

ขอบเขตของงาน (Terms of Reference : TOR)

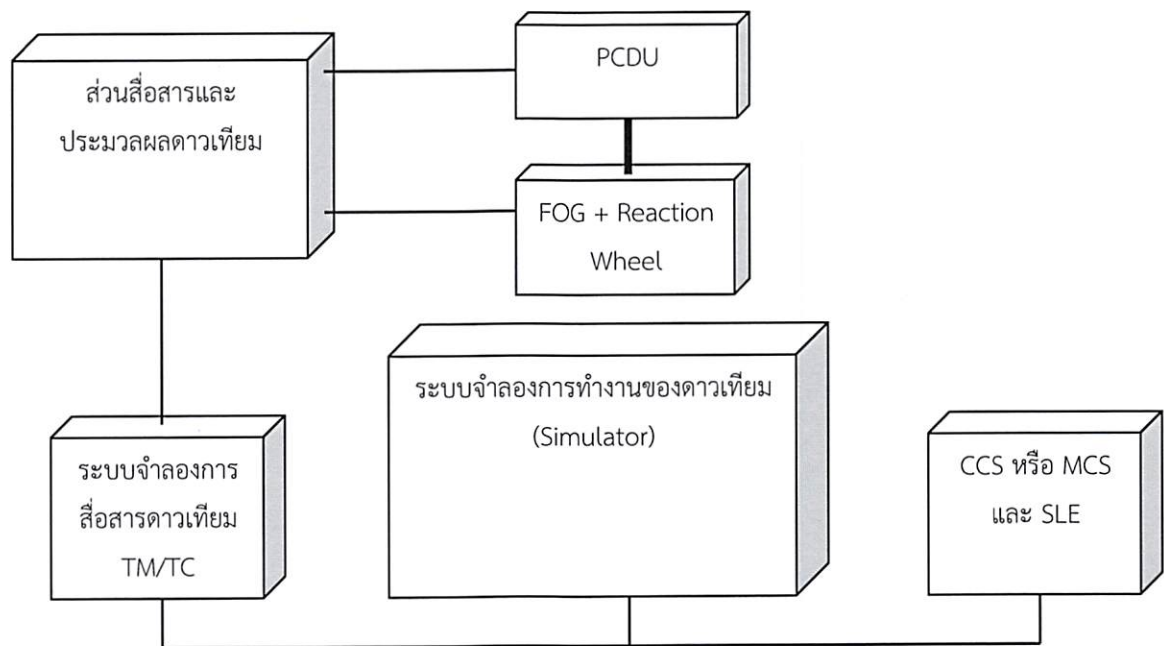
ประเทศไทยในช่วงเวลา 20 ปีที่ผ่านมา มีการพัฒนาและใช้ประโยชน์เทคโนโลยีอวกาศเรื่อยมา โดยประเทศไทยเริ่มต้นจากการเป็นผู้ซื้อและใช้เทคโนโลยีอวกาศดังที่เห็นได้จากดาวเทียมไทยคม หรือดาวเทียมไทยโชตภายใต้โครงการ THEOS1 แต่อย่างไรก็ตามประเทศไทยก็มีความพยายามเรื่อยมาที่จะพัฒนาเทคโนโลยีด้านนี้ขึ้นเอง ทั้งจากการร่วมพัฒนาดาวเทียมไทยพัฒน์โดยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร การส่งบุคลากรไทยเข้าไปมีส่วนร่วมภายใต้โครงการ THEOS1 และการพัฒนาระบบปฏิบัติการภาคพื้น (Ground System) เพื่อใช้ทดแทนระบบจากต่างประเทศที่ใช้อยู่ในโครงการ THEOS1 ไม่เพียงเท่านั้นขีดความสามารถของประเทศไทยก็ได้เพิ่มขึ้นอีกครั้งจากการดำเนินงานภายใต้โครงการ THEOS2 ซึ่งมีการส่งวิศวกรชาวไทยเข้าไปร่วมออกแบบและพัฒนาดาวเทียมขนาดเล็กของประเทศไทยกับบริษัท SSTL และยังนำดาวเทียมดวงนี้กลับเข้ามาเพื่อทำการทดสอบในประเทศไทย ด้วยอุปกรณ์และโครงสร้างพื้นฐานของประเทศจากโครงการเดียวกัน

ณ เวลปัจจุบัน นับได้ว่าประเทศไทยมีขีดความสามารถทั้งทางด้านโครงการพื้นฐานและทรัพยากรบุคคลพร้อมสำหรับการยกระดับไปเป็นการพัฒนาและประกอบดาวเทียมขึ้นเองภายในประเทศ โดยจุดเริ่มต้นซึ่งนับได้ว่าเป็นส่วนสำคัญยิ่งในการพัฒนาและประกอบดาวเทียม คือ Flight Software ซึ่งเป็นส่วนควบคุมการทำงานและการเชื่อมต่อทั้งหมดของดาวเทียม ที่หากเมื่อการพัฒนาเสร็จสิ้นจะสามารถนับได้ว่าประเทศไทยเราสามารถประกอบดาวเทียมขึ้นมาใช้เองได้ภายในประเทศ

