

ก้าวสู่โลกแห่งการระบุตำแหน่งที่แม่นยำ: พัฒนาการในปัจจุบันและอนาคต
ของระบบดาวเทียมนำทางทั่วโลกหลายระบบ
Towards A Precise-Positioning World: Multi-GNSS's Current
and Future Landscape

ปิติภูมิ โพสวัง^{1*} สกิตยโชค โพธิ์สอาด² และวสันต์ ภัทรธิดคม³

¹สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยวงษ์ชวลิตกุล

²สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ สำนักวิชาเทคโนโลยีสังคม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

³ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ

*Email: pitiphum_pos@vu.ac.th

บทคัดย่อ

ระบบดาวเทียมนำทางทั่วโลกหลายระบบ (Multi-global navigation satellite systems/ Multi-GNSS) คือ ระบบที่สามารถคำนวณตำแหน่ง ความเร็วและเวลาโดยรับสัญญาณจากระบบดาวเทียมนำทางหลายระบบซึ่งถูกนำมาพัฒนาประยุกต์ใช้ได้หลายร้อยแอปพลิเคชันที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ในชีวิตประจำวันและสังคมทันสมัยสำหรับเพิ่มความปลอดภัย ปัจจุบันเทคโนโลยีของระบบดาวเทียมนำทางทั่วโลกหลายระบบได้ถูกปรับปรุงให้ดีขึ้นทั้งด้านความพร้อมใช้งานและความแม่นยำในการระบุตำแหน่งด้วยการรวมกันของระบบดาวเทียมนำทางทั่วโลกหลายระบบ ดังนั้น นักวิจัยสามารถนำระบบดาวเทียมนำทางทั่วโลกหลายระบบมาพัฒนาแอปพลิเคชันอย่างหลากหลายที่ต้องการระบบการระบุตำแหน่งด้วยความแม่นยำสูง สำหรับบทความนี้ ผู้วิจัยได้ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาสภาพปัจจุบันของระบบดาวเทียมนำทางทั่วโลกหลายระบบ ประกอบด้วย 1) การจัดการและการบรรเทาภัยพิบัติ 2) การบริการการระบุตำแหน่ง 3) การเกษตรความแม่นยำสูง 4) การควบคุม แนะนำเครื่องจักรและการสำรวจ และ 5) ระบบการขนส่งอัจฉริยะ ในอนาคตข้างหน้าเทคโนโลยีของระบบดาวเทียมนำทางทั่วโลกหลายระบบและเครื่องรับสัญญาณจะมีการพัฒนาขีดความสามารถให้มีความแม่นยำสูงมากขึ้นเรื่อย ๆ ส่งผลให้นักวิจัยสามารถนำข้อมูลการระบุตำแหน่งที่แม่นยำมาใช้ประโยชน์เพื่อสร้างสรรค์และพัฒนาแอปพลิเคชันได้อย่างหลากหลายโดยเฉพาะอย่างยิ่งในงานที่ไม่สามารถประยุกต์ใช้ระบบดาวเทียมนำทางระบุตำแหน่งได้ในสมัยก่อน

คำสำคัญ: ระบบดาวเทียมนำทางทั่วโลกหลายระบบ ระบบดาวเทียมนำทางทั่วโลก ระบบระบุตำแหน่งด้วยความแม่นยำสูง

Abstract

The multi-global navigation satellite systems (Multi-GNSS) is a system able to calculate position, velocity, and time by receiving the satellite signals broadcasted from multiple satellite-

based navigation systems. It was used extensively for the development of hundreds of applications affecting every aspect of modern life and modern society for enhancing safety. Currently, Multi-GNSS technology has been much improved in both availability and precise position accuracy with the combination of multiple navigation satellite systems. Therefore, the researchers have developed applications using Multi-GNSS that require very precise positioning systems. In this paper, we reviews of Multi-GNSS for precise positioning applications in current research include 1) disaster mitigation and management, 2) location-based services, 3) precise agriculture, 4) construction machine guidance/control and surveying, and 5) intelligence transportation systems. In the future, Multi-GNSS technology and Multi-GNSS receiver will be made researchers capable of creative thinking for development of more Multi-GNSS applications. Especially, the application cannot be applied global navigation satellite systems in the past.

Keywords: Multi-global navigation satellite systems (Multi-GNSS), Global navigation satellite systems (GNSS), Precise positioning systems

บทนำ

ระบบนำทางด้วยดาวเทียม คือ ระบบดาวเทียมที่ใช้ในการระบุตำแหน่งเชิงพื้นที่ที่ครอบคลุมทั่วโลก โดยใช้เครื่องรับสัญญาณอิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็กเพื่อตรวจสอบตำแหน่ง (ลองจิจูด ละติจูดและความสูง) โดยใช้ข้อมูลสัญญาณเวลาที่ถูกส่งมาจากดาวเทียม เครื่องรับสัญญาณจะทำการคำนวณเวลาและตำแหน่งได้อย่างแม่นยำซึ่งสามารถนำมาใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงสำหรับการทดลองทางวิทยาศาสตร์ ระบบนำทางด้วยดาวเทียมที่ครอบคลุมได้ทั่วโลกอาจเรียกว่า ระบบดาวเทียมนำทางทั่วโลก (Global Navigation Satellite System/GNSS) (Someswar et al., 2013)

ในโลกของการระบุตำแหน่งที่แม่นยำมีระบบดาวเทียมนำทางทั่วโลกหรือในภูมิภาคทั้งหมด 6 ระบบ ประกอบด้วย 1) GPS 2) GLONASS 3) BeiDou 4) Galileo 5) QZSS และ 6) IRNSS ถึงแม้ว่าระบบ GNSS จะมีความแม่นยำในการระบุตำแหน่งมากขึ้น แต่อย่างไรก็ตามความแม่นยำของระบบ GNSS ยังคงอยู่ระหว่าง 2 – 5 เมตร ดังนั้นการเพิ่มจำนวนดาวเทียมและการปรับปรุงค่าความถูกต้องในการระบุตำแหน่งของดาวเทียมให้มีความถูกต้อง (Accuracy) มีความน่าเชื่อถือ (Reliability) มีความพร้อมใช้งาน (Availability) มีความต่อเนื่อง (Continuity) มีความคงทนต่อการปลอมแปลง (Robustness to spoofing) และสามารถเจาะผ่านภายในอาคาร (Indoor penetration) จึงเป็นแนวคิดในการใช้คุณสมบัติการรวมกันของระบบดาวเทียมนำทางหลาย ๆ ระบบเข้าด้วยกันหรือที่เรียกว่าระบบดาวเทียมนำทางทั่วโลกหลายระบบ (Multi-Global Navigation Satellite Systems/Multi-GNSS) เพื่อนำมาใช้ระบุตำแหน่งด้วยความแม่นยำสูง (European GNSS Agency, 2015)

ระบบดาวเทียมนำทางทั่วโลกหลายระบบ (Multi-GNSS) เป็นระบบที่สามารถคำนวณตำแหน่งความเร็วและเวลาโดยรับสัญญาณดาวเทียมที่ถูกแพร่กระจายมาจากระบบดาวเทียมนำทางทั่วโลกหลายระบบ ตัวอย่าง ระบบนำทางดาวเทียม 2 ระบบ เช่น GPS + Galileo, GPS + GLONASS, GPS +

BeiDou ระบบนำทางดาวเทียม 3 ระบบ เช่น GPS + Galileo + GLONASS, GPS + Galileo + BeiDou, GPS + GLONASS + BeiDou (European GNSS Agency, 2015) สำหรับแอปพลิเคชันระบบ Multi-GNSS คือ แอปพลิเคชันที่ใช้สัญญาณข้อมูลเพื่อการระบุตำแหน่งจากระบบ Multi-GNSS หรือใช้การติดตามสัญญาณข้อมูลจากกลุ่มดาวเทียมทั้งหมดในเวลาเดียวกันที่ถูกนำมาใช้งานในแอปพลิเคชันนั้น ๆ ระบบ Multi-GNSS จึงถูกนำมาใช้ในการพัฒนาแอปพลิเคชันหลายร้อยแอปพลิเคชันในชีวิตประจำวันและสังคมที่ทันสมัยเพื่อเสริมสร้างความปลอดภัย การปกป้องทรัพย์สิน การจัดการทรัพยากร การบริการระบุตำแหน่ง การปรับเวลาให้ตรงกันและแม่นยำ การเพิ่มมูลค่าทางเศรษฐกิจสำหรับการเกษตรด้วยความแม่นยำสูง การก่อสร้าง การสำรวจและระบบการขนส่งอัจฉริยะที่อาศัยประโยชน์จากความแม่นยำสูงในการระบุตำแหน่ง ความสามารถของระบบในการเข้าถึงข้อมูลที่ครอบคลุมทั่วโลกและทุกสภาพอากาศซึ่งการใช้งานสำหรับแอปพลิเคชันบางอย่างไม่สามารถดำเนินการได้หากปราศจากระบบ Multi-GNSS

