

## ระบบการจัดการข้อมูลบนดาวเทียม และ ระบบตรวจวัดติดตาม

### On Board Data Handling Subsystems

#### Telemetry and Telecommand

เชาวลิต ธรรมวิริยะกุล : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร

ระบบการจัดการข้อมูลบนดาวเทียม จะจัดการกับข้อมูลที่เกิดขึ้นบนดาวเทียมซึ่งมีทั้งที่ต้องจัดเก็บ นำส่งมายังพื้นโลก หรือรับข้อมูลจากสถานีภาคพื้นดิน ข้อมูลเหล่านี้จะถูกประมวลผลโดยคอมพิวเตอร์ภายในตัวดาวเทียมหรือ On Board Computer (OBC) หากจำเป็นต้องส่งถ่ายข้อมูลกับโมดูลอื่นก็สามารถทำได้ผ่านระบบคอมพิวเตอร์เน็ต นอกจากนี้แล้ว OBC ยังสามารถควบคุมการทำงานของโมดูลต่างๆผ่านทางเทลคอมมานโมดูลได้อีกด้วย

องค์ประกอบของระบบการจัดการข้อมูลบนดาวเทียมประกอบด้วยส่วนของฮาร์ดแวร์ได้แก่

- » หน่วยประมวลผลกลาง (Central Processing Module )
- » หน่วยความจำ (Memory Module)
- » หน่วยรวบรวมข้อมูลเทเลเมตรี (Telemetry Acquisition Module )
- » หน่วยสื่อสาร (Communication Module)

ส่วนของซอฟต์แวร์ (OBCDH SOFTWARE) ประกอบด้วย

- » ระบบปฏิบัติการ (Operating System) ซึ่งมีหน้าที่
  - ควบคุมการดำเนินการของโปรแกรมประยุกต์ ( controls the Application Programs execution)
  - เชื่อมต่อระหว่างโปรแกรมประยุกต์ กับ ฮาร์ดแวร์ (interface between Application Programs and hardware)
  - เชื่อมต่อระหว่างโปรแกรมประยุกต์ต่างๆเข้าด้วยกัน (communication and synchronization among Application Programs)
- » โปรแกรมประยุกต์ (Application Programs)ที่สนับสนุนหน้าที่ของ OBCDH

ระบบปฏิบัติการของ OBCDH ประกอบด้วย

- » Process Management การจัดการกับกระบวนการต่างๆจะให้หยุดดำเนินการหรือเริ่มต้นใหม่
- » Process Scheduling การจัดลำดับงานต่างๆที่จะต้องทำ
- » Process Communication and Synchronization การเชื่อมต่อนั้นระหว่างกระบวนการซึ่งอาจต้องมีการแลกเปลี่ยนข้อมูลกัน
- » Time Management: หน่วงเวลาของบางขบวนการในช่วงเวลาหนึ่ง
- » Device Management ตอบสนองต่อสัญญาณจากอุปกรณ์ต่างๆ
- » Error Handling จัดการกับข้อผิดพลาดที่ตรวจจับได้จาก วงจรตรวจจับข้อผิดพลาดเช่น watch dog timer , RAM error

โปรแกรมประยุกต์ของOBCDH ( OBCDH Application Programs)

- » โปรแกรมวิเคราะห์เทลคอมมาน(TC Analysis Program: ) ทำการวิเคราะห์ TC ที่รับมา เพื่อจะได้ส่งต่อไปกับ โปรแกรมประยุกต์อื่นๆของ OBCDH
- » TM Format Generation Program: จัดรูปแบบให้กับ TM ที่รับมาเพื่อส่งไปยังสถานีภาคพื้นดิน
- » TM Data Acquisition Program: รวบรวมข้อมูล TM จากระบบต่างๆบนดาวเทียมมาบันทึกไว้เพื่อส่งต่อไปในภายหลัง
- » On/Off Command Generation Program: รับคำสั่งจากโปรแกรมประยุกต์อื่นๆเพื่อนำมาดำเนินการเปิดปิดระบบที่ต้องการ

- » **Time Tagged Command Generation Program:** ดำเนินการกับ TC ที่ระบุเวลาในการเริ่มดำเนินการ
- » **Housekeeping Program:** รวบรวมเหตุการณ์หรือข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นในระบบต่างๆเก็บไว้เพื่อดำเนินการในภายหลัง
- » **Diagnosis Program:**