โครงการพัฒนาซอฟต์แวร์ควบคุมการปฏิบัติงานของดาวเทียมขนาดเล็ก (Flight Software) มุ่งเน้นการพัฒนา ระบบ Flight Software ของดาวเทียมระดับพื้นฐาน ที่สามารถต่อยอดและรองรับการทำงานของดาวเทียมขนาดเล็ก ที่ ซึ่งประกอบไปด้วยระบบย่อย เช่น ระบบควบคุมการหมุนตัวบนดาวเทียมและระบบสื่อสาร ด้วยองค์ความรู้ของบุคลากร จากทุกภาคส่วน เพื่อใช้ในการพัฒนา Flight Software ระยะที่ 2 ให้สอดคล้องกับยุทธศาสตร์การอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม หรือ อววน. ในแพลตฟอร์มที่ 1 การพัฒนากำลังคนและสถาบันความรู้ โปรแกรมที่ 5 ส่งเสริมการ วิจัยขั้นแนวหน้า และการวิจัยขั้นพื้นฐานที่ประเทศไทยมีศักยภาพ ให้มีความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับซอฟต์แวร์ดาวเทียม การพัฒนาระบบควบคุมการหมุนตัวดาวเทียม ระบบการสื่อสารและการควบคุมในอวกาศ ซึ่งหน่วยบริหารจัดการ การทุนด้านการพัฒนากำลังคน และทุนด้านการพัฒนาสถาบันอุดมศึกษา การวิจัย และสร้างนวัตกรรม หรือ บพค. (PMU B) ได้กำหนดให้มี Output ที่ สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) หรือ สทอภ. จะต้องดำเนินการให้แล้วเสร็จคือ ระบบ Flight Software ของดาวเทียมระดับพื้นฐานที่สามารถต่อยอดและรองรับการ ทำงานของดาวเทียมขนาดเล็กได้ และระบบ Simulator ที่สามารถใช้ควบคู่ไปกับการพัฒนาและทดสอบ Flight Software ของดาวเทียมโดยมีขีดความสามารถทดสอบการทำงานของระบบ Attitude and Orbit Control Subsystem (AOCS) ด้วย Hardware Engineering Model

ในการนี้ทางสทอภ. ได้มีการพัฒนาและออกแบบระบบ Simulator ดาวเทียมซึ่งจำลองระบบต่าง ๆ ขึ้นมาใช้
แล้วสำหรับการพัฒนา Flight Software ในระดับเบื้องต้น โดยจำลองการทำงานของ Subsystem ต่าง ๆ บนดาวเทียม
แต่อย่างไรก็ตามระบบ Simulator ที่พัฒนาขึ้นมานั้น ยังเป็นเพียงแค่การจำลองขึ้นมาด้วยระบบคอมพิวเตอร์ ซึ่งถือว่า

ยังไม่เพียงพอสำหรับการทดสอบ Flight Software ให้สมบูรณ์ ซึ่งจำเป็นที่จะต้องทดสอบ Flight Software กับ อุปกรณ์จริงที่จะใช้นดาวเทียม หรือที่เรียกว่า Hardware-In-The-Loop โดยมีลักษณะของระบบเป็นไปดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ระบบสำหรับทดสอบ Flight Software ที่รองรับ AOCS แบบ Hardware-In-The-Loop

ดังนั้นเพื่อให้ระบบ Simulator มีขีดความสามารถเพิ่มขึ้นจึงจัดซื้อครุภัณฑ์เครื่องมือทดสอบ AOCS สำหรับเชื่อมต่อ Simulator และวัสดุสายสัญญาณพร้อมเชื่อมต่อ สำหรับห้องปฏิบัติการและระบบ Simulator ให้สามารถพัฒนา Flight Software ในการทดสอบการทำงานของระบบ AOCS แบบ Hardware-In-The-Loop เป็นไปตามรูปที่ 1 โดยเครื่องมือทั้งหมดประกอบไปด้วย 3 ส่วนหลักทำงานด้วยกัน คือ

- 1) ส่วนจำลองการสื่อสารจากภาคพื้นดิน (Satellite-Ground Communication Interface Subsystem) ด้วยมาตรฐาน SLE (Space Link Extension Services)
- 2) ส่วนสื่อสารและประมวลผลบนดาวเทียม (Communication and Data Processing Subsystem)
- 3) ส่วนควบคุมการควบคุมการหมุนตัว (Attitude Control Subsystem)

อย่างไรก็ตามการจัดซื้อครุภัณฑ์ฯ ข้างต้นต้องการความรู้ความเข้าใจที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีอวกาศในระดับสูง โดยเฉพาะส่วนของอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับดาวเทียม ซึ่งนับได้ว่ามีความยุ่งยากและซับซ้อน เนื่องจากอุปกรณ์เหล่านี้ บางส่วนต้องนำเข้าจากต่างประเทศ บางส่วนมีการถูกควบคุมการส่งออก อีกทั้งผู้ประกอบการไทยที่มีประสบการณ์การทำงานเกี่ยวกับระบบเหล่านี้มีน้อยราย จึงจำเป็นต้องกำหนดคุณสมบัติ คุณสมบัติ ลักษณะ ระยะเวลาในการดำเนินการให้สอดคล้อง สามารถดำเนินการได้อย่างมีประสิทธิภาพและเกิดประโยชน์สูงสุด

ครุภัณฑ์
รับแจ้ง
IN
ค.
มีการ

2. วัตถุประสงค์

เพื่อจัดซื้อครุภัณฑ์เครื่องมือทดสอบ Attitude Orbit Control System สำหรับเชื่อมต่อ Simulator และวัสดุอุปกรณ์พร้อมเชื่อมต่อ สำหรับห้องปฏิบัติการและระบบ Simulator ให้สามารถพัฒนา Flight Software ในการทดสอบการทำงานของระบบ AOCS แบบ Hardware-In-The-Loop ได้ซึ่งครุภัณฑ์ดังกล่าวไม่พบว่ามีผลิตและจำหน่ายในประเทศไทย จึงจำเป็นต้องจัดซื้อและนำเข้าจากต่างประเทศ