บทความนี้เป็นการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับระบบ Multi-GNSS สำหรับแอปพลิเคชันเพื่อการระบุตำแหน่งที่แม่นยำในปัจจุบัน ประกอบด้วย ส่วนแรกบทนำ ส่วนที่สองสถานะและตลาดของระบบดาวเทียมนำทางบนพื้นโลก ส่วนที่สามเครือข่ายของค์กรระบบ Multi-GNSS ส่วนที่สี่แอปพลิเคชันระบบ Multi-GNSS ส่วนที่ห้าแอปพลิเคชันระบบ Multi-GNSS ในประเทศไทย และส่วนสุดท้ายในบทความนี้คือการสรุปและอภิปรายผลของขอบเขตในการศึกษาและการนำไปใช้ประโยชน์ในอนาคต

สถานะและตลาดของระบบดาวเทียมนำทางบนพื้นโลก (Global navigation satellite systems status and GNSS markets)

ในโลกของระบบระบุตำแหน่งที่แม่นยำมีอยู่ 6 ระบบดาวเทียมนำทางทั่วโลกหรือในส่วนใหญ่ภูมิภาค ได้แก่

1) จีพีเอส (Global Positioning System/ GPS) ถูกพัฒนาโดยประเทศสหรัฐอเมริกา ดาวเทียมของจีพีเอสมีจำนวน 32 ดวงที่ครอบคลุมทั่วโลก ความสูงของดาวเทียมนำทางในวงโคจร คือ 21,000 กิโลเมตรเหนือพื้นผิวโลก มีจำนวนดาวเทียม 31 ดวงที่ปฏิบัติงานอยู่ (ข้อมูล ณ วันที่ 20 มกราคม 2560) (Information and Analysis Center for Positioning Navigation and Timing, 2017)

2) โกลนาส (Global Orbiting Navigation Satellite System/ GLONASS) ถูกพัฒนาโดยรัฐบาลรัสเซีย ดาวเทียมของโกลนาสมีจำนวน 27 ดวงที่ครอบคลุมทั่วโลก ความสูงของดาวเทียมนำทางในวงโคจร คือ 20,000 กิโลเมตรเหนือพื้นผิวโลก มีจำนวนดาวเทียม 24 ดวงที่ปฏิบัติงานอยู่ (ข้อมูล ณ วันที่ 18 มีนาคม 2560) (The National Coordination Office for Space-Based Positioning Navigation and Timing, 2017)

3) กาลิเลโอ (GALILEO Navigation Satellite System) ถูกพัฒนาโดยสหภาพยุโรป กลุ่มดาวเทียมของกาลิเลโอเมื่อติดตั้งสำเร็จจะมีจำนวน 30 ดวงซึ่งสามารถปฏิบัติงานได้เต็มที่ก่อนปี ค.ศ. 2020 ความสูงของดาวเทียมนำทางในวงโคจร คือ 23,222 กิโลเมตรเหนือพื้นผิวโลก ในปัจจุบันการให้บริการของดาวเทียมกาลิเลโอมีจำนวน 24 ดวงที่ปฏิบัติงานอยู่ (European Space Agency, 2016)

4) เปย์โด่ว (BeiDou) หรือคอมพาส (COMPASS) ถูกพัฒนาโดยประเทศจีน ดาวเทียมของเปย์โด่วมีจำนวน 35 ดวงที่ให้บริการระดับภูมิภาค เริ่มปฏิบัติการในเดือนธันวาคมของปี ค.ศ. 2013 ดาวเทียมเปย์โด่วจะขยายให้ครอบคลุมทั่วโลกในสิ้นปี ค.ศ. 2020 เมื่อนำไปใช้งานได้เต็มรูปแบบจะประกอบด้วยจำนวนวงโคจรของดาวเทียม 5 วงโคจรประจำที่หรือดาวเทียมค้างฟ้า (Geostationary Earth

Orbit/ GEO) จำนวนวงโคจรของดาวเทียม 27 วงโคจรระยะปานกลาง (Medium Earth Orbit/ MEO) และจำนวนวงโคจรของดาวเทียม 3 วงโคจรเอียง (Inclined Geosynchronous Satellite Orbit/ IGSO) ความสูงของดาวเทียมนำทางในวงโคจร GEO คือ 35,786 กิโลเมตรเหนือพื้นผิวโลก ความสูงของดาวเทียมนำทางในวงโคจร MEO คือ 21,528 กิโลเมตรเหนือพื้นผิวโลก และความสูงของดาวเทียมนำทางในวงโคจร IGSO คือ 35,786 กิโลเมตรเหนือพื้นผิวโลก (China Satellite Navigation Office, 2015)

5) คิวซีเอสเอส (Quasi-Zenith Satellite System/ QZSS) ถูกพัฒนาโดยประเทศญี่ปุ่น ซึ่งเป็นระบบนำทางด้วยดาวเทียมในภูมิภาคที่ให้บริการในประเทศญี่ปุ่น เอเชียตะวันออกและภูมิภาคโอเชียเนีย ความสูงของดาวเทียมนำทางในวงโคจร คือ 42,164 กิโลเมตรเหนือพื้นผิวโลก ระบบ QZSS มีแผนในการพัฒนาดาวเทียมจำนวน 4 ดวงในปี ค.ศ. 2018 (Cabinet Office Government of Japan, 2017)

6) ไออาร์เอ็นเอสเอส (Indian Radio Navigation Satellite System/ IRNSS) ถูกพัฒนาโดยประเทศอินเดีย IRNSS ให้บริการในประเทศอินเดียและภูมิภาคในพื้นที่ขยายไปประมาณ 1,500 กิโลเมตรทั่วประเทศอินเดีย ความสูงของดาวเทียมนำทางในวงโคจร คือ 36,000 กิโลเมตรเหนือพื้นผิวโลก มีจำนวนดาวเทียมอยู่ทั้งหมด 7 ดวง (Indian Space Research Organisation, 2017)

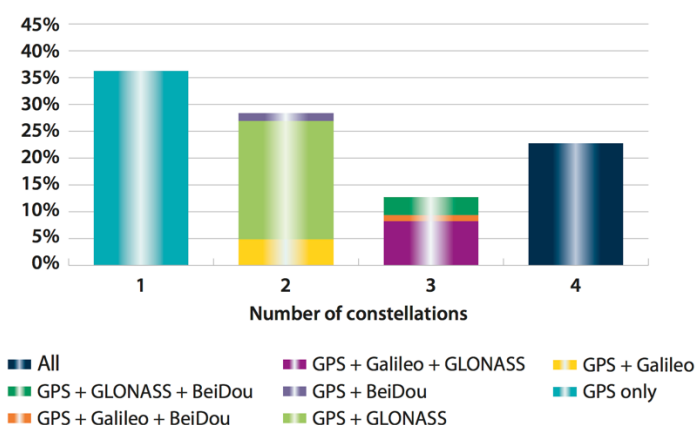
ข้อมูลสรุปของระบบนำทางด้วยดาวเทียมบนพื้นโลกในปัจจุบันแสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สรุประบบนำทางด้วยดาวเทียมบนพื้นโลกในปัจจุบัน

