

กระเป๋าสะพายเก็บเกี่ยวพลังงานเพื่อใช้ในงานด้านความมั่นคง ภัยพิบัติและพื้นที่ห่างไกล

Energy Harvesting Backpack for Applications in Security, Disaster and Remote Areas

ฐกฤต ปานขลิบ^{1*} จุไรรัตน์ ดวงเดือน² ชุกฤต อองคานนท์³

Thakrit Panklib^{1*} Jurairat Duangduan² Chukrit Aongkanon³

^{1,2,3} คณะเทคโนโลยี วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม

* E-mail : thakritp@siamtechno.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการพัฒนาต้นแบบกระเป๋าสะพายเก็บเกี่ยวพลังงานเพื่อความมั่นคง ภัยพิบัติ และพื้นที่ห่างไกล ในตัวกระเป๋าสะพายประกอบด้วยอุปกรณ์หลักห้าส่วน ได้แก่ ระบบสะสมพลังงาน ระบบกำหนดตำแหน่งบนพื้นผิวโลก (GPS) ระบบเก็บเกี่ยวพลังงาน ระบบควบคุมการเก็บเกี่ยวพลังงาน และระบบกันกระสุน (สำหรับส่วนของงานเพื่อความมั่นคง) โดยในส่วนของระบบเก็บเกี่ยวพลังงานสามารถแยกออกเป็นระบบพลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 10W ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานหลัก และระบบเก็บเกี่ยวพลังงานจากการเคลื่อนไหวขนาด 200 mW ซึ่งเป็นส่วนเสริมในสถานการณ์ที่ไม่มีแสงสว่างหรืออยู่ในพื้นที่ปิด แต่จะเก็บเกี่ยวพลังงานจากการเคลื่อนไหวของผู้ใช้งาน ตัวกระเป๋าสะพายได้ออกแบบโดยอาศัยหลักการทางกายศาสตร์ให้มีการถ่ายเทน้ำหนักลงแผ่นหลังเพื่อลดอาการเมื่อยล้า นอกจากนี้ระบบเก็บเกี่ยวพลังงานและระบบสะสมพลังงานจะช่วยให้ผู้ใช้งานลดขนาดของแบตเตอรี่สำรองที่จะใช้ในการปฏิบัติงานได้ และในขณะเดียวกันระหว่างการเดินเพื่อสำรวจหรือลาดตระเวน วัสดุเพียโซอิเล็กทริกจะทำหน้าที่เก็บเกี่ยวพลังงานจากการเคลื่อนไหว ทั้งนี้การเคลื่อนไหวอาจให้พลังงานที่ไม่เสถียรงานวิจัยนี้จึงเลือกใช้ตัวเก็บประจุซึ่งเป็นระบบสะสมพลังงานที่สามารถเก็บพลังงานได้อย่างรวดเร็วเพื่อเพิ่มเสถียรภาพทางพลังงานของระบบ ทั้งนี้เมื่อมีการใช้งานเฉพาะวิทยุสื่อสารอย่างต่อเนื่องด้วยกำลังส่ง 2 W สามารถใช้งานได้ 26 ชม. 6 นาที และเมื่อใช้งานวิทยุสื่อสารเพื่อรับข่าวสาร สามารถใช้งานได้ 52 ชม. 18 นาที

คำสำคัญ: ระบบสะสมพลังงานแบบพกพา, การเก็บเกี่ยวพลังงาน, พลังงานจากการเคลื่อนไหว

ABSTRACT

This research aims to develop a prototype of energy harvesting backpack for applications in security, disaster and remote areas. In the backpack, it will compose of five devices as electrical energy storage, global positioning system (GPS), energy harvesting systems, energy management processing unit, and bulletproof system (for security). The energy harvesting system composes of solar panel 10W power as the main power source, and piezoelectric generator 200mW capacity as optional power generating device in case of no light source or in the forest which produce electricity from the user's movement instead. The backpack was designed base on ergonomics and back support to reduce fatigues. Besides, the energy harvest devices were able to reduce the battery's weight without effect on operation periods. In addition, as a soldier usually walks for a long distance during patrol, the use

of piezoelectric generator is effectively suitable. However, the energy harvesting from motion is not steady so, the high charging rate energy storage such as capacitor has been used for energy stabilizing. On the experiment, energy harvest backpack can power the radio with 2W transmission power up to 26 hours and standby up to 52 hours.

Keywords: Portable Energy Storage System, Energy Harvesting, Motion Energy

1. บทนำ

การสนับสนุนเทคโนโลยีระบบสะสมพลังงานเป็นหนึ่งในยุทธศาสตร์สำคัญ โดยมุ่งเน้นไปที่การใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดเพื่อแก้ปัญหาการขาดแคลนพลังงาน ซึ่งในมุมมองด้านความมั่นคงของประเทศ พลังงานถือเป็นหนึ่งในปัจจัยหลักของความมั่นคง ทั้งในระดับบริหาร และระดับปฏิบัติการ ซึ่งเจ้าหน้าที่ความมั่นคงของประเทศเมื่อได้รับการกิจให้ออกปฏิบัติหน้าที่ โดยอาจเป็นการลาดตระเวน ทำการข่าว หรือสำรวจในพื้นที่ทุรกันดาร ป่า หรือภูเขา ทำให้ไม่สามารถหาแหล่งจ่ายไฟเพื่อประจุพลังงานให้อุปกรณ์ได้ ระบบสะสมพลังงานจึงมีความจำเป็นต่อการปฏิบัติหน้าที่ของเจ้าหน้าที่งานซึ่งเสี่ยงต่อการขาดการติดต่อ หรือถูกลักลอบนอกอาณาเขตของประเทศได้ ทั้งนี้ระบบสะสมพลังงานที่ได้พัฒนาขึ้นนี้จะอยู่บนขีดจำกัดด้านน้ำหนัก เนื่องจากน้ำหนักที่มากจะส่งผลกระทบต่อความคล่องตัวในการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่ได้

