

# ระบบวิศวกรรมดาวเทียมเบื้องต้น

รศ. ดร. สุวัฒน์ กุลธนปรีดา

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลและการบิน-อวกาศ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

# ระบบอวกาศ

## ระบบอวกาศประกอบ

- ดาวเทียม
- สถานีภาคพื้นดิน
- ระบบส่งดาวเทียมเข้าสู่วงโคจร



# ดาวเทียม



## ดาวเทียมประกอบ

- เพย์โหลด (Payload)

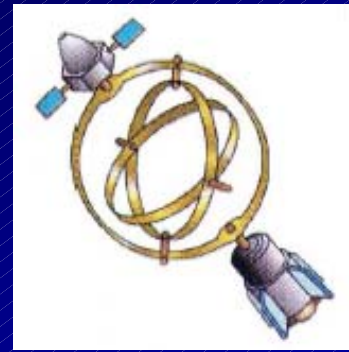
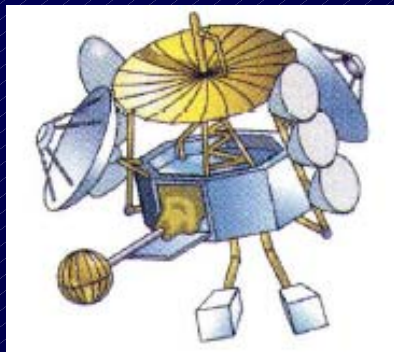
อุปกรณ์หรือเครื่องมือที่ใช้ในการดำเนินกิจกรรมตามจุดประสงค์การใช้งานของดาวเทียม เช่น ดาวเทียมสำรวจทรัพยากรธรรมชาติจะมีกล้องถ่ายภาพความละเอียดสูงเป็นเพย์โหลด ดาวเทียมวิทยาศาสตร์จะมีเครื่องมือวัดทางวิทยาศาสตร์เป็นเพย์โหลด และดาวเทียมสื่อสารจะมีอุปกรณ์รับส่งและถ่ายทอดสัญญาณเป็นเพย์โหลด เป็นต้น

- บัส (Bus)

ตัวดาวเทียมในส่วนที่ไม่เป็นเพย์โหลด

## ระบบวิศวกรรมดาวเทียม

- ระบบวิศวกรรมดาวเทียมหมายถึงระบบเชิงวิศวกรรมของบัสของดาวเทียม
- ตัวอย่างหน้าที่ของบัสประกอบด้วย การรองรับมวลของเพย์โหลด การจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้เพย์โหลด การหันชี้เพย์โหลดไปในทิศทางที่ต้องการ การรักษาให้เพย์โหลดอยู่ในวงโคจรตามที่กำหนด การเก็บบันทึกและประมวลข้อมูล การรับส่งข้อมูลกับสถานีภาคพื้นดิน การรักษาระดับอุณหภูมิของเพย์โหลด และการทำหน้าที่ต่อยึดกับตัวจรวดขณะถูกส่งเข้าสู่วงโคจร





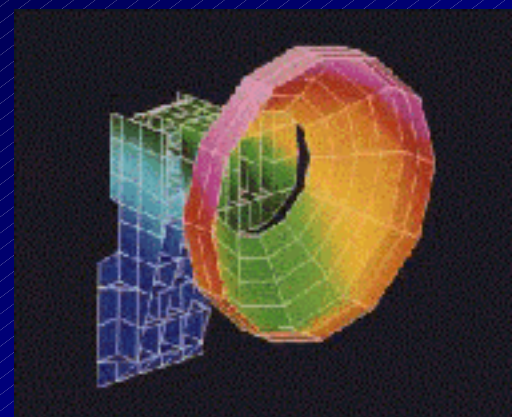
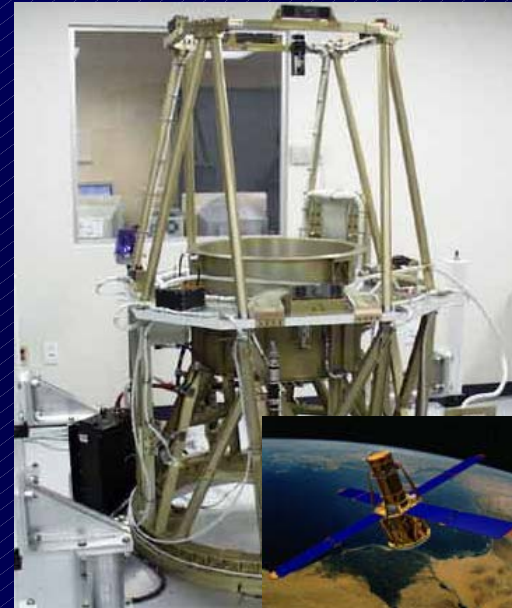
## ระบบวิศวกรรมดาวเทียม (ต่อ)

