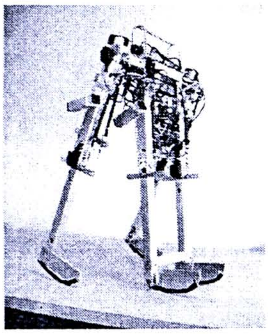
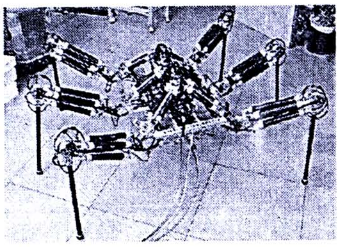
เอกสารแนบหมายเลข

1. Executive summary

กล้ามเนื้อประดิษฐ์ระบบนิวเมติกส์ถูกนำมาใช้งานอย่างหลากหลาย ได้แก่ อุปกรณ์ช่วยในการเคลื่อนไหวสำหรับคนพิการและผู้สูงอายุ อุปกรณ์ที่ช่วยเพิ่มความสามารถในแบกรับภาระที่มีน้ำหนักมากๆ หุ่นยนต์ที่เลียนแบบพฤติกรรมการเคลื่อนไหว ฯลฯ โดยมีเหตุผลสำคัญที่ทั้งนักประดิษฐ์และนักวิจัยให้ความสนใจที่จะนำกล้ามเนื้อประดิษฐ์มาใช้งาน เนื่องจากมีความสะดวกสบาย โดยเฉพาะเมื่อเทียบกับระบบนิวเมติกส์ดั้งเดิมที่เป็นกระบอกสูบ โครงสร้างของกล้ามเนื้อประดิษฐ์มีโครงสร้างไม่ซับซ้อน น้ำหนักเบา ให้กำลังงานและแรงมีค่าสูงเมื่อเทียบกับน้ำหนัก และมีความยืดหยุ่นตัว นอกจากนี้ ยังสามารถบิด ดัด หรืองอให้เข้ากับโครงสร้างหรือรูปร่างต่างๆ ได้ดี ปลอดภัยในการใช้งาน ซึ่งเป็นลักษณะเด่นที่มีความสำคัญมากเมื่อใช้งานที่ต้องมีการเชื่อมโยงกันระหว่างเครื่องจักรกับมนุษย์



(ก) หุ่นยนต์ที่เคลื่อนที่ 2 มิติ โดยติดตั้งกล้ามเนื้อประดิษฐ์ฯ ไว้ที่สะโพก



(ข) หุ่นยนต์แมลงหกขาที่ขับเคลื่อนด้วยกล้ามเนื้อประดิษฐ์ฯ

(ค) ชุดที่ช่วยในการเคลื่อนไหวสำหรับผู้สูงอายุและคนพิการสามารถพับและงอข้อศอก อีกทั้งยังสามารถบิดเข้าหาและออกนอกลำตัวได้

รูป 1.1 การประยุกต์ใช้งานของกล้ามเนื้อประดิษฐ์ฯ

ในการศึกษาคุณสมบัติของกล้ามเนื้อประดิษฐ์ ได้มีการพัฒนาแบบจำลองของกล้ามเนื้อประดิษฐ์มีการพัฒนาอยู่ 2 แนวทาง คือ ทางสถิตยศาสตร์ และทางพลศาสตร์โดย Chou และ Hannaford [1], [2] และ Tondu และ Lopez [3] ได้พัฒนาแบบจำลองทางสถิตยศาสตร์โดยได้ใช้หลักการของงานเสมือนหาความสัมพันธ์ระหว่างแรง ความดัน และความยาว Reynolds et al. [4] และ [5] ได้พัฒนาแบบจำลองทางพลศาสตร์ โดยการคิดว่ากล้ามเนื้อประดิษฐ์สามารถแทนด้วยส่วนประกอบทางกล 3 ส่วน คือ ส่วนของสปริง ส่วนของตัวหน่วง และส่วนของแรงเนื่องจากการหดตัว ซึ่งในงานวิจัยในปัจจุบันแบบมีการใช้จำลองทางพลศาสตร์อย่างแพร่หลาย (ได้แก่ [6], [7], [8], [9] และ [10]) เพราะมีโครงสร้างของแบบจำลองที่ง่ายกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับแบบจำลองทางสถิตยศาสตร์

ถึงแม้ว่ากล้ามเนื้อประดิษฐ์มีข้อดีในหลายๆด้าน แต่กล้ามเนื้อประดิษฐ์มีความยุ่งยากในการควบคุม เพราะตัวแปรทางกายภาพมีความสัมพันธ์ไม่เป็นเชิงเส้นและเปลี่ยนแปลงตามเวลา เพื่อแก้ปัญหาเหล่านี้ได้มีกลุ่มนักวิจัยที่สนใจพัฒนาตัวควบคุม เพื่อแก้ปัญหาในการควบคุมระบบทางกลต่างๆ ที่ขับเคลื่อนด้วยกล้ามเนื้อประดิษฐ์ อาทิเช่น Lilly [6] ได้พัฒนาตัวควบคุมแบบอะแดพทีพที่อ้างอิงเทียบ