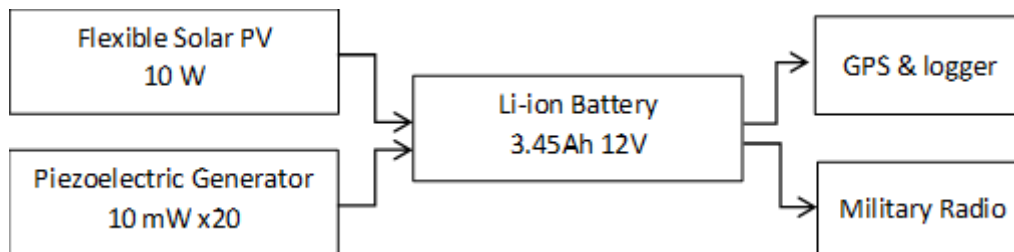
จากงานวิจัยเชิงผลิตภัณฑ์ในต่างประเทศทั่วโลกได้มีรายงานวิจัยและสิทธิบัตรเกี่ยวกับกระเป๋าสะพายเพื่อใช้ในการทหารหรืองานด้านภัยพิบัติสูงถึง 5,074 ผลงาน โดยประกอบด้วยผลการจดทะเบียนด้านการออกแบบ วัสดุ รวมถึงตำแหน่งในการติดตั้งระบบกันกระสุน ซึ่งส่วนใหญ่แล้วจะอ้างสิทธิถึงการใช้งานที่สะดวกสบาย และการออกแบบตามหลักการยศาสตร์ซึ่งสามารถถ่ายเทน้ำหนักจากแผ่นหลังไปสู่สะโพกได้ ทำให้สามารถแบกรับน้ำหนักโดยไม่เกิดความเมื่อยล้าได้ง่าย และเมื่อสืบค้นโดยจำกัดไปที่กระเป๋าสะพายเก็บเกี่ยวพลังงาน พบสิทธิบัตรเพียง 226 ผลงานเท่านั้น โดยผลงานส่วนใหญ่จะอยู่ในมุมมองเพื่อการเก็บเกี่ยวพลังงานจากการเคลื่อนไหวในกิจกรรมต่าง ๆ ระหว่างการปฏิบัติการกิจ ซึ่งกิจกรรมที่มีการเคลื่อนไหวบ่อยในระหว่างการปฏิบัติงานได้แก่ การเดิน และการวิ่ง ตลอดจนเป็นการเปลี่ยนพลังงานทางกลส่วนหนึ่งของการสั่นสะเทือนไปเป็นพลังงานเพื่อลดอาการเมื่อยล้าของช่วงไหล่ [1, 2]

เมื่อทำการศึกษเกี่ยวกับการเดินและหลักการยศาสตร์การเดินของมนุษย์ พบว่าพลังงานที่ใช้ในการเดินของมนุษย์จะแปรผันตรงกับการเคลื่อนที่ขึ้นและอัตราเร่งของจุดศูนย์กลางมวล [3] โดยเมื่อทำการพิจารณาถึงความถี่การก้าวที่เสียพลังงานน้อยที่สุดจะอยู่ในช่วง 2.6-2.8 Hz [4] ซึ่งเป็นความถี่ซึ่งมนุษย์ใช้ในการเดินเร็วหรือวิ่ง (ไม่เกิน 13 กิโลเมตรต่อชั่วโมง) โดยเป็นพฤติกรรมซ้ำ ๆ ซึ่งมีความสอดคล้องกับทหารลาดตระเวนหรือหน่วยค้นหา ดังนั้นการเก็บเกี่ยวพลังงานจากการเคลื่อนไหวจึงเป็นทางเลือกสำคัญ เพื่อที่จะลดน้ำหนักของระบบสะสมพลังงานและสามารถผลิตพลังงานเพิ่มขึ้นระหว่างปฏิบัติงานได้

ต้นแบบกระเป๋าสะพายเก็บเกี่ยวพลังงานที่นำเสนอจะช่วยลดน้ำหนักของการแบกรับแบตเตอรี่สำรองเมื่อทหารต้องออกพื้นที่ปฏิบัติการเป็นเวลานาน ด้วยน้ำหนักที่ลดลงจะทำให้ผู้ใช้งานมีความล่าช้าจากการแบกของหนักน้อยลง ในทางปฏิบัติทหารจะต้องเดินด้วยระยะทางไกล ดังนั้นการเลือกใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพียโซอิเล็กทริกจะทำให้สามารถเก็บเกี่ยวพลังงานจากการเดินเป็นพลังงานไฟฟ้าได้ อย่างไรก็ตามการเก็บเกี่ยวพลังงานการเคลื่อนไหวนั้นมีความไม่สม่ำเสมอของพลังงาน การใช้ระบบสะสมพลังงานที่มีความสามารถในการเก็บพลังงานได้อย่างรวดเร็ว เช่น ตัวเก็บประจุยิ่งยวด นอกจากจะสามารถรักษาเสถียรภาพของพลังงานแล้วยังเป็นการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นโครงการนี้จึงใช้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิจัยและนวัตกรรม เสริมสร้างความมั่นคงด้านพลังงานให้กับผู้ปฏิบัติงานด้านความมั่นคง และผู้ต้องปฏิบัติงานในพื้นที่ห่างไกลจากการเข้าถึงกระแสไฟฟ้า รวมถึงเตรียมระบบเก็บเกี่ยวพลังงานและระบบกักเก็บพลังงานแบบพกพา ไว้สำหรับช่วยเหลือประชาชนยามประสบภัยพิบัติ