3. คุณสมบัติผู้เสนอราคา

- ✓ 3.1 ผู้เสนอราคาต้องเป็นนิติบุคคลผู้มีอาชีพขายพัสดุที่จัดซื้อด้วยวิธีประกวดราคาอิเล็กทรอนิกส์ครั้งนี้
- 3.2 ผู้เสนอราคาต้องไม่เป็นผู้ที่ถูกระบือไว้ในบัญชีรายชื่อผู้ทำงาน และได้แจ้งเวียนชื่อให้เป็นผู้ทำงานของหน่วยงานรัฐในระบบเครือข่ายสารสนเทศของกรมบัญชีกลาง ซึ่งรวมถึงนิติบุคคลที่ผู้ทำงานเป็นหุ้นส่วนผู้จัดการ กรรมการผู้จัดการ ผู้บริหาร ผู้มีอำนาจในการดำเนินงานในกิจการของนิติบุคคลนั้นด้วย
- ✓ 3.3 ผู้เสนอราคาต้องไม่เป็นผู้มีผลประโยชน์ร่วมกันกับผู้เสนอราคารายอื่น ที่เข้าเสนอราคาให้แก่สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) ณ วันประกาศประกวดราคาอิเล็กทรอนิกส์ หรือไม่เป็นผู้กระทำการอันเป็นการขัดขวางการแข่งขันราคาอย่างเป็นธรรมในการประกวดราคาครั้งนี้
- ✓ 3.4 ผู้เสนอราคาต้องไม่เป็นผู้ได้รับเอกสิทธิ์หรือความคุ้มกันซึ่งอาจปฏิเสธไม่ยอมขึ้นศาลไทย เว้นแต่รัฐบาลของผู้เสนอราคาผู้ขายได้มีคำสั่งให้สละสิทธิ์ความคุ้มกันเช่นนั้น
- ✓ 3.5 ผู้เสนอราคาต้องผ่านการคัดเลือกผู้มีคุณสมบัติเบื้องต้นในการจัดซื้อของสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน)
- 3.6 ผู้เสนอราคาต้องมีผลงานที่เกี่ยวข้องกับอุปกรณ์หรือเครื่องมือหรือระบบที่ใช้ในเทคโนโลยีอวกาศ หรือมีบุคลากรผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์การทำงานเกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีอวกาศ ไม่น้อยกว่า 5 ปี โดยให้ยื่นผลงานที่เกี่ยวข้อง หรือรายชื่อบุคลากรและประสบการณ์การทำงานพร้อมทั้งให้ผู้มีอำนาจลงนามรับรองและประทับตรา (ถ้ามี) (โดยสแกนแนบไฟล์มาในระบบจัดซื้อจัดจ้างภาครัฐ (e-GP) เพื่อใช้ประกอบการพิจารณาโดยหลักฐานดังกล่าวนี้ สำนักงานฯ จะเก็บไว้เป็นเอกสารราชการ)

4. คุณสมบัติเฉพาะ

ผู้ขายต้องส่งมอบเครื่องมือทดสอบ Attitude Orbit Control System สำหรับเชื่อมต่อ Simulator ซึ่งมีรายละเอียดคุณสมบัติเทียบเท่าหรือดีกว่าที่กำหนดในเอกสาร “ภาคผนวก” ซึ่งมีรายการและจำนวนดังต่อไปนี้

ข้อย่อย	รายการ	จำนวน	หน่วย
1	ส่วนจำลองการสื่อสารจากภาคพื้นดินด้วยมาตรฐาน Space Link Extension (SLE)		
1.1	ระบบจำลองการสื่อสารดาวเทียม TM/TC Frontend	1	ชุด
1.2	ระบบจำลองสถานีปฏิบัติการดาวเทียมภาคพื้น	1	ชุด
1.3	ระบบแปลงการสื่อสารสำหรับมาตรฐาน SLE	1	ชุด
1.4	ระบบจอโทรทัศน์สำหรับแสดงผล	2	ชุด
1.5	ระบบนาฬิกาดิจิตอล	2	ชุด
1.6	ระบบหน่วยทำงานสำหรับผู้ควบคุมสำรอง	1	ชุด
2	ส่วนสื่อสารและประมวลผลบนดาวเทียม		
2.1	ระบบถอดรหัสการสื่อสารตามมาตรฐาน CCSDS	1	ชุด

แจ้งชนก
วิเศษ
ค.
พิสิษฐ
11/

6.3 งวดที่ 3 ผู้ขายต้องดำเนินการส่งมอบรายการตามขอบเขตของงานฯ ข้อที่ 4 ข้อย่อยที่ 1.1, 3.1, 3.3 ให้แล้วเสร็จภายใน 210 วัน นับถัดจากวันลงนามในสัญญาจ้าง

6.4 งวดที่ 4 (งวดสุดท้าย) ผู้ขายต้องดำเนินการส่งมอบรายการตามขอบเขตของงานฯ ข้อที่ 4 ข้อย่อยที่ 3.2 พร้อมเชื่อมต่อและส่งมอบเอกสารทางเทคนิคของอุปกรณ์ตามขอบเขตของงานฯ ข้อที่ 4 ในรูปแบบเอกสารพิมพ์ (Hard Copy) และในรูปสื่อบันทึกอิเล็กทรอนิกส์ (Digital File) อย่างน้อย 2 ชุด ให้แล้วเสร็จภายใน 240 วัน นับถัดจากวันลงนามในสัญญาจ้าง