#### On Board Computers (OBC)

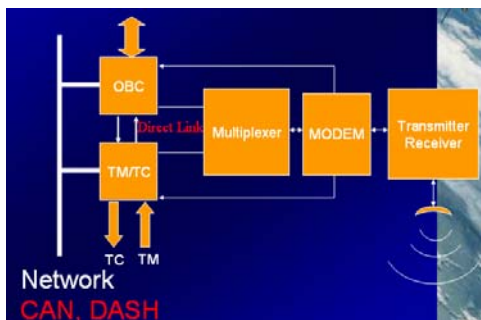
มีหน้าที่หลักคือ

- เฝ้าดูการทำงานและสุขภาพของดาวเทียม (Monitor Functions & Health)
- จัดลำดับการทำงานของโมดูลต่างๆ และคอยสนับสนุนการทำงานของ Payload
- ควบคุมการทรงตัวของดาวเทียม (Attitude Control)
- จัดการกับระบบกำลัง (Power System Management)
- จัดเก็บและประมวลผลข้อมูล (Data Logging and Processing)
- สนับสนุนระบบสื่อสาร (Communication Support)

#### OBC CPUs Example

ตัวอย่างไมโครโพรเซสเซอร์ Intel 80C186 และ 80386EX ซึ่งมีสมรรถนะแตกต่างกันโดยที่ 80386EX จะมีสมรรถนะสูงกว่ามีความซับซ้อนมากกว่าแต่ก็ใช้พลังงานมากกว่าด้วยเช่นกัน

#### Communication Network



บนดาวเทียมมักจะมีระบบสื่อสารในรูปแบบของเครือข่ายหรือ Network เช่น CAN หรือ Control Area Network และ DASH ซึ่งจะเชื่อมต่อ module ต่างๆเข้าด้วยกัน ให้ส่งข้อมูลถึงกันได้

#### • Transmitter Receiver

ตัวอย่างของ เครื่องรับส่งสัญญาณวิทยุของกระสวยอวกาศ



#### • Telemetry

- ตัวอย่าง Telemetry ของระบบ สื่อสารของ Mars Global Surveyor 1996-11-07



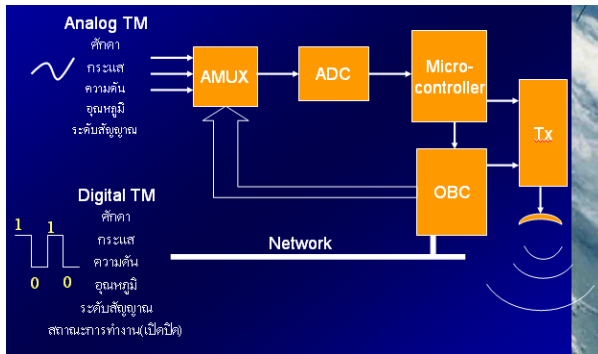
| _MOT1_       |     |         |      | _MOT2_       |     |         |      |
|--------------|-----|---------|------|--------------|-----|---------|------|
| MOT1_EXCITER | 1   | OFF     |      | MOT2_EXCITER | 0   | ON      |      |
| MOT1_TWNC    | 0   | INHIBIT |      | MOT2_TWNC    | 0   | INHIBIT |      |
| MOT1_USO_ENA | 0   | INHIBIT |      | MOT2_USO_ENA | 1   | ENABLE  |      |
| MOT1_TLH_MOD | 0   | OFF     |      | MOT2_TLH_MOD | 1   | ON      |      |
| MOT1_RANGING | 0   | OFF     |      | MOT2_RANGING | 1   | ON      |      |
| MOT1_DOR     | 0   | OFF     |      | MOT2_DOR     | 0   | OFF     |      |
| MOT1_RCVRLCK | 1   | NO_LOCK |      | MOT2_RCVRLCK | 0   | IN_LOCK |      |
| MOT1_RCV_AGC | 255 | -152,82 | dBm  | MOT2_RCV_AGC | 174 | -131,89 | dBm  |
| MOT1_RNG_AGC |     |         | dBm  | MOT2_RNG_AGC | 84  | -130,54 | dBm  |
| MOT1_RCV_SPE | 117 | -3,66   | Khz  | MOT2_RCV_SPE | 120 | 3,66    | Khz  |
| MOT1_RCV_I   | 115 | 0,26    | amps | MOT2_RCV_I   | 114 | 0,26    | amps |
| MOT1_EX_RF   | 8   | 0,62    | dBm  | MOT2_EX_RF   | 180 | 13,53   | dBm  |
| MOT1_AUX_T   | 96  | 16,86   | degC | MOT2_AUX_T   | 85  | 23,83   | degC |
| MOT1_VCO_T   | 94  | 19,39   | degC | MOT2_VCO_T   | 81  | 24,14   | degC |

