ertCPN: The Adaptations of the Coloured Petri-Net Theory for Real-Time Embedded System Modelling and Automatic Code Generatrion

ชื่อผู้วิจัย/หน่วยงาน

ผศ.ดร.วัฒนพงศ์ เกิดทองมี สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์

บทคัดย่อ

ระบบ Real-time เป็นระบบคอมพิวเตอร์อีกระบบหนึ่งที่มีหน้าที่หลักในการอ่านและควบคุมค่าของตัวแปรภายนอกให้เป็นไปตามเงื่อนไขการทำงานที่กำหนดโดยโปรแกรมงานของระบบ การทำงานของระบบควบคุมชนิดนี้จำเป็นต้องเป็นไปตามเงื่อนไขและกฎเกณฑ์บังคับทางด้านเวลาอื่นๆ ที่ถูกสร้างขึ้นมาเพื่อกำหนดพฤติกรรมการทำงานของระบบให้ดำเนินอย่างถูกต้อง ความแตกต่างระหว่างโปรแกรมงานของระบบคอมพิวเตอร์ทั่วไปกับระบบ Real-time คือ โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในกลุ่มหลังนั้นจำเป็นต้องมีความถูกต้องทั้งในด้านหน้าที่ และเวลาของการทำงาน ดังนั้นในการออกแบบระบบ Real-time จำเป็นต้องมีการวิเคราะห์อย่างละเอียดเพื่อให้ได้มาซึ่งคุณสมบัติการทำงานของระบบที่ครบถ้วนในทั้งสองด้าน ในบทความนี้ผู้เขียนจะได้นำเสนอแนวทางของการปรับปรุงทฤษฎีคัลเลอร์เพทริเน็ต (coloured Petri Net-CPN) เพื่อให้ง่ายต่อการนำมาประยุกต์ใช้ในการสร้างและจำลองการทำงานของโมเดลของระบบ Real-time ขนาดเล็ก และตอบสนองต่อการแปลงโดยอัตโนมัติจากโมเดลที่ถูกต้องและสมบูรณ์ให้เป็นโปรแกรมของระบบควบคุมที่สามารถนำไปใช้ในระบบจริงได้ นอกเหนือจากการนำเสนอทฤษฎีที่ได้รับการปรับปรุงของ CPN แล้วผู้วิจัยยังได้นำเสนอซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ชื่อ ENVisAge (an Extended Coloured Petri-Net Based Visual Application Generator Tool) ซึ่งเป็นซอฟต์แวร์ต้นแบบที่อิงทฤษฎีส่วนขยายของ CPN

