

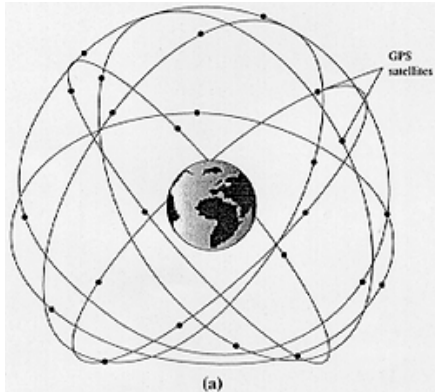
# GPS --- การประยุกต์ของทฤษฎีสัมพัทธภาพ

โดย  
ณฤทธิ์ ปิฎกักรัตน์  
[pnarre@hotmail.com](mailto:pnarre@hotmail.com)

GPS (Global Positioning System) หรือระบบนำร่องโดยการระบุตำแหน่งนั้นได้มีใช้มาเป็นเวลาระยะหนึ่งแล้ว ประโยชน์ของ GPS นั้นมีมากมายสำหรับการคมนาคม นับตั้งแต่การนำร่องของเครื่องบินพาณิชย์ การทหาร การเดินเรือ การเดินทางไปในพื้นที่ที่ยากแก่การอ่านแผนที่ การกู้ภัย หรืออย่างล่าสุดที่มีการใช้คือ ระบบจรวดนำวิถี Tomahawk ที่มีความแม่นยำสูงมากที่ใช้ในสงครามอิรักโดยสหรัฐอเมริกา

## หลักการทํางาน GPS

GPS ถือกำเนิดโดยความต้องการของกองทัพสหรัฐอเมริกาในการมีระบบนำร่อง (navigation system) ที่มีประสิทธิภาพใช้งานสำหรับการเคลื่อนกำลังรบทั้งทางบก ทางน้ำ และทางอากาศ หน่วยงานที่ดูแลระบบและรับผิดชอบค่าใช้จ่าย ก็คือ กระทรวงกลาโหมของสหรัฐอเมริกา (Department of Defense หรือ DOD) โดยที่มีการส่งดาวเทียมจำนวน 24 ดวง (เรียกว่าดาวเทียม Navstar) ในวงโคจรที่ระดับความสูง 20,000 กิโลเมตร ซึ่งเกิดขึ้นในปี 1978 อย่างสอดคล้องกันจากพื้น



ผิวโลกด้วยความเร็วโคจร (orbital speed) ราว 14,000 กิโลเมตรต่อชั่วโมง สัญญาณที่ดาวเทียมเหล่านี้ ส่งลงมายังพื้นโลก จะใช้สำหรับการคำนวณมิติ และเวลา โดยที่ เครื่องรับสัญญาณ GPS (GPS receiver) จะแปลสัญญาณที่มีการใส่รหัส (coded signal) ออกมาเป็นตำแหน่ง ละติจูด ลองจิจูดและระดับความสูงจากระดับน้ำทะเล โดยที่ ความแม่นยำ สูง ด้วยความผิดพลาดในรัศมีระดับเพียงไม่กี่เมตร อนึ่งความแม่นยำ ของระบบ GPS ขึ้นอยู่กับความสามารถในการคำนวณสัญญาณที่ได้รับจากดาวเทียม GPS ด้วย โดยเฉลี่ยจะใช้

เวลาราว 2-3 วินาที ดังนั้นจึงเราสามารถเชื่อถือใน GPS ได้สำหรับการคมนาคมต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็น เครื่องบิน เรือ และรถยนต์ถนน

## GPS ปฏิวัติการเดินทางของชาวโลก

เครื่องบินโดยสารที่มีอยู่ในอากาศหลายพันลำทุก ๆ วินาทีนั้นมีโอกาสที่จะชนกันได้ ถ้าปราศจาก ระบบนำร่อง (navigation system) ที่ถูกต้อง แม่นยำ และเชื่อถือได้ การเดินทางในเวลากลางคืน ในสภาพอากาศที่เลวร้าย การเดินทางไปในที่ที่ไม่คุ้นเคย ซึ่งการอ่านแผนที่และ ดูเข็มทิศ ไม่อาจจะเชื่อถือได้ ดังนั้น GPS จึงถูกนำมาใช้ในเครื่องบินโดยสารสมัยใหม่ที่มีระบบนำบินอัตโนมัติ