ระบบ	ความสูง ของวงโคจร	จำนวนดาวเทียม ในแผน ดำเนินการ	จำนวนดาวเทียมใน การดำเนินการเต็ม รูปแบบ	พื้นที่ครอบคลุมการใช้งาน
GPS	21,000 km	32	31	ทั่วโลก
GLONASS	20,000 km	27	24	ทั่วโลก
GALILEO	23,222 km	30	24	ทั่วโลก
BeiDou	21,528 km	35	35	ทั่วโลก
QZSS	42,164 km	4	1	ในประเทศญี่ปุ่น เอเชียตะวันออกและ ภูมิภาคโอเชียเนีย
IRNSS	36,000 km	7	6	ในประเทศอินเดียและภูมิภาคในพื้นที่ขยาย ไปประมาณ 1,500 กิโลเมตรรอบอินเดีย

ระบบนำทางด้วยดาวเทียมทั่วโลกหรือในบางภูมิภาคทั้งหมดนี้ เมื่อเปิดดำเนินการอย่างเต็มรูปแบบ ผู้ใช้บริการจะสามารถเข้าถึงการระบุตำแหน่ง การนำทางและสัญญาณมากกว่า 120 ดวง (European GNSS Agency, 2016) จากแนวคิดในการใช้คุณสมบัติที่มีประโยชน์โดยการรวมกันของระบบดาวเทียมนำทางหลาย ๆ ระบบเข้าด้วยกันหรือที่เรียกว่าระบบ Multi-GNSS ทำให้มีข้อดีคือ 1) ความถูกต้องในการระบุตำแหน่งที่แม่นยำสูงจากจำนวนดาวเทียมที่เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับความถูกต้องในการระบุตำแหน่งของจีพีเอส 2) มีการปรับปรุงค่าการระบุตำแหน่งจากสัญญาณดาวเทียมแม้จะอยู่ในสภาพแวดล้อมที่ไม่เอื้ออำนวย (เช่น ในหุบเขา ในเมือง ฯลฯ) 3) ช่วยเพิ่มความทนทานในการรับทวนของสัญญาณโดยใช้คลื่นความถี่ที่แตกต่างกัน

สำหรับสถานะทางการตลาดและแนวโน้มในอนาคตของระบบ GNSS จากหน่วยงาน GNSS ของยุโรปได้เผยแพร่รายงานการตลาดครั้งล่าสุดในเดือนพฤษภาคม ค.ศ. 2017 (European GNSS Agency, 2017) โดยคาดการณ์กลุ่มตลาดของ GNSS ได้แก่ การบริการบอกตำแหน่ง งานด้านถนน การบิน รถไฟ การเดินเรือ การเกษตร การสำรวจ การกำหนดและเทียบเวลา รวมทั้งเครื่องรับสัญญาณและอุปกรณ์ที่ใช้ระบบ GNSS เพื่อการระบุตำแหน่งเป็นสำคัญ พบว่า อุปกรณ์ที่ติดตั้งระบบ GNSS ถูกนำมาใช้งานทั่วโลกจำนวน 5.8 พันล้านเครื่องในปี ค.ศ. 2017 และคาดการณ์ว่าในปี ค.ศ. 2020 จะมีอุปกรณ์ GNSS ใช้อยู่ประมาณ 8.0 พันล้านเครื่อง อีกทั้งการใช้งานในโทรศัพท์สมาร์ทโฟนยังคงเป็นแพลตฟอร์มที่ได้รับความนิยมและมีการเข้าถึงมากที่สุดโดยในปี ค.ศ. 2017 มีประมาณ 5.4 พันล้านเครื่อง ตามด้วยอุปกรณ์ที่ใช้ในแอปพลิเคชันบริการบอกพิกัดตำแหน่งบนท้องถนน (Location-Based Services) ที่มีใช้งานประมาณ 380 ล้านเครื่อง ซึ่งเพิ่มขึ้นจากการเติบโตของตลาดในระบบยานพาหนะ (In-Vehicle System) และกฎหมายของสหภาพยุโรปเกี่ยวกับระบบแจ้งอุบัติเหตุบนถนน (eCall) ยิ่งไปกว่านั้น ระบบเชื่อมต่อยานพาหนะและการขับเคลื่อนอัตโนมัติจะเป็นตัวผลักดันการเติบโตของตลาดในการนำระบบ GNSS ไปใช้งานสำหรับแอปพลิเคชันทางถนนและระบบ Multi-GNSS ในโทรศัพท์สมาร์ทโฟนรุ่นใหม่ (เช่น Aquaris X5 Plus, Huawei Mate 9/Mate 9 pro, Sony Xperia XZ Premium, Huawei (P10, P10 plus), Samsung (S8) (European GNSS Agency, 2017) และ Sony Xperia S, Samsung Galaxy Note N7100, Apple iPhone5 พบในการวิจัยของ Musulin et al. (2014) เป็นโทรศัพท์สมาร์ทโฟนที่สามารถรองรับการพัฒนาแอปพลิเคชันใหม่ ๆ นอกเหนือจากแอปพลิเคชันการนำทางหรือแอปพลิเคชันแผนที่เหมือนที่ผ่านมา



ภาพที่ 1 เครื่องรับสัญญาณและชิปเซ็ตที่สามารถใช้งานได้ตั้งแต่ 1, 2, 3 และ 4 ระบบ
ที่มา: European GNSS Agency (2016)

ในการวิเคราะห์ความสามารถของเครื่องรับสัญญาณ GNSS และชิปเซ็ตที่แสดงในภาพที่ 1 พบว่า มากกว่าร้อยละ 60 ของเครื่องรับสัญญาณและชิปเซ็ตสามารถสนับสนุนการใช้งานได้อย่างน้อยสองระบบกลุ่มดาวเทียม และมากกว่าร้อยละ 20 สนับสนุนการใช้งานได้ทั้งสี่ระบบกลุ่มดาวเทียม (European GNSS Agency, 2016) แสดงให้เห็นว่าเครื่องรับสัญญาณมีความสามารถในการรับสัญญาณระบบ Multi-

GNSS ได้ ทำให้ในอนาคตข้างหน้านักวิจัยสามารถนำข้อมูลการระบุตำแหน่งที่แม่นยำจากเครื่องรับสัญญาณระบบ Multi-GNSS มาใช้ประโยชน์เพื่อสร้างสรรค์และพัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับงานด้านต่าง ๆ เช่น สมาร์ทซิตี้ (Smart city) หรือเมืองอัจฉริยะ ข้อมูลขนาดใหญ่ (Big Data) ข้อมูลสุขภาพบนโทรศัพท์ (Mobile Health) เทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือน (Augmented Reality) การขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบ (Multimodal Transport) และเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตที่เชื่อมอุปกรณ์และเครื่องมือต่าง ๆ (Internet-of-Thing) เป็นต้น

เครือข่ายองค์กระบบดาวเทียมนำทางทั่วโลกหลายระบบ (Multi-GNSS Network)