| _TWTA1_      |     |          |       | _TWTA2_      |     |         |       |
|--------------|-----|----------|-------|--------------|-----|---------|-------|
| TWTA1_FILHNT | 0   | OFF      |       | TWTA2_FILHNT | 1   | ON      |       |
| TWTA1_HV     |     |          | ON    | TWTA2_HV     | 0   | ON      |       |
| TWTA1_HLX_I  | 0   | -0,04    | mAmps | TWTA2_HLX_I  | 41  | 0,77    | mAmps |
| TWTA1_ANOD_V | 0   | -1005,00 | volts | TWTA2_ANOD_V | 65  | -858,00 | volts |
| TWT1_T       | 206 | 17,27    | degC  | TWT2_T       | 195 | 22,53   | degC  |
| EPC1_T       | 156 | 12,15    | degC  | EPC2_T       | 142 | 18,07   | degC  |
| RF_ISOLTR1_T | 209 | 15,56    | degC  | RF_ISOLTR2_T | 203 | 18,85   | degC  |

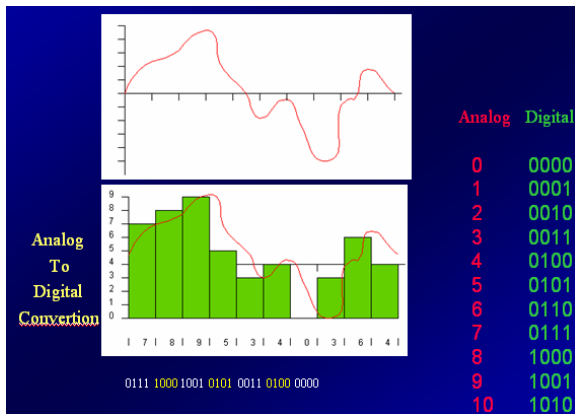
จะเห็น TM ของหลอดสูญญากาศ TWTA1 และ TWTA2 ของเครื่องส่งวิทยุซึ่งบอกอุณหภูมิ กระแส และแรงดันไฟฟ้า ส่วน MOT1 จะบอกระดับสัญญาณวิทยุที่รับได้ในหน่วย dBm

• Telemetry



เทเลเมตรี โมดูลจะทำการรับข้อมูลทั้งที่เป็นสัญญาณดิจิทัลและอนาลอก จากระบบต่างๆ โดยจะแปลงสัญญาณอนาลอกให้เป็นดิจิทัลก่อนที่จะส่งกลับมายังสถานีภาคพื้นดิน

การแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิทัล สัญญาณอนาลอกจะถูกตรวจวัดระดับเป็นขั้นๆไป ค่าของระดับสัญญาณที่ได้จะถูกแปลงเป็นเลขฐานสอง เช่น สัญญาณระดับ 7 จะมีค่า เป็น 0111 ส่วน สัญญาณระดับ 8 จะมีค่า เป็น 1000 เป็นต้น เมื่อนำข้อมูลระดับสัญญาณมาเรียงต่อกันก็จะ ได้ชุดของตัวเลขดิจิทัลซึ่งแทนระดับของสัญญาณอนาลอก



Asynchronous Data format

ข้อมูลเทเลเมตรีมักจะอยู่ในรูปแบบอะซิงโครนัส กล่าวคือจะมีการส่งข้อมูลดิจิทัลต่อเนื่องกันยาวๆเป็นชุดๆไป โดยที่ในแต่ละชุดข้อมูลจะมีการเพิ่มเติมส่วนเริ่มต้นและส่วนท้ายเพิ่มเข้าไปเพื่อช่วยในการรับส่งข้อมูลให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น นอกจากนั้นแล้วก็ยังมีการเข้ารหัสสัญญาณเพื่อตรวจจับข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นด้วย ซึ่งในบางกรณีก็สามารถที่จะแก้ไขข้อมูลที่ผิดให้กลับคืนมาได้ด้วย



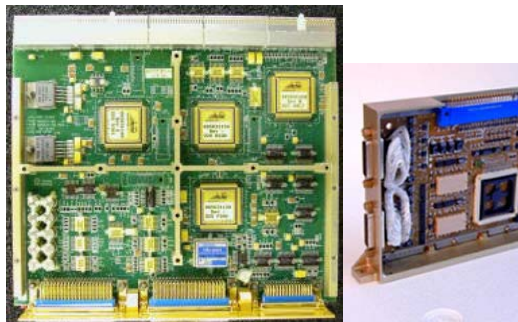
- การตรวจวัดติดตามระยะไกล

ตัวอย่างของการตรวจวัดระยะไกลเช่นการตรวจติดตามการย้ายถิ่นหากิจของสัตว์เช่น นก กวาง ปลาฉลาม หรือการรวบรวมข้อมูลจากหุ่นลอยน้ำกลางมหาสมุทร ซึ่งตรวจวัดกระแสน้ำ อุณหภูมิ และ ความเร็วลม การติดตามการเคลื่อนไหวของขบวนรถสินค้า นักสำรวจ นักเล่นเรือ หรือ ติดตามสภาวะของภูเขาไฟ



