

ความรู้เบื้องต้นของระบบวิศวกรรมดาวเทียม

รศ. ดร. สุวัฒน์ กุลชนปรีดา

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลและการบิน-อวกาศ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ยานพาหนะ

- ยานพาหนะ คือยานที่ใช้ในการลำเลียงขนส่งวัสดุสิ่งของหรือผู้โดยสารไปยังจุดมุ่งหมายตามพันธะกิจ (Mission) ที่กำหนด
- ตัวอย่างยานพาหนะ เช่น
 - จักรยาน
 - จักรยานยนต์
 - รถยนต์
 - รถบรรทุก
 - เรือ
 - เครื่องบิน
 - ดาวเทียม
- ดาวเทียม คือยานพาหนะอย่างหนึ่ง



เพย์โหลดและบัส

- เพย์โหลด (Payload) คือวัสดุสิ่งของหรือผู้โดยสารที่ต้องการจะขนส่งลำเลียง
- บัส (Bus) หรือแพลตฟอร์ม (Platform) หมายถึง ส่วนที่เหลือทั้งหมดของยานพาหนะที่ไม่รวมเพย์โหลด ทำหน้าที่ลำเลียงขนส่งเพย์โหลดให้เป็นไปตามพันธกิจ
- ตัวอย่างบัสหรือแพลตฟอร์มของรถยนต์ เช่น ตัวถังรถยนต์ ล้อ เครื่องยนต์ ชุดส่งกำลัง ระบบกลไกต่างๆ แบตเตอรี่ ระบบแสงสว่าง ระบบปรับอากาศ ระบบเชื้อเพลิง และคนขับรถ เป็นต้น



เพย์โหลดและบัสของดาวเทียม

- เพย์โหลด (Payload)

อุปกรณ์หรือเครื่องมือที่ใช้ในการดำเนินกิจกรรมตามจุดประสงค์การใช้งานของดาวเทียม เช่น ดาวเทียมสำรวจทรัพยากรธรรมชาติจะมีกล้องถ่ายภาพความละเอียดสูงเป็นเพย์โหลด ดาวเทียมวิทยาศาสตร์จะมีเครื่องมือวัดทางวิทยาศาสตร์เป็นเพย์โหลด และดาวเทียมสื่อสารจะมีอุปกรณ์รับส่งและถ่ายทอดสัญญาณเป็นเพย์โหลด เป็นต้น

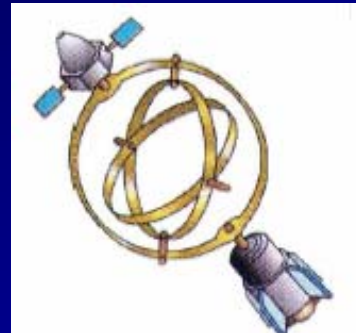
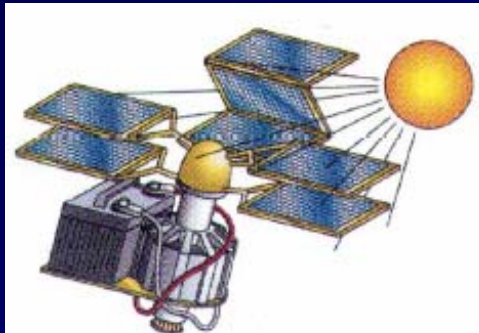
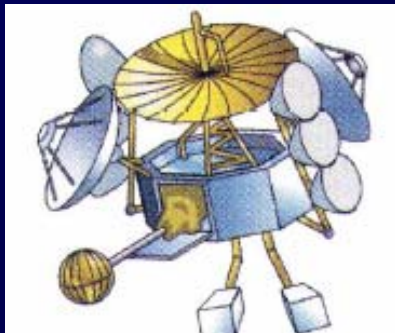
- บัส (Bus)