บทนำ

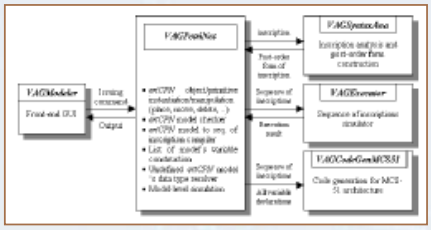
ไมโครคอนโทรลเลอร์คือ ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิคส์ชนิดหนึ่งซึ่งถูกใช้เพื่อทำหน้าที่ในการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้า/อิเล็กทรอนิกส์ เครื่องมือและเครื่องใช้ต่างๆ ที่พบเห็นในชีวิตประจำวันโดยทั่วไป การใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในระบบเหล่านี้ส่งผลให้ระบบโดยรวมมีขนาดเล็กลง ความซับซ้อนของวงจรต่ำ อันส่งผลให้ความต้องการกำลังไฟฟ้าต่ำลงด้วย นอกจากนั้นอาจกล่าวได้ว่าระบบมีความเฉลียวฉลาด และมีความน่าเชื่อถือมากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับระบบควบคุมทางอิเล็กทรอนิกส์แบบเดิมที่ประกอบด้วยวงจรรวมแบบแยกส่วน (Discrete Integrated Circuit) โดยทั่วไปแล้วไมโครคอนโทรลเลอร์ในระบบควบคุมชนิด Real-Time Embedded System จำเป็นต้องตอบสนองต่อการร้องขอหรือกระตุ้นอย่างทันท่วงที มิฉะนั้นอาจส่งผลให้เกิดความเสียหายต่อระบบหรือสิ่งแวดล้อมที่ระบบดังกล่าวควบคุมการทำงานอยู่ ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่าระบบควบคุมชนิด Real-Time Embedded System จำเป็นต้องทำงานอย่างถูกต้องในสองระดับ นั่นคือ ในระดับของพฤติกรรมหรือหน้าที่การทำงาน และในระดับของเวลาของการทำงาน ส่งผลต่อขั้นตอนในการออกแบบระบบ นักออกแบบจำเป็นต้องตรวจสอบความถูกต้องในสองระดับนี้ นักวิจัยทางด้านวิทยาการคอมพิวเตอร์/วิศวกรรมคอมพิวเตอร์ได้ออกแบบและพัฒนาแนวทางการออกแบบซอฟต์แวร์ควบคุมการทำงานของระบบ Real-Time Embedded System มาอย่างต่อเนื่อง โดยมุ่งหวังให้แนวทางเหล่านั้นสามารถสะท้อนและตอบสนองต่อความต้องการในการนำไปใช้งานได้อย่างเต็มที่ ด้วยความซับซ้อนของระบบ Real-Time Embedded System ที่สูงขึ้นในปัจจุบันส่งผลให้เราจำเป็นต้องใช้แนวทางของการใช้โมเดลหรือการทำโมเดลลิ่งระบบ (System Modeling) เป็นหลักในการออกแบบระบบควบคุมชนิดนี้ โดยจุดประสงค์หลักของการทำโมเดลลิ่งระบบคือ ช่วยให้นักออกแบบระบบสามารถกำหนด ออกแบบ ทำและทดสอบการทำงานของระบบ (นอกเหนือจากความสามารถในการสื่อสารระหว่างกลุ่มของนักออกแบบและผู้ใช้งาน) ตลอดจนการตอบสนองของระบบต่อเงื่อนไขจำกัดต่างๆ ทั้งภายในและภายนอก (External/Internal Constraints) ผลลัพธ์ที่ต้องการจากซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการทำโมเดลลิ่งของระบบในท้ายที่สุด คือโปรแกรมควบคุมการทำงานของ Real-Time Embedded System ที่สามารถนำไปใช้ในระบบจริงได้

วัตถุประสงค์

โครงการนี้มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อปรับปรุงการทำงานและสร้างความสมบูรณ์ให้กับซอฟต์แวร์ช่วยเหลือในการออกแบบระบบควบคุมแบบอัตโนมัติโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในกลุ่มของ Real-Time ขนาดเล็กที่ชื่อ ENVisAGE ซึ่งเป็นซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการออกแบบหรือสร้างโมเดลของระบบควบคุมในกลุ่ม Real-Time ขนาดเล็กที่อิงตามทฤษฎี ertCPN (ซึ่งเป็นผลจากการวิจัยในโครงการวิจัยแรกที่ได้รับการสนับสนุนจากศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ) การออกแบบหรือสร้างโมเดลที่บรรยายพฤติกรรม (Behaviour) และโครงสร้าง (Structure) ของระบบจะกระทำโดยผ่านทางส่วนติดต่อกับผู้ใช้งาน (User Interface) เพื่อให้ง่ายต่อการประยุกต์ใช้งานโดยมุ่งหวังให้ผลที่ได้จากการออกแบบ วิเคราะห์และจำลองการทำงานเสร็จสิ้นแล้วสามารถนำไปใช้กับ Real-Time Embedded Systems ขนาดเล็กที่ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในระดับ 8 ถึง 16 บิต

