

## ความเป็นมา

ด้วยสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (สทอภ.) เป็นหน่วยงานหลักของการสำรวจทรัพยากรธรรมชาติ สภาพภูมิประเทศ สภาพภูมิอากาศ และอื่นๆ จากระยะไกล (Remote Sensing) ด้วยดาวเทียมสำรวจทรัพยากรธรรมชาติ โดยการนำข้อมูลดาวเทียมไปประยุกต์ใช้งานในด้านต่างๆ เพื่อให้บริการแก่หน่วยงานภาครัฐและเอกชน การรับสัญญาณข้อมูลจากดาวเทียมสำรวจต่างๆ ที่ดำเนินการโดยสถานีรับสัญญาณบริเวณเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือเป็นหนึ่งในการกิจกรรมหลักของ สทอภ. ดังนั้นหากระบบที่ใช้ในการรับสัญญาณดาวเทียมเกิดมีความขัดข้องขึ้นจนไม่สามารถทำการรับสัญญาณได้ ก็จะทำให้เกิดความเสียหายกับหน่วยงานขึ้นได้

ปัจจุบันสำนักงานฯ มีระบบการรับสัญญาณรับสัญญาณและผลิตข้อมูลดาวเทียมสำรวจทรัพยากรครอบคลุมแนวกว้างระดับภูมิภาคสำหรับรับสัญญาณข้อมูลดาวเทียม Polar Orbit คือ NOAA 15, 16, 17, 18 และ 19 ย่าน L-Band ใน模式 HRPT (High Resolution Picture Transmission) และดาวเทียม TERRA, AQUA ย่าน X-Band เป็นระบบรับสัญญาณข้อมูลดาวเทียมที่ออกแบบและพัฒนามาจากบริษัทต่างชาติที่ต้องปฏิบัติงานอย่างต่อเนื่องทุกวันหากระบบเกิดปัญหาขึ้นจะไม่สามารถที่จะทำการแก้ไขเบื้องต้นได้และเป็นเหตุให้ระบบไม่สามารถทำการรับสัญญาณได้ การติดต่อกับทางบริษัทผู้ติดตั้งเครื่องรับสัญญาณและรอการเข้ามาแก้ไขอาจทำให้ สทอภ. ลุญเสียโอกาสในการรับสัญญาณ ดังนั้นจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งหาก สทอภ. มีระบบสำรองในการรับข้อมูลดาวเทียม (Redundancy Receiving System) ที่พัฒนาขึ้นมาใช้งานเอง

การมีระบบสำรองในการรับสัญญาณที่พัฒนาขึ้นเองจะช่วยลดการลุญเสียโอกาสในการรับสัญญาณ และช่วยลดความเสียหายในกรณีที่ระบบหลักเกิดใช้งานไม่ได้ โดยระบบสำรองในการรับสัญญาณที่จะทำการพัฒนาขึ้นเองนี้จะมีต้นทุนในการออกแบบพัฒนาที่ต่ำ ในระดับคุณภาพของภาพถ่ายดาวเทียมที่ยอมรับได้ และในเบื้องต้นระบบสำรองในการรับสัญญาณที่จะทำการพัฒนาขึ้นจะเฉพาะเจาะจงกับการรับสัญญาณจากดาวเทียม NOAA 15, 18 และ 19 ย่าน L-Band ใน模式 APT (Automatic Picture Transmission) ซึ่งในที่นี้จะรวมทั้งส่วนของการถอดรหัสสัญญาณที่ได้จากการรับให้อกมาเป็นภาพถ่ายดาวเทียมอีกด้วย เทคโนโลยีที่ใช้ในการพัฒนาระบบดังกล่าวเป็นเทคโนโลยีระดับกลางที่ไม่มีความซับซ้อนสามารถพัฒนาขึ้นมาใช้งานเองได้รวมทั้งสามารถเผยแพร่สู่สาธารณะชนได้อีกด้วย

ซึ่งบทสรุปสุดท้ายที่ทาง สทอภ. จะได้รับจากโครงการวิจัยและพัฒนานี้คือระบบสำรองในการรับสัญญาณจากดาวเทียม NOAA ใน模式 APT ย่านความถี่ VHF 137-138MHz ที่พร้อมการบันทึกและถอดรหัส อกมาเป็นภาพถ่ายดาวเทียมในระดับคุณภาพที่ยอมรับได้ และจะใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาระบบรับสัญญาณสำหรับดาวเทียม NOAA ใน模式 HRPT ย่านความถี่ L-Band ต่อไป

## วัตถุประสงค์

- เพื่อสร้างระบบสำรองในการรับข้อมูลจากดาวเทียม NOAA 15, 18 และ 19 ใน模式 APT ไว้ใช้งานได้ทันทีในกรณีที่ระบบการรับสัญญาณดาวเทียม NOAA ใน模式 HRPT เกิดขัดข้องใช้การไม่ได้

2. เป็นการส่งเสริมวิสัยทัศน์ที่ว่า Delivery Value From Space ของ สหอภ. เนื่องจากระบบดังกล่าวมีค่าใช้จ่ายไม่สูง สามารถติดตั้งและใช้งานตามชุมชนต่างๆ ได้
3. เพื่อเป็นการสร้างงานวิจัยพัฒนาและนำมาระบุกตื้อใช้งานภายในหน่วยงานของ สหอภ. เอง
4. เพื่อเป็นการนำความรู้ด้านการสื่อสารผ่านคลื่นวิทยุ ย่าน VHF มาประยุกต์ใช้งานในการรับสัญญาณดาวเทียมสำราญสภาพภูมิอากาศ (Weather Satellite)
5. เพื่อเสริมสร้างและพัฒนาศักยภาพของการทำงานวิจัยของบุคลากร สหอภ.
6. เพื่อเป็นแนวทางการพัฒนาต่อยอดสำหรับการพัฒนาระบบการรับสัญญาณสำหรับดาวเทียม NOAA ในโหมด HRPT และระบบรับสัญญาณดาวเทียมดวงอื่นๆ ต่อไป

## ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. ศึกษาการทำงานของระบบรับสัญญาณดาวเทียม NOAA ใน Mode APT (Automatic Picture Transmission) ซึ่งทำการรับสัญญาณในย่าน VHF ความถี่ 137.1 – 137.9125 MHz และการ Decode สัญญาณดังกล่าวเพื่อให้ได้เป็นภาพถ่ายดาวเทียม
2. ออกแบบระบบรับสัญญาณระหว่างเครื่องรับวิทยุ (Satellite Receiver) ที่ใช้งานในย่านความถี่ VHF และระบบสายอากาศที่จะใช้งานร่วมกัน
3. เชื่อมต่อระบบรับสัญญาณกับระบบบันทึกสัญญาณที่ใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ PC ผ่านทางการ์ดเสียง (Sound Card) โดยใช้โปรแกรมบันทึกเสียงด้วยโปรแกรม WXtolImg หรือ APTDecoder โดยสัญญาณเสียงได้รับจะเป็นไฟล์เสียงฟอร์แมต .wav file
4. ทดสอบการทำงานของระบบรับสัญญาณ, ระบบบันทึกสัญญาณและระบบสืบค้นข้อมูล
5. ทำการถอดรหัสไฟล์เสียงที่บันทึกได้ให้เป็นภาพถ่ายดาวเทียมด้วยโปรแกรม WXtolImg หรือ APTDecoder
6. ทดสอบระบบการทำงานโดยรวมและนำภาพถ่ายดาวเทียมที่ได้จากการรับสัญญาณดาวเทียม NOAA 15, 18 และ 19 ประยุกต์ใช้งานต่อไป

## ผู้รับผิดชอบโครงการ

- |                              |                        |
|------------------------------|------------------------|
| 1. นายนวัตกรณ์ ไก่แก้ว       | วิศวกร                 |
| 2. นายสิงหา มีหัวโwayne      | พนักงานเทคนิค          |
| 3. นายธีรพัฒน์ บรรกวิจิวัฒน์ | พนักงานบริหารงานทั่วไป |

## ระยะเวลาดำเนินโครงการ

1 กันยายน 2555 – 31 ธันวาคม 2555

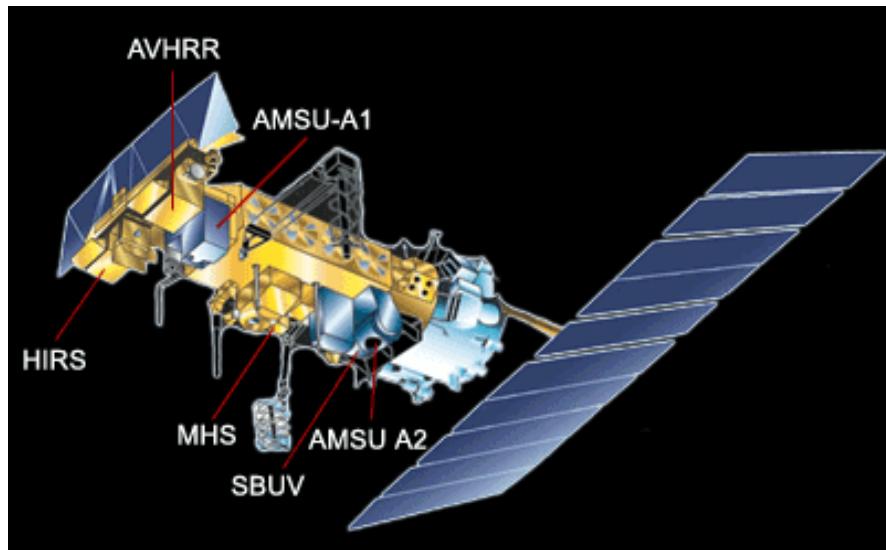
## ประวัติและหลักการทำงานของดาวเทียม NOAA

ประเทศสหรัฐอเมริกา ได้ส่งดาวเทียมเพื่อการอุตุนิยมวิทยาขึ้นสู่อวกาศดวงแรกเมื่อวันที่ 1 เมษายน 2503 ซึ่งว่า TIROS1( Television and Infra-Red Observation Satellite ) ซึ่งเป็นการเริ่มต้นของการใช้ภาพถ่ายจากดาวเทียมเพื่อประโยชน์ในการอุตุนิยมวิทยา ในปัจจุบันประเทศไทยมีหน่วยงานที่ดูแลการใช้ดาวเทียมเพื่อการ อุตุนิยมวิทยาอยู่ 2 หน่วยงานคือ NOAA ( National Oceanic and Atmospheric Administration ) และ SMC ( Air Force Space and Missile Systems Center ) โดย NOAA จะดูแลดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาสำหรับใช้งานทั่วไป ซึ่งมีชื่อว่าดาวเทียม NOAA และดาวเทียม GOES สำหรับ SMC จะดูแลดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาเพื่อใช้ประโยชน์ทางการทหารโดยมีชื่อว่าดาวเทียม DMSP ดาวเทียมวงโคจรทำมีเครื่องมือวัดหลายชนิดและมีอุปกรณ์หลักคือ อุปกรณ์ถ่ายภาพความละเอียดสูง AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer) ซึ่งจะถ่ายภาพด้วยจุดภาพขนาด 1.1 กิโลเมตร รวม 6 ช่องสัญญาณ และส่งสัญญาณกลับมายังโลกในโหมด HRPT (High Resolution Picture Transmission) จะมีความละเอียดของภาพ  $1 \times 1$  ตารางกิโลเมตร ต่อ 1 พิกเซล ความถี่ในการส่งสัญญาณ 1698MHz, 1707MHz อยู่ในย่าน L-Band นอกจากนี้ยังส่งสัญญาณลงมาอีก 2 ช่องสัญญาณที่ความถี่ 137 MHz ย่าน VHF ในโหมด (Automatic Picture Transmission) มีความละเอียดของภาพ  $4 \times 4$  ตารางกิโลเมตร ต่อ 1 พิกเซล

ดาวเทียม NOAA เป็นดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา มีด้วยกัน 3 รุ่น ซึ่งเป็นดาวเทียมที่ใช้ประโยชน์ทางด้านอุตุนิยมวิทยา เช่น ใช้ติดตามกลุ่มเมฆ ประมาณพื้นที่ปกคลุมด้วยหิมะและวัดอุณหภูมิผิวน้ำทะเล รวมถึงไฟป่า ภายหลังสามารถประยุกต์ใช้ในการศึกษาพืชพรรณครอบคลุมโลกได้รายวันในรุ่นแรกซึ่งว่า TIROS ใช้ดำเนินการในปี ค.ศ. 1960-1965 ในรุ่นที่สองซึ่งว่า ITOS ใช้ดำเนินการในปี ค.ศ. 1970-1976 และ Advanced Tiros-N (ATN) เป็นรุ่นที่สามซึ่งเริ่มใช้ในปี ค.ศ. 1978 จนถึงปัจจุบัน ดังที่จะได้นำเสนอในโครงการวิจัยและพัฒนานี้ ซึ่งจะสามารถทำการลดค่าใช้จ่ายในการตั้งสถานีรับสัญญาณดาวเทียมลงได้



รูปที่ 1 แสดงดาวเทียม NOAA-N on-Orbit Configuration



รูปที่ 2 แสดงอุปกรณ์ที่ติดตั้งบนดาวเทียม NOAA

ดาวเทียม NOAA เป็นดาวเทียมที่มีระบบการทรงตัวแบบ Three-axis-Stabilized โดยรอบโลกที่ระยะสูง 830- 870 กิโลเมตร มีวงโคจรแบบสัมพันธ์กับดวงอาทิตย์ (sun synchronous orbit) มีเครื่องรับรู้ (Sensors) ระบบ AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer), HIRS/2 (High Resolution Infrared Radiation Sounder), SSU (Stratospheric Sounding Unit) และ MSU (Microwave Sounding Unit)

อุปกรณ์ถ่ายภาพบนดาวเทียม NOAA คือ Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR) จะทำการถ่ายภาพในช่วงคลื่นตามเห็น (Visible Wavelength) และช่วงคลื่นอินฟารेडความร้อน มีความละเอียดภาพ 1 กิโลเมตร ความกว้างของการถ่ายภาพ 2,600 กิโลเมตร ซึ่งทำงานโดยอาศัยหลักการสะท้อนที่แตกต่างกันของคลื่นโดยมี 6 แบนด์ของความยาวคลื่นที่ประกอบกันเพื่อสร้างภาพที่ต้องการ ซึ่ง 6 แบนด์ของความยาวคลื่นดังกล่าวประกอบไปด้วยตามตารางที่ 1

