหรับการทดสอบในเบื้องต้นนั้นได้ใช้ตัวควบคุมเพียงตัวเดียว และใช้ตัวจำลองกระบวนการ **(Process simulator)** แทนกระบวนการจริง ทั้งนี้เพื่อให้การเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์ของกระบวนการทำได้ง่ายขึ้น กระบวนการที่ใช้ทดสอบมีฟังชั่นถ่ายโอน **(Transfer function)** ดังนี้

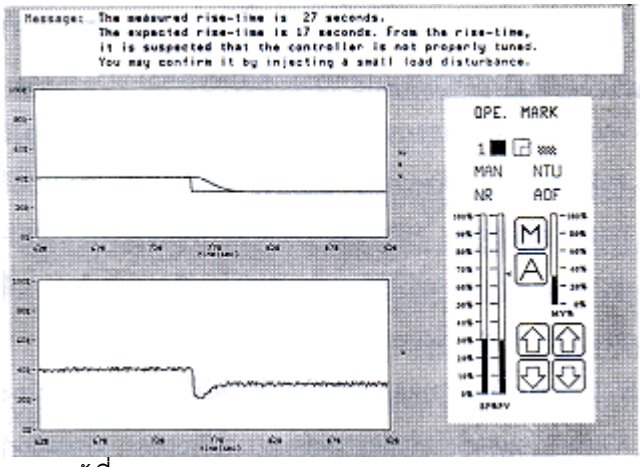
$$G_p(s)=\frac{1e^{-8s}}{(1+15s)^2}$$

การพัฒนาในระยะแรกนั้น ต้องการให้ระบบเป็นตัวควบคุม **PID** ที่สามารถตั้งค่าพารามิเตอร์ได้โดยอัตโนมัติ นอกจากนี้ยังมีขีดความสามารถในการตรวจสอบสมรรถนะของระบบ และเปลี่ยนแปลงแก้ไขพารามิเตอร์ของตัวควบคุมโดยอัตโนมัติ เมื่อพบว่าระบบมีสมรรถนะที่เลวลงอันเนื่องจากพารามิเตอร์ของ กระบวนการได้เปลี่ยนไป ความรู้เชิงทฤษฎีและเชิงฮิวริสติกได้ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อที่จะนำไปใช้ในการสร้างระบบ และต่อไปจะได้ยกตัวอย่างการทำงานเพียงบางส่วน ของระบบนี้

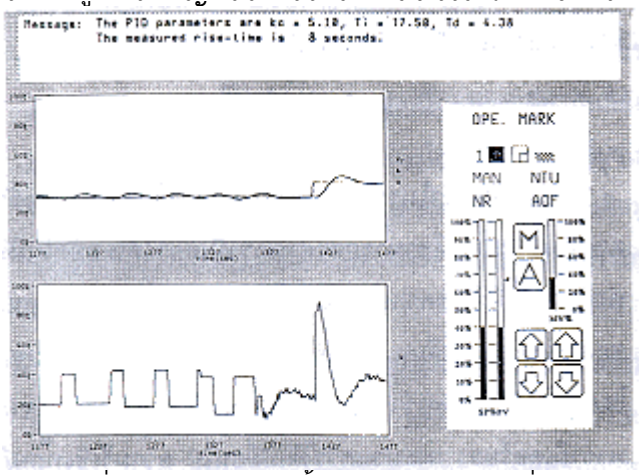
ระบบจะเริ่มทำการปรับตั้งค่าโดยใช้วิธีการป้อนกลับแบบรีเลย์จนได้ค่าพารามิเตอร์ของการควบคุมที่เหมาะสม

ชุดหนึ่ง จากการวิเคราะห์เชิงทฤษฎีพบว่าค่าพารามิเตอร์จะให้ผลการตอบสนองต่อสัญญาณขั้นบันได **(Step-response)** ที่มีไรซ์ไทม์ **(rise-time)** ประมาณ **17** วินาที ซึ่งใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการตรวจสอบ แสดงว่าขณะนี้ระบบได้ทำงานอย่างสมบูรณ์

