

ชื่อโครงการ “การพัฒนาระบบควบคุมเครื่องตัดโฟม”

ปรีดา ตั้งนภากร¹⁾ คอร์ด สุทธิม²⁾

ศัตถา รุจิเกียรติกำจร³⁾ และ วรินทร์ สุวรรณวิสูตร⁴⁾

ชื่อผู้วิจัย¹⁾⁻³⁾ และ ชื่อหัวหน้าโครงการ⁴⁾

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

*E-mail: timelord@gear.kku.ac.th

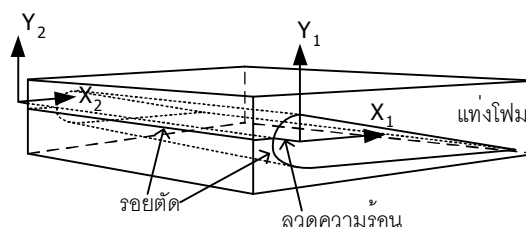
บทคัดย่อ

โครงการนี้เป็นการพัฒนาระบบควบคุมเครื่องตัดโฟม ซึ่งเป็นโฟมที่ใช้เสริมในปีกเครื่องบินเล็ก. การตัดโฟมจะเป็นการใช้ลวดความร้อนวิ่งผ่านไปในแท่งโฟม โดยแต่ละปลายของลวดความร้อนจะต่ออยู่กับสเตปเปอร์มอเตอร์สองตัวซึ่งควบคุมปลายลวดความร้อนให้เคลื่อนที่ในระนาบสองมิติ. ระบบควบคุมประกอบด้วย โปรแกรมที่ทำงานบนคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล บอร์ดควบคุมซึ่งใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ วงจรขับสเตปเปอร์มอเตอร์ และวงจรจ่ายไฟเลี้ยง. โปรแกรมบนคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลจะอ่านไฟล์ข้อมูลขนาดและรูปร่างของโฟมที่ต้องการตัด, ความเร็วที่ผู้ใช้ต้องการตัด, ความยาวของแท่งโฟมและระยะการติดตั้ง, และลักษณะจำเพาะต่างๆของเครื่องตัดโฟม เพื่อนำมาประมวลผล. การคำนวณจะใช้ความรู้ทางด้านเรขาคณิตในสองมิติและสามมิติ เพื่อหาระยะทางที่แต่ละปลายของลวดความร้อนจะต้องเคลื่อนที่ที่จะทำให้ได้ขนาดและรูปร่างของโฟมที่ต้องการ. นอกจากนี้ ระยะทางต่างๆที่คำนวณได้ จะต้องแปลงเป็นระยะเวลาที่สัญญาณพัลส์แต่ละลูกจะถูกส่งออกไปขับสเตปเปอร์มอเตอร์. การแปลงจะเกี่ยวข้องกับการคำนวณค่าที่เหมาะสมสำหรับบะเรย์ของตัวนับเวลาที่อยู๋ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งจะสร้างสัญญาณพัลส์ให้มีระยะเวลาที่ต้องการในการควบคุมความเร็วและทิศทางการหมุนของสเตปเปอร์มอเตอร์. ค่าสำหรับบะเรย์ของตัวนับเวลาจะถูกส่งจากคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลผ่านทางพอร์ทขนานไปยังบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อสร้างสัญญาณขับสเตปเปอร์มอเตอร์ต่อไป. การทดสอบระบบควบคุมในเบื้องต้นพบว่า สามารถควบคุมการเคลื่อนที่ในระนาบสองมิติได้ตามต้องการ. แต่เนื่องจากโปรแกรมยังมีข้อบกพร่องอยู่ การนำไปใช้งานจริงขณะนี้ยังไม่สามารถทำได้.

1. ความสำคัญของปัญหา

โฟมที่เกี่ยวข้องกับโครงการนี้เป็นโฟมที่ใส่ไว้ในปีกเครื่องบินเล็ก เพื่อเสริมความแข็งแรงของปีก ซึ่งโฟมที่ถูกตัด จะต้องมีความพอดีกับช่องว่างภายในปีก. การตัดจะใช้ลวดความร้อนวิ่งผ่านเข้าไปในแท่งโฟมขนาดใหญ่. ที่ปลายแต่ละด้านของลวดความร้อนจะต่อเข้ากับสเตปเปอร์มอเตอร์สองตัวซึ่งควบคุมการเคลื่อนที่ในระนาบสองมิติ (X-Y) ดังแสดงในรูปที่ 1. การเคลื่อนที่ของปลายลวดความร้อนทั้งสองด้านต้องเข้าจันทะกัน เมื่อโฟมที่ถูกความร้อนละลายขาดออกจากกัน จะทำให้ได้โฟมที่มีรูปร่างตามต้องการ. การเข้าจันทะกันของการเคลื่อนที่ของปลายลวดความร้อนทั้ง