(auto-pilot) การเดินเรือ ทั้งบน ผิวน้ำหรือใต้น้ำ การเดินป่า หรือบนยานพาหนะ ที่มีอยู่บนท้องถนนเมื่อต้องเดินทางไปในพื้นที่ซึ่งไม่คุ้นเคย GPS ซึ่งแปลสัญญาณดาวเทียมออกมาเป็นตำแหน่งและเวลาจะถูกนำไปเปรียบเทียบกับแผนที่ที่มีเก็บไว้ในหน่วยความจำ ดังนั้นผู้ขับขี่ยานพาหนะที่ใช้ GPS จึงสามารถอ่านทิศทางของการเดินทาง (เดินทางตามลูกศรที่แสดงบน GPS) ได้ในเวลาจริง (real time)

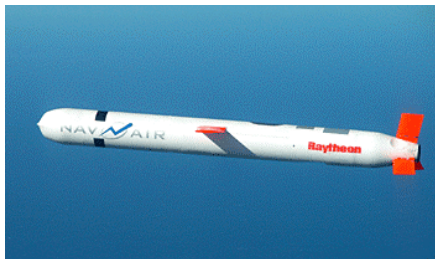
### **ทำไมต้องใช้ทฤษฎีสัมพัทธภาพ**

เนื่องจาก GPS ต้องการความแม่นยำสูงมาก ตามหลักฟิสิกส์การคำนวณระยะทางและความสูงสามารถใช้ทฤษฎีกลศาสตร์ (mechanics) ทั่ว ๆ ไปได้ *แต่เนื่องจากดาวเทียมที่ส่งสัญญาณ GPS เคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงและอยู่ห่างจากพื้นโลกไปเป็นระยะทางมาก การคำนวณสัญญาณต่าง ๆ จึงนำทฤษฎีสัมพัทธภาพพิเศษและทฤษฎีสัมพัทธภาพทั่วไป (special theory of relativity และ general theory of relativity) มาการแก้ไขข้อผิดพลาดของการคำนวณ (correction) ตามลำดับ*

“เพราะว่าทฤษฎีสัมพัทธภาพพิเศษและทั่วไปว่าด้วยการเคลื่อนที่ที่ความเร็วสูง (การที่ดาวเทียมจะต้องโคจรด้วยความเร็วกว่า 14,000 ก.ม. ต่อ ชม. เป็นจำนวน 24 ดวงอย่างสอดคล้องกัน) และระยะการตกอยู่ภายใต้อิทธิพลของแรงโน้มถ่วง (ระยะห่างจากพื้นผิวโลกทำให้แรงโน้มถ่วงเปลี่ยนไปและเวลาก็เปลี่ยนไปด้วยเมื่อเทียบกับผู้สังเกตบนผิวโลก) ตามลำดับ ”

อนึ่งนาฬิกาที่ควบคุมเวลาในดาวเทียม GPS นั้นเป็นนาฬิกาแบบอะตอม (atomic clock) ซึ่งมาความแม่นยำ 1 นาโนวินาที (nanosecond) หรือ 1 ใน 1 พันล้านส่วนของวินาที *ถ้าปราศจากการนำจากทฤษฎีสัมพัทธภาพ GPS จะเกิดความผิดพลาดแบบสะสม (accumulated errors) โดยจะเกิดขึ้นกับทั้งการวัดตำแหน่งเวลาไปพร้อมกันจากการคำนวณพบว่าความผิดพลาดนั้นอยู่ในระดับแย่มากกล่าวคือ จะก่อให้เกิดความคลาดเคลื่อนถึง 10 กิโลเมตรต่อ 1 วัน ด้วยความผิดพลาดระดับนั้นจะทำให้ GPS เป็นระบบนำร่องที่เชื่อถือไม่ได้ หรือจะกล่าวสั้น ๆ ว่าไม่มี ถ้าไม่มีทฤษฎีสัมพัทธภาพ ก็จะไม่มีการใช้ GPS เกิดขึ้น นี่คือความสำคัญที่ไม่อาจมองข้ามได้*