ตัวดาวเทียมในส่วนที่ไม่เป็นเพย์โหลด



ระบบวิศวกรรมดาวเทียม

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



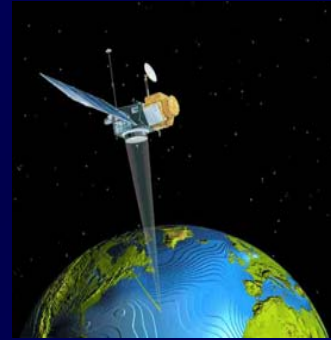
ระบบวิศวกรรมดาวเทียม (ต่อ)

- บั๊สประกอบด้วยระบบย่อยต่างๆ ดังนี้
 - ระบบสื่อสาร (communication)
 - ระบบโครงสร้าง (structure)
 - ระบบไฟฟ้าต้นกำลัง (electrical power)
 - ระบบการควบคุมและหาค่าการทรงตัว (attitude determination and control)
 - ระบบจัดการข้อมูลและคำสั่ง (command and data handling)
 - ระบบควบคุมความร้อน (thermal control)
 - ระบบขับเคลื่อน (propulsion)



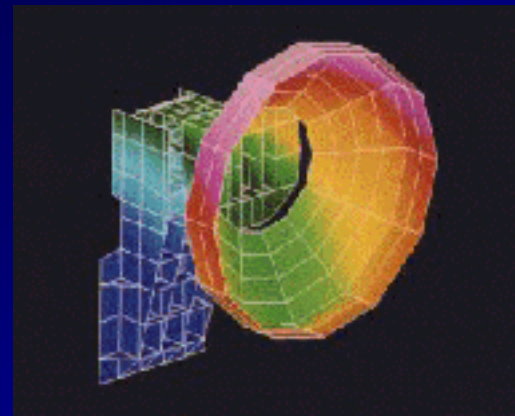
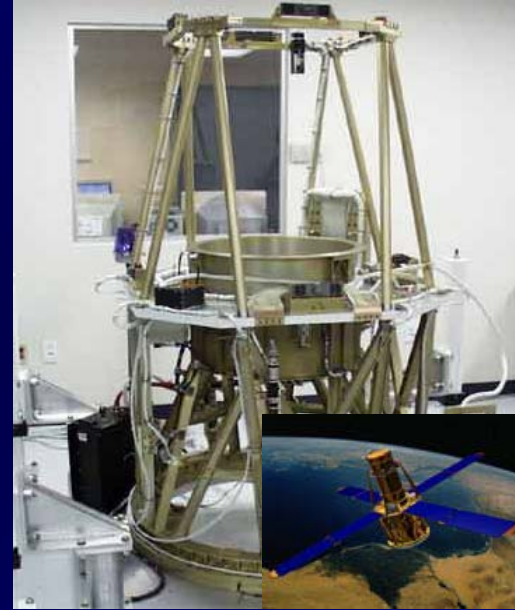
ระบบสื่อสาร

- ดาวเทียมจะไม่ต่างไปจากขยะในอวกาศเลย ถ้าไม่สามารถติดตั้งสื่อสารกับสถานีภาคพื้นดิน
- ระบบสื่อสารทำหน้าที่เชื่อมโยงดาวเทียมกับสถานีภาคพื้นดินและดาวเทียมดวงอื่น
- ข้อมูลหลักที่ถูกส่งจากสถานีภาคพื้นดินขึ้นไปหาดาวเทียมคือคำสั่งการทำงาน
- ข้อมูลหลักที่ถูกส่งลงมาจากดาวเทียมจะเป็นข้อมูลแสดงสถานะภาพของดาวเทียมและข้อมูลจากเพย์โหลด
- อุปกรณ์หลักของระบบสื่อสารประกอบไปด้วย ตัวส่งสัญญาณ (transmitter) ตัวรับสัญญาณ (receiver) และเสาหรือจานรับส่งสัญญาณ (antenna)



ระบบโครงสร้าง

- ระบบโครงสร้างทำหน้าที่รองรับมวลและจับยึดชิ้นส่วนและอุปกรณ์ของดาวเทียมทั้งหมดเข้าด้วยกัน ตลอดจนการทำหน้าต่อยึดกับตัวจรวดขณะถูกส่งเข้าสู่วงโคจร
- โครงสร้างจะต้องมีความแข็งแรงที่สูงแต่น้ำหนักเบา
- ความแข็งแรงของโครงสร้างจะต้องมากพอที่จะไม่พังระหว่างการถูกส่งเข้าสู่วงโคจร ซึ่งเป็นช่วงที่ดาวเทียมต้องรับแรงกระแทกและการสั่นสะเทือนที่สูง