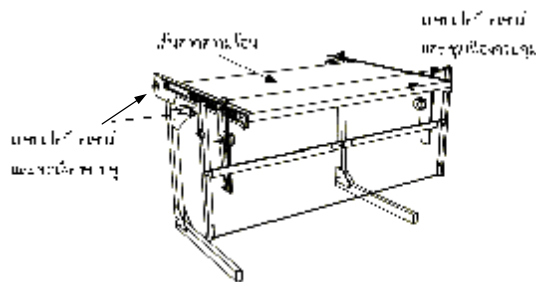
สองด้านเป็นสิ่งที่ต้องควบคุมให้เกิดขึ้น ถึงแม้ว่าขนาดของโฟมที่ปลายด้านหนึ่งกับปลายอีกด้านหนึ่งจะไม่เท่ากัน (taper) ก็ตาม.



รูปที่ 1. รอยตัดที่เกิดจากลวดความร้อนวิ่งผ่านโฟม.

รูปที่ 2 แสดงรูปร่างของโตะที่ใช้วางโฟมเพื่อจะตัด. ในการประมวลผล ต้องทราบความเร็วที่จะใช้ในการตัดโฟม และระยะทางต่างๆที่เกี่ยวข้อง ต้องนำมา

คำนวณด้วย เช่น ระยะระหว่างระนาบสองมิติทั้งสองด้าน, ระยะความยาวของแท่งโฟม, ระยะห่างระหว่างปลายแท่งโฟมด้านหนึ่งกับระนาบสองมิติที่อยู่ใกล้ที่สุด, ระยะทางที่เคลื่อนที่ในหนึ่งสเตป, ระยะชดเชยการละลายของโฟม, ฯลฯ



รูปที่ 2. โต๊ะตัดโฟม.

เครื่องตัดโฟมที่ผู้ประกอบการเอกชนที่เข้าร่วมโครงการมีใช้อยู่ เป็นเครื่องที่จะต้องนำเข้าจากต่างประเทศ มีราคาแพง และมีขนาดไม่ใหญ่นัก ทำให้การผลิตเครื่องบินถูกจำกัดด้วยขนาดของโฟมที่จะตัดได้ จึงมีความจำเป็นที่จะต้องหาเครื่องตัดโฟมที่มีขนาดใหญ่ขึ้นกว่าเดิมมาใช้งาน.

2. วัตถุประสงค์ของโครงการ

โครงการนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะพัฒนาระบบควบคุมเครื่องตัดโฟมขึ้นมาเองทั้งหมด เพื่อให้เกิดความรู้เป็นของตัวเอง และระบบควบคุมที่พัฒนาขึ้นจะต้องมีความสามารถในการใช้กับเครื่องตัดโฟมขนาดใหญ่ขึ้นกว่าเดิม.

3. การออกแบบระบบ

การออกแบบระบบควบคุม ต้องพิจารณาทั้งส่วนของซอฟต์แวร์และฮาร์ดแวร์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้.

3.1. โปรแกรมระบบปฏิบัติการ

โปรแกรมระบบปฏิบัติการที่ทำงานบนคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (หรือเครื่องพีซี) ในปัจจุบันและอนาคตมีแนวโน้มว่าจะเป็นลักษณะ multitasking จึงไม่เหมาะที่จะใช้เครื่องพีซีที่มีโปรแกรมระบบปฏิบัติการแบบนี้ในการควบคุมแบบ real time เนื่องจากไม่สามารถควบคุมระยะเวลาของการส่งสัญญาณพัลส์ควบคุมได้คงเส้นคงวา ซึ่งจะมีผลต่อความผิดพลาดของรูปร่างได้.

วิธีการหนึ่งที่สามารถแก้ปัญหานี้ได้ คือการใช้เครื่องพีซีในการส่งข้อมูลที่จำเป็นมายังบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ และให้บอร์ดนี้ส่งสัญญาณไปควบคุมการทำงานของสเตปเปอร์มอเตอร์อีกทอดหนึ่ง ดังแสดงในรูปที่ 3. เนื่องจากบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ถูกสร้างให้กำเนิดสัญญาณควบคุมโดยเฉพาะระยะเวลาของสัญญาณควบคุมต่าง ๆ ที่ได้จากบอร์ดนี้จะแม่นยำกว่าการใช้เครื่องพีซีที่มีโปรแกรมระบบปฏิบัติการแบบ multitasking สร้างสัญญาณควบคุม.