2. การดำเนินการวิจัย

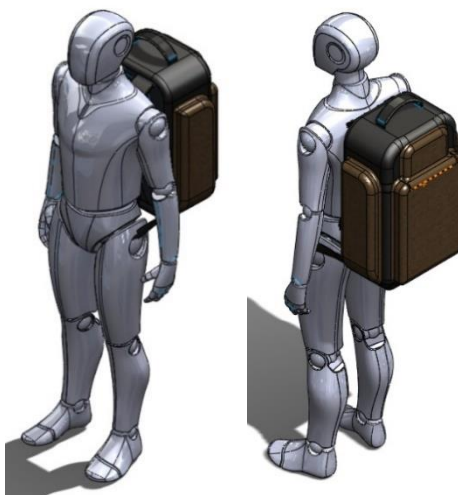
งานวิจัยนี้จะสามารถมองระบบในภาพรวมได้ดังรูปที่ 1 แสดงให้เห็นถึงมุมมองด้านพลังงานซึ่งระบบสะสมพลังงานเป็นศูนย์กลาง โดยมีภาคการผลิตพลังงานและภาคการใช้พลังงานที่มีการเชื่อมโยงดังทิศทางของลูกศร



รูปที่ 1 ส่วนต่าง ๆ และทิศทางของพลังงานในกระเป๋าสะพายเก็บเกี่ยวพลังงาน

2.1 การออกแบบกระเป๋าสะพาย

กระเป๋าสะพายสำหรับงานวิจัยนี้ได้ทำการออกแบบใน 2 รูปแบบ ได้แก่ กระเป๋าสะพายเพื่อใช้ในงานความมั่นคง และกระเป๋าสะพายเพื่องานภัยพิบัติ ซึ่งกระเป๋าสะพายทั้งสองรูปแบบ จะมุ่งเน้นไปที่ระบบสะสมพลังงานและระบบเก็บเกี่ยวพลังงานภายใน ตลอดจนการสวมใส่ในการปฏิบัติหน้าที่อย่างสะดวกสบาย ดังนั้นการออกแบบจึงอ้างอิงจากการยศาสตร์ (ergonomic) เพื่อให้มีการถ่ายเทน้ำหนักลงแผ่นหลังอย่างเหมาะสม ซึ่งการออกแบบนี้จะอ้างอิงกับผู้ชายไทยความสูงในช่วง 165-185 เซนติเมตร ซึ่งจะมีพื้นที่แผ่นหลังไม่เกิน 30x45 เซนติเมตร ดังนั้นการออกแบบกระเป๋าสะพายจะเน้นให้มีน้ำหนักบรรจุอยู่ใกล้แผ่นหลังมากที่สุดและถ่ายเทน้ำหนักลงสู่สะโพก



รูปที่ 2 กระเป๋าสะพายด้านความมั่นคงในมุมมองไอโซเมตริก

2.2 ระบบสะสมพลังงาน

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการเลือกแบตเตอรี่ตระกูลลิเทียม (Lithium-based battery) เพื่อใช้ในการสำรองพลังงานไฟฟ้า เนื่องจากมีอัตราการคายประจุ (Self-Discharge) ที่ต่ำ มีความหนาแน่นของพลังงานสูง สามารถ จ่ายกระแสได้สูง และไม่ต้องต้องการการบำรุงรักษาที่มากนัก ซึ่งถือว่ามีความเหมาะสมกับการใช้งานสำหรับอุปกรณ์สวมใส่ทั่วไป และโดยเฉพาะการใช้งานควบคู่กับระบบเก็บเกี่ยวพลังงานซึ่งต้องมีการรับการประจุบ่อยครั้ง และเมื่อทำการออกแบบระดับแดงต้นใช้งาน

จากความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าของวิทยุสื่อสาร สามารถทำการออกแบบระบบสะสมพลังงานได้โดยให้แรงดันเท่ากับ 12 VDC โดยเลือกใช้ระบบสะสมพลังงานเป็นแบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออนความจุ 3.45Ah ซึ่งเมื่อเทียบกับแบตเตอรี่ของวิทยุสื่อสารเดิมที่ 4Ah จะสามารถเพิ่มระยะเวลาปฏิบัติการได้เป็น 26 ชั่วโมง เมื่อทำการรองรับสัญญาณที่กำลังส่ง 2W ซึ่งแบตเตอรี่ที่ถูกเลือกเป็นระบบสะสมพลังงานจะไม่ถูกพิจารณาให้มีน้ำหนักที่มากจนเกินไป โดยมีน้ำหนักเพียง 250 กรัม เนื่องจากกระเป๋าสะพายจะทำการติดตั้งระบบเก็บเกี่ยวพลังงานซึ่งจะช่วยยืดระยะเวลาในการปฏิบัติการได้มากขึ้น