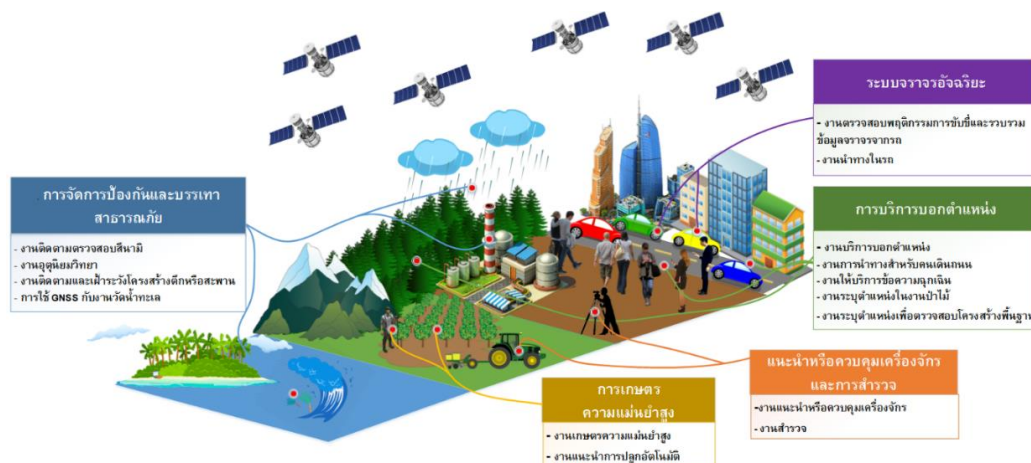
เครือข่ายองค์กระบบดาวเทียมนำทางทั่วโลกหลายระบบ เช่น สถาบันให้บริการข้อมูล GNSS นานาชาติ (International GNSS Service/ IGS) (The International GNSS Service, 2017) ได้เปิดการเข้าถึงข้อมูล GNSS ตั้งแต่ปี ค.ศ. 2014 เป็นต้นมา ข้อมูลเหล่านี้สามารถนำมาใช้งานในการพัฒนาแอปพลิเคชันในทางวิทยาศาสตร์ การศึกษาและเชิงพาณิชย์ หน่วยงาน IGS ยังให้ข้อมูล GNSS ที่มีคุณภาพสูงเพื่อนำมาใช้อ้างอิงในการระบุตำแหน่งที่แม่นยำ เช่น การสังเกตความเปลี่ยนแปลงของโลกและการวิจัย การระบุตำแหน่งการเดินทาง เวลาและการทำงานด้านอื่น ๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อชุมชนวิทยาศาสตร์และสังคม สำหรับศูนย์วิเคราะห์ข้อมูล MGEX (Multi-GNSS Experiment) (The International GNSS Service, 2017) ได้รับการจัดตั้งขึ้นโดยสถาบัน IGS เพื่อติดตามตรวจสอบและวิเคราะห์สัญญาณ GNSS ที่มีอยู่ทั้งหมด ประกอบด้วยสัญญาณของดาวเทียม BeiDou Galileo QZSS IRNSS GPS GLONASS และเอสบาส (Satellite Based Augmentation/ SBAS) ศูนย์วิเคราะห์ข้อมูล MGEX แสดงคุณลักษณะของดาวเทียมและสัญญาณใหม่เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของอุปกรณ์และพัฒนาซอฟต์แวร์ในการจัดการข้อมูลระบบดาวเทียมนำทางทั่วโลกหลายระบบ สถาบัน IGS จะขยายศูนย์ให้ครอบคลุมเพื่อตรวจติดตามและวิเคราะห์สัญญาณ ปัจจุบันเครือข่าย MGEX ของ IGS ที่ใช้ระบบ Multi-GNSS มีสถานีจำนวน 188 สถานีในเดือนพฤษภาคม ค.ศ. 2017 และสถานีอื่น ๆ เช่น สถานีเพื่อการทดลองของ MGEX มี 5 สถานี สถานี IGS08 มี 91 สถานี สถานี IGS มี 506 สถานี

นอกจากนี้เครือข่าย MGM-Net (Multi-GNSS Monitoring Network/ MGM-Net) เป็นเครือข่ายในการติดตาม Multi-GNSS เพื่อเพิ่มความถูกต้องในการกำหนดวงโคจรที่แม่นยำ (Precise Orbit Determination/ POD) โดยใช้วงโคจรและสัญญาณนาฬิกาของ QZSS ที่มีการปรับปรุงค่าความถูกต้องสำหรับการกำหนดตำแหน่งจุดเดียวด้วยความละเอียดสูง (Precise Point Positioning/ PPP) นอกจากนี้ยังขยายฟังก์ชันการทำงานของ POD ในปัจจุบัน เพื่อเพิ่มความสามารถของระบบ GPS QZSS และระบบ Multi-GNSS (Japan Aerospace Exploration Agency, 2015) สถานีของ MGM-Net มีจำนวน 86 สถานี (ข้อมูลในเดือนพฤษภาคม ค.ศ.2015)

แอปพลิเคชันระบบดาวเทียมนำทางทั่วโลกหลายระบบ (Multi-GNSS Applications)

แอปพลิเคชันที่ใช้ข้อมูลการระบุตำแหน่งจากระบบ Multi-GNSS ถูกพัฒนาและนำเสนออย่างต่อเนื่อง ที่ผ่านมามีผู้ศึกษาวิจัยประยุกต์ใช้ระบบ Multi-GNSS กับงานประเภทต่าง ๆ สำหรับบทความนี้แบ่งแอปพลิเคชันออกเป็น 5 ประเภท ได้แก่ 1) การจัดการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย (Disaster

Mitigation and Management) 2) การบริการบอกตำแหน่ง (Location-based Services) 3) การเกษตรความแม่นยำสูง (Precise Agriculture) 4) แนะนำหรือควบคุมเครื่องจักรและการสำรวจ (Construction machine guidance/control and survey) และ 5) ระบบการขนส่งอัจฉริยะ (Intelligence Transportation Systems) ดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 อินโฟกราฟฟิกของแอปพลิเคชันที่ใช้ระบบดาวเทียมนำทางทั่วโลกหลายระบบ

การประยุกต์ใช้ระบบ Multi-GNSS กับงานประเภทต่าง ๆ ตามความต้องการ มีรายละเอียดดังนี้

1. การป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย (Disaster Mitigation and Management) เช่น งานตรวจสอบสึนามิ งานอุตุนิยมวิทยา งานติดตามและเฝ้าระวังโครงสร้างตึกหรือสะพาน และงานตรวจวัดน้ำทะเลภายในประเทศ มีรายละเอียดดังนี้

1.1 การตรวจสอบสึนามิ (Tsunami monitoring) การประยุกต์ใช้ระบบระบุพิกัดตำแหน่งความละเอียดสูงจากสัญญาณดาวเทียมกับระบบเตือนภัยสึนามิล่วงหน้าในทะเลจีนใต้ ดังแสดงในงานวิจัยของ Chen et al. (2015) เป็นการระบุตำแหน่งจากระบบดาวเทียม BeiDou และระบบดาวเทียม BeiDou กับระบบ GPS ในภูมิภาคเอเชียแปซิฟิก เมื่อใช้ระบบดาวเทียม BeiDou ร่วมกับระบบดาวเทียม GPS พบว่าความถูกต้องในการระบุตำแหน่งตามแนวนอนประมาณ 0.7 เซนติเมตร ความถูกต้องในแนวตั้งประมาณ 1.0 ถึง 2.0 เซนติเมตร ซึ่งคล้ายคลึงกับงานวิจัยของ Yu (2015) ที่มีการประยุกต์ใช้งานตรวจสอบคลื่นสึนามิโดยใช้ทิศทางที่แพร่กระจาย (Propagation direction) ความเร็วที่แพร่กระจาย (Propagation speed) และความยาวคลื่น (Wavelength) โดยใช้ GNSS วัดความสูงของพื้นผิวทะเล เพื่อติดตามการสะท้อนสัญญาณจากพื้นผิวทะเลของสัญญาณ GNSS

1.2 งานอุตุนิยมวิทยา (Meteorology) งานวิจัยของ Li et al. (2015) ประยุกต์ใช้ Multi GNSS กับงานอุตุนิยมวิทยาเพื่อค้นหาการเปลี่ยนแปลงปริมาณไอน้ำในบรรยากาศแบบเวลาจริงจากข้อมูลระบบดาวเทียม BeiDou, Galileo GLONASS และ GPS เพื่อปรับปรุงการพยากรณ์และติดตามการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศที่เกิดขึ้นในสภาวะปัจจุบัน พบว่าความถูกต้องในการระบุตำแหน่งอยู่ที่ 1.0 – 1.5 มิลลิเมตร สำหรับใช้ในการคำนวณค่าไอน้ำรวมในบรรยากาศซึ่งผลจากค่าความถูกต้องที่เพิ่มขึ้นและความ

นำเชื่อถือสูงนี้ สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในระบบตรวจวัดชั้นบรรยากาศสำหรับงานอุตุนิยมวิทยาได้ เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Rohm et al. (2014)

1.3 งานติดตามและเฝ้าระวังโครงสร้างตึกหรือสะพาน (Structural health monitoring)

งานวิจัยของ Wrona et al. (2014) ได้พัฒนาระบบตรวจวัดสำหรับแอปพลิเคชันในการติดตามและเฝ้าระวังโครงสร้างปล่องไฟของโรงงานไฟฟ้าจากระบบ Multi-GNSS โดยติดตั้งเครื่องรับสัญญาณและใช้เทคนิคการรังวัดแบบจลน์ในทันที (Real Time Kinematic/RTK) เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการระบุตำแหน่ง ผลการทดสอบตลอดระยะเวลา 5 ปี พบว่า มีความถูกต้องในการระบุตำแหน่งประมาณ 0.5 - 1 เซนติเมตร