ทั้งนี้ ผู้ขายสามารถพิจารณาส่งมอบพัสดุในงวดใดก่อนก็ได้ตามความเหมาะสม ยกเว้นงวดสุดท้าย

7. สถานที่ส่งมอบ

ณ สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) อุทยานรังสรรค์นวัตกรรมอวกาศ เลขที่ 88 หมู่ 9 ต.ทุ่งสุขลา อ.ศรีราชา จ.ชลบุรี

8. วงเงินในการจัดจ้าง

งบประมาณในการจัดซื้อครุภัณฑ์เครื่องมือทดสอบ Attitude Orbit Control System สำหรับเชื่อมต่อ Simulator จำนวนเงิน 19,044,650.- บาท (สิบเก้าล้านสี่หมื่นสี่พันหกร้อยห้าสิบบาทถ้วน) รวมภาษีมูลค่าเพิ่ม

ราคากลางในการจัดซื้อครุภัณฑ์เครื่องมือทดสอบ Attitude Orbit Control System สำหรับเชื่อมต่อ Simulator จำนวนเงิน 19,157,578.33 บาท (สิบเก้าล้านหนึ่งแสนห้าหมื่นเจ็ดพันห้าร้อยเจ็ดสิบแปดบาทสามสิบสามสตางค์) รวมภาษีมูลค่าเพิ่ม

9. การรับประกันการชำรุดบกพร่องของพัสดุที่ส่งมอบ

ผู้ขายต้องรับประกันความชำรุดบกพร่องหรือข้อบกพร่องของสิ่งของ เป็นเวลาไม่น้อยกว่า 1 ปี นับถัดจากวันที่ส่งมอบงานครบถ้วนตามข้อกำหนดในสัญญา โดยภายในกำหนดเวลาดังกล่าว หากสิ่งของเกิดชำรุดบกพร่องหรือข้อบกพร่อง อันเนื่องจากการใช้งานตามปกติ ผู้ขายต้องจัดการซ่อมแซมให้แล้วเสร็จ ภายใน 90 วันนับถัดจากวันที่ได้รับแจ้งความชำรุดบกพร่อง โดยสทอภ. ไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายใด ๆ ทั้งสิ้น หากผู้ขายบิดพลิ้วไม่กระทำการดังกล่าว หรือไม่ดำเนินการแก้ไขให้ถูกต้องเรียบร้อยภายในเวลาที่ สทอภ. กำหนด สทอภ. มีสิทธิที่จะดำเนินการแก้ไขตามเห็นสมควรเอง หรือจ้างผู้อื่นให้ทำงานนั้น โดยผู้ขายต้องเป็นผู้รับผิดชอบค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นเพื่อการนี้ทั้งสิ้น

10. เงื่อนไขการชำระเงิน

สำนักงานฯ จะชำระเงินค่าจ้างตามสัญญาแบ่งเป็นงวด ๆ จำนวน 4 งวด ดังนี้

งวดที่ 1 เป็นจำนวนร้อยละ 20 ของมูลค่าจ้างตามสัญญา เมื่อผู้รับจ้างได้ส่งมอบงานตามขอบเขตของงานฯ ข้อ 6.1 แล้วเสร็จและคณะกรรมการตรวจรับฯ ได้ตรวจสอบรับเรียบร้อยแล้ว

งวดที่ 2 เป็นจำนวนร้อยละ 30 ของมูลค่าจ้างตามสัญญา เมื่อผู้รับจ้างได้ส่งมอบงานตามขอบเขตของงานฯ ข้อ 6.2 แล้วเสร็จและคณะกรรมการตรวจรับฯ ได้ตรวจสอบรับเรียบร้อยแล้ว

งวดที่ 3 เป็นจำนวนร้อยละ 30 ของมูลค่าจ้างตามสัญญา เมื่อผู้รับจ้างได้ส่งมอบงานตามขอบเขตของงานฯ ข้อ 6.3 แล้วเสร็จและคณะกรรมการตรวจรับฯ ได้ตรวจสอบรับเรียบร้อยแล้ว

งวดที่ 4 (งวดสุดท้าย) เป็นจำนวนร้อยละ 20 ของมูลค่าจ้างตามสัญญา เมื่อผู้รับจ้างได้ส่งมอบงานตามขอบเขตของงานฯ ข้อ 6.4 แล้วเสร็จและคณะกรรมการตรวจรับฯ ได้ตรวจสอบรับเรียบร้อยแล้ว

๕๖๖๖๖ ๖๖๖๖
๖.
๖๖๖๖๖๖

11. ค่าปรับ

หากผู้ขายไม่สามารถส่งมอบสิ่งของได้ภายในเวลาที่กำหนดไว้ในสัญญาผู้ขายจะต้องชำระค่าปรับให้แก่ สทอภ. เป็นรายวันอัตราร้อยละ 0.20 (ศูนย์จุดสองศูนย์) ของมูลค่าสิ่งของที่ยังไม่ได้ส่งมอบ

12. หลักเกณฑ์การพิจารณาข้อเสนอ

พิจารณาผลการยื่นข้อเสนอประกวดราคาอิเล็กทรอนิกส์ครั้งนี้ สำนักงานฯ จะพิจารณาตัดสินโดยใช้เกณฑ์ราคาในการพิจารณา