กับแบบจำลองของระบบ (adaptive model reference controller) บนพื้นฐานของสไลดิงโหมด (sliding-mode) สำหรับตัวขับเคลื่อนแบบกล้ามเนื้อประดิษฐ์ ซึ่งตัวควบคุมแบบอ้างอิงเทียบกับแบบจำลองนี้ ต้องทราบรูปแบบฟังก์ชันที่แน่นอนในแต่ละพจน์ของแบบจำลองของระบบ Lilly และ Quesada [7] ได้พัฒนาตัวควบคุมแบบโรบัสท์ (robust control) บนพื้นฐานสไลดิงโหมด สำหรับแขนกลสองก้านที่ขับเคลื่อนด้วยกล้ามเนื้อประดิษฐ์ และ Lilly และ Yang [8] ได้ทำการพัฒนาตัวควบคุมแบบโรบัสท์บนพื้นฐานสไลดิงโหมด สำหรับตัวขับเคลื่อนแบบกล้ามเนื้อประดิษฐ์ ซึ่งตัวควบคุมแบบโรบัสท์นี้ ([7] และ [8]) มีความสัมพันธ์เป็นฟังก์ชันของค่าขอบเขตในแต่ละพจน์ของแบบจำลองของระบบ จึงจำเป็นที่จะต้องทราบค่าขอบเขตในแต่ละพจน์ ซึ่งในการคำนวณค่าขอบเขตของแต่ละพจน์อาจจำเป็นต้องทราบค่า ตัวแปรทางกายภาพบางส่วนของแบบจำลองอีกด้วย อีกทั้งการออกแบบตัวควบคุมบนพื้นฐานของสไลดิงโหมด ([6], [7] และ [8]) มักจะเกิดปัญหาแชทเทอร์ริง (chattering) เนื่องจากตัวควบคุมเป็นฟังก์ชันที่ไม่ต่อเนื่อง และ Lilly และ Chang [9] ได้ทำการพัฒนาตัวควบคุมแบบฟัสซี่พรีดิกทีพ (Fuzzy predictive controller) ของแขนกลสองก้านที่ขับเคลื่อนด้วยกล้ามเนื้อประดิษฐ์ ซึ่งตัวควบคุมแบบฟัสซี่นี้เป็นการประมาณค่าแบบจำลองขึ้นจากการหาค่าเฉลี่ยจากแบบจำลองที่เป็นเชิงเส้นรอบจุดทำงานทั้งหมดในสเตทสเปซ (state space) จึงต้องทราบค่าตัวแปรทางกายภาพที่แน่นอนของระบบทั้งหมด

ในความเป็นจริง การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ และความเสื่อมสภาพของวัสดุที่ใช้ทำกล้ามเนื้อประดิษฐ์ เมื่อใช้งานเป็นเวลานานๆ มีผลทำให้ค่าสัมประสิทธิ์มีค่าที่ไม่แน่นอนและมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา ดังนั้นการหาค่าของตัวแปรทางกายภาพที่แน่นอนจึงเป็นไปได้ยาก เพื่อเป็นการแก้ปัญหาผู้วิจัยจึงขอเสนอที่จะพัฒนาตัวควบคุมที่เป็นอิสระจากตัวแปรทางกายภาพทุกตัวของระบบและสามารถปรับเปลี่ยนตามตัวแปรทางกายภาพที่เปลี่ยนแปลงไปได้ ซึ่งในงานวิจัยนี้เป็นการออกแบบ ตัวควบคุมแบบสำหรับแขนกลหรือหุ่นยนต์ที่ขับเคลื่อนด้วยกล้ามเนื้อประดิษฐ์ที่รองรับการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรทางกายภาพทุกๆค่า ซึ่งหากประสบความสำเร็จจะสามารถใช้เทคโนโลยีนี้เพื่อประดิษฐ์อวัยวะเทียมหรืออุปกรณ์ผ่อนแรงที่ขับเคลื่อนด้วยกล้ามเนื้อประดิษฐ์ระบบนิวเมติกส์สำหรับช่วยเหลือคนพิการและผู้สูงอายุ รวมถึงหุ่นยนต์ที่ใช้ในอุตสาหกรรมที่มีความปลอดภัยในการใช้งานที่มีประสิทธิภาพสูง

เอกสารอ้างอิง

[1] C. P. Chou and B. Hannaford, "Static and Dynamic Characteristics of McKibben Pneumatic Artificial Muscles", *Proc. IEEE International Conference on Robotics and Automation*, San Diego, CA, USA, May 1994.

[2] C. P. Chou and B. Hannaford,"Measurement and Modeling of McKibben Pneumatic Artificial Muscles", *IEEE Trans. on Robotics and Automation*, Vol. 12, No. 1, 1996, pp. 90-102.

[3] B. Tondu and P. Lopez, "Modeling and Control of McKibben Pneumatic Artificial Muscle Robot Actuators," *IEEE Control Systems Magazine*, vol. 20, No. 2, 2000, pp. 15-38.