- บั้สประกอบด้วยระบบย่อยต่างๆ ดังนี้
  - » ระบบโครงสร้าง (structure)
  - » ระบบการควบคุมและหาค่าการทรงตัว (attitude determination and control)
  - » ระบบสื่อสาร (communication)
  - » ระบบจัดการข้อมูลและคำสั่ง (command and data handling)
  - » ระบบต้นกำลัง (power)
  - » ระบบควบคุมความร้อน (thermal control)
  - » ระบบขับเคลื่อน (propulsion)



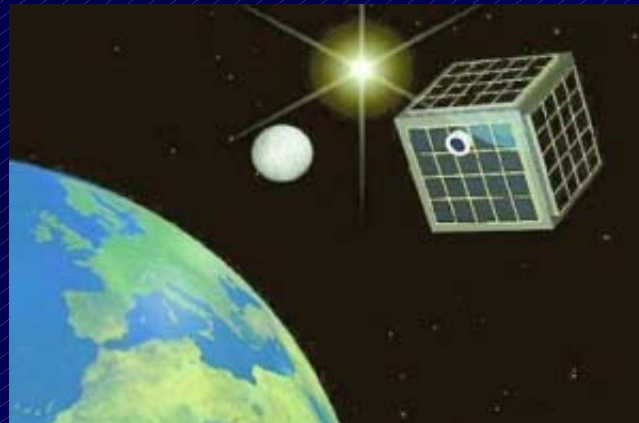
# ระบบโครงสร้าง

- » ระบบโครงสร้างทำหน้าที่รองรับมวล และจับยึดชิ้นส่วนและอุปกรณ์ขอดาวเทียมทั้งหมดเข้าด้วยกัน ตลอดจนการทำหน้าต่อยึดกับตัวจรวดขณะถูกส่งเข้าสู่วงโคจร
- » โครงสร้างจะต้องมีความแข็งแรงที่สูงแต่น้ำหนักเบา
- » ความแข็งแรงของโครงสร้างจะต้องมากพอที่จะไม่พังระหว่างการถูกส่งเข้าสู่วงโคจร ซึ่งเป็นช่วงที่ดาวเทียมต้องรับแรงกระแทกและการสั่นสะเทือนที่สูง



# ระบบควบคุมและหาค่าการทรงตัว

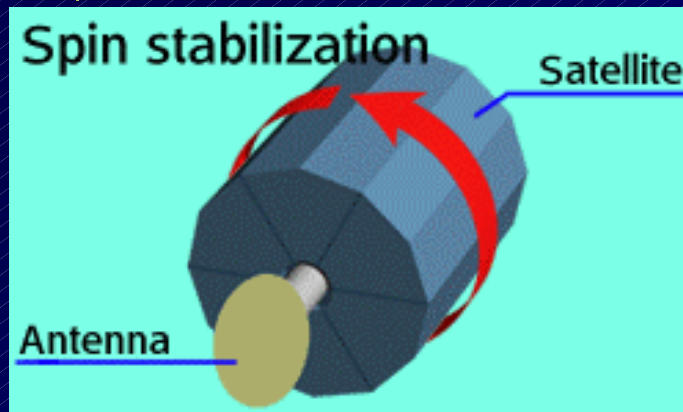
- » การทรงตัวของดาวเทียมหมายถึงการหันชี้ตัวดาวเทียม
- » ระบบควบคุมและการหาค่าการทรงตัวทำหน้าที่วัดและควบคุมการหันชี้ตัวของดาวเทียม เพื่อให้เพย์โหลดหันชี้ไปในทิศทางที่ต้องการ เช่น ดาวเทียมสื่อสารต้องการให้จานถ่ายทอดสัญญาณหันชี้เข้าหาโลกตลอดเวลา เป็นต้น
- » การควบคุมการทรงตัวมีทั้งแบบแอ็กทีฟ (Active) และแพสซีฟ (Passive)