2.3 ระบบเก็บเกี่ยวพลังงานจากแสงอาทิตย์

ระบบเก็บเกี่ยวพลังงานจากแสงอาทิตย์เป็นระบบที่ทำหน้าที่ผลิตพลังงานป้อนเติมให้กับระบบสะสมพลังงาน เนื่องจากระบบสะสมพลังงานโดยลำพังไม่สามารถเพิ่มระยะเวลาในการปฏิบัติหน้าที่ได้มากนักเมื่อเทียบกับน้ำหนักของระบบสะสมพลังงานที่ผู้ใช้งานจะต้องแบกรับ ทั้งนี้ระบบเก็บเกี่ยวพลังงานจากแสงอาทิตย์จะต้องมีการติดตั้งอยู่ภายนอกกระเป๋าสะพาย ทำให้สีและพื้นผิวจึงเป็นส่วนสำคัญต่อการปฏิบัติหน้าที่โดยเฉพาะอย่างยิ่งการปฏิบัติหน้าที่ในด้านความมั่นคง แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ถูกเลือกใช้เป็นประเภทให้ตัวได้ (flexible solar cell) เพื่อให้มีความเหมาะสมต่อการใช้งานที่มีการเคลื่อนไหวโดยมีกำลังผลิตที่ 10W ซึ่งขนาดจะไม่ใหญ่จนเป็นภาระ

วัสดุเคลือบแผงได้ถูกออกแบบเพื่อป้องกันการขูดขีดได้ง่ายซึ่งจะส่งผลต่อประสิทธิภาพการผลิตพลังงานไฟฟ้า โดยจะต้องมีศักยภาพการส่องผ่านของแสงอยู่ในระดับที่สูง และนอกจากนี้จะต้องต้านทานความชื้นซึ่งอาจก่อให้เกิดการเสื่อมสภาพของเซลล์ด้วย วัสดุ Ethylene tetrafluoroethylene (ETFE) เป็นวัสดุประเภทโพลีเมอร์ที่มีคุณลักษณะเหมาะสมต่อการนำมาใช้เป็นวัสดุเคลือบแผง เนื่องจากสามารถให้แสงผ่านได้ถึง 85% โดยเป็นช่วงแสงที่มองเห็น (visible light) ในช่วงความยาวคลื่น 380-780nm และสามารถให้แสงผ่านได้ถึง 88% ในช่วงความยาวคลื่นเหนือม่วง (ultraviolet) นอกจากนี้ยังมีคุณสมบัติที่ติดไฟได้ยากจึงเหมาะสมต่อการนำมาใช้งานเพื่อภัยพิบัติ ซึ่งอาจต้องผ่านพื้นที่ซึ่งเกิดไฟไหม้อีกด้วย

2.4 ระบบเก็บเกี่ยวพลังงานจากการเคลื่อนไหว

แม้ว่าระบบเก็บเกี่ยวพลังงานจากแสงอาทิตย์ถือเป็นแหล่งพลังงานส่วนใหญ่ของระบบ แต่เนื่องจากการปฏิบัติการกิจอาจถูกจำกัดด้วยพื้นที่และช่วงเวลาซึ่งอาจไม่มีแสงอาทิตย์ ทำให้การใช้แหล่งพลังงานทางเลือกอื่นจึงมีความสำคัญ ซึ่งระบบเก็บเกี่ยวพลังงานซึ่งมีน้ำหนักเบาและสามารถทำการเก็บเกี่ยวพลังงานได้ระหว่างปฏิบัติหน้าที่จะได้แก่การเก็บเกี่ยวพลังงานจากการเคลื่อนไหว โดยมีขั้นตอนการออกแบบ ดังนี้

2.4.1 การตรวจวัดการเคลื่อนไหวของมนุษย์

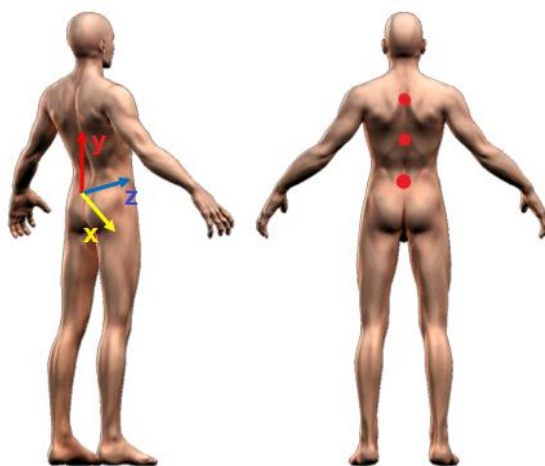
ด้วยวัตถุประสงค์ของการเก็บเกี่ยวพลังงานจากการเคลื่อนไหวในกิจกรรมต่าง ๆ ระหว่างการปฏิบัติการกิจ ซึ่งกิจกรรมที่มีการเคลื่อนไหวบ่อยในระหว่างการปฏิบัติงานได้แก่ การเดิน และการวิ่ง ดังนั้นการตรวจวัดการเคลื่อนไหวของมนุษย์เพื่อหาตำแหน่งติดตั้งของอุปกรณ์เก็บเกี่ยวพลังงานจากการเคลื่อนไหวจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการออกแบบ

การตรวจวัดการเคลื่อนไหวจะทำการติดตั้งเซ็นเซอร์วัดความเร่งตระกูล ADXL335 เพื่อทำการตรวจวัดจุดที่มีความเร่งสูงสุดบนแนวแผ่นหลัง เพื่อติดตั้งอุปกรณ์เก็บเกี่ยวพลังงาน โดยตำแหน่งติดตั้งสามารถแสดงได้ดังจุดสีแดงบนรูปที่ 3 ซึ่งการตีความจะนำข้อมูลไปวิเคราะห์ทั้งในเชิงของขนาด ทิศทาง และความถี่ ที่ขนาดของความเร่งมากจะให้พลังงานที่มาก และที่ความถี่จะส่งผลต่อการตอบสนองของวัสดุเพียโซอิเล็กทริก