13. กำหนดยื่นราคา

ผู้เสนอราคาต้องกำหนดยื่นราคาที่เสนอไม่น้อยกว่า 30 วัน นับถัดจากวันยื่นยื่นราคา

14. เงื่อนไขอื่น ๆ

14.1 หากอุปกรณ์เครื่องมือหรือซอฟต์แวร์หรือสิ่งของใดที่ผู้ขายส่งมอบ ละเมิดลิขสิทธิ์หรือทรัพย์สินทางปัญญาของผู้ใด ผู้ขายต้องเป็นผู้รับผิดชอบความเสียหายทั้งหมดที่เกิดขึ้น

14.2 อุปกรณ์เครื่องมือและซอฟต์แวร์ที่ส่งมอบต้องเป็นสิทธิ์การใช้งานตลอดอายุสัญญา

15. ข้อสงวนสิทธิ์

15.1 การลงนามในสัญญาจะกระทำต่อเมื่อสำนักงานฯ ได้รับอนุมัติเงินจากเงินกองทุนงบประมาณแผ่นดินด้าน ววน. จากกองทุนวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม ปีงบประมาณ 2563 เท่านั้น และผู้ขายไม่สามารถเรียกร้องค่าใช้จ่ายอื่นใดที่เกิดขึ้นได้

15.2 สทอภ. สงวนสิทธิ์ที่จะพิจารณาข้อเสนอของผู้เสนอราคาโดยผลการพิจารณาของ สทอภ. ถือเป็นที่สุด

รับแจ้งฯ 25/05/25
ค. 11
ม.ศิริพร

ภาคผนวก

เครื่องมือทดสอบ Attitude Orbit Control System สำหรับเชื่อมต่อ Simulator ต้องมีคุณลักษณะทางเทคนิค ไม่ต่ำกว่าหรือดีกว่าที่ระบุในภาคผนวกนี้ และระบบต่าง ๆ จะต้องเป็นของใหม่ที่ไม่ผ่านการใช้งานมาก่อน และไม่ใช้สินค้าคงค้าง ตก
รุ่น แสดงวันที่ผลิตย้อนหลังไม่เกิน 3 ปี และไม่ใช้สินค้ากลุ่ม Refurbished โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ส่วนจำลองการสื่อสารจากภาคพื้นดินด้วยมาตรฐาน Space Link Extension (SLE)

1.1. ระบบจำลองการสื่อสารดาวเทียม TM/TC Frontend ต้องมีคุณสมบัติเทียบเท่าหรือดีกว่า ดังนี้

ประกอบด้วย หน่วยเชื่อมต่อประมวลผล (TM/TC Interface and Processing Unit, TM/TC IPU) และ
หน่วยทำงานสำหรับผู้ควบคุม (TM/TC Work Station) ต้องมีคุณสมบัติเทียบเท่าหรือดีกว่า ดังนี้

- หน่วย TM/TC IPU สามารถบรรจุในตู้ Rack ขนาด 3U 19 นิ้ว หรือดีกว่า
- หน่วย TM/TC IPU สามารถส่งข้อมูล TC ออกได้ ด้วยการสื่อสารแบบ RS422 จำนวน 3 ช่องทาง ประกอบด้วยช่องทางไปยัง RF SCOPE จำนวน 1 ช่องทาง และ ช่องทาง TC By-pass ไปยัง OBC จำนวน 2 ช่องทาง หรือดีกว่า
- หน่วย TM/TC IPU สามารถส่งข้อมูล TC โดยเข้ารหัสแบบ NRZ-L เป็นอย่างน้อย
- หน่วย TM/TC IPU สามารถตั้งค่าอัตราการส่งข้อมูล TC ได้ดังนี้ 16,000 bps, 32,000 bps, 64,000 bps และ 128,000 bps เป็นอย่างน้อย
- หน่วย TM/TC IPU สามารถรับข้อมูล TM ออกได้ ด้วยการสื่อสารแบบ RS422 จำนวน 3 ช่องทาง ประกอบด้วย ช่องทางจาก RF SCOPE จำนวน 1 ช่องทาง และ ช่องทาง TM By-pass จาก OBC จำนวน 2 ช่องทาง หรือดีกว่า
- หน่วย TM/TC IPU สามารถรับข้อมูล TM ที่เข้ารหัสแบบ NRZ-L เป็นอย่างน้อย
- หน่วย TM/TC IPU สามารถรับข้อมูล TM ที่มีอัตราส่งตั้งแต่ 32 kbps ถึง 4.0 Mbps หรือดีกว่า
- หน่วยทำงานสำหรับผู้ควบคุมมีช่องสื่อสารแบบ LAN อย่างน้อย 2 ช่องทาง โดยช่องหนึ่งสำหรับเชื่อมต่อไปยัง EGSE LAN และอีกช่องทางหนึ่งสำหรับเชื่อมต่อ TM/TC LAN ที่รองรับ SLE เป็นอย่างน้อย
- หน่วยทำงานสำหรับผู้ควบคุมสามารถตรวจสอบการทำงานของอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อต่าง ๆ และแสดงผลการเชื่อมต่อต่าง ๆ หรือดีกว่า
- หน่วยทำงานสำหรับผู้ควบคุมสามารถแสดงผลข้อมูล TM และข้อมูล TC หรือดีกว่า
- หน่วยทำงานสำหรับผู้ควบคุมมีหน่วยความจำ Volatile ไม่น้อยกว่า 4 GB หรือดีกว่า
- หน่วยทำงานสำหรับผู้ควบคุมมีพื้นที่จัดเก็บข้อมูลไม่น้อยกว่า 500 GB ซึ่งการป้องกันการเสียหายของข้อมูลแบบ RAID-1 หรือดีกว่า
- ระบบสามารถเป็น SLE Server ที่รองรับการร้องขอข้อมูล TM แบบ RAF จาก CCS และ MCS ซึ่งเป็น SLE Client ได้พร้อมกันทั้งสองช่องทาง หรือดีกว่า
- ข้อมูล TM ที่ระบบส่งออกแบบ RAF อยู่ในรูปแบบของ TM Frame ซึ่งถอดรหัสออกมาจาก CADU เป็นอย่างน้อย
- ระบบรองรับการรายงานข้อมูลไปยัง CCS ด้วยการส่งข้อมูล TM ที่มี APID เฉพาะของระบบ หรือดีกว่า
- ระบบสามารถตรวจจับและแก้ไขความผิดพลาดในข้อมูล TM แบบ Reed-Solomon Error ดังนี้ Reed-Solomon R-S 255,223 และ interleaving depth I = 5 เป็นอย่างน้อย