## ระบบควบคุมแบบพาสซีฟ (Passive)

- การควบคุมแบบพาสซีฟเป็นวิธีการควบคุมที่ไม่ใช้พลังงานในการควบคุม ทำให้ระบบไม่มีความซับซ้อน แต่มีระดับความถูกต้องในการควบคุมไม่สูงนัก และจำกัดทิศทางการหันชี้ตัว เช่น
  - » วิธีการหมุนรอบตัวเองเพื่อสร้างเสถียรภาพ (Spin stabilization) จะให้ค่าความถูกต้องของมุมการทรงตัวในระดับ 1 องศา การหมุนทำให้ดาวเทียมทั้งดวงเป็นวัตถุไจโร ที่มีความแข็งตึง (stiffness) รักษามุมการทรงตัวให้คงที่ ตามหลักการอนุรักษ์โมเมนตัมเชิงมุม แต่วิธีนี้มีข้อจำกัดของการใช้งาน เนื่องจากตัวดาวเทียมจะหมุนรอบตัวตลอดเวลา หัวข้อหลัก





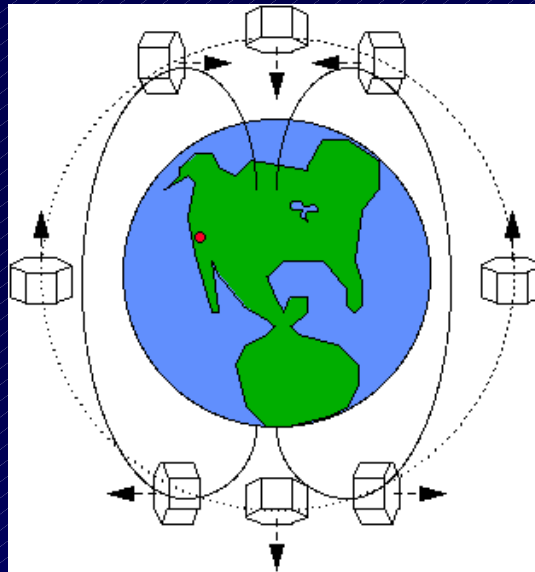
## ระบบควบคุมแบบพาสซีฟ (Passive)

- การควบคุมโดยใช้หลักเกรเดียนต์ของแรงดึงดูดโลก (Gravity Gradient) เป็นการควบคุมแบบพาสซีฟอีกแบบหนึ่ง โดยจะให้ค่าความถูกต้องของมุมการทรงตัวในระดับ 5 องศา และสามารถใช้ได้กับดาวเทียมวงโคจรโลกต่ำเท่านั้นหัวข้อหลัก



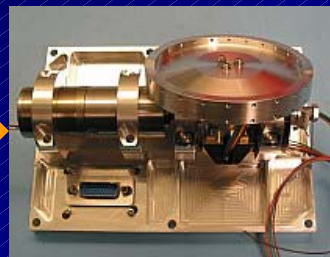
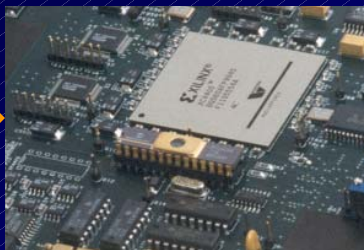
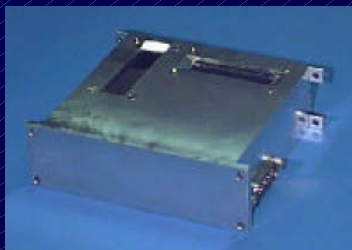
## ระบบควบคุมแบบพาสซีฟ (Passive)

- การควบคุมด้วยแม่เหล็ก (Passive Magnetic) กระทำโดยการติดตั้งแท่งแม่เหล็กถาวรบนตัวดาวเทียม เพื่อสร้างสนามแม่เหล็กถาวรบนตัวดาวเทียมส่งผลให้ดาวเทียมหันชี้ตัวสัมพันธ์กับแนวสนามแม่เหล็กโลกตลอดเวลา ข้อจำกัดของวิธีนี้เช่นเดียวกับวิธีเกรเดียนต์ของแรงดึงดูดโลกข้างต้น นั่นคือให้ค่าความถูกต้องของมุมการทรงตัวในระดับ 5 องศา และสามารถใช้ได้กับดาวเทียมวงโคจรโลกต่ำเท่านั้น