1.4 การใช้ GNSS กับงานวัดน้ำทะเล สำหรับงานวิจัยของ Kriechbaumer et al. (2015)

ได้ศึกษาการประมวลผลภาพจากกล้องสเตริโอสำหรับการระบุตำแหน่งเรือสำรวจอัตโนมัติในการประยุกต์ใช้ในงานตรวจวัดน้ำทะเล ผลการทดลองพบว่า มีความถูกต้องในการระบุตำแหน่งเฉลี่ย ± 0.067 เมตร

2. การบริการบอกตำแหน่ง (Location-based Services) เช่น งานบริการบอกตำแหน่ง งานนำทางสำหรับคนเดินถนน งานบริการข้อความฉุกเฉิน งานระบุตำแหน่งป่าไม้และงานตรวจสอบโครงสร้างพื้นฐาน มีรายละเอียดดังนี้

2.1 การบริการบอกตำแหน่ง (Location-based Services) งานวิจัยของ Musulin et al. (2014) ศึกษาประสิทธิภาพการทำงานในการระบุตำแหน่งในพื้นที่ชายฝั่งทะเลของภูมิภาคดัลเมเชียตอนกลางโดยใช้ระบบนำทางด้วยดาวเทียมของ GPS และ GLONASS ที่อยู่ในโทรศัพท์สมาร์ตโฟน ผลการทดลองพบว่า ความแม่นยำในการระบุตำแหน่งเพิ่มขึ้นเมื่อใช้เทคนิคร่วมกันระหว่าง GPS และ GLONASS มีค่าเฉลี่ยความผิดพลาดในการระบุตำแหน่งตามแนวนอนระหว่าง 2.18 - 4.18 เมตร คล้ายกับงานวิจัยของ Guo et al. (2015) ได้มีการผสมระบบดาวเทียมนำทางของ BeiDou และ GPS เพื่อระบุตำแหน่งอีกด้วย

2.2 การนำทางสำหรับคนเดินถนน (Pedestrian Navigation) งานวิจัยของ Hsu et al. (2016) ได้ศึกษาวิธีการระบุตำแหน่งคนเดินถนนจากโมเดล 3 มิติโดยใช้ระบบ GPS GLONASS และ QZSS ซึ่งในปัจจุบันเครื่องรับสัญญาณระบบนำทางด้วยดาวเทียม (GNSS) ที่มีราคาถูกไม่สามารถคำนวณตำแหน่งได้อย่างแม่นยำ งานวิจัยนี้จึงพัฒนาวิธีการปรับปรุงแก้ไขการระบุตำแหน่งโดยใช้โมเดลการสร้างเมือง 3 มิติและจำลองสถานการณ์การติดตามตำแหน่งเพื่อลดผลกระทบจากสัญญาณสะท้อนกลับ พบว่าวิธีการที่นำเสนอโดยใช้ดาวเทียม GLONASS และ QZSS แสดงให้เห็นความถูกต้องในการระบุตำแหน่งประมาณ 4.4 เมตรที่ถูกนำไปใช้ในเขตเมืองที่มีตึกสูง

2.3 ระบบการให้บริการข้อความฉุกเฉิน (Emergency message service) งานวิจัยของ Iwaizumi et al. (2014) ได้พัฒนาระบบการให้บริการข้อความฉุกเฉินแจ้งเตือนภัยพิบัติในเขตเมืองภายใต้ความร่วมมือระหว่างสหภาพยุโรปและญี่ปุ่นที่สามารถส่งสัญญาณและข้อความได้อย่างต่อเนื่อง ซึ่งการใช้บริการข้อความฉุกเฉินผ่านระบบ GNSS เป็นการสื่อสารผ่านดาวเทียมและโทรศัพท์มือถือที่มีความยืดหยุ่นสูงโดยไม่ขึ้นอยู่กับโครงสร้างพื้นฐานของภาคพื้นดินหากระบบภาคพื้นดินเกิดปัญหาการสื่อสาร

ผ่านดาวเทียมจะมีความน่าเชื่อถือกว่าและมีความรวดเร็วในการกระจายข้อมูลไปยังสถานที่ต่าง ๆ ของผู้ใช้งานโทรศัพท์มือถือโดยมีต้นทุนในการดำเนินงานที่ต่ำกว่าเมื่อเทียบกับระบบอื่น ๆ

2.4 การระบุตำแหน่งในงานป่าไม้ (Forestry applications) งานวิจัยของ Garnero and Caresio (2014) ได้ทดสอบอุปกรณ์ MobileMapper120 ในการรับสัญญาณด้วยดาวเทียมเพื่อระบุตำแหน่งสำหรับการใช้งานในแอปพลิเคชันด้านงานป่าไม้ พบว่า เมื่อใช้ระบบ GPS ร่วมกับ GLONASS และ SBAS หรือ Satellite-Based Augmentation System ซึ่งใช้เครือข่ายดาวเทียมภาคพื้นดิน ในการคำนวณความคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับสัญญาณนาฬิกาและผลกระทบจากการเดินทางของสัญญาณผ่านชั้นบรรยากาศชั้นสูง พบว่ามีค่าความถูกต้องในการระบุตำแหน่งตามแนวนอน 0.55 เมตร และตามแนวตั้ง 0.90 เมตร

2.5 การระบุตำแหน่งเพื่อตรวจสอบโครงสร้างพื้นฐาน (Location-Based Infrastructure Inspection) ในงานวิจัยของ Siebert and Teizer (2014) เสนอการทำแผนที่ 3 มิติสำหรับสำรวจงานดินโดยใช้ระบบอากาศยานไร้คนขับ (Unmanned Aerial Vehicle/UAV) เพื่อจัดทำแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศในการสำรวจพื้นที่ ผลการประเมินความถูกต้องในการระบุตำแหน่งในพื้นที่ต่าง ๆ จากจำนวนภาพถ่าย 64 ภาพ มีการรังวัดบนภาพถ่ายที่ให้ความถูกต้องเชิงตำแหน่งเฉลี่ยตามแนวนอนประมาณ 2 เซนติเมตร และ 6 เซนติเมตรตามแนวตั้ง

3. การเกษตรความแม่นยำสูง (Precise Agriculture) เช่น งานเกษตรความแม่นยำสูงและงานแนะนำการปลูกอัตโนมัติ มีรายละเอียดดังนี้

3.1 การเกษตรความแม่นยำสูง (Precise Agriculture) งานวิจัยของ Kabir et al. (2016) เสนอการประเมินประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องรับสัญญาณระบบนำทางด้วยดาวเทียม GNSS และ Multi-GNSS ภายใต้เงื่อนไขขณะเครื่องรับสัญญาณอยู่กับที่และในขณะที่เครื่องรับสัญญาณมีการเคลื่อนที่ในพื้นที่การเกษตรของประเทศเกาหลี เช่น ในพื้นที่เปิดโล่ง พื้นที่สวนผลไม้ และพื้นที่บนภูเขา งานวิจัยนี้ได้วัดความถูกต้องในการใช้เครื่องรับสัญญาณระบบ GNSS และ Multi-GNSS ซึ่งเป็นประโยชน์ในการเลือกใช้เครื่องรับสัญญาณดาวเทียมให้เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ทางการเกษตรที่แตกต่างกัน

3.2 งานแนะนำการปลูกอัตโนมัติ (Automatically guide farming) งานวิจัยของ Aini et al. (2014) เสนอระบบแนะนำการปลูกปาล์มน้ำมันโดยใช้ระบบ Multi-GNSS เพื่อจัดสรรพื้นที่ทั้งหมดในการเพาะปลูก การวางแผนการปลูกและระยะห่างของต้นปาล์มน้ำมันซึ่งจำเป็นต้องมีการวางแผนให้สอดคล้องกับลักษณะพื้นที่และระบบการระบายน้ำ การปลูกปาล์มน้ำมันโดยทั่วไปจะต้องมีกระบวนการโพลาไรซ์ (Polarization) เพื่อให้ต้นปาล์มทุกต้นได้รับแสงแดดมากที่สุดและสม่ำเสมอ ผลการทดลองพบว่าความถูกต้องในการระบุตำแหน่งมีค่าน้อยกว่า 1 เมตร ซึ่งใช้คนเพียง 1 คนในการปักตำแหน่งการเพาะปลูกในพื้นที่ 70 x 50 ตารางเมตรและใช้เวลา 290 นาทีซึ่งเร็วกว่าการใช้ GPS