จากนั้นเราจะมาทดสอบการทำงานของระบบโดยการเปลี่ยนค่าเวลาหน่วง **(time delay)** ของกระบวนการจาก **8** วินาที มาเป็น**4** วินาที และเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณอ้างอิง **(set-point)** ระบบผู้เชี่ยววชาญจะทำการตรวจสอบไรส์ไทม์ของเอาท์พุท แล้วพบว่าขณะนี้ไรส์ไทม์ที่วัดได้กลายมาเป็น **27** วินาที แทนที่จะเป็น**17** วินาที ตามค่าที่คาดหวังไว้ในตอนแรก ทั้งนี้เนื่องจากพารามิเตอร์ของกระบวนการได้เปลี่ยนไปแล้วนั้นเอง ระบบผู้เชี่ยวชาญจึงต้องแนะนำให้มีการปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ใหม่



รูที่ 6 ระบบผู้ชี่ยวชาญขณะตรวจสอบสมรรถนะของการควบคุม



รูปที่ 7 ระบบผู้เชี่ยวชาญทำการตั้งค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมชุดใหม่

รูปที่ 6 ได้แสดงการทำงานของระบบผู้เชี่ยวชาญในช่วงของการตรวจสอบสมรรถนะของระบบกราฟด้านบน จะเป็นสัญญาณเอาท์พุทกับสัญญาณอ้างอิงส่วนกราฟด้านล่างจะเป็นสัญญาณควบคุม **(control signal)** ขั้นตอนการทำงานของระบบผู้เชี่ยวชาญจะถูกแสดงให้เห็นช่อง **Message**

ระบบผู้เชี่ยวชาญจะสั่งการให้ปรับตั้งค่าใหม่โดยใช้วิธีป้อนกลับแบบรีเลย์ และได้ผลดังที่แสดงในรูปที่ 7

ที่ยกมาแสดงให้เห็นนี้เป็นตัวอย่างของการทำงานเพียงบางส่วนของระบบเท่านั้น จุดประสงค์ก็เพียงเพื่อจะชี้ให้เห็นถึงความแตกต่างในด้านปรัชญาการออกแบบและการทำงานของการควบคุมด้วยระบบผู้เชี่ยวชาญ เมื่อเปรียบเทียบกับการควบคุมด้วยการใช้วิธีเขียนโปรแกรมแบบธรรมดา ในแง่มุมของผู้ใช้แล้วจะเห็นว่าระบบจะให้ผู้ใช้ทราบข้อมูลการทำงานต่าง ๆ ตามต้องการ เสมือนว่าผู้ใช้ได้สอบถามกับผู้เชี่ยวชาญโดยตรง นอกจากนี้การทำงานภายในจะมีลักษณะคล้ายการทำงานของระบบเชี่ยวชาญ นั่นคือต้องใช้ทั้งความรู้เชิงทฤษฎีและเชิงฮิวริสติกในการแก้ปัญหาและการตัดสินใจสั่งการโดยอัตโนมัติ

8. สรุป

การสร้างระบบควบคุมเพื่อให้มีขีดความสามารถและความชาญฉลาดเยี่ยงมนุษย์นั้นนับว่าเป็นเป้าหมายที่นักวิจัยและวิศวกรระบบ ควบคุมใฝ่ฝันเอาไว้ ถึงแม้ว่าเป้าหมายนี้ยังอยู่ห่างไกล แต่ก็ได้มีความพยายามอย่างไม่ลดละเพื่อที่จะก้าวไปใกล้กับเป้าหมายดังกล่าว การนำเอาระบบผู้เชี่ยวชาญมาประยุกต์ใช้ในการควบคุม นับได้ว่าเป็นก้าวสำคัญก้าวหนึ่งในแนวทางที่จะทำให้ถึงเป้าหมายเร็วยิ่งขึ้น

การออกแบบระบบควบคุมให้มีสมรรถนะในการควบคุมที่ดีนั้นจะต้องใช้ทั้งความรู้เชิงทฤษฎีและความรู้เชิงฮิวริสติก ความรู้เชิงทฤษฎีนั้นจะอยู่ในรูปแบบของอัลกอริธึมต่าง ๆ แต่การที่จะใช้อัลกอริธึมได้อย่างมีประสิทธิภาพนั้นจำ

เป็นต้องใช้ฮิวริสติกเข้ามาเสริม และในความเป็นจริงแล้วในการออกแบบระบบควบคุมเราจะพบว่าส่วนที่เป็นฮิวริสติกจะมีมากกว่าส่วนที่เป็นอัลกอริธึม ระบบผู้เชี่ยวชาญเป็นเทคนิคการเขียนโปรแกรมที่สามารถจะจัดการกับฮิวริสติกได้อย่างมีประสิทธิภาพและเป็นระบบ