รูปที่ 3. ภาพรวมของอุปกรณ์ที่มีอยู่ในระบบ.

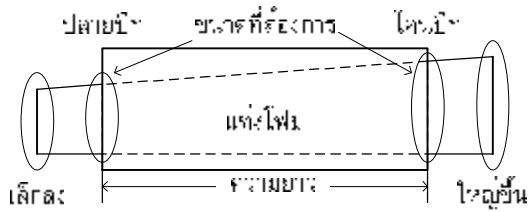
3.2. การคำนวณ

ข้อมูลรูปร่างของโฟมที่ต้องการ จะประกอบไปด้วยเส้นตรงหลายเส้นเชื่อมต่อเข้าหากัน จนเป็นรูปร่างตามต้องการ ดังตัวอย่างที่แสดงไว้ในรูปที่ 4. ข้อมูลเส้นตรงเหล่านี้จะมีหน่วยเป็นมิลลิเมตร. ตำแหน่งฟักของหลอดความร้อนโดยทั่วไปจะอยู่ต่ำกว่าระดับด้านล่างของแท่งโฟมเล็กน้อย. ระยะทางต่าง ๆ จะต้องถูกแปลงไปเป็นจำนวนสเตปที่สเตปเปอร์มอเตอร์จะต้องเคลื่อนที่.



รูปที่ 4. ตัวอย่างรอยตัด.

ในกรณีที่ขนาดของปลายปีกกับโคนปีกไม่เท่ากัน การคำนวณระยะทางจะมีความซับซ้อนเพิ่มขึ้น เนื่องจากระยะการเคลื่อนที่ของปลายด้านที่ใหญ่กว่าจะต้องเพิ่มขึ้นมากกว่าขนาดที่ต้องการและระยะการเคลื่อนที่ของปลายด้านที่เล็กกว่าจะต้องลดลงให้เล็กกว่าที่ต้องการ ดังแสดงในรูปที่ 5 เพื่อให้ได้โฟมตามขนาดที่ต้องการพอดี. นอกจากนี้อาจจะต้องมีการชดเชยระยะโฟมที่ละลาย ถ้าผู้กำหนดให้เผื่อระยะนี้ไว้ด้วย.



รูปที่ 5. ระยะการเคลื่อนที่ในกรณีที่มีขนาด
ปลายปีกและโคนปีกไม่เท่ากัน

เมื่อคำนวณระยะต่างๆ ได้แล้ว การกำหนดระยะเวลาระหว่างสัญญาณพัลส์ที่ส่งไปให้วงจรขับสเตปเปอร์มอเตอร์ จะต้องนำความเร็วในการตัดที่ผู้ใช้งานกำหนดมาคำนวณด้วย. โดยทั่วไปผู้ควบคุมการตัดโฟมจะทราบว่า ถ้าใช้ความเร็วต่ำในการตัด เนื้อโฟมจะถูกละลายมากกว่าการใช้ความเร็วสูง. แต่ถ้าใช้ความเร็วสูงไป โฟมอาจจะละลายไม่ทันก็ได้. ระยะเวลาระหว่างสัญญาณพัลส์นี้ จะเป็นตัวกำหนดความเร็วในการตัด. ถ้าระยะเวลานี้สั้น ความเร็วในการตัดจะสูง. แต่ถ้าระยะเวลานี้ยาว ความเร็วในการตัดจะน้อย.

การคำนวณระยะเวลาในการสร้างสัญญาณพัลส์ในบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ต้องทราบว่าวงจรที่จะกำเนิดสัญญาณพัลส์ในไมโครคอนโทรลเลอร์ทำงานอย่างไร. โดยทั่วไป การควบคุมระยะเวลาจะกระทำโดยกำหนดค่าลงในรีจิสเตอร์ที่ใช้นับเวลา หรือรีจิสเตอร์ที่ใช้เปรียบเทียบกับรีจิสเตอร์ที่ใช้นับเวลา. โปรแกรมบนเครื่องพีซีจะต้องคำนวณค่าเหล่านี้ เพื่อให้พร้อมที่จะถูกโหลดใส่บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์.

ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่เลือกใช้ในการทำวงจรต้นแบบนี้ จะมีวงจรที่เรียกว่า programmable counter array ที่ให้เอาต์พุตอย่างน้อย 4 สัญญาณ เพื่อให้สามารถสร้างสัญญาณพัลส์ที่กำหนดระยะเวลาได้อย่างแม่นยำสำหรับสเตปเปอร์มอเตอร์แต่ละตัวแยกจากกัน.