4. แนะนำหรือควบคุมเครื่องจักรและการสำรวจ (Construction machine guidance/control and surveying) เช่น งานแนะนำหรือควบคุมเครื่องจักร และงานสำรวจ โดยมีรายละเอียดดังนี้

4.1 งานแนะนำหรือควบคุมเครื่องจักร (Construction machine guidance/control) งานวิจัยของ Pérez-Ruiz et al. (2015) เสนอผลการศึกษาการป้องกันศัตรูพืชแบบอัตโนมัติ พบว่า ค่าความถูกต้องในการระบุตำแหน่งมีค่าประมาณ 2.5 เซนติเมตร งานวิจัยของ Drenjanac et al. (2014) ใช้

เทคนิคการระบุตำแหน่งจากสัญญาณดาวเทียมและเครือข่ายไร้สายสำหรับเครื่องจักรการเกษตรอัจฉริยะที่ถูกควบคุมโดยคนและรถแทรกเตอร์อัตโนมัติ ผลการทดสอบในการระบุตำแหน่งพบว่า ค่าความถูกต้องในการระบุตำแหน่งเท่ากับ 2.4 เซนติเมตร งานวิจัยของ Oksanen (2015) ได้พัฒนาระบบนำทางสำหรับรถแทรกเตอร์สี่ล้อที่ใช้ในการหว่านเมล็ดแบบอัตโนมัติ โดยมีค่าความถูกต้องในการระบุตำแหน่งอยู่ที่ ± 10 เซนติเมตร ส่วนงานวิจัยของ Vellidis et al. (2014) ได้ลดความสูญเสียจากการขุดหลุมโดยการบังคับล้ออัตโนมัติของรถแทรกเตอร์ ผลการศึกษาพบว่ารถบังคับล้ออัตโนมัติของรถแทรกเตอร์ภายใต้ทุก ๆ พื้นที่ สามารถระบุตำแหน่งของรถแทรกเตอร์ได้ค่าความถูกต้องในการระบุตำแหน่งประมาณ 2.5 เซนติเมตร

4.2 การสำรวจ (Surveying) งานวิจัยของ Bakula (2012) นำเสนอวิธีการสำรวจความน่าเชื่อถือและการประมวลผลของระบบ Multi-GNSS ผลการทดลองพบว่า ความถูกต้องในการระบุตำแหน่งมีค่าระหว่าง 1–3 เซนติเมตรตามแนวนอนและ 1–6 เซนติเมตรตามแนวตั้งโดยรับข้อมูลจากสัญญาณดาวเทียมภายใน 1 นาที ซึ่งสัญญาณดาวเทียมนี้มีความพร้อมใช้งานแบบเต็มรูปแบบ

5. ระบบการขนส่งและจราจรอัจฉริยะ (Intelligence Transportation Systems) เช่น งานตรวจสอบพฤติกรรมจราจรและงานนำทางในรถยนต์ มีรายละเอียดดังนี้

5.1 งานตรวจสอบพฤติกรรมจราจร (Driver Behavior Monitoring) งานวิจัยของ Noomwongs et al. (2014) พัฒนาการตรวจจับพฤติกรรมจราจรโดยใช้เทคนิคการประมวลผลการนำทางแบบความแม่นยำสูง (Precise point positioning/PPP) ผลการทดสอบโดยใช้เทคนิคการนำร่องแบบ PPP สามารถลดความผิดพลาดในการตรวจจับได้ 260% เมื่อใช้ระบบ GPS ลงเหลือเพียง 20% สำหรับงานวิจัยของ Conde et al. (2015) เสนอความร่วมมือกันในการแลกเปลี่ยนข้อมูลและการระบุตำแหน่งของยานพาหนะโดยใช้เครื่องรับสัญญาณ Multi-GNSS (GPS/GLONASS) และการแลกเปลี่ยนข้อมูลกันระหว่างยานพาหนะด้วยกันเอง (Vehicle-to-Vehicle/V2V) และยานพาหนะกับโครงสร้างพื้นฐานทางถนน (Vehicle-to-Infrastructure/V2I) ได้ผลการคำนวณทิศทางและมุมเอียงแนวข้างของรถเป็นที่ยอมรับได้และน่าพอใจ โดยมีค่าความถูกต้องในการระบุตำแหน่งของยานพาหนะตามเส้นทางการทดสอบได้ค่าเฉลี่ยน้อยกว่า 0.8 เมตร

5.2 งานนำทางในรถยนต์ (Car navigation) งานวิจัยของ Langer and Trommer (2014) ใช้ระบบนำทางหลายดาวเทียม (Multi-GNSS) เพื่อทดสอบประสิทธิภาพการนำทางของรถยนต์จากระบบดาวเทียมนำทางต่าง ๆ ได้แก่ 1) GPS และ GLONASS 2) GPS และ GALILEO 3) GPS 4) GLONASS และ GALILEO โดยระบบดาวเทียมนำทางที่ใช้ในการประเมินผลการทำงานของรถยนต์ในขณะเคลื่อนที่ในสภาพแวดล้อมที่อยู่ในเขตเมือง พบว่า การใช้ระบบดาวเทียมนำทาง GPS และ GALILEO ให้ค่าความถูกต้องที่ดีกว่าซึ่งมีค่าความถูกต้องในการระบุตำแหน่งประมาณ 1.71 เมตร และมีการปรับปรุงความแม่นยำในการระบุตำแหน่งตามแนวทางโค้งดังเช่นงานวิจัยของ Clausen et al. (2015) จากงานวิจัยที่ผ่านมา พบว่า การระบุตำแหน่งด้วยความแม่นยำสูงมีความสำคัญสำหรับแอปพลิเคชันทั้ง 5 ประเภท ในแต่ละแอปพลิเคชันนั้นต้องการความแม่นยำสำหรับการระบุตำแหน่งที่แตกต่างกันในบทความนี้จึงสรุปความแม่นยำในการระบุตำแหน่งของแอปพลิเคชันระบบ Multi-GNSS ออกเป็น 3 ระดับ ได้แก่ ความแม่นยำ

น้อยกว่า 2 เซนติเมตร ระหว่าง 2 เซนติเมตรถึง 1 เมตร และมากกว่า 1 เมตร ในระดับที่ 1 ความแม่นยำน้อยกว่า 2 เซนติเมตร คือ งานด้านการจัดการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยพบใน Chen et al. (2015), Li et al. (2015), Rohm et al. (2014), Wrona et al. (2014) งานด้านระบบจราจรอัจฉริยะพบใน Clausen et al. (2015) งานด้านการบริการบอกตำแหน่งพบใน Siebert and Teizer (2014) และงานด้านการแนะนำหรือควบคุมเครื่องจักรและการสำรวจพบใน Pérez-Ruiz et al. (2015), Drenjanac et al. (2014), Vellidis et al. (2014), Bakula (2012)

ในระดับที่ 2 แอปพลิเคชันที่ใช้ระบบดาวเทียมนำทางทั่วโลกหลายระบบที่ต้องการความถูกต้องในการระบุตำแหน่งด้วยความแม่นยำสูงระหว่าง 2 เซนติเมตรถึง 1 เมตร คือ งานด้านการจัดการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยพบใน Yu (2015), Kriechbaumer et al. (2015) งานด้านการบริการบอกตำแหน่งพบใน Musulin et al. (2014), Guo et al. (2015), Garnerio and Caresio (2014), Siebert and Teizer (2014) งานด้านการเกษตรความแม่นยำสูงพบใน Kabir et al. (2016), Aini et al. (2014) งานด้านการแนะนำหรือควบคุมเครื่องจักรและการสำรวจพบใน Oksanen (2015) และงานด้านระบบจราจรอัจฉริยะพบใน Noomwongs et al. (2014), Conde et al. (2015) และในระดับที่ 3 แอปพลิเคชันที่ใช้ระบบดาวเทียมนำทางทั่วโลกหลายระบบที่ต้องการความถูกต้องในการระบุตำแหน่งด้วยความแม่นยำสูงมากกว่า 1 เมตร คือ งานด้านการบริการบอกตำแหน่งพบในงานของ Musulin et al. (2014), Hsu et al. (2016) และงานด้านระบบจราจรอัจฉริยะพบได้ในงานของ Langer and Trommer (2014)