2.4.2 การออกแบบอุปกรณ์เก็บเกี่ยวพลังงาน

ระบบเก็บเกี่ยวพลังงานจากการเคลื่อนไหวจะทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานกลให้เป็นพลังงานไฟฟ้า อาทิจาพลังงานจากการเคลื่อนไหวของร่างกาย และจากแรงสั่นสะเทือน โดยงานวิจัยที่ผ่านมา ได้มีการเปรียบเทียบความสามารถในการเก็บเกี่ยวพลังงานจากการเคลื่อนไหวของร่างกายมนุษย์ ระหว่างเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบเพียโซอิเล็กทริก (piezoelectric generator) และเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำแม่เหล็ก (magnetic inductive generator) [5] ซึ่งแม้จะได้ผลการได้เปรียบด้านการผลิตพลังงานไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจากการเหนี่ยวนำแม่เหล็ก ที่สามารถผลิตไฟฟ้าได้

ถึง 0.7 mW แต่ด้วยอุปกรณ์ประกอบที่มีขนาดและน้ำหนักที่มากกว่า ตลอดจนมีความจำเป็นต้องตอบสนองด้วยแรงเริ่มต้นสูงและอยู่ในทิศทางที่กำหนดไว้เท่านั้น ในขณะที่การผลิตไฟฟ้าจากวัสดุเพียโซอิเล็กทริก ที่สามารถผลิตไฟฟ้าได้ 0.22 mW แต่ด้วยความได้เปรียบในเชิงขนาดและน้ำหนัก สามารถทำการผลิตไฟฟ้าได้โดยการขยับหรือเคลื่อนไหวโดยไม่ต้องใช้แรงเริ่มต้นที่มากนัก จึงเป็นตัวเลือกสำคัญของการใช้เป็นอุปกรณ์เก็บเกี่ยวพลังงานสำหรับกระเป๋าสะพายเพื่อความมั่นคง ภัยพิบัติ และพื้นที่ห่างไกล อย่างไรก็ตามการออกแบบวัสดุเพียโซอิเล็กทริกเพื่อการเก็บเกี่ยวพลังงานมีความจำเป็นที่จะต้องอ้างอิงกับค่าความถี่ธรรมชาติของตัววัสดุ ซึ่งการปรับเปลี่ยนความถี่ธรรมชาติของระบบ สามารถทำได้โดยการปรับเปลี่ยนรูปแบบทางกายภาพและน้ำหนักเนื่องจากการสั่นสะเทือนเป็นหลัก



รูปที่ 3 ตำแหน่งการติดตั้งเซ็นเซอร์วัดความเร่งบนแผ่นหลัง

ทั้งนี้ในแผ่นวัสดุเพียโซอิเล็กทริกสำหรับเก็บเกี่ยวพลังงานจะประกอบด้วยชั้นต่างๆ ได้แก่ โพลีเอสเตอร์ ทองแดง เพียโซอิเล็กทริกชนิดลีดเซอร์โคเนตไททาเนต (PZT) สเตนเลส และโพลีเอไมด์ โดยมีความหนารวม 0.46 มิลลิเมตร ซึ่งเมื่อทำการติดตั้งน้ำหนักถ่วงแล้วจะส่งผลให้ความถี่ธรรมชาติในการการสั่นในโหมด 1 (Mode Shape 1) มีค่าลดลง ซึ่งสามารถคำนวณน้ำหนักถ่วงได้จากสมการที่ (1)

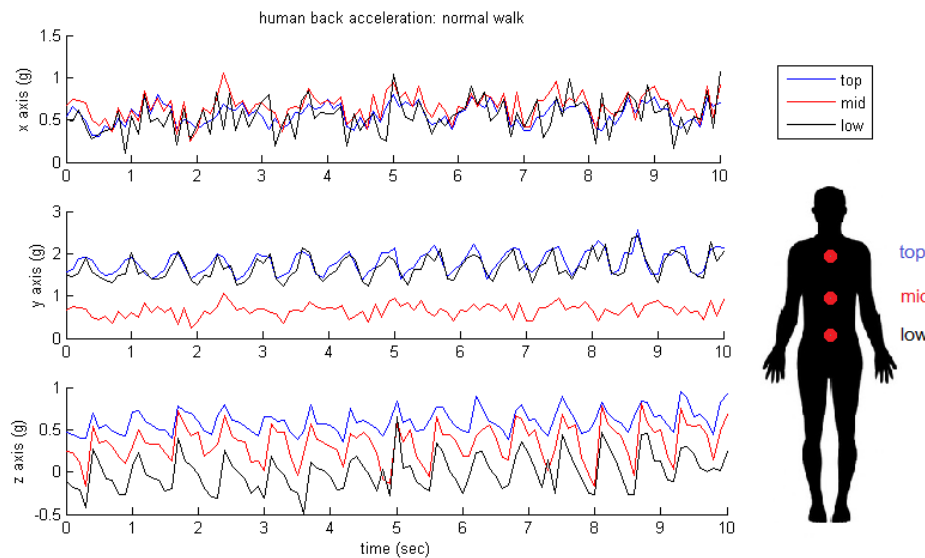
$$m_t = \frac{k}{(2\pi f)^2} - m \quad (1)$$