ระบบไฟฟ้าต้นกำลัง

- ระบบไฟฟ้าต้นกำลังทำหน้าที่เป็นแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับเพย์โหลดและบัล ประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก ดังนี้

- อุปกรณ์กำเนิดพลังงาน โดยทั่วไปคือ แผงเซลล์สุริยะ (Solar cell) ซึ่งทำหน้าที่แปลงพลังงานของแสงดวงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้า
- อุปกรณ์สะสมพลังงาน โดยทั่วไปคือ แบตเตอรี่ (Battery)
- อุปกรณ์แปลงพลังงานไฟฟ้า

- ระบบต้นกำลังเป็นตัวแปรกำหนดระยะเวลาการใช้งานดาวเทียม นั่นคือดาวเทียมจะหมดอายุการใช้งานทันทีที่หมดพลังงานไฟฟ้า เพราะจะทำให้ไม่สามารถติดต่อสื่อสารกับสถานีภาคพื้นดินได้ ตลอดจนทั้งเพย์โหลดและบัลที่ต้องทำงานด้วยไฟฟ้าก็จะหยุดการทำงานเช่นกัน



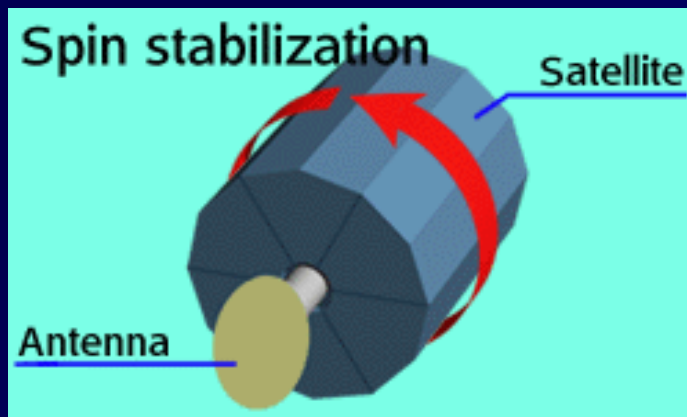
ระบบควบคุมและหาค่าการทรงตัว

- การทรงตัว (หรือการวางตัว) ของดาวเทียมหมายถึงการหันชี้ตัวดาวเทียม
- ระบบควบคุมและการหาค่าการทรงตัวทำหน้าที่วัดและควบคุมการหันชี้ตัวของดาวเทียม เพื่อให้เพย์โหลดหันชี้ไปในทิศทางที่ต้องการ เช่น ดาวเทียมสื่อสารต้องการให้จานถ่ายทอดสัญญาณหันชี้เข้าหาโลกตลอดเวลา เป็นต้น
- การควบคุมการทรงตัวมีทั้งแบบแอ็กทีฟ (Active) และแพสซีฟ (Passive)



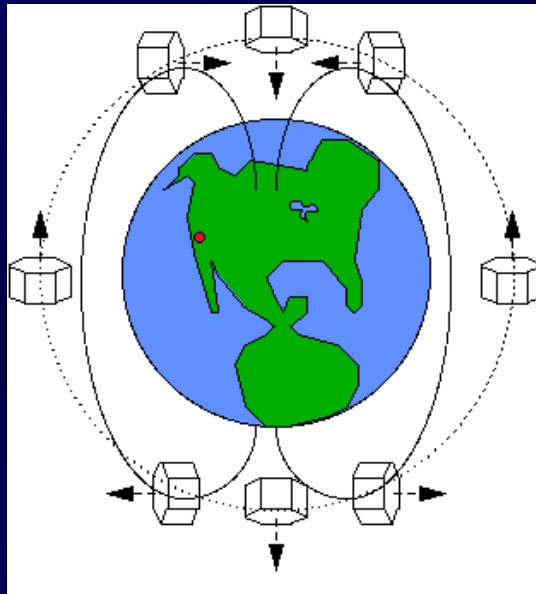
ระบบควบคุมแบบพาสซีฟ (Passive)