ผู้ตรวจงาน ร.วิ. ๕
ท. 11
น.ศิริพร

- ระบบสามารถรายงานคุณภาพข้อมูล TM ได้อย่างน้อยดังนี้ คุณภาพของการ Synchronization, การจำนวนการผิดพลาดแบบ Reed Solomon สะสมที่สามารถกู้คืนได้, และจำนวนการผิดพลาดแบบ Reed Solomon ที่กู้คืนไม่ได้ หรือดีกว่า

- ระบบสามารถเก็บข้อมูล CADU ในหน่วยงานสำหรับผู้ควบคุม หรือดีกว่า
- ระบบสามารถเป็น SLE Server ที่รองรับการร้องขอการส่งข้อมูล TC แบบ fCLTU จาก CCS และ MCS ซึ่งเป็น SLE Client ได้พร้อมกันทั้งสองช่องทาง หรือดีกว่า
- ระบบจะต้องประมวลผลคำสั่ง TC และเริ่มส่งคำสั่ง TC ออกไปภายในระยะ 150 ms หรือดีกว่า
- ระบบรองรับการควบคุมการทำงานจาก CCS ด้วยการรับข้อมูล TC ที่บรรจุข้อ C&C และ APID เฉพาะของระบบ หรือดีกว่า
- มีระบบป้องกันไฟฟ้ากระชาก หรือดีกว่า

1.2 ระบบจำลองสถานีปฏิบัติการดาวเทียมภาคพื้น ต้องมีคุณสมบัติเทียบเท่าหรือดีกว่า ดังนี้

- สามารถทำงานกับฐานข้อมูลดาวเทียมที่อยู่ในรูปแบบของ SCOS2000 MIB ICD7.2 หรือดีกว่า
- สามารถควบคุมการทำงานอัตโนมัติได้ด้วยภาษา Tcl/Tk หรือดีกว่า
- รองรับการพัฒนาสำหรับควบคุมด้วย Graphic User Interface หรือดีกว่า
- สามารถสร้าง Session สำหรับการทดสอบการทำงานของดาวเทียม หรือดีกว่า
- รองรับการสื่อสารด้วยมาตรฐาน Packet Utilization (PUS) ตาม ECSS-E-70-41-C หรือดีกว่า
- ทำงานด้วยระบบปฏิบัติการแบบ 64 bits หรือดีกว่า
- มีระบบป้องกันไฟฟ้ากระชาก หรือดีกว่า

1.3 ระบบแปลงการสื่อสารสำหรับมาตรฐาน SLE ต้องมีคุณสมบัติเทียบเท่าหรือดีกว่า ดังนี้

- สามารถรองรับการสื่อสารด้วย NIS protocol และ SLE Standard ตามมาตรฐาน CCSDS โดยรองรับการสื่อสารด้วย RAF, RCF และ fCLTU หรือดีกว่า
- สามารถทำงานในลักษณะ SLE User หรือ Client สำหรับติดต่อไปยังระบบในข้อ 1.1 ที่ทำตัวเป็น SLE provider หรือ Server หรือดีกว่า
- ทำงานด้วยระบบปฏิบัติการแบบ 64 bits หรือดีกว่า
- มีระบบป้องกันไฟฟ้ากระชาก หรือดีกว่า

1.4 ระบบจอโทรทัศน์สำหรับแสดงผล ต้องมีคุณสมบัติเทียบเท่าหรือดีกว่า ดังนี้

- มีขนาดไม่น้อยกว่า 75 นิ้ว ซึ่งวัดตามแนวทแยง เป็นอย่างน้อย
- ความละเอียดหน้าจอ 3840 x 2160 pixel (4K) เป็นอย่างน้อย
- รองรับช่องสัญญาณ HDMI จำนวน 4 ช่อง เป็นอย่างน้อย
- สามารถแสดงผลภาพทางจากการเชื่อมต่อแบบไร้สาย หรือดีกว่า

1.5 ระบบนาฬิกาดิจิตอล ต้องมีคุณสมบัติเทียบเท่าหรือดีกว่า ดังนี้

- แสดงผลวันที่ ชื่อวันในสัปดาห์ และเวลา หรือดีกว่า
- มีขนาดหน้าจอตัวเครื่องไม่น้อยกว่า 25x38 เซนติเมตร
- มีพื้นที่แสดงผลไม่ต่ำกว่าร้อยละ 50 ของขนาดหน้าจอตัวเครื่อง

9

วิมล
ค. น. นิตย
ชัยชน

1.6 ระบบหน่วยทำงานสำหรับผู้ควบคุมสำรอง ต้องมีคุณสมบัติเทียบเท่าหรือดีกว่า ดังนี้

- สามารถสนับสนุนการทำงานของระบบหลัก โดยเชื่อมโยงกับ CCS หรือ MCS หรือดีกว่า

2. ส่วนสื่อสารและประมวลผลบนดาวเทียม

2.1 ระบบถอดรหัสการสื่อสารตามมาตรฐาน CCSDS ต้องมีคุณสมบัติเทียบเท่าหรือดีกว่า ดังนี้