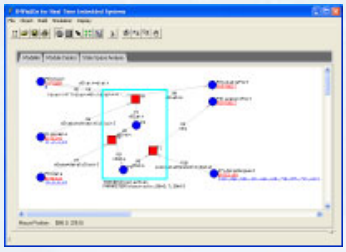
ผลการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยที่ต่อเนื่องจากงานวิจัยเดิมซึ่งได้รับงบประมาณสนับสนุนจากศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติและมูลนิธิโทเรเพื่อการพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (TTSF) สถานะปัจจุบันของงานวิจัยคือ นอกจากผู้วิจัยจะสามารถสรุปแนวคิดหลักของการสร้างโมเดลของระบบควบคุมแบบ embedded Real-Time System และนำไปสู่การนำเสนอทฤษฎี ertCPN แล้วยังได้พัฒนาซอฟต์แวร์ชื่อ ENVisAGe-Extended Coloured Petri-Net Based Visual Application Generator ที่มีความสามารถ (รูปที่ 1 แสดงสถาปัตยกรรมทางซอฟต์แวร์ของ ENVisAGe และหน้าที่การทำงานโดยย่อของแต่ละโปรแกรมองค์ประกอบ) คือ



รูปที่ 1 สถาปัตยกรรมทางซอฟต์แวร์ของ ENVisAGe และหน้าที่การทำงานโดยย่อของแต่ละโปรแกรมองค์ประกอบ

- ซอฟต์แวร์ ENVisAGe มีองค์ประกอบที่ช่วยเหลือนักออกแบบระบบควบคุมในการสร้างโมเดลของระบบที่ต้องการโดยสามารถสร้าง ปรับเปลี่ยน ตกแต่งโมเดลได้ตามความต้องการ
- ซอฟต์แวร์ ENVisAGe ตอบสนองต่อการจำลองการทำงานในระดับโมเดล (Model Simulation) เพื่อให้นักออกแบบระบบสามารถทดสอบพฤติกรรมการทำงานของภารกิจ (Task) ใดๆ ได้
- ซอฟต์แวร์ ENVisAGe มีความสามารถในการให้กำเนิดลำดับของอินสตรัคชันและอินเทอร์มีเดียโค้ด (Intermediate code) โดยอินเตอร์มีเดียทโคดที่ได้สามารถใช้ในการสร้างเป็นคำสั่งงานภาษาแอสเซมบลีของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51
- ซอฟต์แวร์ ENVisAGe มีความสามารถในการคำนวณเวลาสูงสุด (worst-case execution) ที่ใช้ในการทำงานในภารกิจ (Task) ใดๆ แบบกึ่งอัตโนมัติ (อัตโนมัติในกรณีที่ลำดับของอินสตรัคชันอยู่ในรูปของ Sequential program ส่วนในกรณีที่มีการกระโดดด้วยเงื่อนไขของโปรแกรมในโมเดล ENVisAGe ยังต้องการข้อมูลจากนักออกแบบระบบเพื่อชี้นำความน่าจะเป็นของการกระโดดไปที่จุดใดๆ ภายในโมเดลเพื่อเทียบกับจุดอื่นๆ)



รูปที่ 2 หน้าจอของซอฟต์แวร์ ENVisAGe ที่แสดงผลโมเดลชนิด ertCPN ของระบบควบคุมและแสดงผลอุณหภูมิอย่างง่าย

รูปที่ 2 แสดงหน้าจอของซอฟต์แวร์ ENVisAGe ที่แสดงผลโมเดลชนิด ertCPN ของระบบควบคุมและแสดงผลอุณหภูมิอย่างง่าย โดยฮาร์ดแวร์ของระบบ (อุปกรณ์ฮาร์ดแวร์นี้ได้แสดงในโมเดล แต่พอร์ตที่ใช้รับค่าและควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ถูกแสดงด้วยเพลส) ประกอบด้วยปุ่มกดในรูปแบบดอตแมทริกซ์เพื่อรับค่า setpoint ของอุณหภูมิ ปุ่มกดเพื่อหยุดการทำงานของระบบโดยทันที ภาคแสดงผลด้วย LED (Light Emitting Diode) แบบเจ็ดส่วนแบบมัลติเพล็กซ์จำนวน 4 หลัก และตัวอ่านค่าอุณหภูมิ หากพิจารณาจากโมเดลจะสามารถบอกได้ว่าระบบนี้ประกอบด้วยภารกิจ (Task) จำนวน 4 ภารกิจ