แบนด์	ช่วงคลื่น ( $\mu m$ )	ความยาวคลื่น	การใช้ประโยชน์
1	0.58 – 0.68	Visible	จำแนกแยกแยะเมฆ ทิศทาง ละลายน้ำแข็ง สำหรับตอนกลางวัน
2	0.725 – 1.00	Near Infrared	จำแนกแยกแยะน้ำบนพื้นดิน ต้นไม้พืชพรรณ และอุณหภูมิบันผิวน้ำทะเล
3A	1.58 – 1.64	Near Infrared	แยกแยะน้ำแข็งกับหิมะ
3B	3.55 – 3.93	Thermal	ไฟป่า แยกแยะเมฆกลางคืน อุณหภูมิพื้นผิว
4	10.30 – 11.30	Thermal	อุณหภูมิผิวน้ำทะเล เมฆกลางคืน ความชื้นของดิน
5	11.50 – 12.50	Thermal	อุณหภูมิผิวน้ำทะเล แยกแยะเมฆกลางคืน

ตารางที่ 1 คุณลักษณะของอุปกรณ์ AVHRR/3 Instrument Sensing

สำหรับระบบการรับสัญญาณดาวเทียมที่จะทำการพัฒนาขึ้นจะเป็นการรับใน Mode APT ซึ่งดาวเทียม NOAA ดวงที่เราจะสามารถรับได้ใน Mode APT ได้นั้น ในปัจจุบันที่ยังใช้งานอยู่ เหลือเพียง 3 ดวงคือ NOAA 15, 18 และ 19 ดังตารางที่ 2

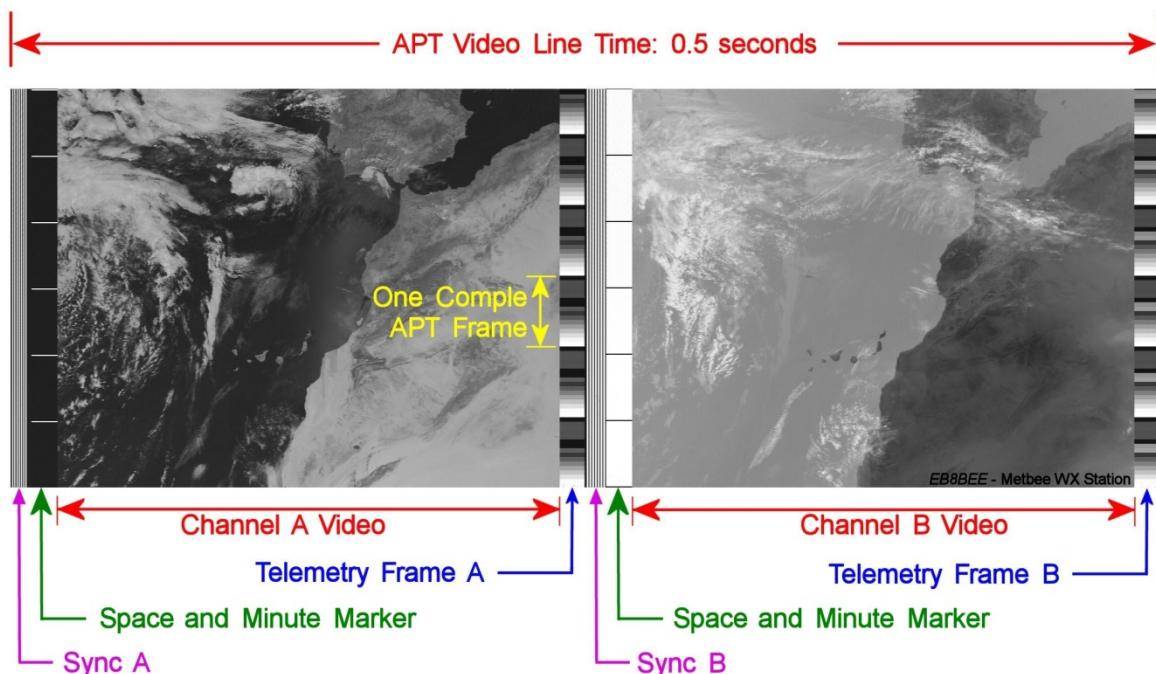
ดาวเทียม	ความถี่ที่ใช้ (Mode APT)	สถานะ
NOAA 15	137.6200 MHz	ON
NOAA 16	137.6200 MHz	OFF ตั้งแต่ 15/11/2000
NOAA 17	137.5000 MHz	ON แต่ปัจจุบันประสบปัญหาเกี่ยวกับ scan mirror sync.
NOAA 18	137.9125 MHz	ON
NOAA 19	137.1000 MHz	ON

ตารางที่ 2 สถานะดาวเทียม NOAA ที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบัน

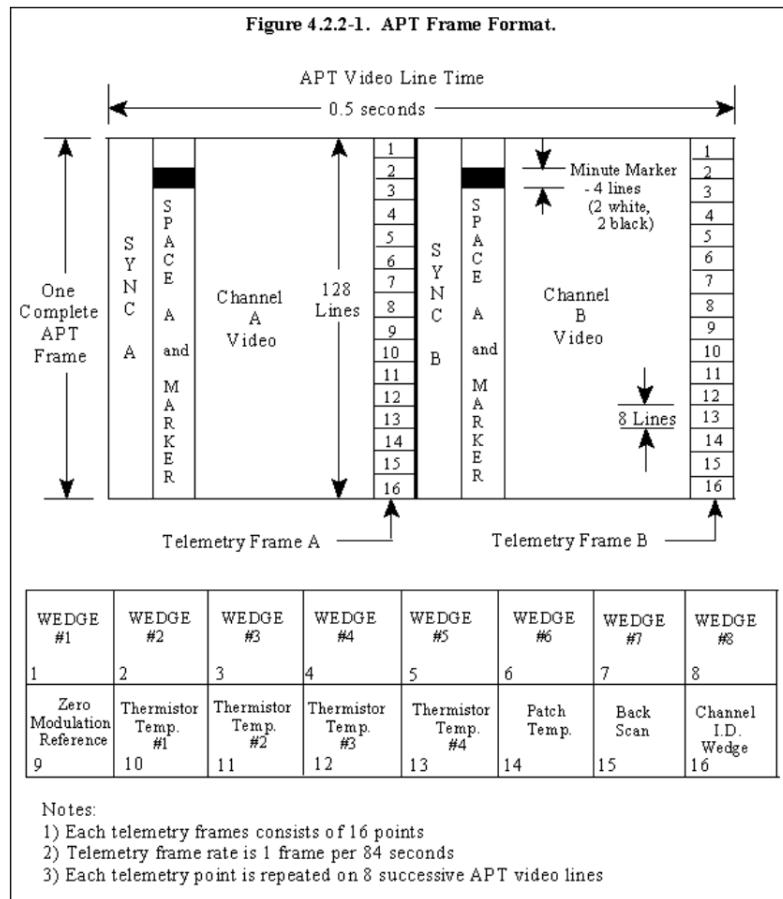
### รายละเอียดของโหมด APT (Automatic Picture Transmission)

การส่งสัญญาณดาวเทียมของดาวเทียม NOAA ในโหมด APT จะส่งข้อมูลลงมา 2 ช่องสัญญาณ ประกอบไปด้วย ช่องสัญญาณ A และ B หรือช่วงคลื่นที่ตามมองเห็น (Visible) และช่วงคลื่นอินฟารेड (Infrared) โดย APT Video Line Time จะเท่ากับ 0.5 วินาที หลังจากนั้นจะเปลี่ยนสัญญาณดิจิตอล เป็นอนาล็อกแล้วมอคูเลตแบบแอมป์ลิจูด (AM) มีแคเรียเท่ากับ 2.4KHz และตามด้วยการมอคูเลตด้วยความถี่ (FM) ส่งมายังสถานีรับสัญญาณภาคพื้นดิน APT Frame Format แสดงดังรูปที่ 3, 4 และ 5

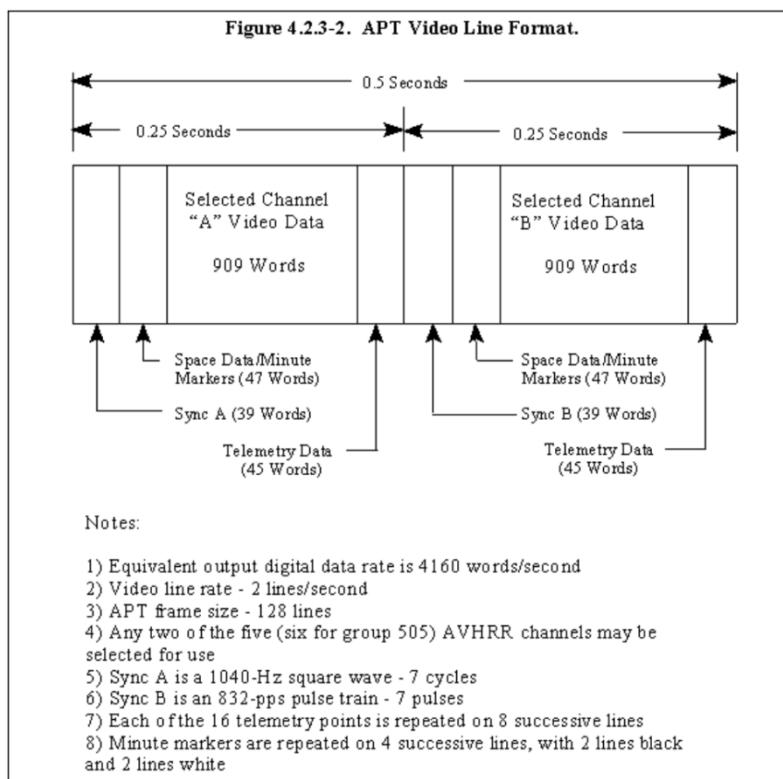
#### APT Frame Format



รูปที่ 3 แสดง APT Frame Format

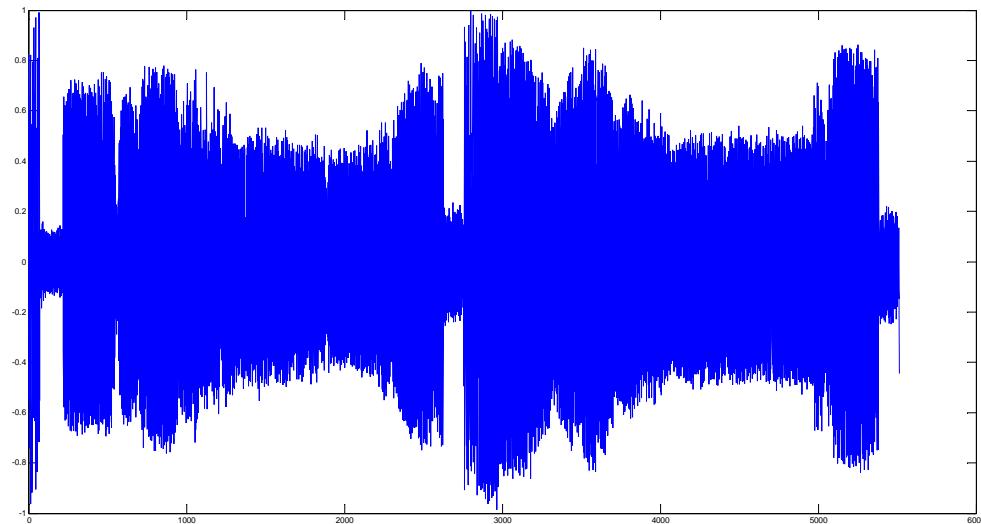


รูปที่ 4 แสดง APT Frame Format

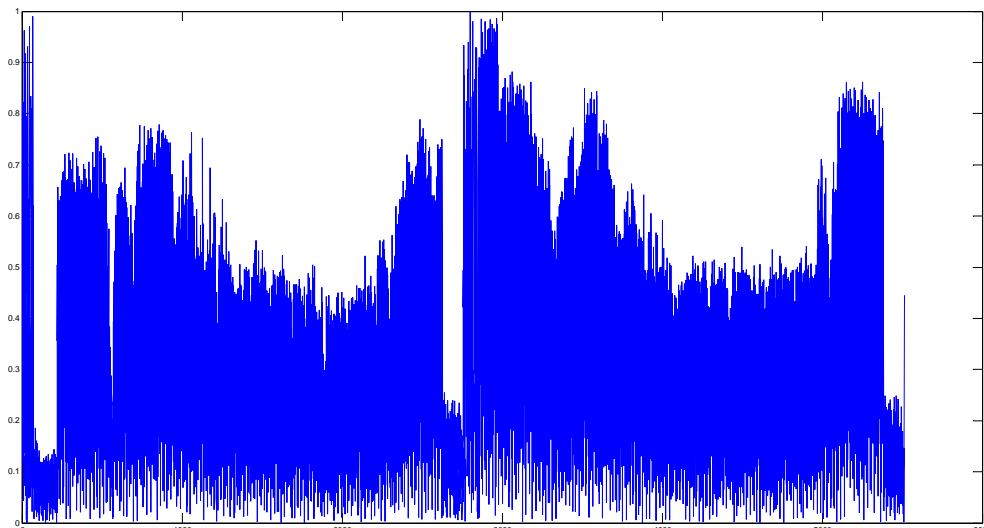


รูปที่ 5 แสดง APT Video Line Format

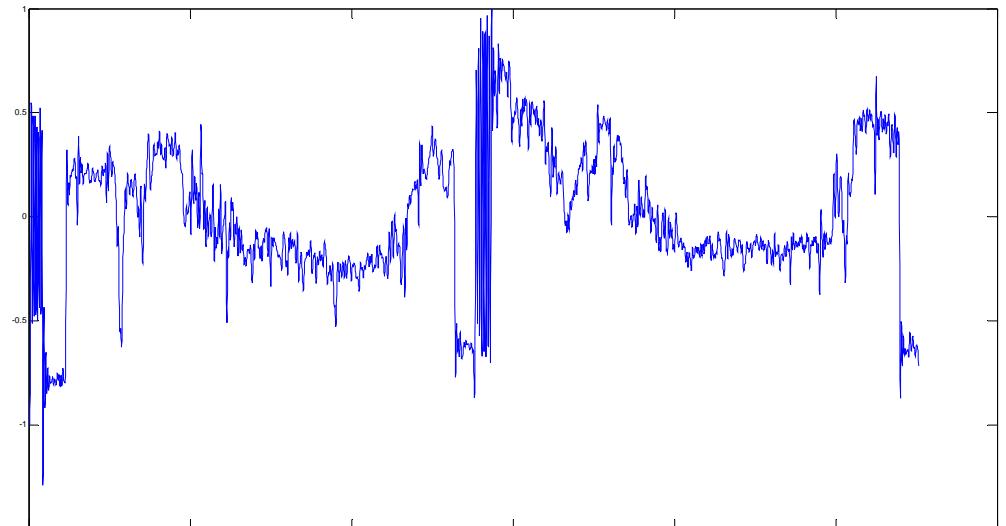
ผลการทดสอบอ่านไฟล์และถอดรหัสสัญญาณเสียงด้วยโปรแกรม MatLab