- Telecommand

ตัวอย่างของเทลคอมมาน โมดูล

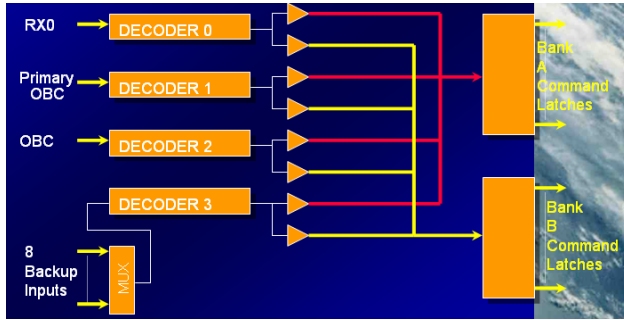


คุณสมบัติของ Command Receiver

- » มีความปลอดภัย มักจะเป็นความลับ เพื่อป้องกันการถูกโจรกรรม
- » สามารถสั่งงานได้ทุกภาวะและทิศทาง เพราะในบางครั้งดาวเทียมอาจไม่ได้เห็นงานสายอากาศเข้าหาโลก
- » มีช่องทางสื่อสารได้หลายช่องทางทั้งใน สภาวะปกติ และ สภาวะไม่ปกติ เพื่อเอาไว้ในกรณีที่บางช่องทางเกิดปัญหา
- » สามารถสั่งงาน โมดูลต่างๆ ได้ทั้งทางตรงและทางอ้อม
- » มีระบบสำรอง
- » มีความน่าเชื่อถือสูง
- »

**Telecommand Block Diagram**

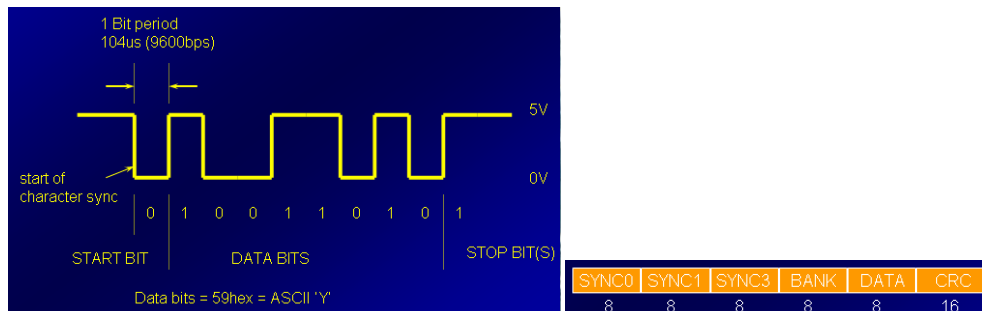
ตัวอย่างของระบบการทำงานของเทเลคอมมาน จะเห็นว่า สามารถที่จะสั่งการผ่าน เครื่องรับวิทยุ Rx0 หรือ OBC ก็ได้ โดยมี ตัวถอดรหัสคำสั่งอยู่ 3 ชุด แต่ละชุดสามารถสั่งการไปยังเป้าหมายได้สองช่องทางคือ ชุด A และ B



Example ชุดคำสั่ง

- » เปิด-ปิด Transmitter
- » หมุนโซล่าเซลล์เข้าหาดวงอาทิตย์
- » เปลี่ยนความเร็ว Momentum wheel
- » เปลี่ยนช่องความถี่วิทยุสื่อสาร
- » เปลี่ยนกำลังส่งวิทยุ
- » ถ่ายรูป

TC มักจะอยู่ในรูปแบบของ Asynchronous Data คือ มีชุดคำสั่งสั้นๆ 8-10 บิต ส่งต่อเนื่องกันหลายๆชุดข้อมูล



แต่ TC ก็สามารถอยู่ในรูปแบบ synchronous ได้ด้วย การถอดรหัสคำสั่งมักจะใช้ microcontroller หรือ FPGA ในการถอดรหัสคำสั่ง โดยที่ในแต่ละชุดถอดรหัสก็จะมี วงจร Watchdog คอยตรวจจับความผิดปกติในการทำงานของชุดถอดรหัสเอง และจะรีเซ็ตตัวเองเมื่อเกิดความผิดปกติขึ้น