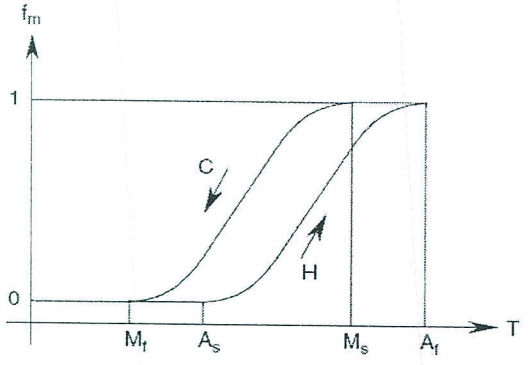
บทที่ 1
บทนำ

ที่มาและความสำคัญ

ในปัจจุบันจะเห็นว่าเทคโนโลยีทางด้านคอมพิวเตอร์ได้มีการพัฒนาไปอย่างมากและมีการนำเทคโนโลยีด้าน Haptic Interface หรือการสัมผัสมาผสมผสานเข้ากับคอมพิวเตอร์โดยให้ผู้ใช้มีโอกาสได้ใช้ระบบสัมผัสทางมือเป็นการรับความรู้สึกจับต้องได้เสมือนจริง ในขณะนี้มีการนำระบบสัมผัสมาใช้เป็นประโยชน์เช่น นำมาใช้ในด้านการแพทย์โดยเชื่อมต่อกับระบบจำลองการผ่าตัดในคอมพิวเตอร์เพื่อให้แพทย์ฝึกหัดได้มีโอกาสฝึกการผ่าตัดทางคอมพิวเตอร์ซึ่งสะดวกและไม่มีการเสี่ยงผ่าตัดกับผู้ป่วยจริง โดยแพทย์ผู้ฝึกจะสามารถรับรู้ความรู้สึกเหมือนสัมผัสบริเวณผ่าตัดได้โดยอาศัยอุปกรณ์ Haptic Device และงานวิจัยนี้จึงต้องการศึกษาและสร้างอุปกรณ์ที่มีความสามารถใกล้เคียงกับอุปกรณ์ Haptic Device ที่มีอยู่แล้วในปัจจุบันโดยมุ่งเน้นไปที่การแสดงผลแบบ Tactile display หรือระบบสัมผัสเช่นการสัมผัสพื้นผิวโดยการลูบคลำ (palpation) เพื่อรับความรู้สึกของพื้นผิวและลักษณะของวัตถุที่สัมผัส และสามารถใช้ได้กับ remote palpation หรือการรับความรู้สึกโดยการสัมผัสทางไกลผ่านคอมพิวเตอร์ ดังนั้นอุปกรณ์ดังกล่าว จึงต้องมีบริเวณที่แสดงเป็นพื้นที่(area) แทนการใช้จุด(point) การสร้างอุปกรณ์จึงจำกัดทั้งด้านขนาดและอุปกรณ์ที่ใช้ขับเคลื่อนเพื่อการแสดงผล โดยอุปกรณ์ที่ใช้ขับเคลื่อน Haptic Device ที่มีนั้นมักจะใช้มอเตอร์เป็นตัวขับเคลื่อน ซึ่งจะมีผลทำให้การทำ Tactile display มีขนาดใหญ่เนื่องจากขนาดของมอเตอร์ และทำให้ยากต่อการสร้าง Tactile display ที่มีความละเอียดสูง ในงานวิจัยนี้จึงเสนอการใช้ลวดที่ทำจากโลหะจำรูป หรือลวด SMA เพื่อเป็นตัวขับเคลื่อนแทนมอเตอร์ เนื่องจากลวด SMA มีขนาดเล็กจึงสามารถสร้าง Tactile display ที่มีความละเอียดสูงได้ และยังมีราคาถูกกว่ามอเตอร์

โลหะบางชนิดมีความสามารถพิเศษกล่าวคือ สามารถ “จำ” และเปลี่ยนกลับคืนรูปร่างเดิมก่อนการแปรรูปได้ถ้าทำให้โลหะนั้นร้อนขึ้นหรือเย็นลงอย่างเหมาะสม สมมติว่าเรานำลวดที่ทำจากโลหะที่มีสมบัติดังกล่าวซึ่งเดิมเป็นเส้นตรงมาดัดให้โค้งงอที่อุณหภูมิห้อง แล้วนำลวดส่วนที่งอนั้นไปทำให้ร้อนขึ้น จะพบว่า ลวดจะดีดตัวกลับเป็นเส้นตรงเหมือนเดิมปรากฏการณ์ดังกล่าวนี้เรียกว่า ปรากฏการณ์จำรูป (Shape Memory Effect) และโลหะที่มีสมบัติเช่นนี้เรียกว่าโลหะจำรูป Shape Memory Alloys (SMA) ในบรรดาโลหะจำรูปทั้งหมด โลหะผสมในกลุ่ม