## ระบบควบคุมแบบแอ็กทีฟ (Active)

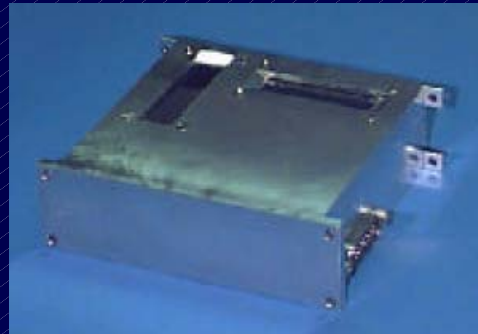
- การควบคุมการทรงตัวแบบแอ็กทีฟเป็นวิธีการควบคุมที่ต้องใช้พลังงานในการควบคุม และสามารถควบคุมทิศทางการหันชี้ตัวได้ไม่จำกัดระบบควบคุมประกอบด้วย
  - » เซนเซอร์ (sensor): ทำหน้าที่วัดค่าตัวแปรการทรงตัว เพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับการควบคุมหรือการประมาณค่าการทรงตัว
  - » คอมพิวเตอร์: ทำหน้าที่ประมวลผลกฎการควบคุมและประมาณค่าการทรงตัว
  - » แอคชูเอเตอร์ (actuator): ทำหน้าที่ในการขับเคลื่อนตัวดาวเทียมให้หันชี้ไปในทิศทางที่ต้องการ ตามผลการประมวลผลกฎการควบคุม





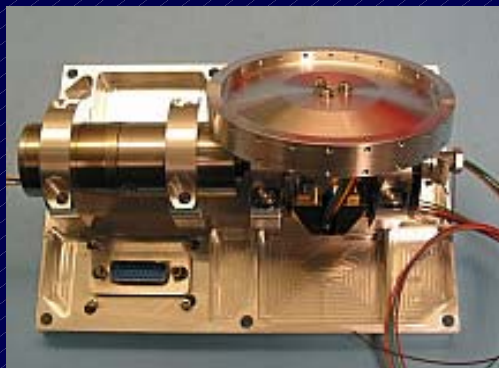
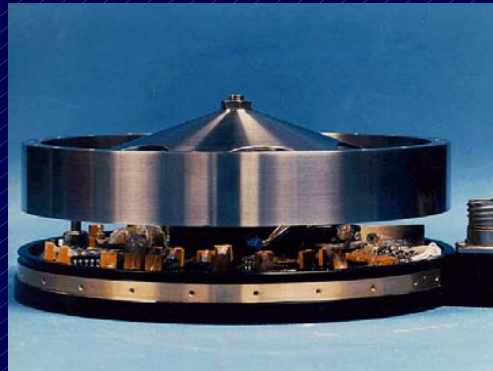
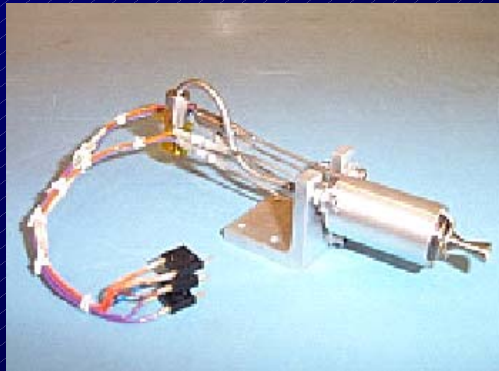
## เซนเซอร์ (Sensor)

- » เซนเซอร์มีอยู่ด้วยกันหลายประเภท เช่น แมกนีโทมิเตอร์ (Magnetometer) เซนเซอร์โลก (Earth sensor) เซนเซอร์ดวงอาทิตย์ (Sun sensor) และไจโรสโกป (Gyroscope)
- » การเลือกใช้ประเภทของเซนเซอร์ขึ้นอยู่กับลักษณะการทำงานของดาวเทียม ความถูกต้องของการวัดและวงโคจรเป็นหลัก