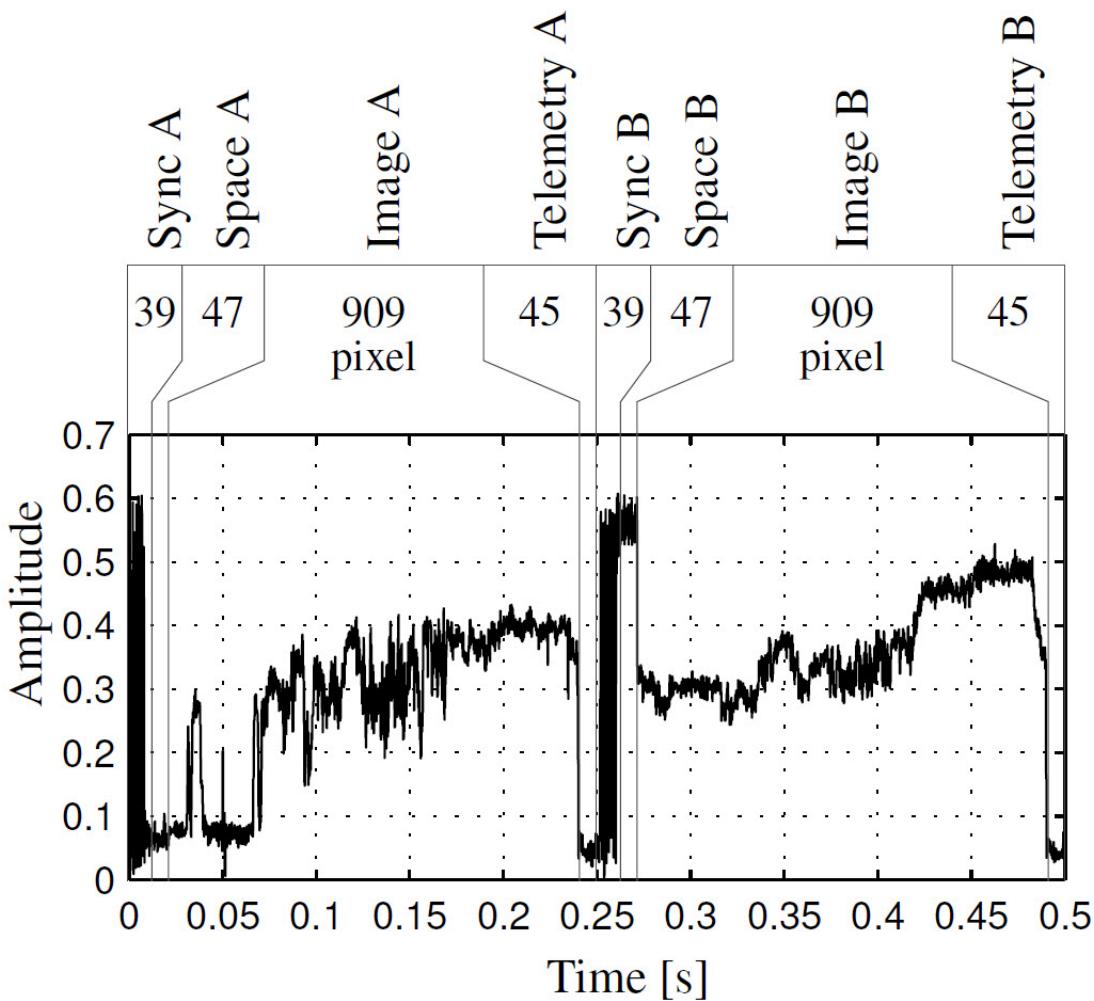
รูปที่ 6 แสดงสัญญาณข้อมูลดาวเทียมในรูปแบบสัญญาณมอคูลเตตแบบแอมป์ลิจูด (AM) ที่ส่งมาจากดาวเทียม



รูปที่ 7 แสดงสัญญาณข้อมูลดาวเทียมในรูปแบบมอคูลเตตแบบแอมป์ลิจูด (AM) ก่อนการถอด carrier ออก



รูปที่ 8 แสดงสัญญาณข้อมูลดาวเทียมที่ถอดรหัสเรียบร้อยแล้ว

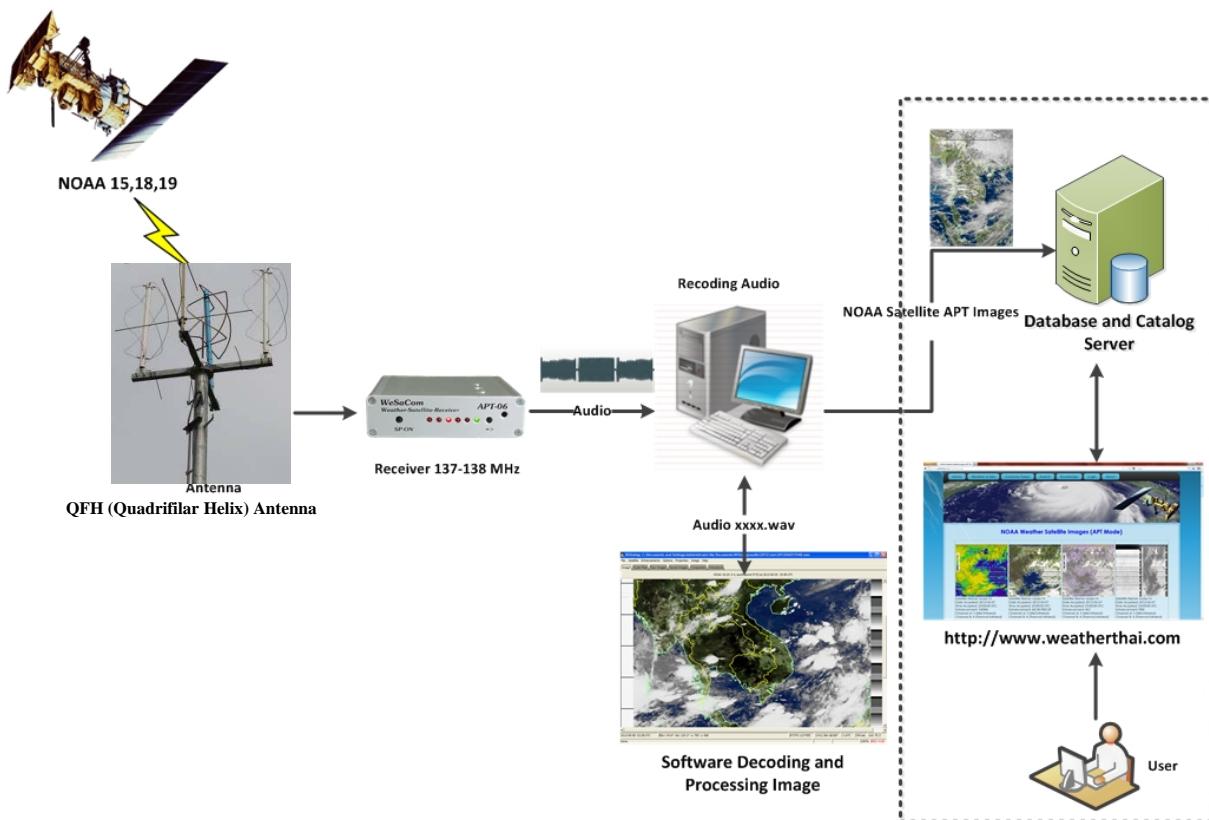


รูปที่ 9 แสดง APT Line Format

### ภาพรวมของระบบรับสัญญาณดาวเทียม NOAA ในโหมด APT

ภาพรวมของระบบที่พัฒนาขึ้นจะทำการรับสัญญาณดาวเทียม NOAA ซึ่งจะส่งสัญญาณความถี่ย่าน VHF 137-138 MHz ในโหมด APT ซึ่งจะใช้แบนด์วิท 30 – 40 kHz (แบนด์วิทในช่วงนี้เป็นแบนด์วิทที่จะให้ผลลัพธ์ในการรับสัญญาณดีที่สุด) ในบางครั้งส่วนของเครื่องรับวิทยุนี้อาจใช้เป็นเครื่องรับวิทยุที่ออกแบบมาเฉพาะสำหรับรับสัญญาณดาวเทียม NOAA ใน Mode APT โดยตรง ซึ่งจะมีคุณลักษณะดังที่กล่าวมา หรือในบางครั้งอาจใช้เครื่องรับวิทยุสื่อสาร (Communication Receiver บางครั้งเรียกว่า Scanner) เช่นในกลุ่มนักวิทยุสมัครเล่น (Amateur Radio) เพื่อรับสัญญาณจากดาวเทียมย่าน 137-138 MHz แต่ประสิทธิภาพในการรับสัญญาณอาจไม่ดีมากนัก เนื่องจากเครื่องรับวิทยุสื่อสารส่วนมากไม่ได้มีแบนด์วิทในช่วง 30 – 40 kHz ยกเว้น scanner บางรุ่นที่อาจมีแบนด์วิทในช่วงดังกล่าวเพื่อวัตถุประสงค์สำหรับการใช้งานกับการรับสัญญาณดาวเทียม NOAA ในโหมด APT ด้วย ก็จะไม่มีผลกับประสิทธิภาพในการรับสัญญาณ ค่าความไวของเครื่องรับ (Receiver Sensitivity) ควรอยู่ในช่วง  $0.2\mu V - 0.25\mu V$

สำหรับดาวเทียม NOAA ที่ส่งความถี่ย่าน VHF 137MHz ในโหมด APT (Automatic Picture Transmission) ความละเอียดของภาพเท่ากับ  $4 \times 4$  km/pixel มีทั้งหมด 5 ดวงคือ ดาวเทียม NOAA 15, 16, 17, 18, 19 แต่เนื่องจากดาวเทียม NOAA 16 ระบบการส่งในโหมด APT มีปัญหาหลังจากปล่อยดาวเทียมได้มีนานทำให้มีความสามารถใช้งานในโหมดดังกล่าวได้ ส่วนดาวเทียม NOAA 17 ระบบ scan mirror synch ในโหมด APT มีปัญหาทำให้มีความสามารถใช้งานได้เช่นกัน ดังนั้นก็จะเหลือดาวเทียมที่ใช้งานในย่างความถี่ดังกล่าวเพียง 3 ดวงเท่านั้น ได้แก่ ดาวเทียม NOAA 15, 18 และ 19 ระบบการรับสัญญาณดาวเทียม NOAA ในโหมด APT ที่พัฒนาขึ้นแสดงดังรูปที่ 10



รูปที่ 10 ระบบการรับสัญญาณดาวเทียม NOAA ในโหมด APT พร้อมระบบบันทึกและสืบค้นข้อมูล

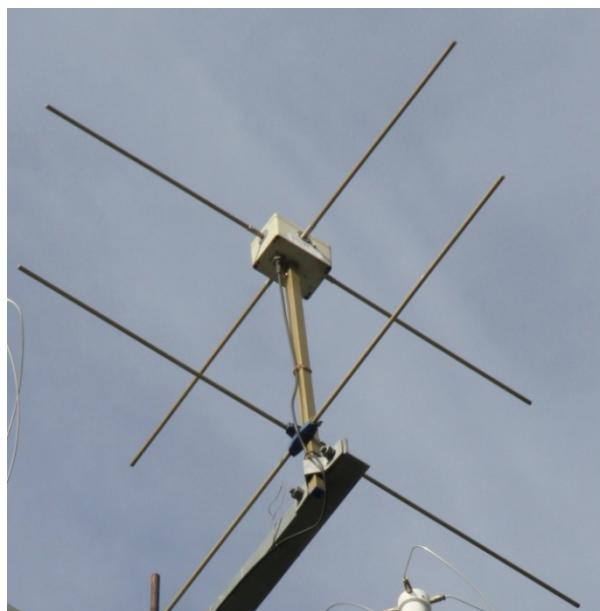
ระบบรับสัญญาณข้อมูลดาวเทียม NOAA ในโหมด APT ประกอบไปด้วย

1. สายอากาศ (Antenna)
2. อุปกรณ์ขยายสัญญาณแบบสัญญาณรบกวนต่ำ (Low Noise Amplifier)
3. สายนำสัญญาณแบบโคแอกเชียล (Coaxial Cable)
4. เครื่องรับวิทยุ (Radio Receiver)
5. คอมพิวเตอร์พร้อมซอฟต์แวร์การรับสัญญาณข้อมูลดาวเทียม
6. โปรแกรมสำหรับถอดรหัสสัญญาณข้อมูลดาวเทียม

## สายอากาศ (Antenna)

สายอากาศเป็นอุปกรณ์ที่เห็นเด่นชัด ที่สุดของสถานีฐาน และ มีความสำคัญมาก เพราะเป็นตัวกำหนด ความสามารถในการรับส่งสัญญาณของระบบรับส่งสัญญาณ โดยทั่วไปแล้วสายอากาศที่มีขนาดใหญ่ จะมีกำลังการขยายดีเพราระมีพื้นที่ในการรับส่งสัญญาณ กว้าง สายอากาศมีหลายชนิด มีหน้าที่ไฟกัสสัญญาณให้ มี ทิศทางเพื่อที่จะเพิ่มความเข้มของสัญญาณในทิศทางที่ต้องการสื่อสาร (คล้ายๆกับเลนซ์บันทึกหน้าที่รวมแสงให้มีความเข้มขึ้น) ความเข้มของสัญญาณที่เพิ่มขึ้นก็คือสัญญาณมีความแรงขึ้นนั่นเอง และเมื่อเราเปรียบเทียบ ความเข้มของสัญญาณที่ได้จากสายอากาศที่ใช้กับสายอากาศแบบรอบทิศทาง (Isotropic Antenna) เราจะ จะได้อัตราขยายกำลังของสายอากาศที่ใช้ ดังนั้นสายอากาศจึงมีส่วนช่วยในการเพิ่มกำลังของสัญญาณในการรับส่ง สัญญาณในทิศทางที่ต้องการ

สายอากาศที่ใช้ในการรับสัญญาณข้อมูลดาวเทียม NOAA ในโหมด APT จะใช้สายอากาศแบบ Quadrifilar Helix (QFH) antenna มี Polarization แบบวงกลมหมุนขวา (Right-Hand Circular Polarization) ซึ่งมีประสิทธิภาพในการรับดีกว่าแบบอื่น และหรือจะใช้สายอากาศแบบ Turnstile Antenna หรือ Double Cross Dipole Antenna ก็ได้ซึ่งสายอากาศดังกล่าวสามารถประกอบได้เองง่ายๆ ไม่ยุ่งยาก ซับซ้อน และหลังจากเมื่อรับสัญญาณดาวเทียมจากสายอากาศดังกล่าวสัญญาณที่รับได้ก็จะนำมาขยาย สัญญาณด้วย Pre-Amplifier เพื่อมีสัญญาณแรงขึ้นก่อนที่สัญญาณจะถูกส่งไปยังเครื่องรับวิทยุ (Radio Receiver) ซึ่งจะทำการรับความถี่ในย่านความถี่ 137.10MHz–137.9125MHz ตามความถี่ของดาวเทียมแต่ละ ดวง สายอากาศต้นแบบที่ใช้ในการรับสัญญาณดาวเทียม NOAA แสดงดังรูปที่ 11