นิกเกิล-ไทเทเนียม (Ni-Ti Alloys) และกลุ่มที่มีส่วนผสมของทองแดง (Ni-Ti Cu-based Alloys) นั้นได้รับความสนใจมากเป็นพิเศษเนื่องจากโลหะจำรูปในสองกลุ่มนี้สามารถคืนรูปได้ค่อนข้างมาก จึงทำให้มีการวิจัยและพัฒนาเพื่อใช้ประโยชน์ในเชิงพาณิชย์มากกว่าโลหะจำรูปในกลุ่มอื่น ความสามารถในการจำรูปเป็นผลเนื่องมาจากโครงสร้างของโลหะจำรูป ในที่นี้หมายรวมถึงในระดับโครงสร้างจุลภาค (Microstructure) และในระดับที่เล็กลงไปกว่านั้นคือโครงสร้างผลึก (Crystal Structure) กลไกการจำรูปอย่างละเอียดมีความซับซ้อน ก่อนการเปลี่ยนแปลงรูปร่างโลหะจำรูปมีโครงสร้างแบบ ทวินด์ มาร์เทนไซต์ (Twinned Martensite) เมื่อเราทำการดัดแปลงรูปร่างของชิ้นโลหะจำรูป นอกจากลักษณะของชิ้นวัสดุที่ปรากฏจะเปลี่ยนไปแล้ว โครงสร้างภายในจะเปลี่ยนไปเป็น มาร์เทนไซต์ที่ถูกเปลี่ยนรูปร่าง (Deformed Martensite) เมื่อทำให้ชิ้นโลหะร้อนขึ้น จนกระทั่งอุณหภูมิสูงถึงค่าหนึ่งเรียกว่า อุณหภูมิเปลี่ยนรูป (Transformation Temperature) โครงสร้างจะเปลี่ยนไปเป็น ออสเทนไนต์ (Austenite) ดังรูปที่ 1.1 โดยรูปร่างของชิ้นโลหะที่ปรากฏจะมีลักษณะเหมือนกับรูปร่างของชิ้นโลหะก่อนการแปรรูป แม้ว่าออสเทนไนต์และทวินด์มาร์เทนไซต์จะมีโครงสร้างต่างกันเมื่อปล่อยให้ชิ้นงานเย็นลงมา โครงสร้างของชิ้นงานจะกลับไปเป็น ทวินด์มาร์เทนไซต์ (Twinned Martensite) อีกครั้ง จะเห็นว่าการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างผลึกที่เกิดขึ้นตลอดทั้งกระบวนการทำให้โลหะจำรูปสามารถกลับคืนสู่สภาพเดิมก่อนถูกเปลี่ยนรูปร่าง



รูปที่ 1.1 แสดงการเปรียบเทียบระหว่าง Martensitic fraction กับ อุณหภูมิ

การควบคุม SMA actuator จะมีอยู่ 3 ส่วนหลัก ๆ คือ Current control, Resistance control, และ Peltier effect control โดยการศึกษาลักษณะทางกายภาพเพื่อออกแบบระบบ การควบคุม SMA actuator โดยพิจารณาการควบคุมกระแส ลักษณะสำคัญของ SMA ซึ่งนำไฟฟ้าและมีค่าความต้านทานในตัวกระแสที่ไหลผ่านขดลวด SMA จึงทำให้เกิดความร้อน โดยตัวความร้อนนี้จะทำให้ลวด SMA มีการเปลี่ยนรูปโดยกลับไปอยู่ในรูปที่จำรูปไว้ก่อนหน้านี้

ดังนั้นการที่ใช้ลวด SMA ในการเป็นตัวขับเคลื่อนจึงอาศัยคุณสมบัตินี้ในการทำให้เกิดการเคลื่อนที่

ในงานวิจัยนี้จึงเน้นไปที่การออกแบบและสร้างอุปกรณ์ 3D Tactile Display อุปกรณ์นี้เป็นตัวแสดงโดยอาศัยระบบสัมผัส สามารถใช้กับคนพิการทางสายตา รวมถึงการแสดงผลในระบบสัมผัส ในวิทยาการหุ่นยนต์ ระบบจริงเสมือนหรือที่เรียกกันว่า Haptic Interface เป็นเทคโนโลยีที่ใช้การตอบสนองโดยอาศัยความรู้สึกผ่านแรงเนื่องจากการสัมผัสเป็นตัวแสดงผล ดังนั้น อุปกรณ์ที่สร้างขึ้นในงานวิจัยนี้จึงสามารถต่อยอดเพื่อนำไปใช้ในระบบจริงเสมือนได้ ในทั่วไปแล้วอุปกรณ์ที่มีอยู่ในปัจจุบันที่ใช้ในระบบจริงเสมือนยังอาศัยการขับเคลื่อนของตัวมอเตอร์เป็นตัวหลัก ดังนั้นการนำลวด SMA มาใช้จึงสามารถช่วยลดขนาดรวมถึงการทำงานที่ละเอียด ประหยัดค่าใช้จ่ายกว่าการใช้มอเตอร์