แอปพลิเคชันระบบดาวเทียมนำทางทั่วโลกหลายระบบในประเทศไทย (Multi-GNSS Applications in Thailand)

ประเทศไทยมีหน่วยงานวิจัยทั้งภาครัฐและเอกชน เช่น ศูนย์วิจัยยานยนต์และระบบขนส่งอัจฉริยะของคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย บริษัทมิชิบิกิโซระจำกัด และห้องปฏิบัติการระบบขนส่งและจราจรอัจฉริยะ ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ ได้มีการประยุกต์ใช้ระบบ Multi-GNSS เพื่อพัฒนาแอปพลิเคชันต่าง ๆ ตัวอย่างเช่น การประยุกต์ใช้ระบบ Multi-GNSS เพื่อการตรวจจับตำแหน่งของคนเดินถนนในระดับช่องจราจร (Pedestrian Lanes detection) พบได้ในงานวิจัยของ Andrei and Chinworapanya (2015) และเพื่อการตรวจจับพฤติกรรมการขับขี่ที่เสี่ยงต่อความปลอดภัยในการใช้รถใช้ถนน ได้แก่ การเบรกกะทันหัน ออกตัวกะทันหัน เลี้ยวรถด้วยความเร็วสูง และเปลี่ยนช่องจราจรกะทันหัน พบได้ในงานวิจัยของ Thitipatanapong et al. (2015), Thitipatanapong et al. (2014), Phondeenana et al. (2014a), Phondeenana et al. (2014b), Noomwongs et al. (2014)

นอกจากนี้ยังได้พัฒนาเครื่องรับสัญญาณระบบ Multi-GNSS ที่ชื่อว่า Ublox M8030 ที่สามารถรับสัญญาณดาวเทียมทั่วโลกหลายระบบจาก GPS + BeiDou + QZSS และ GPS + GLONASS + QZSS เพื่อนำไปติดตั้งในยานพาหนะสำหรับการติดตามตำแหน่งของรถ พร้อมทั้งส่งข้อมูลในอัตรา 5 Hz ผ่านเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตที่เชื่อมอุปกรณ์เครื่องรับสัญญาณ (Internet-of-Thing) (Thitipatanapong and Klongnaivai, 2016)

บทสรุป

บทความนี้เสนอระบบดาวเทียมนำทางทั่วโลกหลายระบบสำหรับแอปพลิเคชันที่ใช้การระบุตำแหน่งด้วยความแม่นยำสูงในงานวิจัยปัจจุบัน ระบบดาวเทียมนำทางทั่วโลกหลายระบบ (Multi-GNSS) เป็นระบบที่สามารถคำนวณตำแหน่ง ความเร็วและเวลาโดยรับสัญญาณดาวเทียมที่ถูกแพร่กระจายมาจากระบบดังกล่าว สำหรับแอปพลิเคชันที่ใช้ระบบ Multi-GNSS เป็นแอปพลิเคชันที่ใช้ระบบดาวเทียมนำทางทั่วโลกมากกว่า 2 ระบบขึ้นไป เช่น ระบบนำทางดาวเทียม 2 ระบบ ระบบนำทางดาวเทียม 3 ระบบหรือเป็นการติดตามสัญญาณข้อมูลจากกลุ่มดาวเทียมทั้งหมดในเวลาเดียวกัน เพื่อนำมาใช้พัฒนาแอปพลิเคชันที่มีประโยชน์กับงานในทุกด้านของชีวิตที่ทันสมัย

บทความนี้จึงได้ทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการนำระบบ Multi-GNSS มาใช้ในแอปพลิเคชันต่าง ๆ แบ่งออกเป็น 5 ประเภท ได้แก่ การจัดการและการบรรเทาภัยพิบัติ การบริการการระบุตำแหน่ง การเกษตรความแม่นยำสูง การควบคุมและนำเครื่องจักรและการสำรวจและระบบการขนส่งอัจฉริยะ สำหรับความแม่นยำในการระบุตำแหน่งของแอปพลิเคชันระบบ Multi-GNSS แบ่งออกเป็น 3 ระดับ ได้แก่ แอปพลิเคชันที่ต้องการความแม่นยำน้อยกว่า 2 เซนติเมตร ระหว่าง 2 เซนติเมตรถึง 1 เมตร และมากกว่า 1 เมตร จากการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่าแอปพลิเคชันที่ใช้ระบบดาวเทียมนำทางทั่วโลกหลายระบบที่ต้องการความแม่นยำสูงในการระบุตำแหน่งน้อยกว่า 2 เซนติเมตร คือ งานด้านการจัดการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย งานด้านระบบจราจรอัจฉริยะ งานด้านการบริการบอกตำแหน่งและงานด้านการแนะนำหรือควบคุมเครื่องจักรและการสำรวจ ตามลำดับ ในประเทศไทยมีหน่วยงานที่ประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดาวเทียมระบบ Multi-GNSS โดยเฉพาะในงานด้านระบบการขนส่งและจราจรอัจฉริยะเพื่อตรวจสอบพฤติกรรมจราจรและพัฒนาระบบเครื่องรับสัญญาณระบบ Multi-GNSS ที่นำไปติดตั้งในยานพาหนะให้สามารถส่งข้อมูลผ่านเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตได้ (Internet-of-Thing)

ในปัจจุบัน เทคโนโลยีระบบดาวเทียมนำทางทั่วโลกหลายระบบได้มีการปรับปรุงให้ดีขึ้นมากทั้งความพร้อมใช้งานและความถูกต้องในการระบุตำแหน่งด้วยความแม่นยำสูง ดังนั้น การพัฒนาแอปพลิเคชันในงานประเภทต่าง ๆ จึงมีความต้องการใช้ข้อมูลการระบุตำแหน่งด้วยความแม่นยำสูงที่ต่างกันไป นอกจากนี้เครื่องรับสัญญาณระบบ Multi-GNSS ยังได้มีการพัฒนาอัลกอริทึมที่ดีขึ้นเพื่อระบุตำแหน่งให้มีความแม่นยำสูงและมีต้นทุนต่ำ ในอนาคตข้างหน้าอุปกรณ์เครื่องรับสัญญาณระบบ Multi-GNSS จะมีความถูกต้องและมีความน่าเชื่อถือมากขึ้น ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญสำหรับนักวิจัยรุ่นใหม่เพื่อสร้างสรรค์และพัฒนาแอปพลิเคชันใหม่ ๆ ได้อย่างหลากหลาย

เอกสารอ้างอิง

- Aini, I. N., Aimrun, W., Amin, M. S. M., Ezrin, M. H., and Shafri, H. Z. (2014). Auto Guided Oil Palm Planter by using multi-GNSS. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.
- Andrei, C. O., and Chinworapanya, B. S. D. (2015). Multi-gnss real-time precise positioning for pedestrian lane detection. In International Multidisciplinary Scientific GeoConferences SGEM2015.
- Bakula, M. (2012). An approach to reliable rapid static GNSS surveying. Survey Review. 44(327): 265-271.
- Cabinet Office Government of Japan. (2017). Overview of the Quasi-Zenith Satellite System (QZSS). Retrieved March 18, 2017, from http://qzss.go.jp/en/overview/services/sv01_what.html
- Chen, K., Zamora, N., Babeyko, A. Y., Li, X., and Ge, M. (2015). Precise positioning of BDS, BDS/GPS: implications for Tsunami early warning in South China Sea. Remote Sensing. 7(12): 15955-15968.
- China Satellite Navigation Office. (2015). Updates on BeiDou Navigation Satellite System. Retrieved March 18, 2017, from <http://www.ignss.org/LinkClick.aspx?fileticket=IBZaLK2ge98%3D&tabid=151&mid=565>
- Clausen, P., Gilliéron, P. Y., Perakis, H., Gikas, V., and Spyropoulou, I. (2015). Positioning accuracy of vehicle trajectories for road applications. In Proceedings of the 22nd ITS World Congress.
- Conde, L., Chelim, R., and Nunes, U. (2015). Collaborative Vehicle Self-Localization Using Multi-GNSS Receivers and V2V/V2I Communications. In Intelligent Transportation Systems (ITSC), 2015 IEEE 18th International Conference. 2525-2532.
- Drenjanac, D., Tomic, S., Agüera, J., and Perez-Ruiz, M. (2014). Wi-fi and satellite-based location techniques for intelligent agricultural machinery controlled by a human operator. Sensors. 14(10): 19767-19784.
- European GNSS Agency. (2015). GNSS Market Report Issue 4. Retrieved March 20, 2016. from http://www.gsa.europa.eu/system/files/reports/GNSS-Market-Report-2015-issue4_0.pdf.
- European GNSS Agency. (2016). GNSS user technology report Issue 1. Retrieved May 14, 2017. from https://www.gsa.europa.eu/system/files/reports/gnss_user_technology_report_webb.pdf
- European GNSS Agency. (2017). GNSS Market Report Issue 5. Retrieved May 14, 2017, from https://www.gsa.europa.eu/system/files/reports/gnss_mr_2017.pdf
- European Space Agency. (2016). Galileo a constellation of 30 navigation satellites. Retrieved March 18, 2017, from http://www.esa.int/Our_Activities/Navigation/Galileo/Galileo_a_constellation_of_navigation_satellites
- Garnero, G., and Caresio, G. (2014). Use of Ashtech MobileMapper GNSS system in forestry applications. International Journal of Innovative Science, Engineering & Technology. 1(7): 479-484.