เมื่อ	m_t	คือ น้ำหนักถ่วงปลาย (กิโลกรัม)
	k	คือ ค่าความแข็ง (stiffness) ของวัสดุเพียโซอิเล็กทริก
	f	คือ ความถี่ของการสั่นสะเทือน (Hz)
	m	คือ น้ำหนักของแผ่นเพียโซอิเล็กทริก (กิโลกรัม)

3. ผลการวิจัย

3.1 ผลการตรวจวัดการเคลื่อนไหวของมนุษย์

ผลการวัดความเร่งของการเคลื่อนไหวจะแบ่งออกเป็น การเดิน การวิ่งเหยาะ และการวิ่ง โดยทดสอบซ้ำในกลุ่มชายผู้มีความสูง 170-175 เซนติเมตร จำนวน 5 ตัวอย่าง เพื่อทดสอบความเชื่อมั่นของชุดข้อมูล โดยสามารถแสดงข้อมูลตัวอย่างความเร่งเนื่องจากการเดิน ซึ่งเป็นการเคลื่อนไหวพื้นฐานของผู้ปฏิบัติงานในเชิงเวลาได้ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 การตรวจวัดความเร่งจากการเดินในตำแหน่งการติดตั้งเซ็นเซอร์บนแผ่นหลัง

ซึ่งจากชุดข้อมูลในการแสดงผลเชิงเวลาจะเห็นได้ว่าการเคลื่อนที่เร็วขึ้นจากเดินเป็นวิ่งเหยาะและเป็นการวิ่งจะส่งผลให้ขนาดและความถี่เพิ่มมากขึ้น ซึ่งเมื่อพิจารณาความเร่งในแนวแกนตั้งฉากกับพื้นโลก (แกน y) จะมีการเปลี่ยนแปลงของความเร่งสูงที่สุด ทั้งนี้เนื่องมาจากเป็นทิศทางการเคลื่อนที่ที่ต้านกับแรงโน้มถ่วง ซึ่งจะส่งผลให้มีการกระแทกในการเคลื่อนที่ที่สูงกว่าการเคลื่อนที่ในทิศทางอื่น สำหรับการพิจารณาในมุมมองของตำแหน่งติดตั้ง พบว่าความเร่งเนื่องจากการเคลื่อนไหวของแผ่นหลังส่วนบนและส่วนล่างจะมีขนาดใกล้เคียงกัน และมีความเร่งของแผ่นหลังส่วนกลางอยู่ในระดับต่ำที่สุด

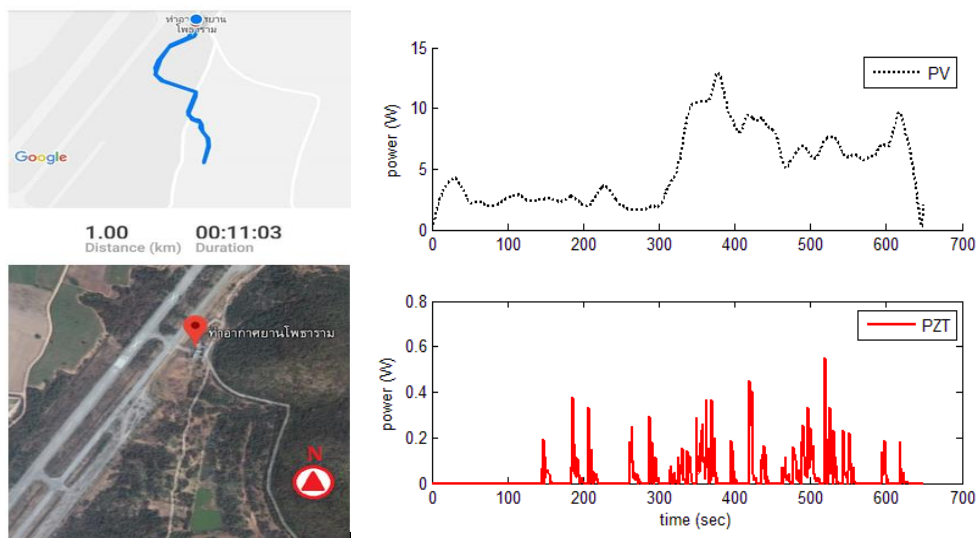
สำหรับการพิจารณาให้ชัดเจนขึ้นทางด้านความถี่ ผลการเก็บข้อมูลในเชิงเวลาจะถูกนำไปประมวลผลเชิงความถี่ด้วยวิธีการแปลงฟูเรียร์อย่างรวดเร็ว (Fast Fourier Transform: FFT) โดยทำการแสดงผลแยกจากกันในแต่ละทิศทางและตำแหน่งพบข้อสังเกตที่ต่างออกไปจากการประเมินข้อมูลเฉพาะเชิงเวลา ซึ่งจะเห็นได้ว่ามีความแตกต่างของความถี่ของตำแหน่งการติดตั้ง ที่ตำแหน่งหลังส่วนบนจะมีการเคลื่อนไหวในช่วงความถี่ที่กว้างกว่าสำหรับการวัดความเร่งในแนวตั้งฉากกับพื้นโลก แต่ความเร่งในทิศทางอื่นจะอยู่ในระดับต่ำกว่าการติดตั้งในตำแหน่งส่วนล่างของแผ่นหลัง ซึ่งสามารถเห็นผลการทดลองได้ชัดเจนขึ้นเมื่อมีการเคลื่อนไหวด้วยความเร็วของการวิ่งที่ความเร็ว 8km/h และด้วยข้อมูลที่ได้อัปโหลดไว้ข้างต้น ทำให้สามารถเลือกพื้นที่ติดตั้งของอุปกรณ์เก็บเกี่ยวพลังงานจากการเคลื่อนไหวได้ที่แผ่นหลังส่วนล่าง โดยมีทิศทางการเคลื่อนที่ในแนวตั้งฉากกับพื้นโลกจะสามารถให้พลังงานที่สูงที่สุด ทั้งนี้จะมีข้อได้เปรียบในด้านของพื้นที่ใช้สอยของกระเป๋าสะพายและการถ่ายเทน้ำหนักลงสู่สะโพกได้ง่ายขึ้น