สรุป

จากงานวิจัยส่งผลให้ได้มาซึ่งซอฟต์แวร์ ENVisAGE ที่มีคุณลักษณะทางเทคนิคโดยสรุปดังต่อไปนี้

1. สามารถใช้งานกับไมโครคอนโทรลเลอร์ 8 บิตตระกูล MCS-51
2. สามารถจำลองพฤติกรรมการทำงานของทาสก์ที่เป็นองค์ประกอบของระบบควบคุมในกลุ่ม Real-Time System ขนาดเล็กในระดับโมเดล (Model-Level Simulation) ได้
3. สามารถแสดงรายละเอียดใน 2 ส่วนที่มีความจำเป็นในการออกแบบระบบควบคุมในกลุ่ม Real-Time System นั่นคือ รายละเอียดในส่วนของ Structure และ Behaviour
4. สามารถตรวจสอบและรายงานผลการจัดเวลาการให้บริการภารกิจ (Task) ต่างๆ ที่เป็นองค์ประกอบของระบบ (Task Scheduling)
5. ตอบสนองต่อการเรียกใช้ภารกิจ (Task) ที่ถูกจัดเก็บในรูปของไลบรารีและการจัดเก็บภารกิจ (Task) ที่อาจถูกเรียกใช้งานบ่อยในรูปของไลบรารี่
6. มีส่วนของการเชื่อมต่อกับนักออกแบบ (Graphical User Interface) ให้อยู่ในรูปแบบที่ใช้งานได้ง่ายและสามารถสื่อความหมายได้ดียิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

1. Harel D., Lachover H., Naamad A., Pnueli A., Poloti M., Sherman R., Shtull-Trauring A. and Trakhtenbrot M., *STATEMATE: A Working Environment for the Development of Complex Reactive Systems*, IEEE. Trans. On Software Engineering, Vol.16, No. 4 (April 1990), pp. 403-414.
2. Jahanian F. and Mok A., *Modechart: A Specification Language for Real-Time Systems*, IEEE Trans. On Software Engineering, Vol.20, No. 12 (Dec 1994), pp. 933-947.
3. Jensen K., Coloured Petri Nets. *Basic Concepts, Analysis Methods and Practical Use*, EATCS Monographs on Theoretical Computer Science, Springer-Verlag, 1992.
4. Jensen K. and Rozenberg G. (eds.), *High-Level Petri Nets: Theory and Application*, Springer-Verlag, 1991.
5. Kurdthongmee W., *An Embedded Real-Time System Modeling Tool Based on Extensions of Coloured Petri-Net*, Proceedings of NCSEC2002 conference, Jomtien, Pattaya, Thailand, 2002.
6. Kurdthongmee W., *ENVisAGe: An Extended Coloured Petri-Net Based Visual Application Generator Tool for Real-Time Embedded Systems*, Proceedings of NSTDA conference, Thailand, 2002.
7. Kurdthongmee W., *Integrating Worst Case Execution Time Analysis to an Open-Source Embedded System C-Compiler*, Proceedings of RTAS2002 conference, San Jose, CA, 2002.

โครงการนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยและพัฒนา จาก
ฝ่ายเครือข่ายการวิจัยและพัฒนา (RDD)
ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ
112 อุทยานวิทยาศาสตร์ประเทศไทย ถนนพหลโยธิน
ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120
โทรศัพท์ 02-564-6900 ต่อ 2501-10 โทรสาร 02-564-6901..2

http://www.nectec.or.th/