- การควบคุมแบบพาสซีฟเป็นวิธีการควบคุมที่ไม่ใช้พลังงานในการควบคุม ทำให้ระบบไม่มีความซับซ้อน แต่มีระดับความถูกต้องในการควบคุมไม่สูงนัก เช่น
 - วิธีการหมุนรอบตัวเองเพื่อสร้างเสถียรภาพ (Spin stabilization) การหมุนทำให้ดาวเทียมทั้งดวงเป็นวัตถุไจโร ที่มีความแข็งตึง (stiffness) รักษามุมการทรงตัวให้คงที่ ตามหลักการอนุรักษ์โมเมนตัมเชิงมุม วิธีนี้มีข้อจำกัดของการใช้งาน เนื่องจากตัวดาวเทียมจะหมุนรอบตัวตลอดเวลา



ระบบควบคุมแบบพาสซีฟ (Passive)

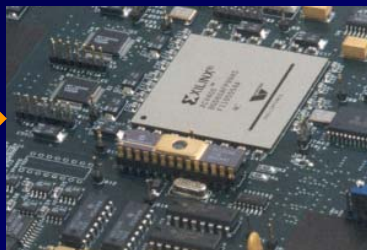
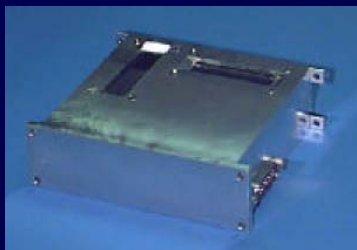
■ การควบคุมด้วยแม่เหล็ก (Passive Magnetic) กระทำโดยการติดตั้งแท่งแม่เหล็กถาวรบนดาวเทียม เพื่อสร้างสนามแม่เหล็กถาวรบนดาวเทียม ส่งผลให้ดาวเทียมหันชี้ตัวสัมพันธ์กับแนวสนามแม่เหล็กโลกตลอดเวลา ข้อจำกัดของวิธีนี้ คือสามารถใช้ได้กับดาวเทียมวงโคจรโลกต่ำเท่านั้น



ระบบควบคุมแบบแอ็กทีฟ (Active)

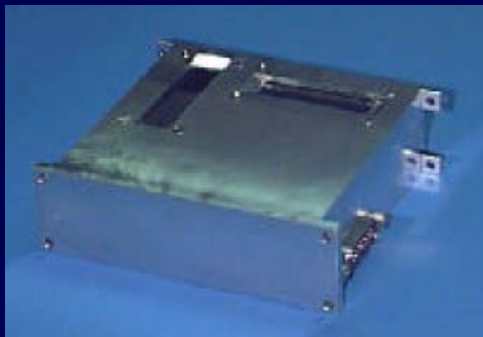


- การควบคุมการทรงตัวแบบแอ็กทีฟเป็นวิธีการควบคุมที่ต้องใช้พลังงานในการควบคุม และสามารถควบคุมทิศทางการหันชี้ตัวได้ไม่จำกัด ระบบควบคุมประกอบด้วย
 - เซนเซอร์ (sensor): ทำหน้าที่วัดค่าตัวแปรการทรงตัว เพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับการควบคุมหรือการประมาณค่าการทรงตัว
 - คอมพิวเตอร์: ทำหน้าที่ประมวลผลกฎการควบคุมและประมาณค่าการทรงตัว
 - แอคชูเอเตอร์ (actuator): ทำหน้าที่ในการขับเคลื่อนตัวดาวเทียมให้หันชี้ไปในทิศทางที่ต้องการ ตามผลการประมวลผลกฎการควบคุม