- รองรับการเชื่อมต่อด้วย SpaceWire ไม่น้อยกว่า 2 ช่องสัญญาณ
- สามารถตั้งค่าการเชื่อมต่อด้วย SpaceWire ได้ความเร็ว 50 Mbit/s ที่ความถี่ 50 MHz หรือดีกว่า
- สามารถส่งข้อมูล Telemetry ตามมาตรฐาน CCSDS ที่มีคุณสมบัติดังต่อไปนี้
 - 1) ส่งออกในรูปแบบแพ็คเกจ CADU หรือดีกว่า
 - 2) สามารถตั้งค่าส่งข้อมูล Telemetry ได้ความเร็วสูงสุดอย่างน้อย 2 Mbit/s ที่ความถี่ 50 MHz หรือดีกว่า
- สามารถรับข้อมูล Telecommand ตามมาตรฐาน CCSDS ที่มีคุณสมบัติดังต่อไปนี้
 - 1) ส่งข้อมูล Telecommand ต่อกับช่องสัญญาณ SpaceWire ในรูปแบบแพ็คเกจ CLTU หรือดีกว่า
 - 2) สามารถตั้งค่ารับข้อมูล Telecommand ได้ความเร็วสูงสุดอย่างน้อย 100kbit/s ที่ความถี่ 50 MHz หรือ

ดีกว่า

2.2 ระบบประมวลผลสำหรับดาวเทียม ต้องมีคุณสมบัติเทียบเท่าหรือดีกว่า ดังนี้

- เป็นระบบประมวลผลที่บรรจุไมโครโพรเซสเซอร์ ซึ่งเป็นโมเดลที่เคยใช้งานจริงในอดีต
- ไมโครโพรเซสเซอร์บนระบบประมวลผล สามารถรองรับค่ารังสีสะสมได้ 300 Krad หรือดีกว่า
- ไมโครโพรเซสเซอร์บนระบบประมวลผล สามารถประมวลผลได้อย่างน้อย 2 แกนประมวลผล หรือดีกว่า
- ตัวประมวลผลรองรับการเชื่อมต่อ SpaceWire ไม่น้อยกว่า 2 ช่องสัญญาณ หรือดีกว่า
- ตัวประมวลผลรองรับการสื่อสารด้วย UART ได้ 2 ช่องสัญญาณ หรือดีกว่า
- ตัวประมวลผลรองรับการเชื่อมต่อด้วย GPIO พร้อมวงจรป้องกัน โดยส่ง Output ได้ 8 ขา เป็นอย่างน้อย และ รับ Input ได้ 4 ขา หรือดีกว่า
- ตัวประมวลผลรองรับการพัฒนาโปรแกรมควบคุมด้วยระบบปฏิบัติการแบบเวลาจริงที่ชื่อว่า Real-Time Executive for Multiprocessor Systems, RTEMS หรือดีกว่า
- ตัวประมวลผล มี SDRAM จำนวน 256 Mbyte หรือดีกว่า
- ตัวบอร์ดสำหรับพัฒนาฯ มี MRAM จำนวน 8 Mbyte หรือดีกว่า

2.3 ระบบเชื่อมต่อสัญญาณแบบ SpaceWire และแปลงสัญญาณ Ethernet สำหรับเชื่อมต่อสัญญาณระบบ Simulator ต้องมีคุณสมบัติเทียบเท่าหรือดีกว่า ดังนี้

- อุปกรณ์เชื่อมต่อสัญญาณรองรับช่องสัญญาณ SpaceWire ได้อย่างน้อย 8 ช่องสัญญาณ หรือดีกว่า
- อุปกรณ์เชื่อมต่อสัญญาณสามารถตั้งค่าอัตราการส่งสัญญาณ SpaceWire ได้ครอบคลุมช่วง 10Mbit/s ถึง 100 Mbit/s หรือดีกว่า
- อุปกรณ์แปลงสัญญาณต้องสามารถรับส่ง ระหว่างการสื่อสารด้วย SpaceWire และ TCP/IP บน Ethernet ได้ หรือดีกว่า
- อุปกรณ์เชื่อมต่อสัญญาณ Ethernet ได้อย่างน้อย 2 ช่องสัญญาณ หรือดีกว่า
- อุปกรณ์แปลงสัญญาณสามารถตรวจจับ และบันทึกเวลาของความผิดพลาดในการสื่อสารได้ หรือดีกว่า

10

2.4 ระบบสายสัญญาณ SpaceWire ต้องมีคุณสมบัติเทียบเท่าหรือดีกว่า ดังนี้

- ต้องมีความยาวไม่ต่ำกว่า 3 เมตร หรือดีกว่า
- ต้องเป็นสายสัญญาณซึ่งรองรับอุปกรณ์ในระบบ Space หรือดีกว่า

2.5 ระบบสำหรับพัฒนา Source Code ต้องมีคุณสมบัติเทียบเท่าหรือดีกว่า ดังนี้

- สามารถเชื่อมต่อกับระบบประมวลผลสำหรับดาวเทียม หรือดีกว่า
- รองรับการพัฒนาาระบบประมวลผลสำหรับดาวเทียมข้างต้น หรือดีกว่า
- มีระบบป้องกันไฟฟ้ากระชาก หรือดีกว่า