### **GPS กับ การทหาร**



จรวดนำวิถีพิสัยไกล (guided missile) อย่าง Tomahawk ซึ่งได้มีการใช้จริงในสงครามระหว่างอิรักและ สหรัฐอเมริกาที่ผ่านมา ถือเป็นจรวดนำวิถีที่มีความแม่นยำ และประสิทธิภาพสูงมาก ซึ่งระบบการนำจรวด Tomahawk เข้าสู่เป้าหมาย (Guidance System) ก็คือการใช้ GPS เป็นตัวชี้ตำแหน่ง

เป้าหมายที่ต้องการ และสามารถยิงได้จากเรือรบผิวน้ำ (surface ship) หรือจะปล่อยจากเรือดำน้ำก็ได้เช่นกัน โดยระยะทางที่จรวด Tomahawk สามารถเดินทางได้ไกลกว่า 1,500 กิโลเมตร จึงเห็นได้ว่าถ้าปราศจากการนำร่องด้วย GPS จรวด Tomahawk ก็อาจจะไม่มีประโยชน์ สำหรับการสงครามนักเพราะไม่ว่าอาวุธจะมีความสามารถในการทำลายล้างมากเพียงใด ถ้าไม่สามารถส่งถึงเป้าหมายได้ก็ไม่มีประโยชน์อันใด นอกจากนี้ในการนำร่องของเครื่องบินขับไล่ความเร็วสูง อย่างเช่น

เครื่องบิน F-16 รุ่นใหม่ ก็มีการใช้ GPS ในการนำร่องและการยิงอาวุธต่าง ๆ เช่น ระเบิด JDAM (Joint Direct Attack Munition) อาวุธทำลายล้างแบบ JSOW (Joint Stand-Off Weapon) เป็นต้น ซึ่งมีใช้ในกองทัพของสหรัฐอเมริกา

### **GPS กับโลกอนาคต**

ทุกวันนี้ระบบ GPS มีใช้กันอย่างกว้างขวาง อย่างเช่น รถแท็กซี่ รถยนต์ส่วนบุคคล ฯลฯ และราคาของเครื่องรับ GPS มือถือ (hand-held GPS receiver) ก็ราคาถูกลงมาก ในระดับราคา ต่ำสุดประมาณ 50 ดอลลาร์สหรัฐ ที่ผู้ที่ต้องการใช้ส่วนใหญ่สามารถซื้อได้ที่ทางสรรพสินค้าทั่วไป และก็มีผู้นำ GPS ไปใช้ร่วมกับไมโครชิพที่ฝังในสัตว์ที่ต้องการติดตาม ไม่ว่าจะเป็นเพื่อการอนุรักษ์หรือการทดลองทางวิทยาศาสตร์ และได้มีการยืมส่วนเครื่องรับ GPS เพื่อให้สามารถพกพาได้เช่นเดียวกับนาฬิกา ซึ่งสามารถนำไปในการป้องกันเด็กหลงทางหรือติดตามสิ่งของที่ถูกลักขโมยไปได้ อย่างที่ได้มีการนำไปใช้ในระบบกันขโมยสมัยใหม่สำหรับรถยนต์ แต่ยังไม่เป็นที่แพร่หลายมากนัก เนื่องจากราคายังสูงอยู่ และก็อาจมีการประยุกต์ใช้ GPS กับสิ่งที่เราไม่อาจจะคาดเดาได้เกิดขึ้นในอนาคตด้วย



### **เรียบเรียงจาก**

- <http://www.chinfo.navy.mil/navpalib/factfile/missiles/wep-toma.html>
- <http://www.danshistory.com/gps.shtml>
- <http://www.astronomy.mps.ohiostate.edu/~pogge/Ast162/Unit5/gps.html>
- 

### **ภาพจาก**

- <http://www.cqbooks.com/contents.htm>
- <http://www.howstuffworks.com/gps4.htm>
- <http://www.goldy.fr/page/en/gps.gif>