3.2 ผลการเก็บเกี่ยวพลังงาน

จากความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าของวิทยุสื่อสาร สามารถทำการออกแบบระบบสะสมพลังงานได้โดยให้แรงดันเท่ากับ 12 VDC โดยเลือกใช้ระบบสะสมพลังงานเป็นแบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออนความจุ 3.45Ah ซึ่งเมื่อเทียบกับแบตเตอรี่ของวิทยุสื่อสารเดิมที่ 4Ah จะสามารถเพิ่มระยะเวลาปฏิบัติการได้เป็น 26 ชั่วโมง เมื่อทำการรับสัญญาณที่กำลังส่ง 2W ซึ่งแบตเตอรี่ที่ถูกเลือกเป็นระบบสะสมพลังงานจะไม่ถูกพิจารณาให้มีน้ำหนักที่มากเกินไป โดยมีน้ำหนักเพียง 250 กรัม เนื่องจากกระเป๋าสะพายจะทำการติดตั้งระบบเก็บเกี่ยวพลังงานซึ่งจะช่วยยืดระยะเวลาในการปฏิบัติการได้มากขึ้น ทั้งนี้ระบบสะสมพลังงานจะสามารถป้อนเดิมพลังงานได้จากระบบเก็บเกี่ยวพลังงานในทั้งสองส่วน ได้แก่ ระบบเก็บเกี่ยวพลังงานจากแสงอาทิตย์และระบบเก็บเกี่ยวพลังงานจากการเคลื่อนไหว แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ถูกเลือกใช้เป็นประเภทให้ตัวได้ (flexible solar cell) เพื่อให้มีความเหมาะสมต่อการใช้งานที่มีการเคลื่อนไหวโดยมีกำลังผลิตที่ 10W ซึ่ง

ขนาดจะไม่ใหญ่จนเป็นภาระ วัสดุเคลือบแสงได้ถูกออกแบบเพื่อป้องกันการขูดขีดได้ง่ายซึ่งจะส่งผลต่อประสิทธิภาพการผลิตพลังงานไฟฟ้า โดยจะต้องมีศักยภาพการส่องผ่านของแสงอยู่ในระดับที่สูง และนอกจากนี้จะต้องต้านทานความชื้นซึ่งอาจก่อให้เกิดการเสื่อมสภาพของเซลล์ด้วย วัสดุ Ethylene tetrafluoroethylene (ETFE) เป็นวัสดุประเภทโพลีเมอร์ที่มีคุณลักษณะเหมาะสมต่อการนำมาใช้เป็นวัสดุเคลือบแสง เนื่องจากสามารถให้แสงผ่านได้ถึง 85% โดยเป็นช่วงแสงที่มองเห็น (visible light) นอกจากนี้ยังมีคุณสมบัติที่ติดไฟได้ยากจึงเหมาะสำหรับการนำมาใช้งานเพื่อภัยพิบัติ ซึ่งอาจต้องผ่านพื้นที่ซึ่งเกิดไฟไหม้อีกด้วย และแม้ว่าระบบเก็บเกี่ยวพลังงานจากแสงอาทิตย์ถือเป็นแหล่งพลังงานส่วนใหญ่ของระบบ แต่เนื่องจากการปฏิบัติการกิจอาจถูกจำกัดด้วยพื้นที่และช่วงเวลาซึ่งอาจไม่มีแสงอาทิตย์ ทำให้การใช้แหล่งพลังงานทางเลือกอื่นจึงมีความสำคัญ ซึ่งระบบเก็บเกี่ยวพลังงานซึ่งมีน้ำหนักเบาและสามารถทำการเก็บเกี่ยวพลังงานได้ระหว่างปฏิบัติหน้าที่จะได้แก่การเก็บเกี่ยวพลังงานจากการเคลื่อนไหว ซึ่งได้เลือกใช้วัสดุประเภทเพียโซอิเล็กทริกเพื่อใช้ในการเก็บเกี่ยวพลังงาน โดยระบบเก็บเกี่ยวพลังงานจากการเคลื่อนไหวได้ทำการออกแบบโดยอ้างอิงจากการสั่นสะเทือนจากการเคลื่อนไหวของมนุษย์ซึ่งเน้นไปที่การเคลื่อนที่โดยการเดินหรือวิ่งซึ่งเป็นการเคลื่อนไหวหลักในการปฏิบัติหน้าที่ และได้เลือกใช้เพียโซอิเล็กทริกในรูปแบบคานยื่น (cantilever beam) เพื่อให้เกิดการสั่นสะเทือนตามแนวแรงที่ออกแบบได้อย่างอิสระและสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้สูงสุด ทั้งนี้ความถี่การสั่นสะเทือนที่เกิดจากการเคลื่อนไหวของมนุษย์จะแปรผันโดยตรงกับความเร็ว โดยมีค่าระหว่าง 2-5 Hz ในการเคลื่อนไหวปกติ ซึ่งเป็นความถี่ที่ต่ำกว่าค่าความถี่ธรรมชาติของวัสดุเพียโซอิเล็กทริก ดังนั้นจึงมีการออกแบบโดยเพิ่มน้ำหนักถ่วงเพื่อลดความถี่ลงให้เหมาะสมกับการสั่นสะเทือนจากการเคลื่อนที่ของมนุษย์