2.6 ระบบจอโทรทัศน์สำหรับแสดงผล ต้องมีคุณสมบัติเทียบเท่าหรือดีกว่า ดังนี้

- มีขนาดไม่น้อยกว่า 75 นิ้ว ซึ่งวัดตามแนวทแยง เป็นอย่างน้อย
- ความละเอียดหน้าจอ 3840 x 2160 pixel (4K) เป็นอย่างน้อย
- รองรับช่องสัญญาณ HDMI จำนวน 4 ช่อง เป็นอย่างน้อย
- สามารถแสดงผลภาพทางเชื่อมต่อแบบไร้สาย หรือดีกว่า

3. ส่วนควบคุมการควบคุมการหมุนตัว

3.1. ระบบแปลงสัญญาณ Input / Output ต้องมีคุณสมบัติเทียบเท่าหรือดีกว่า ดังนี้

- รองรับการเชื่อมต่อด้วย RS422 จำนวนไม่น้อยกว่า 14 ช่องสัญญาณ หรือดีกว่า
- รองรับการเชื่อมต่อด้วย SpaceWire ไม่น้อยกว่า 2 ช่องสัญญาณ หรือดีกว่า
- รองรับการสื่อสารด้วย RMAP protocol หรือดีกว่า
- รองรับการแปลงสัญญาณด้วยความเร็ว 1 Mbps หรือดีกว่า

3.2. ระบบ Reaction Wheel ต้องมีคุณสมบัติเทียบเท่าหรือดีกว่า ดังนี้

- รองรับการเชื่อมต่อควบคุมด้วยการสื่อสารแบบ RS422 หรือดีกว่า
- มีมวลไม่มากกว่า 1.55 kg หรือดีกว่า
- สะสมโมเมนตัมเชิงมุมได้ไม่น้อยกว่า 0.65 นิวตัน.เมตร.วินาที (N.m.s) หรือดีกว่า
- ความเร็วในการหมุนครอบคลุมช่วง ± 9000 รอบต่อวินาที หรือดีกว่า
- สร้างทอร์กได้สูงสุดไม่ต่ำกว่าหรือเท่ากับ 20 มิลลินิวตัน.เมตร (mN.m) หรือดีกว่า
- สามารถทำงานด้วยแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 28 โวลต์ หรือดีกว่า

- ต้องมีส่วนป้องกันการรบกวนจากสิ่งแวดล้อมภายนอก (Environmental Protection) ซึ่งมีขนาดไม่ต่ำกว่า 3 m x 4 m ทำด้วยวัสดุ Temper Glass หรือดีกว่า โดยมีระบบ Access Control Gate แบบ Biometric ควบคุมการเข้าถึงระบบ หรือดีกว่า

3.3. ระบบ Fiber Optic Gyroscope ต้องมีคุณสมบัติเทียบเท่าหรือดีกว่า ดังนี้

- รองรับการเชื่อมต่อแบบ RS422 และความหน่วงไม่เกิน 0.001 วินาทีหรือดีกว่า
- วัดความเร็วเชิงมุมได้ครอบคลุมช่วง -499 ถึง +499 องศาต่อวินาที หรือดีกว่า
- มีความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 1 องศาต่อชั่วโมง ณ อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส หรือ ดีกว่า
- ทำงานได้ในช่วงอุณหภูมิ -40 ถึง 65 องศาเซลเซียส หรือดีกว่า

- ทนการกระแทกที่ 7840m/s² (800G) เป็นเวลา 0.5 ms และทนการสั่นที่ 114 m/s² RMS (11.63 G root mean square) ที่ความถี่ 10 ถึง 2000Hz หรือดีกว่า
- เป็นโมเดลที่เคยใช้งานจริงในอวกาศมาก่อน หรือดีกว่า

3.4. ระบบควบคุมและจ่ายพลังงานบนดาวเทียม ต้องมีคุณสมบัติเทียบเท่าหรือดีกว่า ดังนี้

- รองรับพลังงานไฟฟ้าเข้าจากแผงโซลาร์เซลล์ได้อย่างน้อย 3 ช่อง แบบอิสระต่อกันเป็นอย่างน้อย โดยทุกช่องรวมกันทั้งหมดต้องรองรับพลังงานเข้าได้ไม่น้อยกว่า 360 วัตต์ หรือดีกว่า
- มีช่องพิเศษสำหรับรับพลังงานเข้าจากแหล่งพลังงานไฟฟ้า เพื่อการทดสอบในห้องทดลอง อย่างน้อย 1 ช่อง เป็นอย่างน้อย พร้อมระบบแปลงพลังงานไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟในห้องทดลอง หรือดีกว่า
- มีช่องจ่ายพลังงานไฟฟ้าออกเพื่อประจุแบตเตอรี่ และรับพลังงานจากแบตเตอรี่อย่างน้อย 3 ช่อง แบบอิสระต่อกัน โดยรองรับแรงดันได้ครอบคลุมช่วง 22.5 V ถึง 36 V หรือดีกว่า
- มีวงจรพิเศษสำหรับป้องกันการเสียหายเมื่อแหล่งจ่ายมีไฟฟ้าต่ำหรือสูงเกินไป หรือดีกว่า
- รองรับการเชื่อมต่อควบคุมด้วยการสื่อสารแบบ full duplex RS422 ทั้งนี้จะต้องมี 2 ช่องสัญญาณขึ้นไป สำหรับการสลับช่องสัญญาณหากมีช่องใดช่องหนึ่งเสียหาย หรือดีกว่า
- เป็นโมเดลที่เคยใช้งานจริงในอวกาศมาก่อน หรือดีกว่า