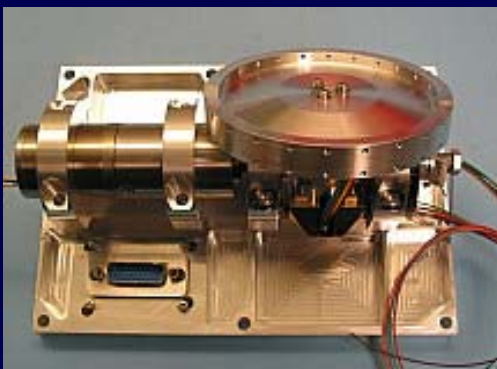
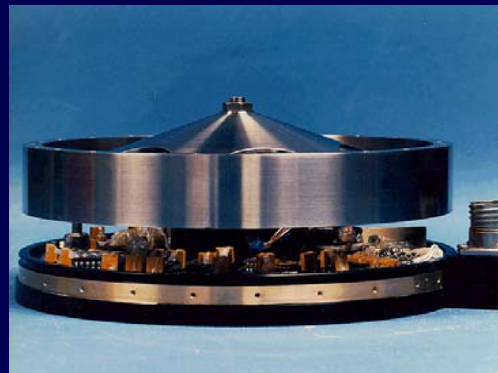
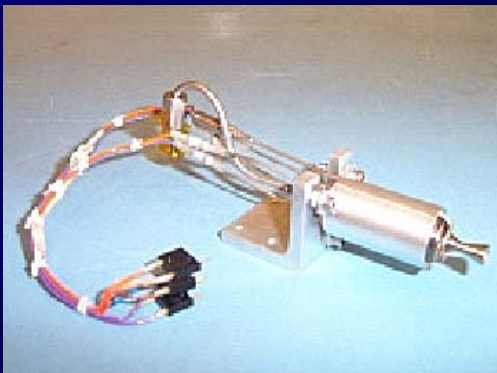
เซนเซอร์ (Sensor)

- เซนเซอร์มีอยู่ด้วยกันหลายประเภท เช่น แมกนีโตมิเตอร์(Magnetometer) เซนเซอร์โลก (Earth sensor) เซนเซอร์ดวงอาทิตย์ (Sun sensor) และไจโรสโกป (Gyroscope) เป็นต้น
- การเลือกใช้ประเภทของเซนเซอร์ขึ้นอยู่กับลักษณะการทำงานของดาวเทียม ความถูกต้องของการวัดและวงโคจรเป็นหลัก



แอกชูเอเตอร์ (Actuator)

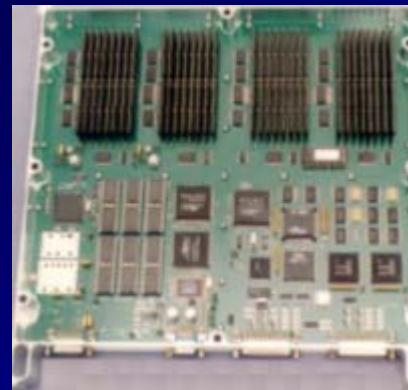
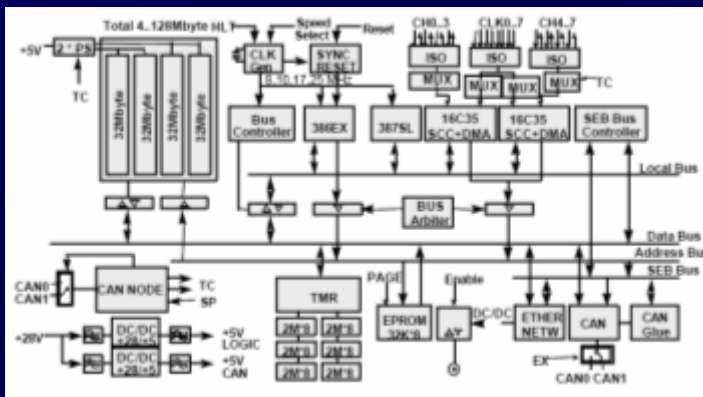
■ แอกชูเอเตอร์ทำหน้าที่ในการขับเคลื่อนดาวเทียมให้หันชี้ไปในทิศทางที่ต้องการ มีอยู่ด้วยกันหลายประเภท เช่น หัวฉีดแก๊ส (Gas jet) ล้อปฏิกิริยา (Reaction Wheel) ล้อโมเมนตัม (Momentum wheel) คอนโทรลโมเมนต์ไจโร (Control moment gyro) และทอร์กเกอร์แม่เหล็ก (Magnetic torquer)