3.3. การสื่อสารระหว่างเครื่องพีซีกับบอร์ด

ไมโครคอนโทรลเลอร์

การสื่อสารระหว่างเครื่องพีซีและบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์จะใช้พอร์ทขนาน เนื่องจากมีความเร็วมากกว่าพอร์ทอนุกรม. ข้อมูลคำรีจิสเตอร์ที่ใช้ตั้งเวลาสำหรับเส้นรูปร่างแต่ละช่วง จะถูกส่งจากเครื่องพีซีมายังบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์. ถ้าเส้นตรงนั้นยาวเกินไป

อาจถูกแบ่งให้เป็นเส้นที่สั้นลง เพื่อให้สามารถกำหนดค่าลงในรีจิสเตอร์ซึ่งมีจำนวนบิตที่จำกัดได้.

ในการสื่อสารนี้จะต้องมีการกำหนดวิธีการรับส่งสัญญาณขึ้นมาใช้เอง เพื่อให้เครื่องพีซีสามารถส่งข้อมูลไปยังบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ได้อย่างถูกต้อง.

3.4. วงจรขับสเตปเปอร์มอเตอร์

การออกแบบวงจรขับสเตปเปอร์มอเตอร์ชนิดสองเฟสทำได้หลายแบบ. สำหรับวงจรต้นแบบนี้ เลือกใช้การทำงานแบบ bipolar เนื่องจากว่า ให้แรงบิดสูงกว่าแบบ unipolar แต่ต้องใช้แรงดันสูงกว่าแบบ unipolar.

วงจรขับสเตปเปอร์มอเตอร์จะรับสัญญาณพัลส์และสัญญาณทิศทางจากบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อสร้างสัญญาณไปขับสเตปเปอร์มอเตอร์. การทำงานภายในของวงจรจะเป็น finite state machine อย่างง่ายที่มีเพียง 4 states เท่านั้น จึงใช้ CMOS logic gates ทั่วไปสร้างวงจรนี้ขึ้นมา. สัญญาณจาก logic gates ที่ใช้จะถูกขยายให้สามารถจ่ายกระแสให้สูงขึ้นโดยใช้ทรานซิสเตอร์กำลังเพื่อไปขับสเตปเปอร์มอเตอร์.

3.5. วงจรแหล่งจ่ายไฟ

เนื่องจากวงจรขับสเตปเปอร์มอเตอร์อาจกินกระแสสูงตามขนาดของมอเตอร์ที่ใช้ และต้องใช้มอเตอร์ทั้งหมด 4 ตัวด้วยกัน ถ้าแหล่งจ่ายไฟใช้หม้อแปลงธรรมดาจะมีขนาดใหญ่และมีน้ำหนักมาก จึงคิดว่าจะใช้แหล่งจ่ายไฟแบบ switching ซึ่งทำงานที่ความถี่สูง มีขนาดเล็กและน้ำหนักเบา.

Electronic transformer ซึ่งโดยทั่วไปจะใช้กับหลอดฮาโลเจน 12 V เป็นแหล่งจ่ายไฟแบบ switching ที่มีราคาถูกที่สุดที่หาได้. แต่การทดสอบในเบื้องต้นพบว่า electronic transformer มีคุณสมบัติบางอย่างที่ไม่เหมาะสมในการใช้เป็นแหล่งจ่ายไฟของระบบ. ถ้าเปิดวงจรทางด้านเอาต์พุต ไม่ให้มีกระแสไหล กระแสจะหยุดไหลไปตลอดต่อนี้. ถึงแม้ว่าจะมี load ต่อเข้ามาใหม่ กระแสจะไม่ไหล. ถ้าจะให้ electronic transformer จ่ายกระแสให้ load ซึ่งต่อเข้ามาใหม่ ต้องหยุดจ่ายกระแสทางด้านอินพุตชั่วคราวหนึ่ง แล้วจึงเริ่มต้นจ่ายใหม่ ก็จะมีกระแสไหลทางด้านเอาต์พุตด้วย.

เนื่องจากในการใช้งานจริง จะมีบางกรณีที่ไม่มีกระแสเข้าสเตปเปอร์มอเตอร์ กระแสที่ไหลเข้าวงจรส่วนอื่นๆน้อยมาก ทำให้ electronic transformer ไม่จ่ายกระแสเอาท์พุท. ดังนั้น จึงไม่เหมาะสมที่จะใช้ electronic transformer เป็นแหล่งจ่ายไฟของระบบควบคุมนี้.