การทดสอบในภาคสนามได้ทำการทดสอบโดยกลุ่มชายผู้มีความสูง 170-175 เซนติเมตร จำนวน 5 ตัวอย่างในพื้นที่สนามบินโพธาราม วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม วิทยาเขตราชบุรี โดยมีการเดินเข้าพื้นที่ซึ่งเป็นพื้นผิวธรรมชาติ เป็นระยะทาง 1 กิโลเมตร โดยมุ่งหน้าไปยังทิศใต้ก่อนจะเปลี่ยนทิศทางไปทางทิศตะวันออกและมุ่งหน้าลงทิศใต้เป็นระยะทางรวม 500 เมตร ก่อนจะเดินทางย้อนกลับสู่เส้นทางเดิม 500 เมตร ดังรูปที่ 7 (ซ้าย) ซึ่งให้ค่ากำลังไฟฟ้าที่ได้จากพลังงานแสงอาทิตย์และวัสดุเพียโซอิเล็กทริก ดังรูปที่ 7 (ขวา) ทั้งนี้พลังงานจากแสงอาทิตย์ที่เก็บเกี่ยวได้จะเกี่ยวข้องกับทิศทางการเดินซึ่งแปรผันตามมุมของแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนกระเป๋าสะพายเก็บเกี่ยวพลังงาน แต่สำหรับระบบเก็บเกี่ยวพลังงานจากการเคลื่อนไหวสามารถทำการเก็บเกี่ยวได้ตลอดระยะเวลาที่มีการเคลื่อนไหว โดยจะเห็นลักษณะของพลังงานจะมีการแสงเป็นช่วงๆ ทั้งนี้เนื่องจากพลังงานที่เก็บเกี่ยวได้จากวัสดุเพียโซอิเล็กทริกมีความไม่สม่ำเสมอ และอยู่ในรูปของกระแสสลับ ดังนั้นการนำพลังงานที่เก็บเกี่ยวได้มาใช้งานจะต้องผ่านตัววงจรเรียงกระแส (Rectifier) จากนั้นจะผ่านเข้าสู่ระบบสะสมพลังงานขนาดเล็ก (Micro-Storage) ซึ่งประกอบด้วยตัวเก็บประจุ เพื่อปรับรูปสัญญาณไฟฟ้าให้มีความราบเรียบและสม่ำเสมอมากขึ้น ซึ่งหลังจากนี้ผ่านวงจรบัคคอนเวอร์เตอร์ (Buck Converter) ซึ่งเป็นวงจรปรับระดับแรงดันที่ใช้การควบคุมแรงดันแบบฮิสเตอร์รีซิส (hysteretic voltage algorithm) และคอยป้องกันช่วงแรงดันไฟฟ้าต่ำ ก่อนที่แรงดันไฟฟ้าที่ถูกปรับแต่งในขั้นตอนการเก็บเกี่ยวพลังงานแล้วจะถูกนำไปประจุเข้าระบบสะสมพลังงานหลักต่อไป ทั้งนี้เมื่อมีการใช้งานเฉพาะวิทยุสื่อสารอย่างต่อเนื่องด้วยกำลังส่ง 2 W สามารถใช้งานได้ 26 ชม. 6 นาที และเมื่อใช้งานวิทยุสื่อสารเพื่อรับข่าวสาร สามารถใช้งานได้ 52 ชม. 18 นาที ตามรูปที่ 5



รูปที่ 5 ผลการทดสอบภาคสนามตามเส้นทาง (ซ้าย) โดยแสดงค่าพลังงานที่เก็บเกี่ยวได้ (ขวา)

4. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากกองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานและสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ ภายใต้โครงการต้นแบบกระเป๋าสะพายเก็บเกี่ยวพลังงานสำหรับการใช้งานด้านความมั่นคง ภัยพิบัติ และพื้นที่ห่างไกล รหัสโครงการ P-17-50397

5. เอกสารอ้างอิง

- [1] Rome, Lawrence C. (Strafford, PA, US), 2006, Backpack for harvesting electrical energy during walking and for minimizing shoulder strain, United States, Lightning Packs, LLC (Strafford, PA, US) 6982497.
- [2] Rome, Lawrence (Strafford, PA, US), 2008, Backpack for harvesting electrical energy during walking and for minimizing shoulder strain, United States, Lightning Packs LLC (Strafford, PA, US) 7391123.
- [3] Cavagna, G.A. and Franzetti, P., 1986. The determinants of the step frequency in walking in humans. The Journal of physiology, 373(1), pp.235-242.
- [4] Cavagna, G., Mantovani, M., Willems, P. et al., 1997, The resonant step frequency in human running, Pflügers Arch, Volume 434, Issue 6, pp 678–684.
- [5] G De Pasquale, A Somà, F Fraccarollo., 2013, Comparison Between Piezoelectric and Magnetic Strategies For Wearable Energy Harvesting, Journal of Physics: Conference Series, Vol. 476., 012097.