- Guo, C., Guo, W., Cao, G., and Dong, H. (2015). A lane-level LBS system for vehicle network with high-precision BDS/GPS positioning. *Computational intelligence and neuroscience*. 7.
- Hsu, L. T., Gu, Y., and Kamijo, S. (2016). 3D building model-based pedestrian positioning method using GPS/GLONASS/QZSS and its reliability calculation. *GPS solutions*. 20(3): 413-428.
- Indian Space Research Organisation. (2017). Satellite Navigation. 2016. Retrieved March 18, 2017, from <http://www.isro.gov.in/spacecraft/satellite-navigation>
- Information and Analysis Center for Positioning Navigation and Timing. (2017). Current and Future Satellite Generations. Retrieved January 20, 2017, from <http://www.gps.gov/systems/gps/space/#generations>
- Iwaizumi, D., Ishida, T., Iino, S., Kohtake, N., and Buist, P. (2014, September). GNSS-based emergency message service: Lessons learned and future prospects. In *Advanced Satellite Multimedia Systems Conference and the 13th Signal Processing for Space Communications Workshop (ASMS/SPSC)*, 2014 7th IEEE. 276-283.
- Japan Aerospace Exploration Agency. (2015). Multi GNSS Asia Annual Report 2015. Retrieved March 18, 2017, from http://www.multignss.asia/pdf/MGA_Annual_Report_2015A.pdf
- Kabir, M. S. N., Song, M. Z., Sung, N. S., Chung, S. O., Kim, Y. J., Noguchi, N., and Hong, S. J. (2016). Performance comparison of single and multi-GNSS receivers under agricultural fields in Korea. *Engineering in Agriculture, Environment and Food*. 9(1): 27-35.
- Kriechbaumer, T., Blackburn, K., Breckon, T. P., Hamilton, O., and Rivas Casado, M. (2015). Quantitative evaluation of stereo visual odometry for autonomous vessel localisation in inland waterway sensing applications. *Sensors*. 15(12): 31869-31887.
- Langer, M., and Trommer, G. F. (2014). Multi GNSS constellation deeply coupled GNSS/INS integration for automotive application using a software defined GNSS receiver. In *Position, Location and Navigation Symposium-PLANS 2014*, 2014 IEEE/ION. 1105-1112.
- Li, X., Dick, G., Lu, C., Ge, M., Nilsson, T., Ning, T., and Schuh, H. (2015). Multi-GNSS meteorology: real-time retrieving of atmospheric water vapor from BeiDou, Galileo, GLONASS, and GPS observations. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*. 53(12): 6385-6393.
- Li, X., Zhang, X., Ren, X., Fritsche, M., Wickert, J., and Schuh, H. (2015). Precise positioning with current multi-constellation global navigation satellite systems: GPS, GLONASS, Galileo and BeiDou. *Scientific reports*. 5.
- Musulin, I., Brčić, D., and Kos, S. (2014). A study of smartphone satellite positioning performance at sea using GPS and GLONASS systems. In *ISEP 2014: ITS for Seamless and Energy Smart Transport*.
- Noomwongs, N., Thitipatanapong, R., Chantranuwathana, S., and Klongnaivai, S. (2014). Driver Behavior Detection Based on Multi-GNSS Precise Point Positioning Technology. In *Applied Mechanics and Materials*. 619: 327-331.

- Oksanen, T. (2015). Accuracy and performance experiences of four wheel steered autonomous agricultural tractor in sowing operation. In *Field and Service Robotics*. Springer International Publishing. 425-438.
- Phondeenana, P., Thitipatanapong, R., Klongnaivai, S., Noomwongs, N., and Chantranuwathana, S. (2014a). Driver behavior detection based on PPP-GNSS technology (No. 2014-01-2006). SAE Technical Paper.
- Phondeenana, P., Thitipatanapong, R., Klongnaivai, S., Noomwongs, N., and Chantranuwathana, S. (2014b). Driver behavior detection based on Multi GNSS technology. FISITA: World Automotive Congress, Maastricht, The Netherland.
- Pérez-Ruiz, M., Gonzalez-de-Santos, P., Ribeiro, A., Fernandez-Quintanilla, C., Peruzzi, A., Vieri, M., and Agüera, J. (2015). Highlights and preliminary results for autonomous crop protection. *Computers and Electronics in Agriculture*. 110: 150-161.
- Rohm, W., Yuan, Y., Biadeglne, B., Zhang, K., & Le Marshall, J. (2014). Ground-based GNSS ZTD/IWV estimation system for numerical weather prediction in challenging weather conditions. *Atmospheric Research*. 138: 414-426.
- Siebert, S., and Teizer, J. (2014). Mobile 3D mapping for surveying earthwork projects using an Unmanned Aerial Vehicle (UAV) system. *Automation in Construction*. 41: 1-14.
- Someswar, G. Manoj, T. P. S. C. Rao, and Dhanunjaya Rao Chigurukota. (2013). Global navigation satellite systems and their applications. *International. Journal of Software and Web Sciences*. 3: 17-23.
- The International GNSS Service. (2017). IGS Network. Retrieved March 18, 2017, from <http://igs.org/network>
- The National Coordination Office for Space-Based Positioning Navigation and Timing. (2017). Glonass constellation status. Retrieved March 18, 2017, from <https://www.glonass-iac.ru/en/GLONASS/>
- Thitipatanapong, R., Klongnaivai, S., Noomwongs, N. and Chatranuwathana, S. (2013). Study of Driver Behavior Detection on Vehicle with Satellite Navigation System (in Thai). in GEOINFOTECH, GISTDA, Nonthaburi, Thailand.
- Thitipatanapong, R., and Klongnaivai, S. (2016). Multi-GNSS Activities in Thailand. Retrieved July 13, 2017, from <http://www.nstda.or.th/jaxa-thailand/wp-content/uploads/2016/12/Mr-Raksit-Thitipatanapong.pdf>
- Thitipatanapong, R., Wuttimanop, P., Chantranuwathana, S., Klongnaivai, S., Boonporm, P., and Noomwongs, N. (2015). Vehicle Safety Monitoring System with Next Generation Satellite Navigation: Part 1 Lateral Acceleration Estimation. SAE Technical Paper.
- Vellidis, G., Ortiz, B., Beasley, J., Hill, R., Henry, H., and Brannen, H. (2014). Reducing digging losses by using automated steering to plant and invert peanuts. *Agronomy*. 4(3): 337-348.

- Wrona, M., Nykiel, G., Figurski, M., and Szolucha, M. (2014). Multi-GNSS measurement system for Structural Health Monitoring applications. In Environmental Engineering. Proceedings of the International Conference on Environmental Engineering. ICEE. Vilnius Gediminas Technical University, Department of Construction Economics & Property, 9(1).
- Yu, K. (2015). Tsunami-wave parameter estimation using GNSS-based sea surface height measurement. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing. 53(5): 2603-2611.