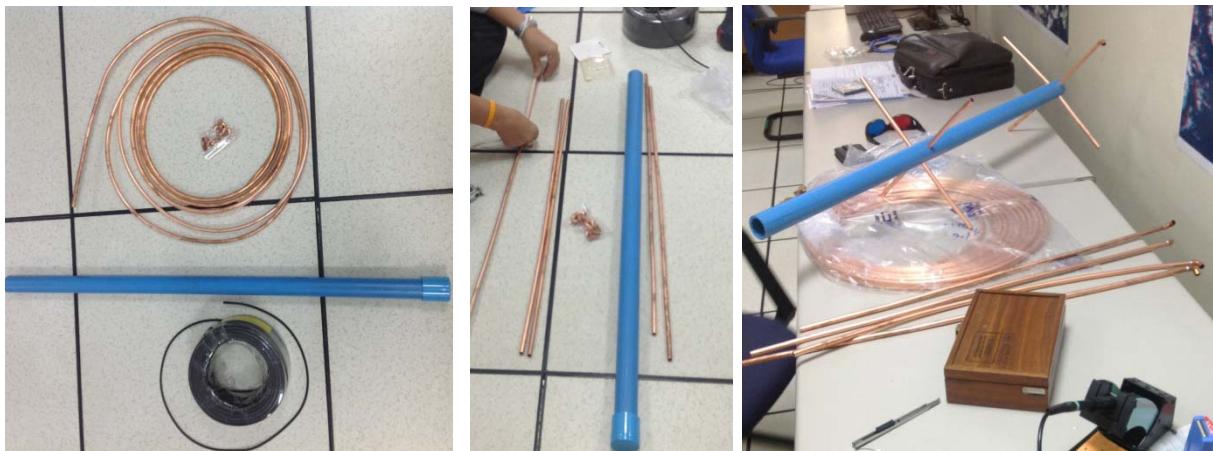
(a) Turnstile Antenna



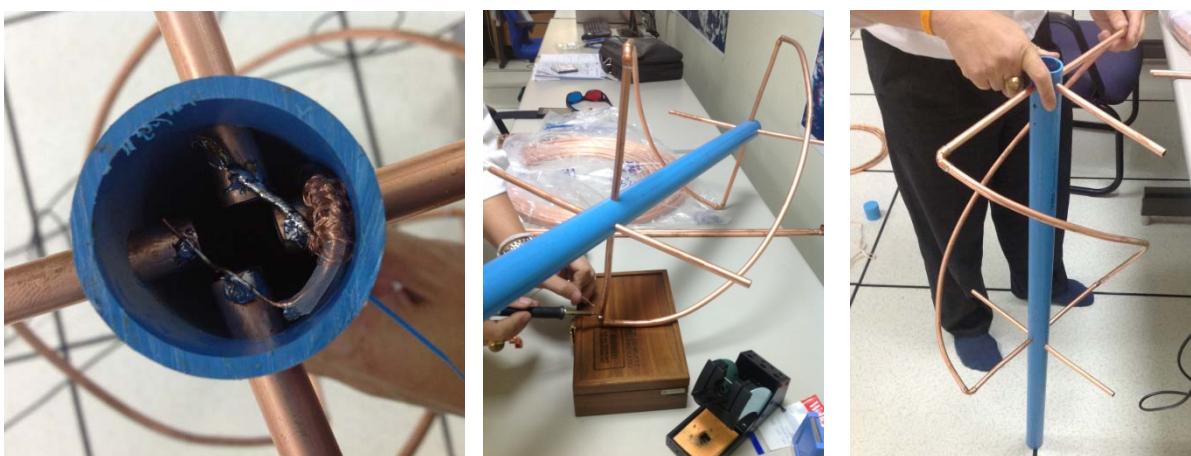
(b) QFH (Quadrifilar Helix Antenna)

รูปที่ 11 แสดงสายอากาศต้นแบบที่ใช้รับสัญญาณดาวเทียม NOAA

## การประกอบสายอากาศแบบ QFH ด้วยตนเองพร้อมทดลองใช้งานจริง



รูปที่ 12 แสดงอุปกรณ์สำหรับประกอบทำสายอากาศแบบ QFH ด้วยตนเอง



รูปที่ 13 แสดงการประกอบสายอากาศแบบ QFH ด้วยตนเอง



รูปที่ 14 แสดงสายอากาศแบบ QFH (Quadrifilar Helix Antenna) ที่ทดลองประกอบด้วยตนเอง



รูปที่ 15 แสดงการติดตั้งสายอากาศ QFHแบบตันแบบกับแบบประกอบด้วยตนเอง

## อุปกรณ์ขยายสัญญาณแบบสัญญาณรบกวนต่ำ (Low Noise Amplifier - LNA)

โดยทั่วไปจะถูกต่อไว้ใกล้กับตัวสายอากาศ LNA เป็นอุปกรณ์ที่กำหนดคุณสมบัติความสามารถในการรับสัญญาณ ชุดขยายสัญญาณนี้มีหน้าที่ขยายสัญญาณวิทยุหรือไมโครเวฟที่รับมาได้จากสายอากาศให้มีความแรงเพิ่มขึ้น โดยให้กำเนิดสัญญาณรบกวนอุกมาก สัญญาณที่เดินทางมาจากภายนอกอย่างไรเมตรจะมีขนาดลดลงอย่างมากและอาจจะมีค่าใกล้เคียงกับสัญญาณรบกวนที่มีอยู่หรือที่วงจรขยายสร้างขึ้นดังนั้นการขยายสัญญาณโดยไม่สร้างสัญญาณรบกวนเพิ่มขึ้นมาจึงมีความสำคัญมากๆ ตัวอย่างชุดขยายสัญญาณแบบสัญญาณรบกวนต่ำ แสดงดังรูปที่ 16



รูปที่ 16 แสดง Low Noise Amplifier สำหรับขยายสัญญาณจากสายอากาศ

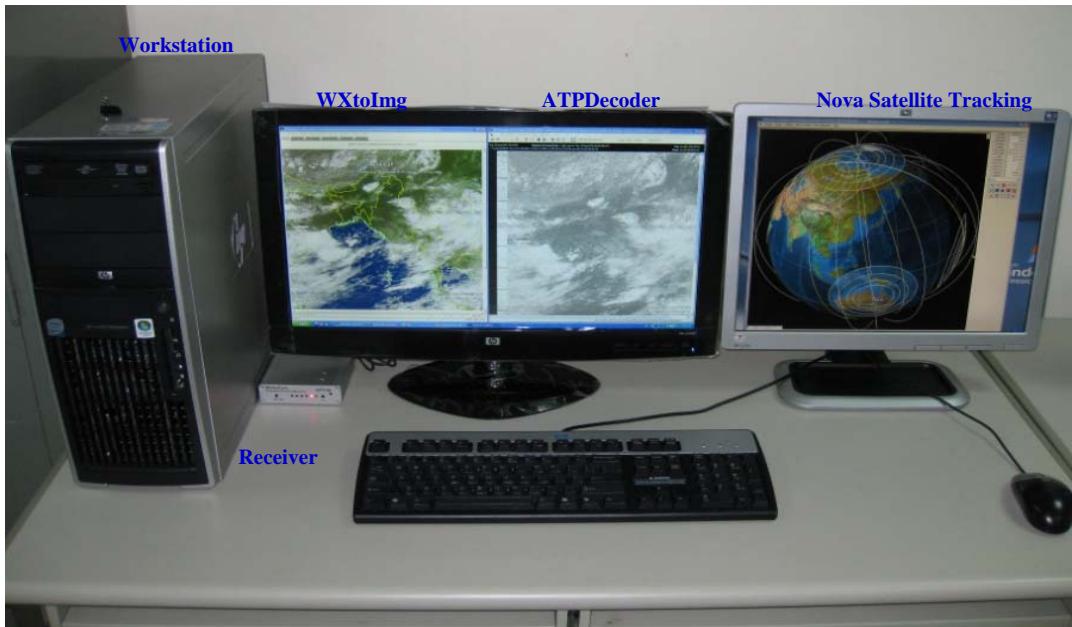
## เครื่องรับวิทยุ (Radio Receiver)

จะทำหน้าที่แยกข้อมูลที่ส่งมา กับสัญญาณดาวเทียม สัญญาณเสียง ส่งให้กับคอมพิวเตอร์ที่มีชาร์ดการ์ด และทำการบันทึกเสียงโดยใช้โปรแกรม WXtoImg หรือ APTDecoder ซึ่งจะทำการบันทึกเสียงที่ได้รับมาโดยอัตโนมัติ พร้อมๆ กับการแปลงสัญญาณเสียงให้เป็นภาพถ่ายดาวเทียม และบันทึกภาพที่ได้เป็นไฟล์รูปภาพ ฟอร์แมต .JPG, PNP และ BMP พร้อมกับอัพโหลดข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมขึ้นเว็บไซต์ให้โดยอัตโนมัติ เครื่องรับวิทยุแสดงดังในรูปที่ 17



รูปที่ 17 แสดงเครื่องรับวิทยุ (Radio Receiver) ที่เป็นเครื่องตั้นแบบ

อุปกรณ์ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ สำหรับการรับสัญญาณดาวเทียม NOAA ในโหมด APT และแสดงดังรูปที่ 18 และ 19



รูปที่ 18 แสดงอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์สำหรับการรับสัญญาณดาวเทียม NOAA ในโหมด APT



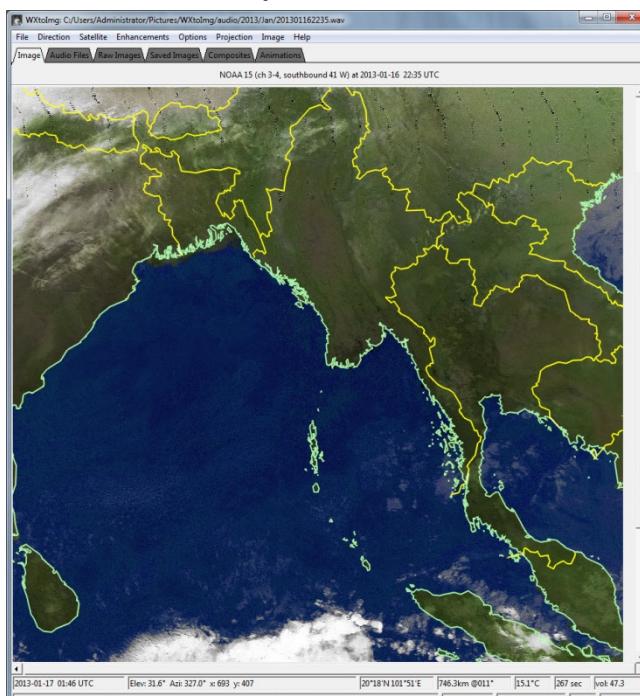
รูปที่ 19 ระบบสืบค้นข้อมูลเว็บไซต์ <http://www.weatherthai.com>

## โปรแกรมถอดรหัสสัญญาณเสียงเป็นข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม

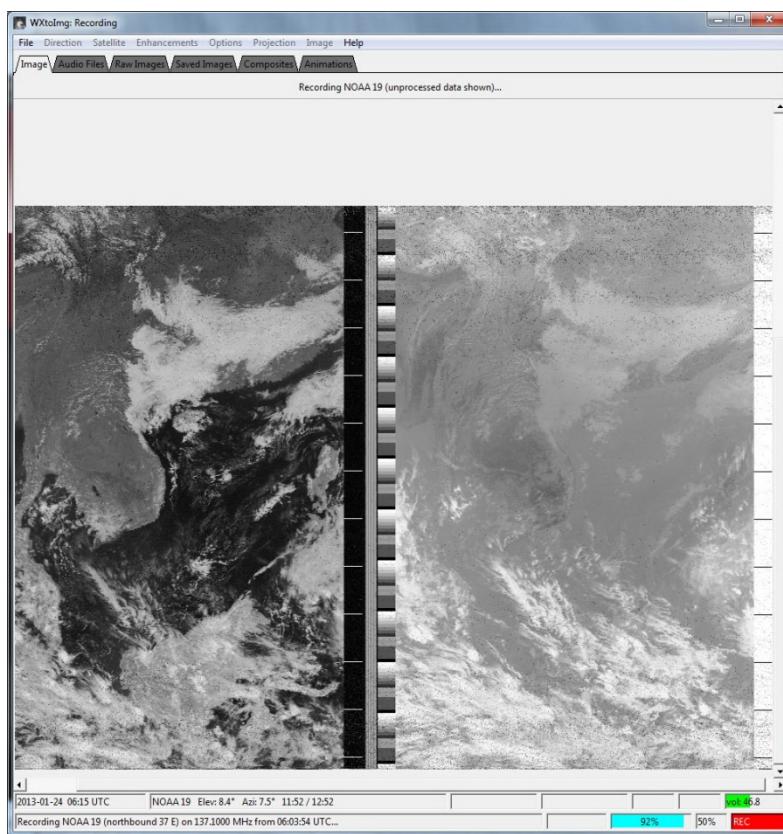
โปรแกรมถอดรหัสสัญญาณเสียงเป็นข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม ทำหน้าที่ถอดรหัสสัญญาณเสียงที่รับมาจากเครื่องรับวิทยุ แล้วทำการถอดรหัสสัญญาณเสียงของมาเป็นข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมโดยใช้โปรแกรม WXtoImg และ APTDecoder ซึ่งในการถอดรหัสนี้สามารถทำได้ทั้งแบบ Real-Time และ Non-Real-Time และสามารถแสดงผลเป็นแบบภาพนิ่ง (Image) หรือเป็นแบบภาพยนตร์ (Movie) ได้หลากหลาย جانวนี้เมื่อได้ภาพถ่ายข้อมูลดาวเทียมแล้วก็ทำการส่งไปเก็บไว้ในฐานข้อมูล เพื่อการสืบค้นข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม ย้อนหลัง ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการวิเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมได้อย่างเป็นระบบ และสามารถนำมาเปรียบเทียบ ทำสถิติปริมาณน้ำฝนได้ หรือเฝ้าระวังภัยพิบัติ เช่น พายุหมุนเขตร้อน พายุไต่ฟุน พายุดีเพรสชัน และอื่นๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