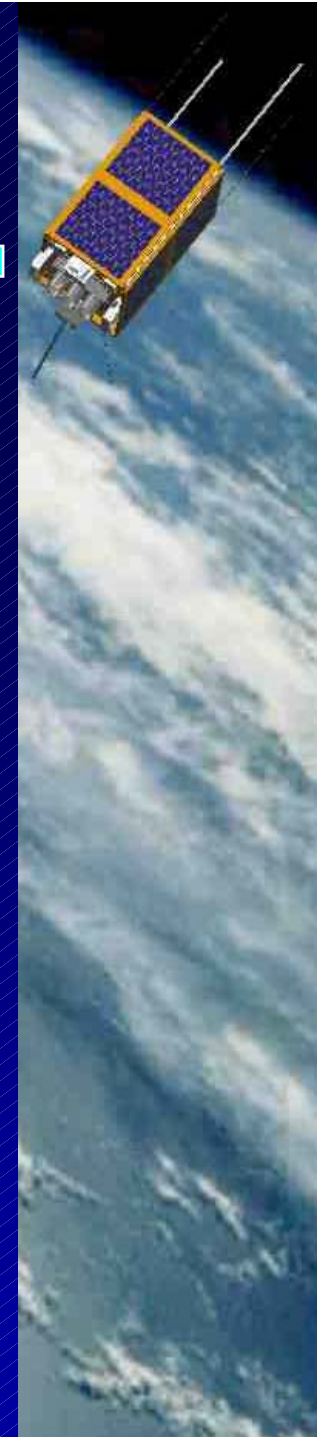
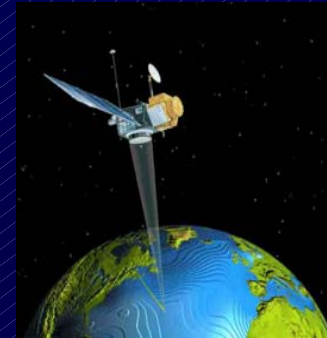
## แอกชูเอเตอร์ (Actuator)

- » แอกชูเอเตอร์ทำหน้าที่ในการขับเคลื่อนดาวเทียมให้หันชี้ไปในทิศทางที่ต้องการ มีอยู่ด้วยกันหลายประเภท เช่น หัวฉีดแก๊ส (Gas jet) ล้อปฏิกิริยา (Reaction Wheel) ล้อโมเมนตัม (Momentum wheel) คอนโทรลโมเมนต์ไจโร (Control moment gyro) และทอร์กเกอร์แม่เหล็ก (Magnetic torquer)



# ระบบสื่อสาร

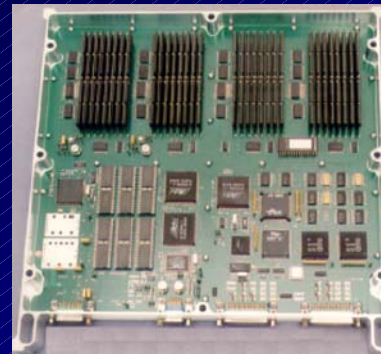
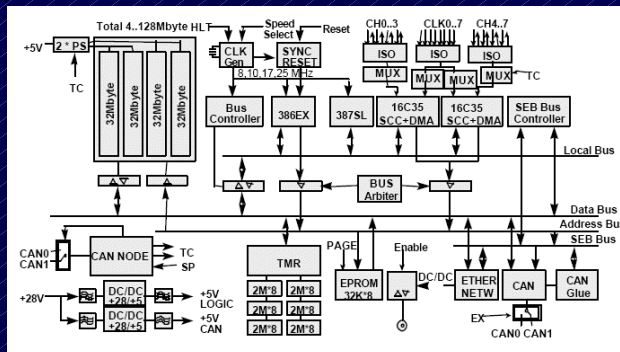
- ระบบสื่อสารเป็นการเชื่อมโยงดาวเทียมกับสถานีภาคพื้นดินและดาวเทียมดวงอื่น
- ข้อมูลหลักที่ถูกส่งจากสถานีภาคพื้นดินขึ้นไปหาดาวเทียมคือคำสั่งการทำงาน
- ข้อมูลหลักที่ถูกส่งลงมาจากดาวเทียมจะเป็นข้อมูลแสดงสถานะภาพของดาวเทียมและข้อมูลจากเพย์โหลด
- อุปกรณ์หลักของระบบสื่อสารประกอบไปด้วย ตัวส่งสัญญาณ (transmitter) ตัวรับสัญญาณ (receiver) และเสาหรือจานรับส่งสัญญาณ (antenna)
- ดาวเทียมจะไม่ต่างไปจากขยะในอวกาศเลย ถ้าไม่มีการติดตั้งระบบสื่อสารเพื่อรับส่งข้อมูลกับสถานีภาคพื้นดิน