<b>หนังสืออิเล็กทรอนิกส์</b>	
ฟิสิกส์ 1(ภาคกลศาสตร์(	ฟิสิกส์ 1 (ความร้อน)
ฟิสิกส์ 2	กลศาสตร์เวกเตอร์
โลหะวิทยาฟิสิกส์	เอกสารคำสอนฟิสิกส์ 1
ฟิสิกส์ 2 (บรรยาย(	แก้ปัญหาฟิสิกส์ด้วยภาษา C
ฟิสิกส์พิศวง	สอนฟิสิกส์ผ่านทางอินเทอร์เน็ต
ทดสอบออนไลน์	วิดีโอการเรียนการสอน
หน้าแรกในอดีต	แผ่นใสการเรียนการสอน
เอกสารการสอน PDF	กิจกรรมการทดลองทางวิทยาศาสตร์
แบบฝึกหัดออนไลน์	สุดยอดสิ่งประดิษฐ์
<b>การทดลองเสมือน</b>	
บทความพิเศษ	ตารางธาตุ(ไทย1) 2 (Eng)
พจนานุกรมฟิสิกส์	ลับสมองกับปัญหาฟิสิกส์
ธรรมชาติมหัศจรรย์	สูตรพื้นฐานฟิสิกส์
การทดลองมหัศจรรย์	ดาราศาสตร์ราชมงคล
<b>แบบฝึกหัดกลาง</b>	
แบบฝึกหัดโลหะวิทยา	แบบทดสอบ
ความรู้รอบตัวทั่วไป	อะไรเอ่ย ?
ทดสอบ)เกมเศรษฐี(	คติปริศนา
ข้อสอบเอนทรานซ์	เฉลยกลศาสตร์เวกเตอร์
คำศัพท์ประจำสัปดาห์	
<b>ความรู้รอบตัว</b>	
การประดิษฐ์ของโลก	ผู้ได้รับโนเบลสาขาฟิสิกส์
นักวิทยาศาสตร์เทศ	นักวิทยาศาสตร์ไทย
ดาราศาสตร์พิศวง	การทำงานของอุปกรณ์ทางฟิสิกส์
การทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ	

 <b>การเรียนรู้การสอนฟิสิกส์ 1 ผ่านทางอินเทอร์เน็ต</b> 	
1. การวัด	2. เวกเตอร์
3. การเคลื่อนที่แบบหนึ่งมิติ	4. การเคลื่อนที่บนระนาบ
5. กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน	6. การประยุกต์กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน
7. งานและพลังงาน	8. การดลและโมเมนตัม
9. การหมุน	10. สมดุลของวัตถุแข็งเกร็ง
11. การเคลื่อนที่แบบคาบ	12. ความยืดหยุ่น
13. กลศาสตร์ของไหล	14. ปริมาณความร้อน และ กลไกการถ่ายโอนความร้อน
15. กฎข้อที่หนึ่งและสองของเทอร์โมไดนามิก	16. คุณสมบัติเชิงโมเลกุลของสสาร
17. คลื่น	18. การสั่น และคลื่นเสียง
 <b>การเรียนรู้การสอนฟิสิกส์ 2 ผ่านทางอินเทอร์เน็ต</b> 	
1. ไฟฟ้าสถิต	2. สนามไฟฟ้า
3. ความกว้างของสายฟ้า	4. ตัวเก็บประจุและการต่อตัวต้านทาน
5. ศักย์ไฟฟ้า	6. กระแสไฟฟ้า
7. สนามแม่เหล็ก	8. การเหนี่ยวนำ
9. ไฟฟ้ากระแสสลับ	10. ทรานซิสเตอร์
11. สนามแม่เหล็กไฟฟ้าและเสาอากาศ	12. แสงและการมองเห็น
13. ทฤษฎีสัมพัทธภาพ	14. กลศาสตร์ควอนตัม
15. โครงสร้างของอะตอม	16. นิวเคลียร์
 <b>การเรียนรู้การสอนฟิสิกส์ทั่วไป ผ่านทางอินเทอร์เน็ต</b> 	
1. จลศาสตร์ (kinematic)	2. จลพลศาสตร์ (kinetics)
3. งานและโมเมนตัม	4. ซิมเปิลฮาร์โมนิก คลื่น และเสียง
5. ของไหลกับความร้อน	6. ไฟฟ้าสถิตกับกระแสไฟฟ้า
7. แม่เหล็กไฟฟ้า	8. คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ากับแสง
9. ทฤษฎีสัมพัทธภาพ อะตอม และนิวเคลียร์	