### โปรแกรม WXtoImg

โปรแกรม WXtoImg เป็นโปรแกรมฟรีแวร์ สามารถดาวน์โหลดได้จากอินเตอร์เน็ตเว็บไซต์ <http://www.wxtoimg.com/downloads/> มาทดลองใช้งานได้ฟรีแต่จะถูกจำกัดบางฟังก์ชันการใช้งาน เมื่อต้องการใช้งานในฟังก์ชันอื่นจะต้องเสียเงินซื้อเพิ่มเติม สำหรับบันทึกเสียงที่ได้จากการถอดรหัสด้วยเครื่องรับวิทยุ (Radio Receiver) ให้เป็นไฟล์ฟอร์แมต .WAV (Waveform Audio File Format) แล้วทำการแปลงไฟล์เสียงดังกล่าวเป็นภาพถ่ายดาวเทียม นอกจากระบบที่เรากำหนดพิกัดตำแหน่งของ Ground Station โปรแกรมจะสามารถแสดงตารางการโคจรของดาวเทียมดวงต่างๆ ที่เคลื่อนที่ผ่านผ่านฟ้า ณ ตำแหน่ง Ground Station ของเราระบบที่เราสามารถรับและผลิตสัญญาณข้อมูลดาวเทียมดวงอื่นๆ ได้ เช่น ดาวเทียม Metrosat, GOES, GMS และ MTSAT หากมีเครื่องรับวิทยุและสายอากาศที่รับสัญญาณความถี่ตรงกับดาวเทียมดังกล่าว โปรแกรม WXtoImg แสดงดังรูปที่ 20



รูปที่ 20 แสดงหน้าตาโปรแกรม WXtoImg ที่ใช้สำหรับการบันทึกเสียงถอดรหัสสัญญาณเป็นภาพ



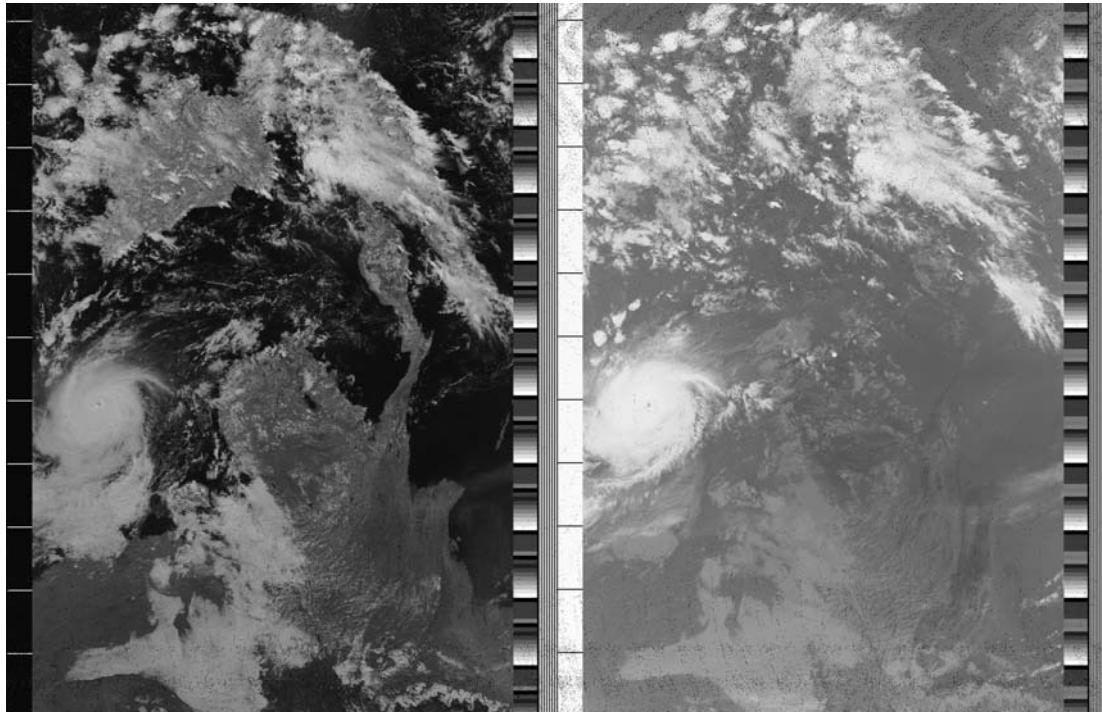
รูปที่ 21 แสดงโปรแกรม WXtoImg ขณะรับสัญญาณดาวเทียม NOAA 19

Satellite passes for Bangkok, Thailand (13°43'N 100°30'E) while above 8.0 degrees with a maximum elevation (MEL) over 20.0 degrees from 2013-01-25 00:40:15 SE Asia Standard Time (2013-01-24 17:40:15 UTC).							
2013-01-24 UTC							
Satellite	Dir	MEL	Long	Local Time	UTC Time	Duration	Freq
NOAA 19	S	62E	104E	01-25 01:41:48	18:41:48	11:37	137.1000
NOAA 18	S	63W	97E	01-25 03:42:23	20:42:23	11:39	137.9125
NOAA 15	S	36W	92E	01-25 05:41:12	22:41:12	10:22	137.6200
2013-01-25 UTC							
Satellite	Dir	MEL	Long	Local Time	UTC Time	Duration	Freq
NOAA 17	S	74W	99E	01-25 07:16:42	00:16:42	11:17	137.5000
NOAA 19	N	28E	111E	01-25 12:54:32	05:54:32	10:13	137.1000
NOAA 19	N	22W	87E	01-25 14:35:32	07:35:32	9:17	137.1000
NOAA 18	N	59E	104E	01-25 14:54:06	07:54:06	11:40	137.9125
NOAA 15	N	82E	101E	01-25 16:46:14	09:46:14	11:25	137.6200

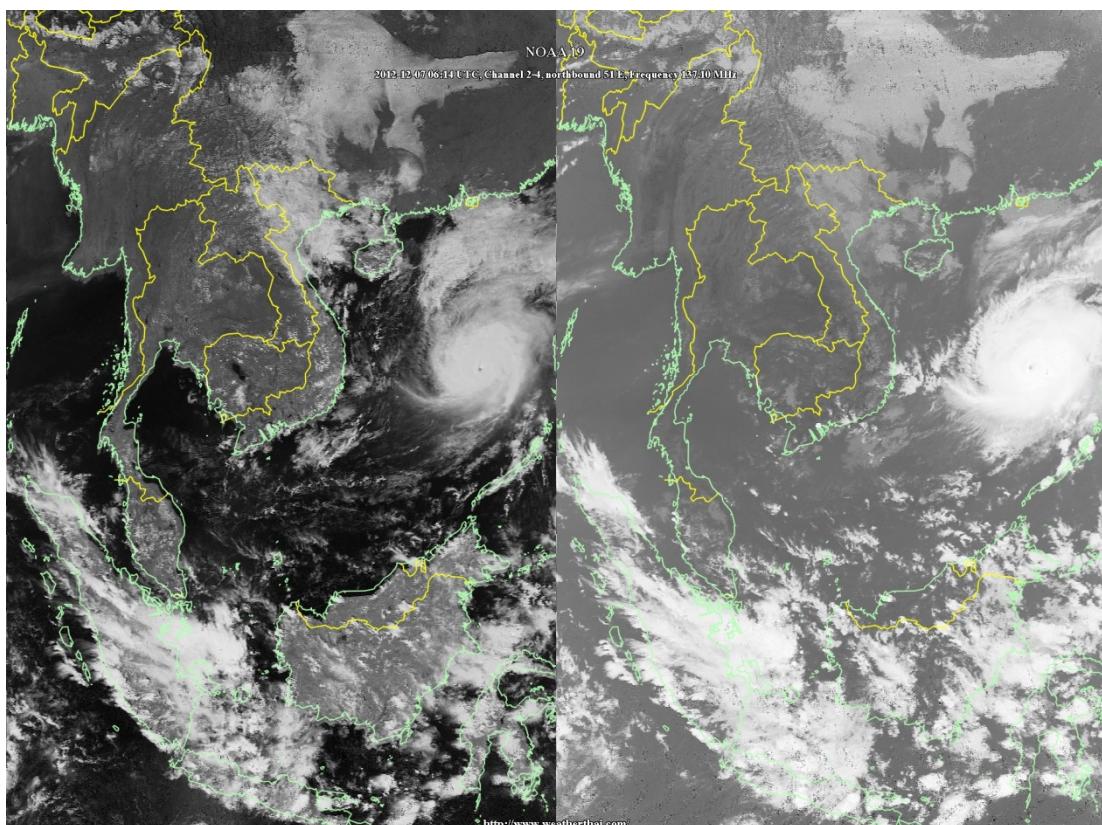
รูปที่ 22 ตารางแสดงการโคจรของดาวเทียมที่ผ่านประเทศไทย

จากรูปจะเห็นได้ว่าช่วงเวลาที่สามารถทำการรับสัญญาณดาวเทียมจะมีช่วงเวลาประมาณ 10-11 นาทีและจำนวนครั้งที่จะทำการรับได้คือประมาณ 2-3 ครั้ง ต่อ 1 ดาว ต่อ 1 วัน และสามารถคำนวณล่วงหน้าได้มากถึง 1 เดือน