# ระบบจัดการข้อมูลและคำสั่ง

- หน้าทีพื้นฐานของระบบจัดการข้อมูลและคำสั่งประกอบด้วย
  - » การแปลงหรือถอดรหัสสัญญาณและส่งผ่านกระจายคำสั่งที่ได้รับมาจากสถานีภาคพื้นดินให้กับอุปกรณ์และเพย์โหลดที่เกี่ยวข้อง
  - » การจัดเก็บบันทึกข้อมูลดาวเทียมและเพย์โหลด
  - » การแปลงหรือใส่รหัสสัญญาณ ก่อนที่จะส่งต่อให้ระบบสื่อสารเพื่อดำเนินการส่งข้อมูลลงมายังสถานีภาคพื้นดิน
- ระบบโดยทั่วไปจะประกอบด้วยคอมพิวเตอร์เป็นหลัก



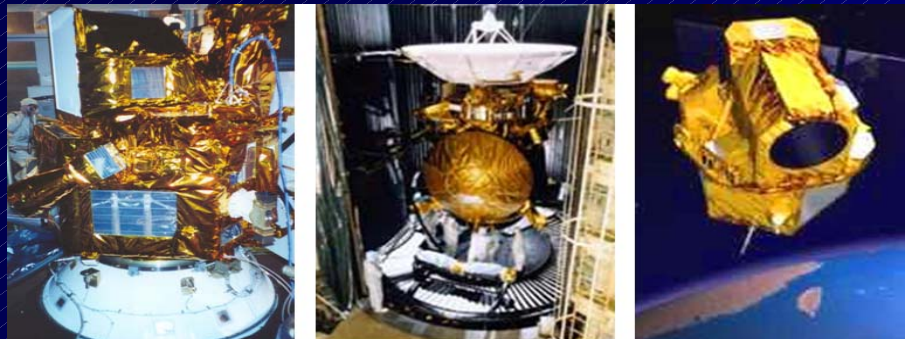
## ระบบต้นกำลัง

- ระบบต้นกำลังทำหน้าที่เป็นแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับเพย์โหลดและบั๊ส ประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก ดังนี้
  - » อุปกรณ์กำเนิดพลังงาน โดยทั่วไปคือ แผงเซลล์สุริยะ (Solar cell) ซึ่งทำหน้าที่แปลงพลังงานของแสงดวงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้า
  - » อุปกรณ์สะสมพลังงาน โดยทั่วไปคือ แบตเตอรี่ (Battery)
  - » อุปกรณ์แปลงพลังงานไฟฟ้า
- ระบบต้นกำลังเป็นตัวแปรกำหนดระยะเวลาการใช้งานดาวเทียม นั่นคือดาวเทียมจะหมดอายุการใช้งานทันทีที่หมดพลังงานไฟฟ้า เพราะจะทำให้ไม่สามารถติดต่อสื่อสารกับสถานีภาคพื้นดินได้ ตลอดจนถึงเพย์โหลดและบั๊สที่ต้องทำงานด้วยไฟฟ้าก็จะหยุดการทำงานเช่นกัน