ระบบจัดการข้อมูลและคำสั่ง

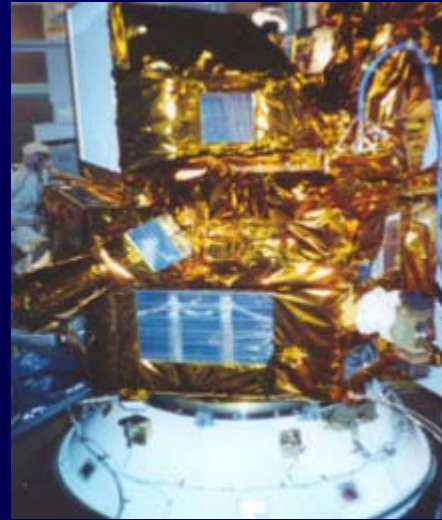


- หน้าทีพื้นฐานของระบบจัดการข้อมูลและคำสั่งประกอบด้วย
 - การแปลงหรือถอดรหัสสัญญาณและส่งผ่านกระจายคำสั่งที่ได้รับมาจากสถานีภาคพื้นดินให้กับอุปกรณ์และเพย์โหลดที่เกี่ยวข้อง
 - การจัดเก็บบันทึกข้อมูลดาวเทียมและเพย์โหลด
 - การแปลงหรือใส่รหัสสัญญาณ ก่อนที่จะส่งต่อให้ระบบสื่อสารเพื่อดำเนินการส่งข้อมูลลงมายังสถานีภาคพื้นดิน
- ระบบโดยทั่วไปจะประกอบด้วยคอมพิวเตอร์เป็นหลัก



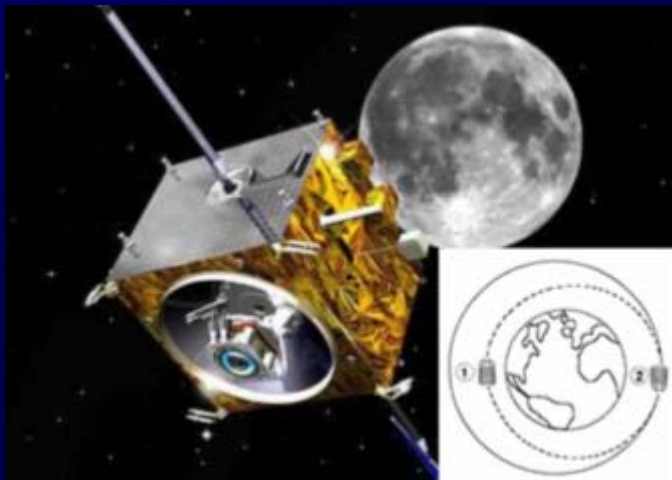
ระบบควบคุมความร้อน

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



ระบบขับเคลื่อน

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



สรุป

- ระบบวิศวกรรมดาวเทียมหมายถึงระบบเชิงวิศวกรรมของบัสของดาวเทียม
- หน้าที่หลักของบัสประกอบด้วย เช่น
 - การรองรับมวลของเพย์โหลด
 - การจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้เพย์โหลด
 - การหันชี้เพย์โหลดไปในทิศทางที่ต้องการ
 - การรักษาให้เพย์โหลดอยู่ในวงโคจรตามที่กำหนด
 - การเก็บบันทึกและประมวลข้อมูล
 - การรับส่งข้อมูลกับสถานีภาคพื้นดิน
 - การรักษาระดับอุณหภูมิของเพย์โหลด
 - การทำหน้าที่ต่อยึดกับตัวจรวดขณะถูกส่งเข้าสู่วงโคจร



สรุป (ต่อ)

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

