

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 การเชื่อมต่อนระหว่างกระบวนการซึ่งอาจต้องมีการแลกเปลี่ยนข้อมูลกัน
- » Time Management: หน่วงเวลาของบางขบวนการในช่วงเวลาหนึ่ง
- » Device Management ตอบสนองต่อสัญญาณจากอุปกรณ์ต่างๆ
- » Error Handling จัดการกับข้อผิดพลาดที่ตรวจจับได้จาก วงจรตรวจจับข้อผิดพลาดเช่น watch dog timer , RAM error

โปรแกรมประยุกต์ของOBCDH (OBCDH Application Programs)

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

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

On Board Computers (OBC)

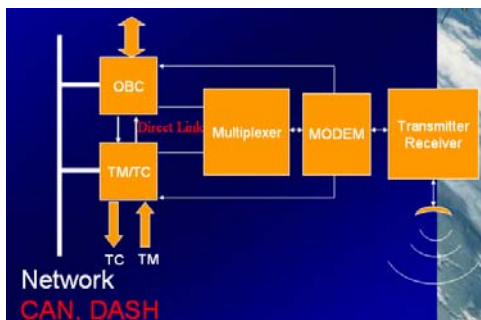
มีหน้าที่หลักคือ

- 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

ตัวอย่างไมโครโปรเซสเซอร์ 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

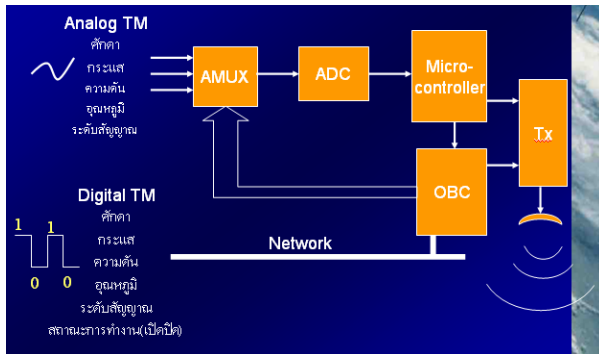


MOT1				_MOT2_			
MOT1_EXCITER	1	OFF		MOT2_EXCITER	0	ON	
MOT1_TWNC	0	INHIBIT		MOT2_TWNC	0	INHIBIT	
MOT1_USO_ENA	0	INHIBIT		MOT2_USO_ENA	1	ENABLE	
MOT1_TLH_MOD	0	OFF		MOT2_TLH_MOD	1	ON	
MOT1_RANGING	0	OFF		MOT2_RANGING	1	ON	
MOT1_DOR	0	OFF		MOT2_DOR	0	OFF	
MOT1_RCVRLCK	1	NO_LOCK		MOT2_RCVRLCK	0	IN_LOCK	
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

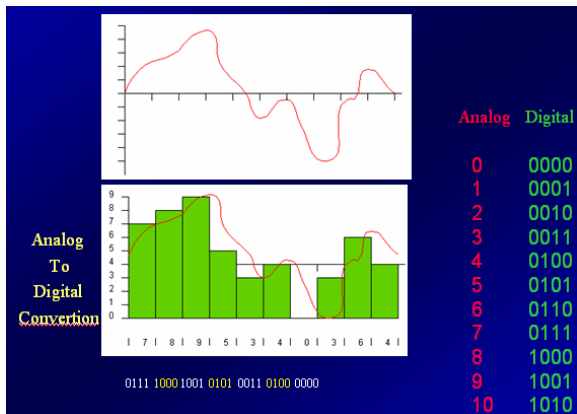
จะเห็น TM ของหลอดสูญญากาศ TWTA1 และ TWTA2 ของเครื่องส่งวิทยุซึ่งบอกอุณหภูมิ กระแส และแรงดันไฟฟ้า ส่วน MOT1 จะบอกระดับสัญญาณวิทยุที่รับได้ในหน่วย dBm

• Telemetry



เทเลเมตรีโมดูลจะทำการรับข้อมูลทั้งที่เป็นสัญญาณดิจิทัลและอนาลอกจากระบบต่างๆ โดยจะแปลงสัญญาณอนาลอกให้เป็นดิจิทัลก่อนที่จะส่งกลับมายังสถานีภาคพื้นดิน

การแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิทัล สัญญาณอนาลอกจะถูกตรวจวัดระดับเป็นขั้นๆไป ค่าของระดับสัญญาณที่ได้จะถูกแปลงเป็นเลขฐานสอง เช่น สัญญาณระดับ 7 จะมีค่าเป็น 0111 ส่วน สัญญาณระดับ 8 จะมีค่าเป็น 1000 เป็นต้น เมื่อนำข้อมูลระดับสัญญาณมาเรียงต่อกันก็จะได้ชุดของตัวเลขดิจิทัลซึ่งแทนระดับของสัญญาณอนาลอก



Asynchronous Data format

ข้อมูลเทเลเมตรีมักจะอยู่ในรูปแบบอะซิงโครนัส กล่าวคือจะมีการส่งข้อมูลดิจิทัลต่อเนื่องกันยาวๆเป็นชุดๆไป โดยที่ในแต่ละชุดข้อมูลจะมีการเพิ่มเติมส่วนเริ่มต้นและส่วนท้ายเพิ่มเข้าไปเพื่อช่วยในการรับส่งข้อมูลให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น นอกจากนั้นแล้วก็ยังมีการเข้ารหัสสัญญาณเพื่อตรวจจับข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นด้วย ซึ่งในบางกรณีก็สามารถที่จะแก้ไขข้อมูลที่ผิดให้กลับคืนมาได้ด้วย



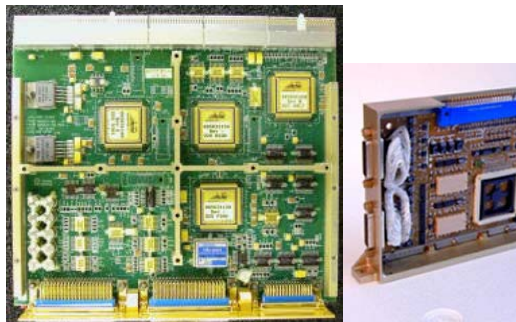
- การตรวจวัดติดตามระยะไกล

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



- Telecommand

ตัวอย่างของเทลคอมมาน โมดูล

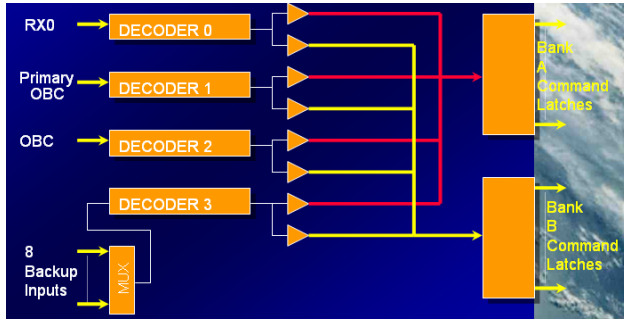


คุณสมบัติของ Command Receiver

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

Telecommand Block Diagram

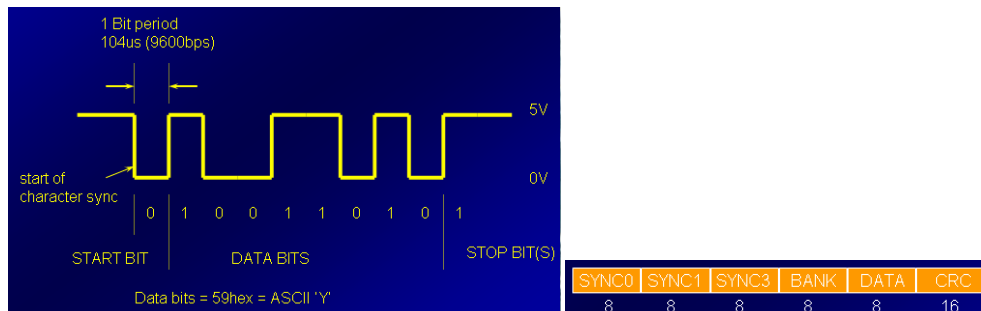
ตัวอย่างของระบบการทำงานของเทลคอมมาน จะเห็นว่า สามารถที่จะสั่งการผ่าน เครื่องรับวิทยุ Rx0 หรือ OBC ก็ได้ โดยมี ตัวถอดรหัสคำสั่งอยู่ 3 ชุด แต่ละชุดสามารถสั่งการไปยังเป้าหมายได้สองช่องทางคือ ชุด A และ B



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