ขอบเขตของงานวิจัย

การแสดงผลในรูปแบบ 3 มิติโดยการประยุกต์ใช้ smart material นำมาสร้างเป็น actuator เพื่อแสดงผล 3 มิติ เช่น การแสดงผลเป็นรูปหน้าคน รูปร่างทางภูมิศาสตร์ เป็นงานวิจัยที่น่าสนใจในการพัฒนาเทคโนโลยีเกี่ยวกับภาพ สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในหลายวิชาหลายแขนง เช่นทางการแพทย์ ทางการทหาร ทางหุ่นยนต์ ทางเซ็นเซอร์ และทางไมโครแมชชีน งานวิจัยนี้ได้เลือกใช้ Shape Memory Alloy (SMA) ซึ่งเป็นโลหะที่ประกอบด้วย Nickel และ Titanium มีคุณสมบัติพิเศษสามารถเปลี่ยนรูปได้เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น เนื่องจาก SMA มีความยืดหยุ่น น้ำหนักเบา ราคาถูก และง่ายต่อการออกแบบ เป็นไปได้ที่จะนำมาพัฒนาใช้กับกลไกขนาดเล็กเพื่อสร้างการเคลื่อนที่ในแนวตรง แต่อย่างไรก็ตามเป็นเรื่องยากที่จะควบคุมให้ได้ระยะทางและความเร็วที่ต้องการเนื่องจากคุณสมบัติของ SMA เป็น nonlinear การให้ความร้อนและการระบายความร้อนของ SMA มีผลต่อการตอบสนองสัญญาณเทียบกับเวลา (response time) โดยปกติแล้วการวิเคราะห์การตอบสนองของระบบควบคุมแบบป้อนกลับที่มีต่ออินพุทมักจะวิเคราะห์ในโดเมนของเวลาเพื่อเปรียบเทียบความใกล้เคียงกันของสัญญาณระหว่างสัญญาณอินพุทอ้างอิงและสัญญาณเอาท์พุท งานวิจัยแบ่งออกเป็นขั้นตอนดังนี้

- ศึกษาคุณสมบัติของโลหะผสมจำรูปโดยการศึกษาการสร้างแบบจำลองของตัวขับเคลื่อน (actuator) และพิจารณาการเปลี่ยนเฟสของคุณสมบัติทางกลของตัวลวดเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยน การออกแบบตัวขับเคลื่อนเพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งาน
- ศึกษาและออกแบบตัวขับเคลื่อนทางกลเพื่อการเคลื่อนที่ของ Tactile Display 64 ปุ่ม

- ศึกษาการควบคุม(control law) ของตัวขับเคลื่อนที่ใช้ลวด SMA ในการเคลื่อนที่ตามภาพของอุปกรณ์ Tactile Display โดยเริ่มจากการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์จำลองเหตุการณ์ (simulation) ซึ่งเป้าหมายหลักในการควบคุมคือการกำหนดตำแหน่งของตัว pin display
- ศึกษาการถ่ายเทความร้อนเนื่องจากกระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้กับขดลวดขณะทำงานและการตอบสนอง (response) ของตัวขับเคลื่อน และใช้ทฤษฎีที่ได้จากข้อ 3 ในอุปกรณ์ Tactile Display ที่สร้างขึ้น
- เปรียบเทียบผลที่ได้จาก simulation และผลจากการทดลองอุปกรณ์จริง

วัตถุประสงค์

1) เพื่อศึกษาและออกแบบ ทฤษฎีการควบคุมการเคลื่อนที่ของ SMA micro-actuator
2) เพื่อสร้าง Micro-actuator ให้สามารถแสดงผลเป็นแบบสามมิติ (3D Tactile Display) โดยใช้ Shape Memory Alloy

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) สามารถศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างลวด SMA และการจำลองแบบทางกล
2) ศึกษาทฤษฎีการควบคุมลวด SMA โดยเน้นที่การนำมาใช้ในอุปกรณ์ขนาดเล็ก (micro actuator)
3) พัฒนาเทคโนโลยีทางด้าน 3D display ให้มีความเสมือนจริงมากขึ้น
4) สร้างความรู้และงานวิจัยทางด้าน SMA ในประเทศไทย