บทความนี้ได้กล่าวถึงการสร้างระบบควบคุมโดยใช้เทคนิคของระบบผู้เชี่ยวชาญ หลักการสำคัญคือ การแยกฮิวริสติกออกจากส่วนที่เป็นอัลกอริธึม การทำเช่นนี้จะทำให้การพัฒนาโปรแกรมที่มีขนาดใหญ่และซับซ้อนกลายเป็นงานที่ง่าย ระบบผู้เชี่ยวชาญใช้ฮิวริสติกที่อยู่ในฐานความรู้เพื่อทำการตัดสินใจและสั่งการในเรื่องการเลือกใช้อัลกอริธึมต่าง ๆ ให้เหมาะสมกับสถานการณ์ ประหนึ่งว่าระบบกำลังถูกควบคุมโดยผู้เชี่ยวชาญจริง ๆ

ระบบควบคุมโดยใช้เทคนิคของระบบผู้เชี่ยวชาญนี้จะต้องมีคุณสมบัติเฉพาะตัวหลายประการ แต่ประการที่สำคัญที่สุดก็คือ ระบบจะต้องสามารถตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลและเหตุการณ์ต่าง ๆ ด้วยความรวดเร็วและทันเวลา บทความนี้ได้แสดงโครงสร้างทางฮาร์ดแวร์และซอฟแวร์ในลักษณะหนึ่งในอันที่จะทำให้ระบบมีคุณสมบัติดังกล่าว

การประยุกต์ใช้ระบบผู้เชี่ยวชาญกับการควบคุมแบบป้อนกลับนั้นถือได้ว่าเป็นแนวทางใหม่ของงานวิจัยในสาขาระบบควบคุม และอาจถือได้ว่ายังอยู่ในระยะเริ่มต้น ดังนั้นจึงยังจะต้องมีอีกหลาย ๆ เรื่องที่ต้องทำการวิจัยและพัฒนาทั้งทางด้านทฤษฎีและระบบควบคุมและเทคโนโลยี ด้านปัญญาประดิษฐ์น่าจะถือว่าเป็นโอกาสดีหากนักวิจัยในบ้านเราเริ่มให้ความสนใจทำวิจัย และพัฒนาในแนวทางดังกล่าว เพราะอาจจะเกิดประโยชน์ต่ออุตสาหกรรมของประเทศในอนาคตอันใกล้นี้

เอกสารอ้างอิง

1) Astrom K.J. (1989): Toward Intelligent Control, IEEE Control Magazine, April
2) Astrom K.J., Anton J.J. and Arzen K.E. (1986): Expert Control, Automatica Vol 22, No.3 pp 277-286
3) Azen K.E. (1989): An Architecture for Expert System Based Feedback Control, Automatica, Vol. 25 No. 6 pp 813-827
4) Porter B., Jones A.H. and McKeown C.B. (1987): Real-time Expert Tuners for PI controllers, IEE PROCEEDING, Vol. 134, Pt. D., No. 4 July pp 260-263
5) Leitch R., Kraft and Luntz (1991): RESCU: a real-time knowledge based system for process control, IEE PROCEEDING, Vol.138 Pt. D., No. 3, May pp 217.227
6) Lee T.H., Hang C.C., Ho W.K. and Yue P.K. (1991) : Intellingent self-tuning PID controller: IFAC Intl. Symp. On Intelligent Tuning and Adaptive Control, Sigapore
7) James J.R., Frederick D.K. and Taylor J.H. (1987) : Use of expert-systems programming techniques for the design of lead lag compensators, IEE PROCEEDINGS, VOL. 134, Pt. D.,No. 3 May pp.137-144
8) Milne R. (1987) : Artifical intelligence for online diagosis, IEE PROCEEDINGS, Vol.134, Pt. D., No. 4 July pp. 238-244
9) Doraiswami R. and Jiang J. (1989) : Performance Monitoring In expert Control Systems, Automatica, Vol, 25, No. 6 , pp 799-811
10) Ken Pedersen (1989): "Expert Systems Programming" John Wiley & Sons

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ : อาจารย์ดร.สุขสันติ์ นุ่นงาม
การศึกษา : Ph.D. (Control Systems)
การทำงาน : อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

This document was last modified on