## ภาพถ่ายดาวเทียม NOAA ในโหมด APT Enhancement โดยโปรแกรม WXtoImg

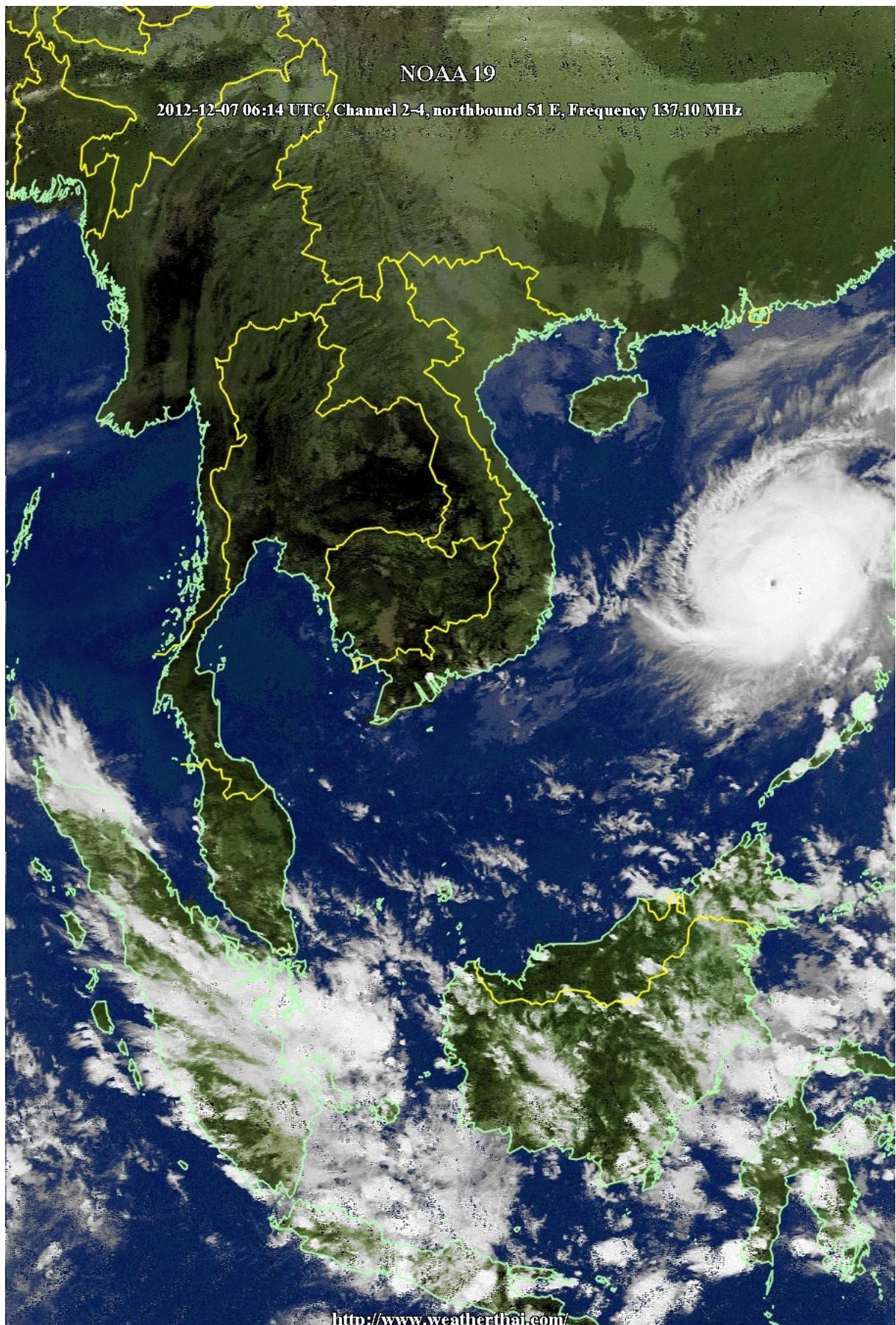


รูปที่ 23 แสดงภาพถ่ายดาวเทียมในโหมด Pristine

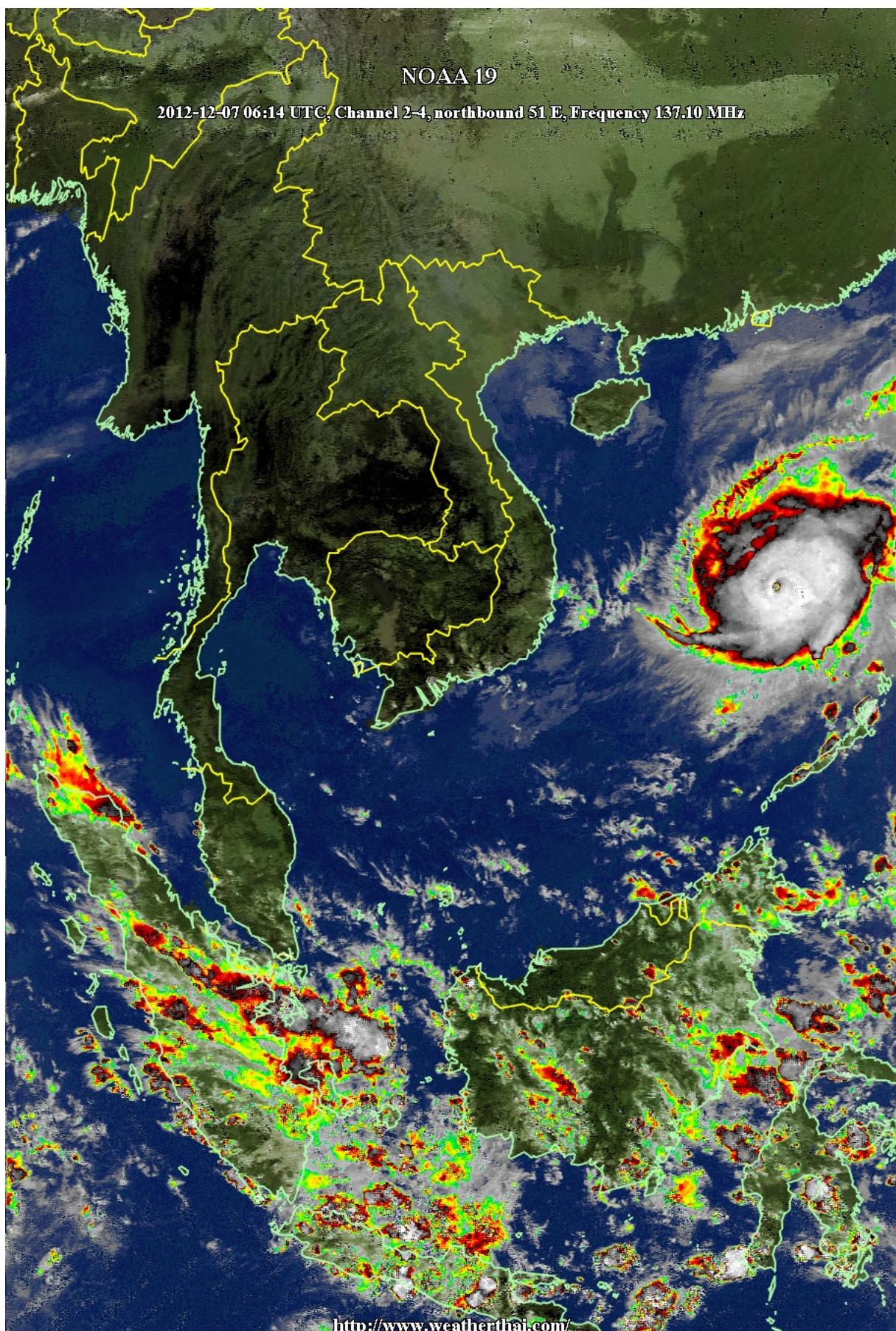


รูปที่ 24 แสดงภาพถ่ายดาวเทียมในโหมด Contrast

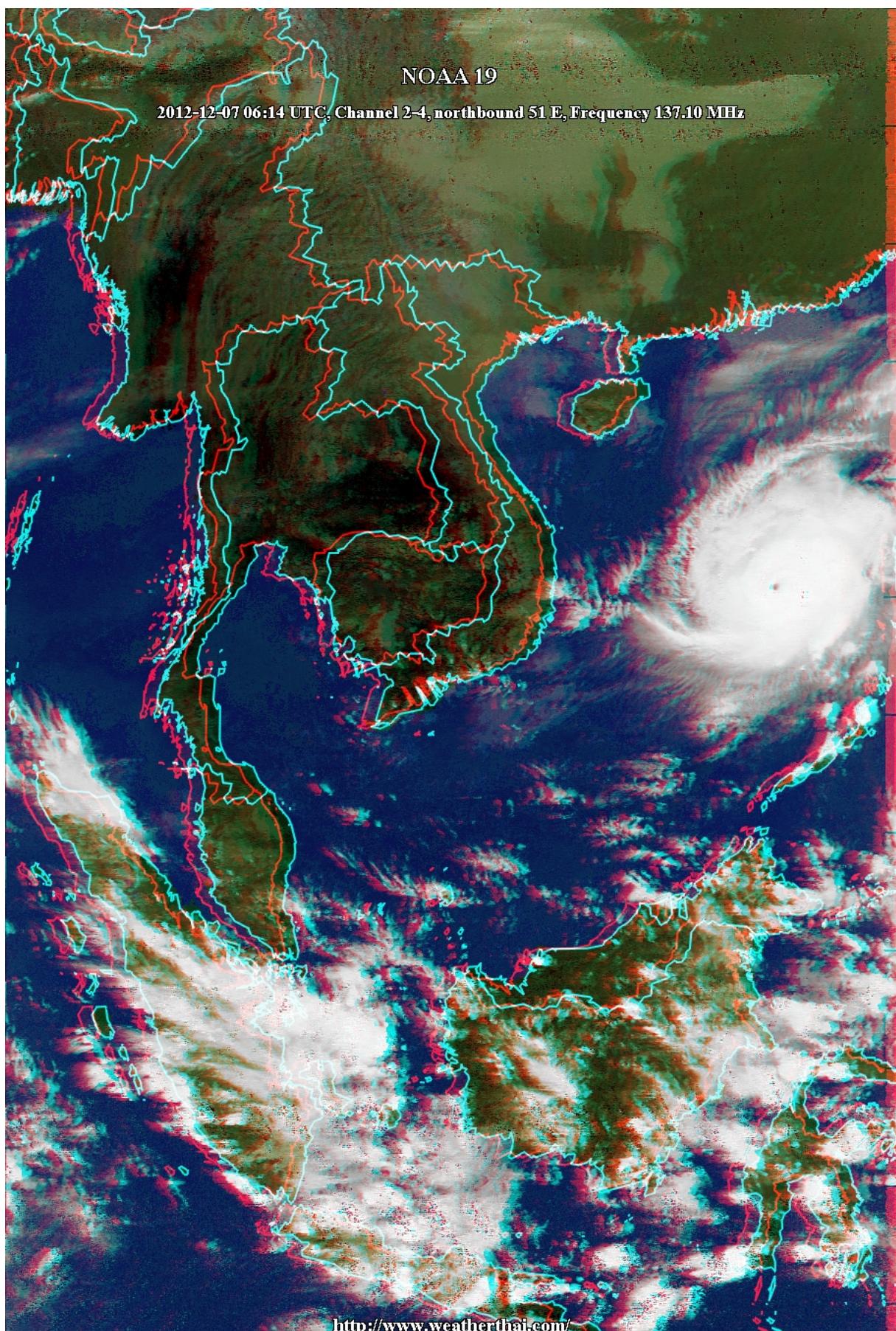
ภาพถ่ายดาวเทียมตามรูปที่ 23 และ 24 เป็นภาพถ่ายดาวเทียมต้นฉบับที่ส่งมาจากดาวเทียมก่อนที่จะทำการ Enhancement ให้เป็นโหมดต่าง ๆ โดยมีจำนวน 2 ช่องสัญญาณ ตาม APT Frame Format



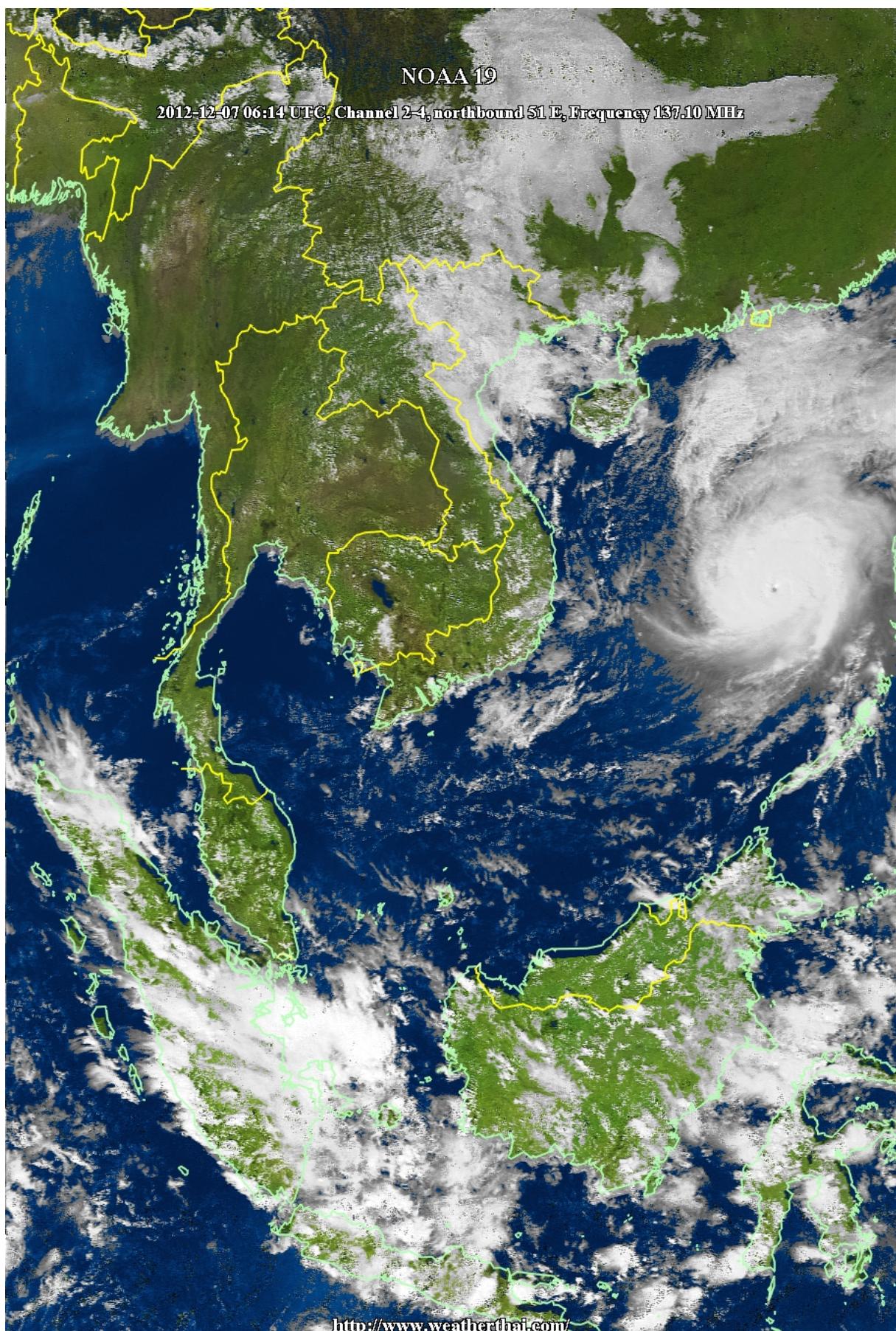
รูปที่ 25 แสดงภาพถ่ายดาวเทียมในโหมด MCIR (Map Coloured IR)



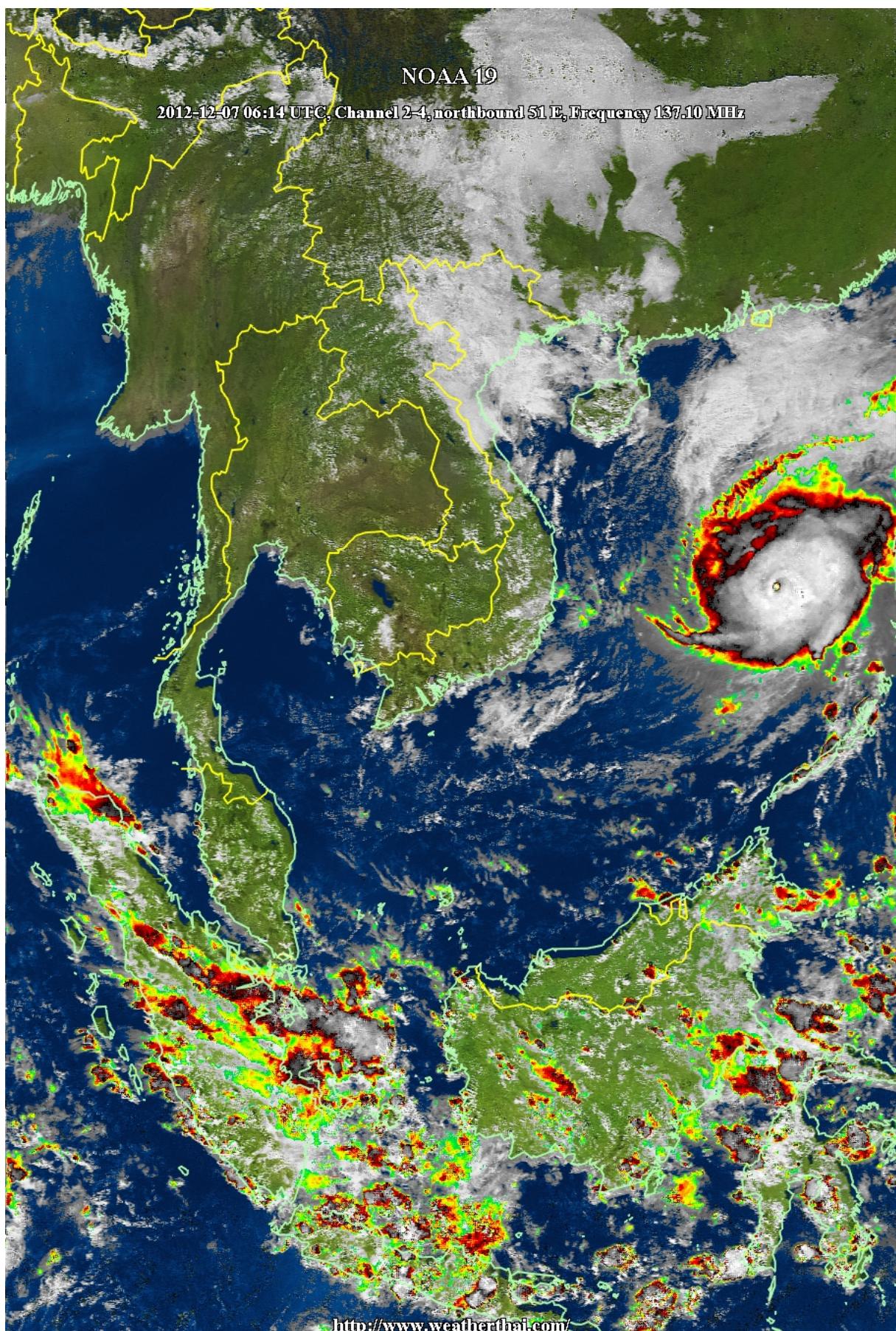
รูปที่ 26 แสดงภาพถ่ายดาวเทียมในโหมด MCIR (Map Coloured IR with Precipitation (หยาดน้ำฝน)