## ระบบควบคุมความร้อน

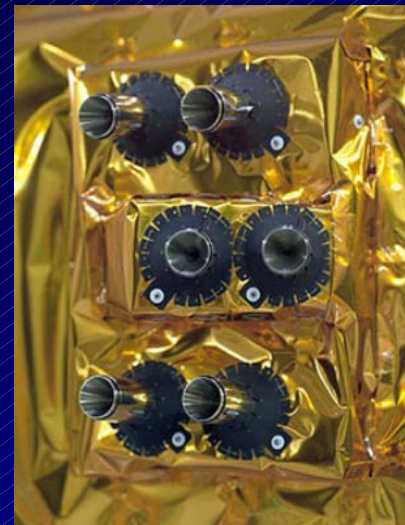
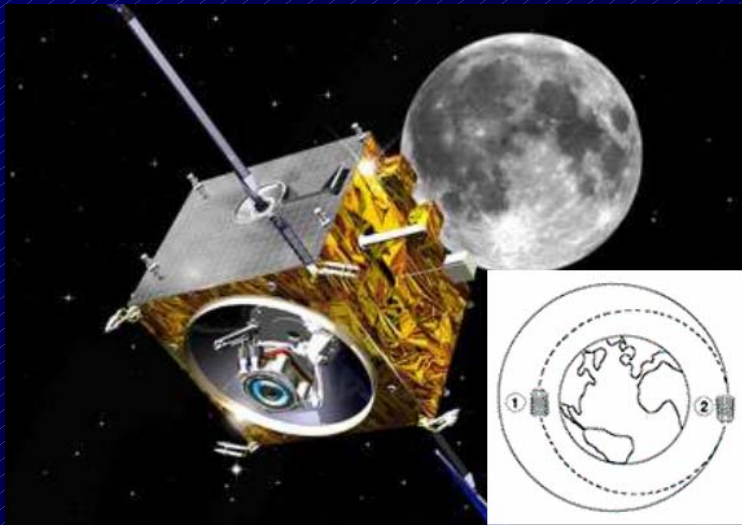
- ระบบควบคุมความร้อนทำหน้าที่รักษาระดับอุณหภูมิภายในตัวดาวเทียมและของเพย์โหลดให้อยู่ในระดับที่ต้องการ
- การควบคุมความร้อนกระทำได้ในหลายรูปแบบ ที่พบเห็นโดยทั่วไปประกอบด้วย
  - » การหุ้มด้วยฉนวนกันรังสีความร้อน เป็นวิธีพื้นฐานที่ใช้กับดาวเทียมทุกดวง
  - » การใช้อุปกรณ์ส่งผ่านความร้อนจากด้านที่ร้อน (ด้านหันเข้าหาดวงอาทิตย์) ไปแผ่ทิ้งในด้านที่เย็น (ด้านหันเข้าหาอวกาศ) เป็นวิธีที่ใช้ในกรณีที่เพย์โหลดหรือเครื่องมือที่ต้องการการควบคุมอุณหภูมิเป็นพิเศษ





## ระบบขับเคลื่อน

- สร้างแรงขับเคลื่อนเพื่อรักษาหรือให้เกิดการเปลี่ยนแปลงวงโคจร
- สนับสนุนการควบคุมการทรงตัว
- ระบบขับเคลื่อนประกอบด้วย หัวขับเคลื่อน (thruster) อุปกรณ์ควบคุม และระบบเชื้อเพลิง
- เชื้อเพลิงที่ใช้ทั่วไปคือ ไฮดราซีน และแก๊สอัด



# สรุป

- ระบบอวกาศประกอบด้วย ดาวเทียม สถานีภาคพื้นดิน และระบบส่ง
- ดาวเทียมประกอบด้วย เพย์โหลดและบั๊ส
- บั๊สซึ่งมีหน้าที่หลัก ๆ เช่น
  - » การรองรับมวลของเพย์โหลด
  - » การจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้เพย์โหลด
  - » การหันชี้เพย์โหลดไปในทิศทางที่ต้องการ
  - » การรักษาให้เพย์โหลดอยู่ในวงโคจรตามที่กำหนด
  - » การเก็บบันทึกและประมวลข้อมูล
  - » การรับส่งข้อมูลกับสถานีภาคพื้นดิน
  - » การรักษาระดับอุณหภูมิของเพย์โหลด
  - » การทำหน้าที่ต่อยึดกับตัวจรวดขณะถูกส่งเข้าสู่วงโคจร



## สรุป (ต่อ)

- บั๊สประกอบด้วยระบบย่อยหลัก ดังนี้
  - » ระบบโครงสร้าง
  - » ระบบการควบคุมและหาค่าการทรงตัว
  - » ระบบสื่อสาร
  - » ระบบจัดการข้อมูลและคำสั่ง
  - » ระบบต้นกำลัง
  - » ระบบควบคุมความร้อน
  - » ระบบขับเคลื่อน
- การล้มเหลวของการทำงานของระบบย่อยใดระบบย่อยหนึ่ง อาจส่งผลกระทบต่ออายุการใช้งานดาวเทียมสั้นสุดลงได้ “การต่อสายไฟผิดเพียงหนึ่งเส้น อาจจะทำให้โครงการ 1000 ล้านบาทสั้นสุดเท่าที่”