4. การสร้าง

โปรแกรมบนเครื่องพีซีถูกพัฒนาขึ้นโดยใช้ภาษา C++ ซึ่งมีทั้งส่วนที่ติดต่อกับผู้ใช้ ส่วนที่เกี่ยวข้องกับการคำนวณ และส่วนที่สื่อสารกับไมโครคอนโทรลเลอร์ผ่านทางพอร์ทขนานของเครื่องพีซี. โปรแกรมที่อยู่ในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์เขียนขึ้นมาโดยใช้ภาษาแอสเซมบลี (assembly language) ให้สื่อสารกับโปรแกรมบนเครื่องพีซี เพื่อรับข้อมูลที่ใช้สร้างพัลส์. จากนั้นจะสร้างสัญญาณพัลส์ให้มีระยะเวลาและมีจำนวนตามที่กำหนดให้ ให้กับวงจรขับเคลื่อนสเตปเปอร์มอเตอร์.

บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์และแหล่งจ่ายไฟแบบ switching เป็นอุปกรณ์สำเร็จรูปที่มีขายอยู่แล้ว. ส่วนบอร์ดขับเคลื่อนสเตปเปอร์มอเตอร์เป็นบอร์ดที่สร้างขึ้นมาเอง.

5. การทดสอบและข้อบกพร่องที่พบ

จากการทดสอบส่วนรับค่าจากผู้ใช้และส่วนการคำนวณพบว่า ทำงานได้ถูกต้อง. แต่ภาพที่แสดงบนหน้าจอมีสัดส่วนระหว่างความสูงและความกว้างยังไม่ถูกต้อง.

โปรแกรมที่พัฒนาบนเครื่องพีซียังมีข้อบกพร่องอยู่ คือ ไม่สามารถแสดงภาพบนหน้าจอในขณะที่ส่งสัญญาณออกทางพอร์ทขนาน. ถ้าส่งสัญญาณออกที่พอร์ทขนานจะต้องปิดภาพเสียก่อน จึงทำให้ไม่เห็นความก้าวหน้าของการตัดโฟมบนหน้าจอ. นอกจากนี้ โปรแกรมยังไม่สามารถติดตั้งในเครื่องพีซีได้ด้วยตัวเอง ผู้ใช้ต้อง copy ไฟล์ต่างๆเอาเอง.

สำหรับการทำงานในเบื้องต้นกับแท่นเคลื่อนที่ในระนาบสองมิติ ซึ่งกำหนดให้เคลื่อนที่ตามรูปร่างที่ต้องการ พบว่าสามารถทำงานได้ถูกต้อง. แต่การทดสอบกับโต๊ะตัดโฟมจริง ในขณะนี้ยังไม่ได้ทำ.

คณะผู้วิจัยคาดว่าจะต้องใช้เวลาปรับปรุงโปรแกรมอีกพอสมควร จึงจะทดสอบกับโต๊ะตัดโฟมจริงได้.

6. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณบริษัท ซีบีฮอบบี้เฮาส์ จำกัด ที่ได้ให้ข้อมูล อุปกรณ์ และคำแนะนำในการพัฒนาระบบเป็นอย่างดี.

คณะผู้วิจัยได้รับทุนอุดหนุนวิจัยจาก สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ฝ่ายอุตสาหกรรม โครงการโครงการอุตสาหกรรมสำหรับนักศึกษาปริญญาตรี ประจำปี 2546.

7. เอกสารอ้างอิง

บริษัท อีทีที จำกัด. คู่มือการใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ CP-JR51RD2 CP-JR51RD2 EXT. กรุงเทพฯ : 2546.

ยุทธนา ลีลาศวัฒนกุล. คู่มือการเขียนโปรแกรมและใช้งาน Visual C++ 6.0. กรุงเทพฯ : อินโฟเพรส, 2544.

รัชชัย อินทุโส และ ไตรภพ อินทุโส. ไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051. กรุงเทพฯ : ฟิสิกส์เซ็นเตอร์.

วรพจน์ กรแก้ววัฒนกุล และ ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล. ปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51ฉบับ Phillips's P89C51RD2. กรุงเทพฯ : อินโนเวตีฟอิเล็กทรอนิกส์.

สุนทร วิฑูรพจน์. การโปรแกรมภาษาแอสเซมบลี ของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล 8051. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2537.

Angle, Edward. OpenGL: A Primer. Addison-Wesley, 2002.

Fichera, P.; Scollo, R. Electronic Transformer for a 12V Halogen Lamp. STMicroelectronics Application Note, 1999.