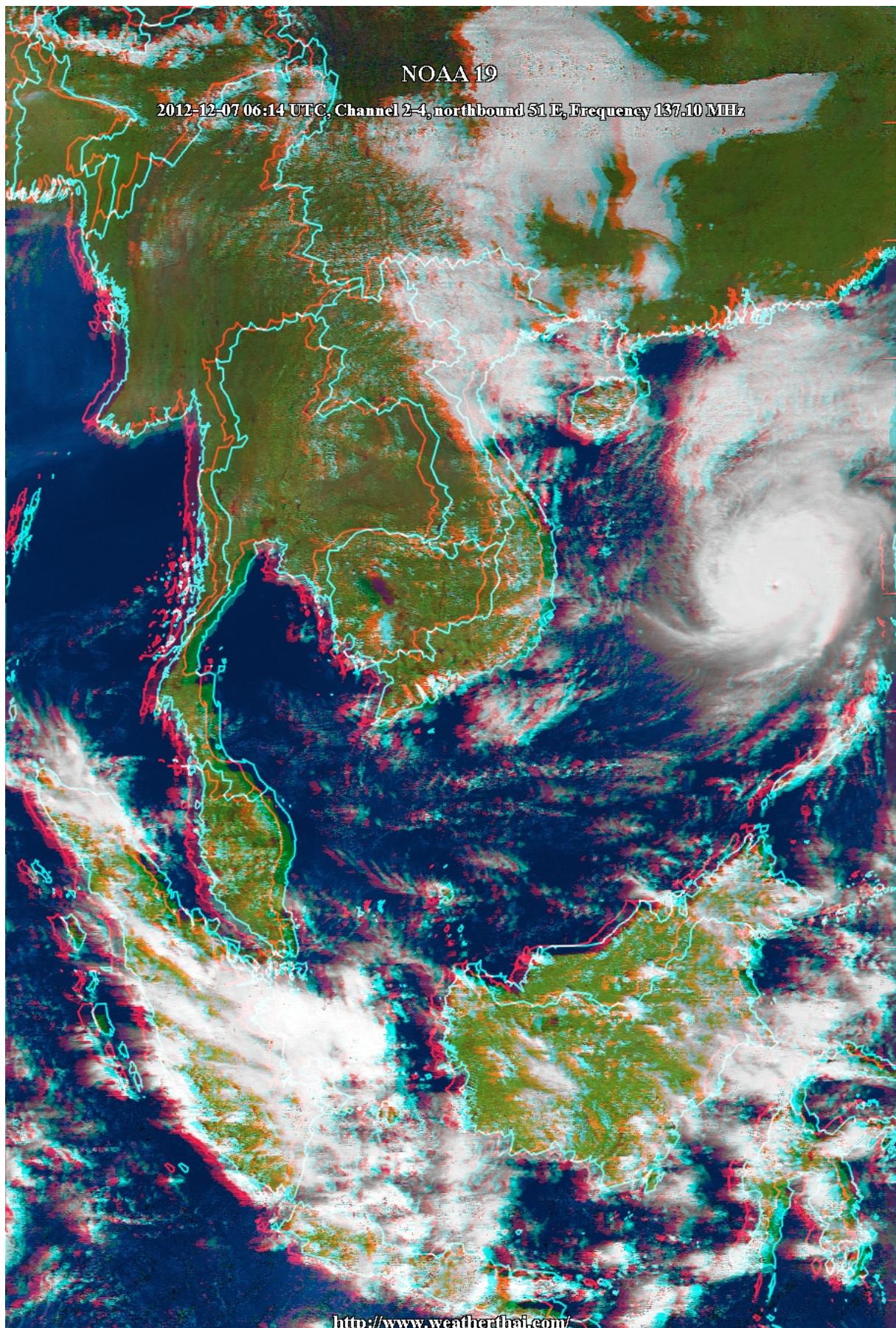
รูปที่ 27 แสดงภาพถ่ายดาวเทียมในโหมด MCIR anaglyph false 3-D (ภาพถ่ายดาวเทียม 3 มิติ)



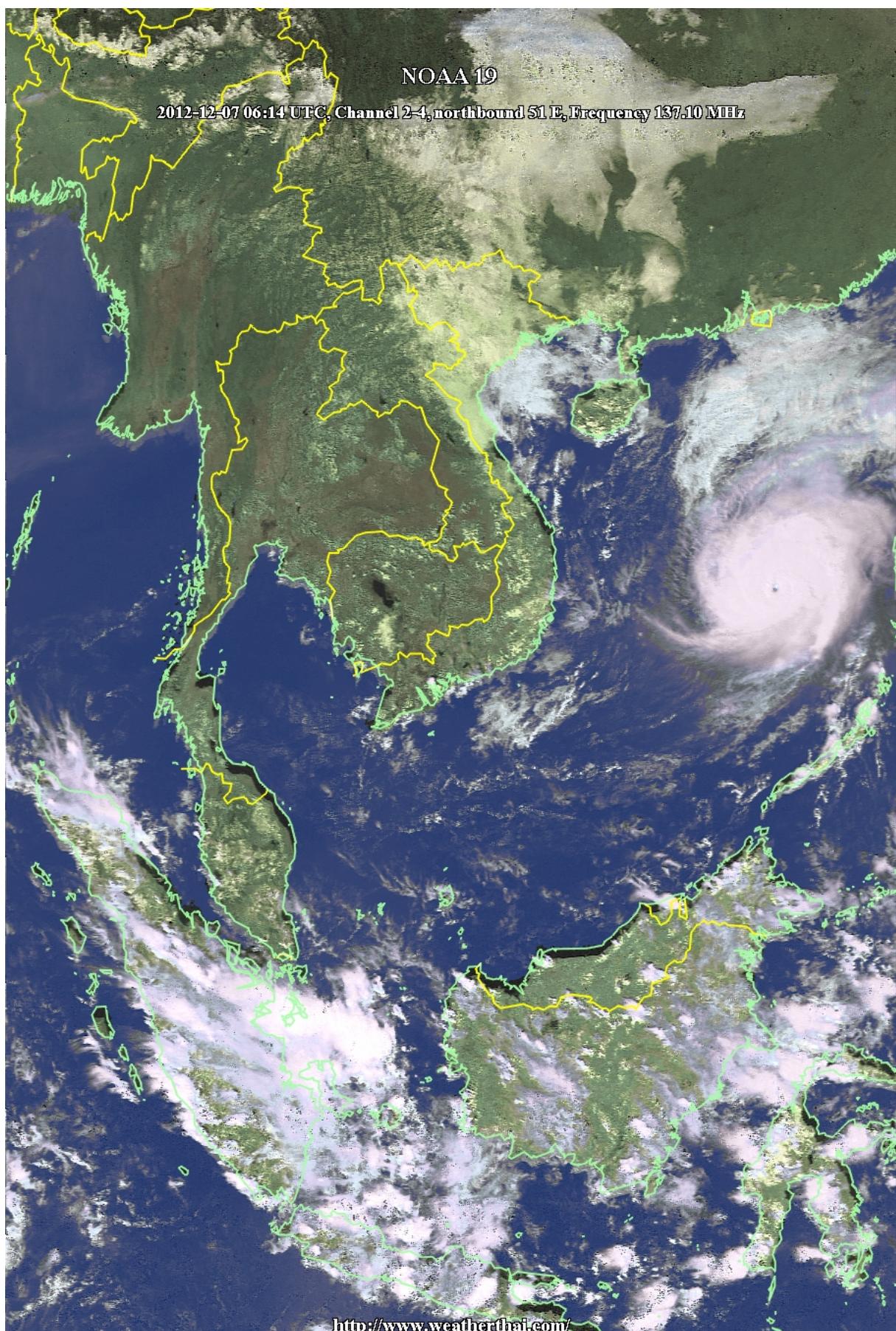
รูปที่ 28 แสดงภาพถ่ายดาวเทียมในโหมด MSA (Multi Spectral Analysis) (ความหนาแน่นของเมฆ)



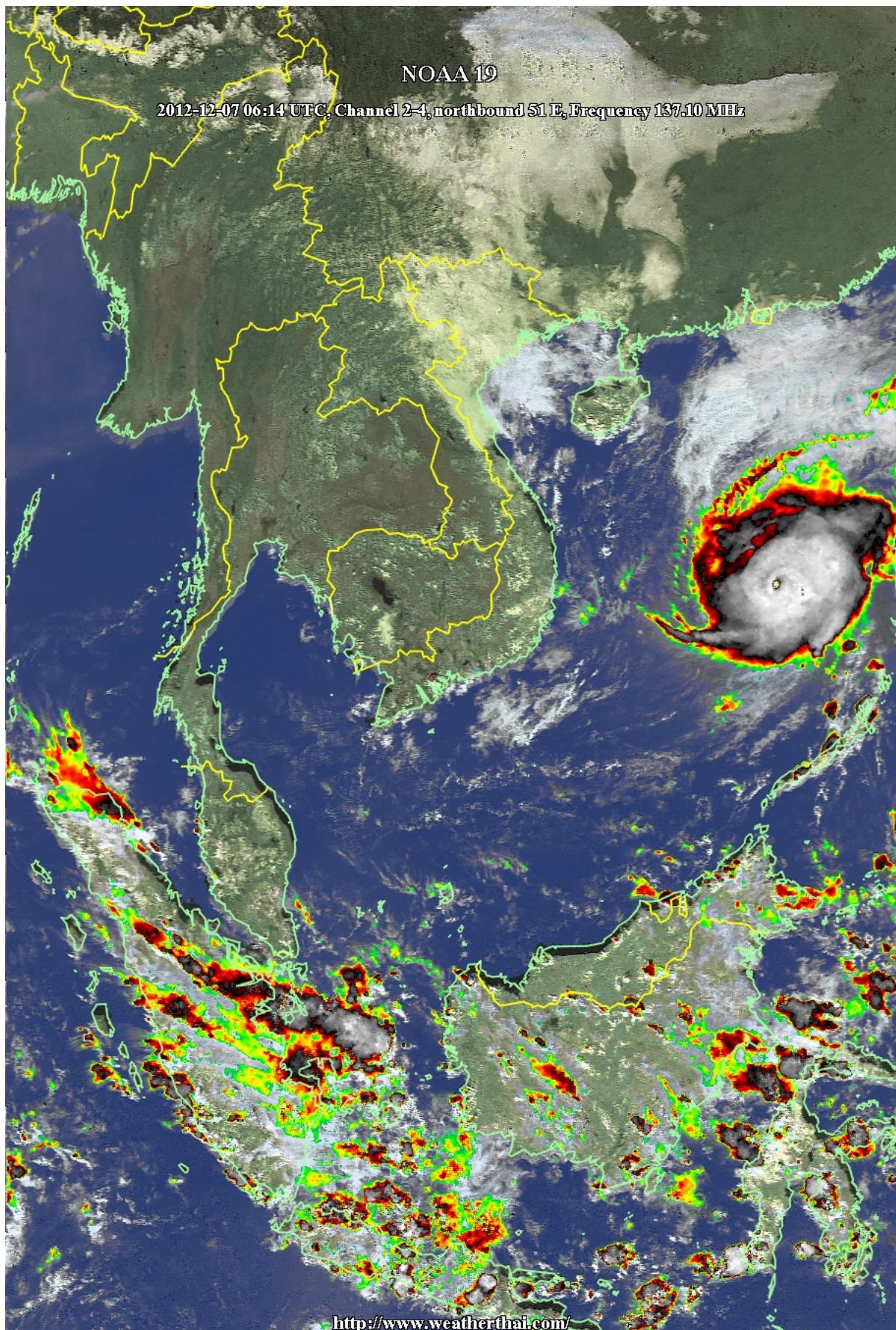
รูปที่ 29 แสดงภาพถ่ายดาวเทียมในโหมด MSA (Multi Spectral Analysis with Precipitation)



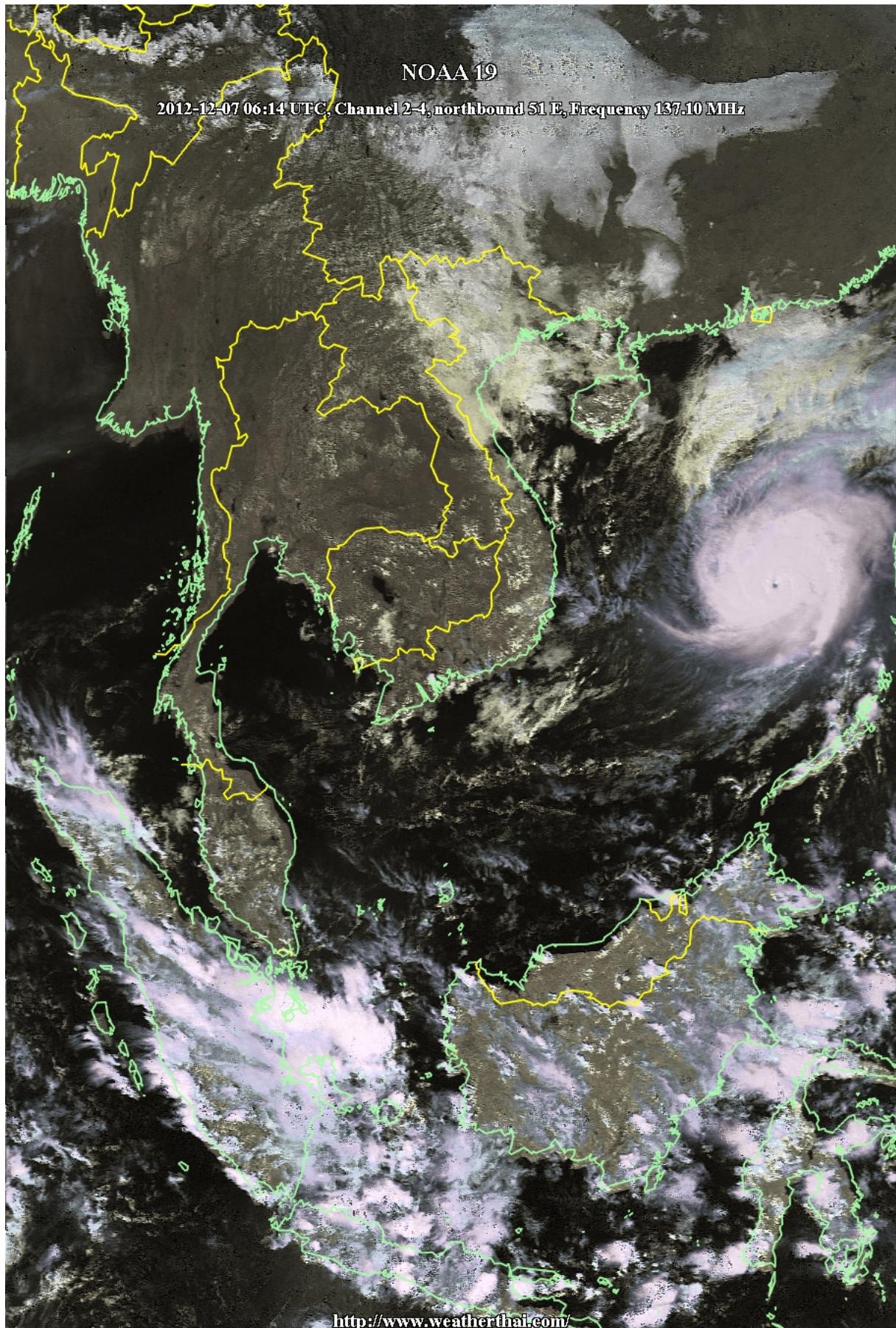
รูปที่ 30 แสดงภาพถ่ายดาวเทียมในโหมด MSA anaglyph false 3-D (ภาพถ่ายดาวเทียม 3 มิติ)



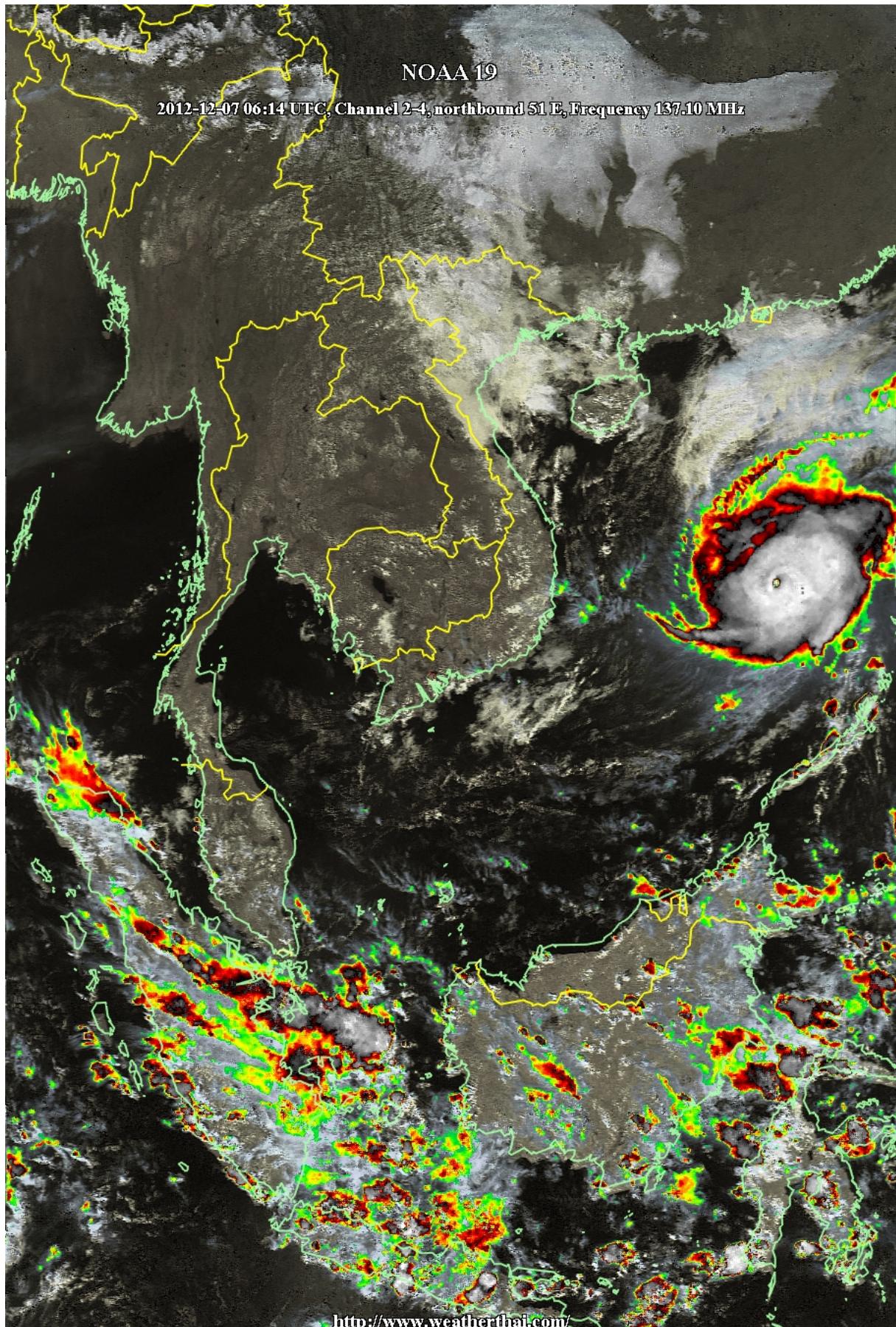
รูปที่ 31 แสดงภาพถ่ายดาวเทียมในโหมด HVCT false-coloured



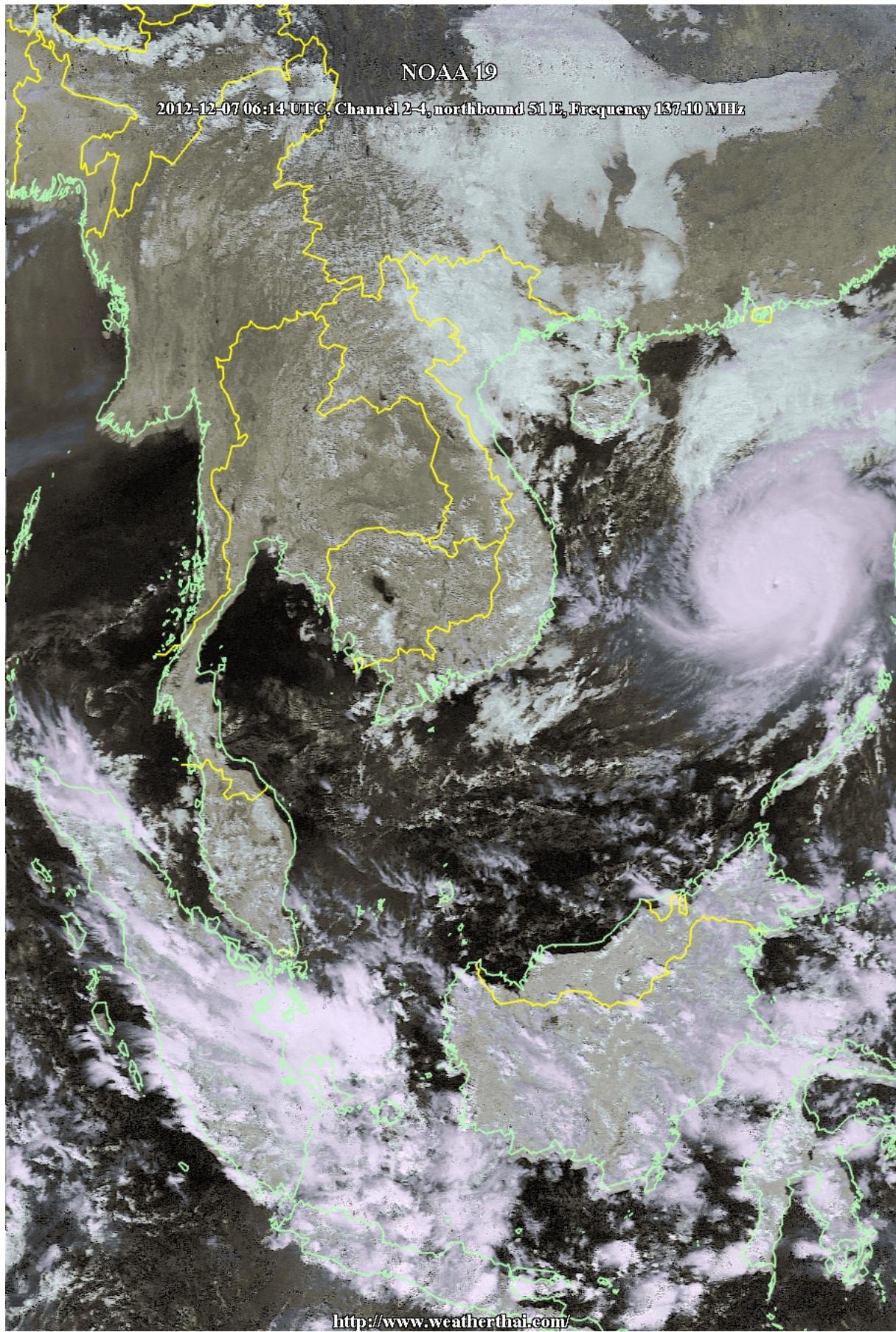
รูปที่ 32 แสดงภาพถ่ายดาวเทียมในโหมด HVCT with precipitation



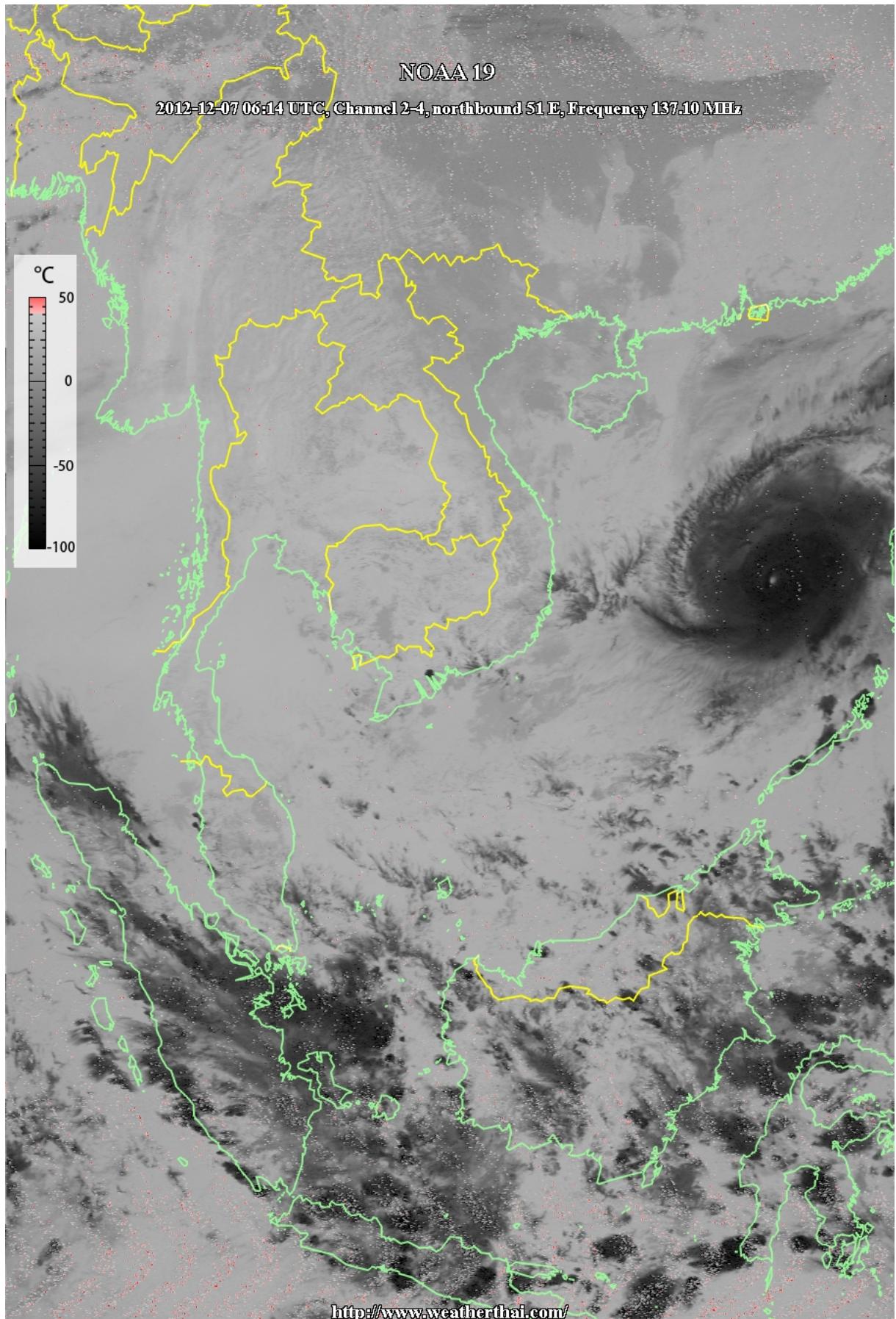
รูปที่ 33 แสดงภาพถ่ายดาวเทียมในโหมด HVC false-coloured



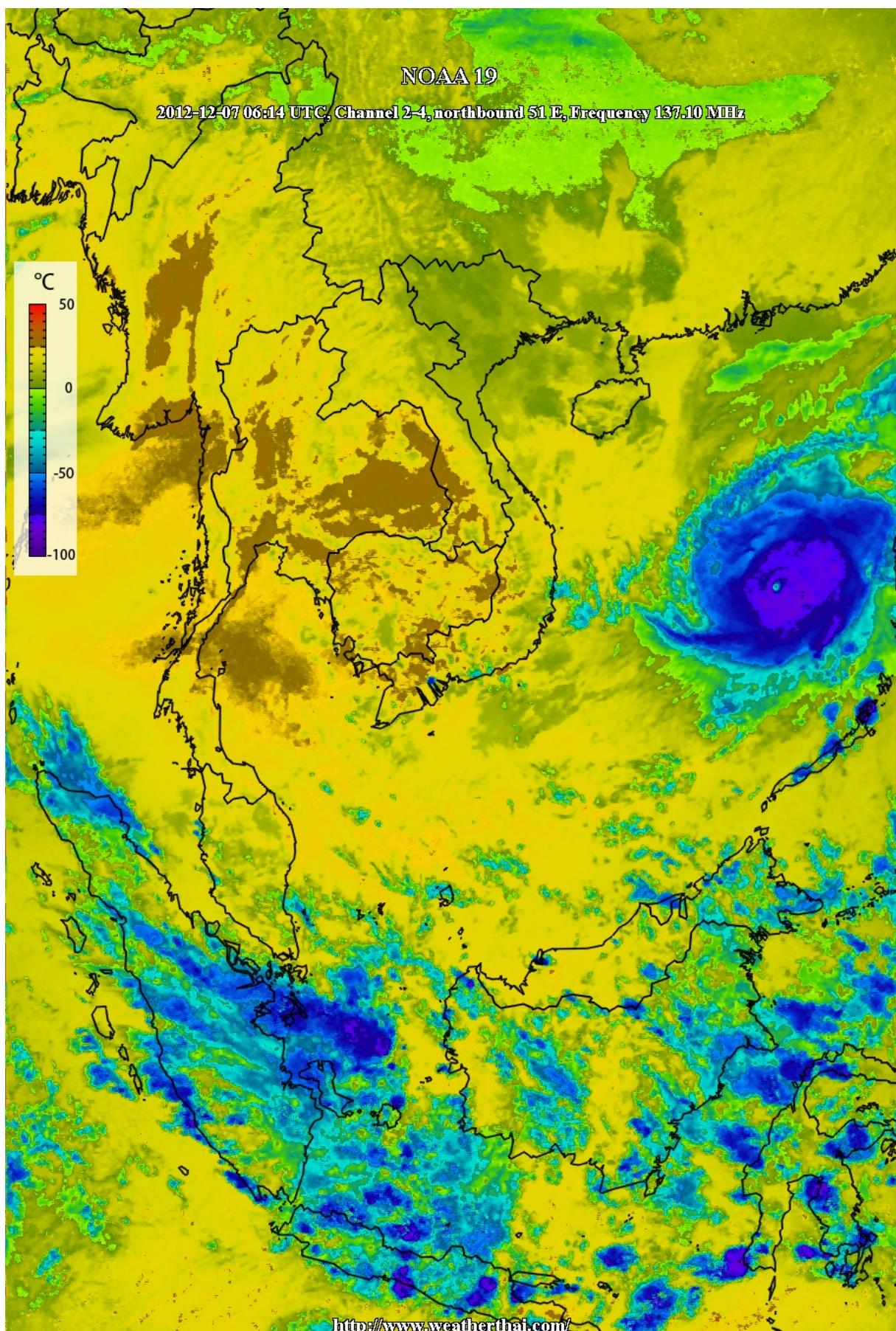
รูปที่ 34 แสดงภาพถ่ายดาวเทียมในโหมด HVC with precipitation



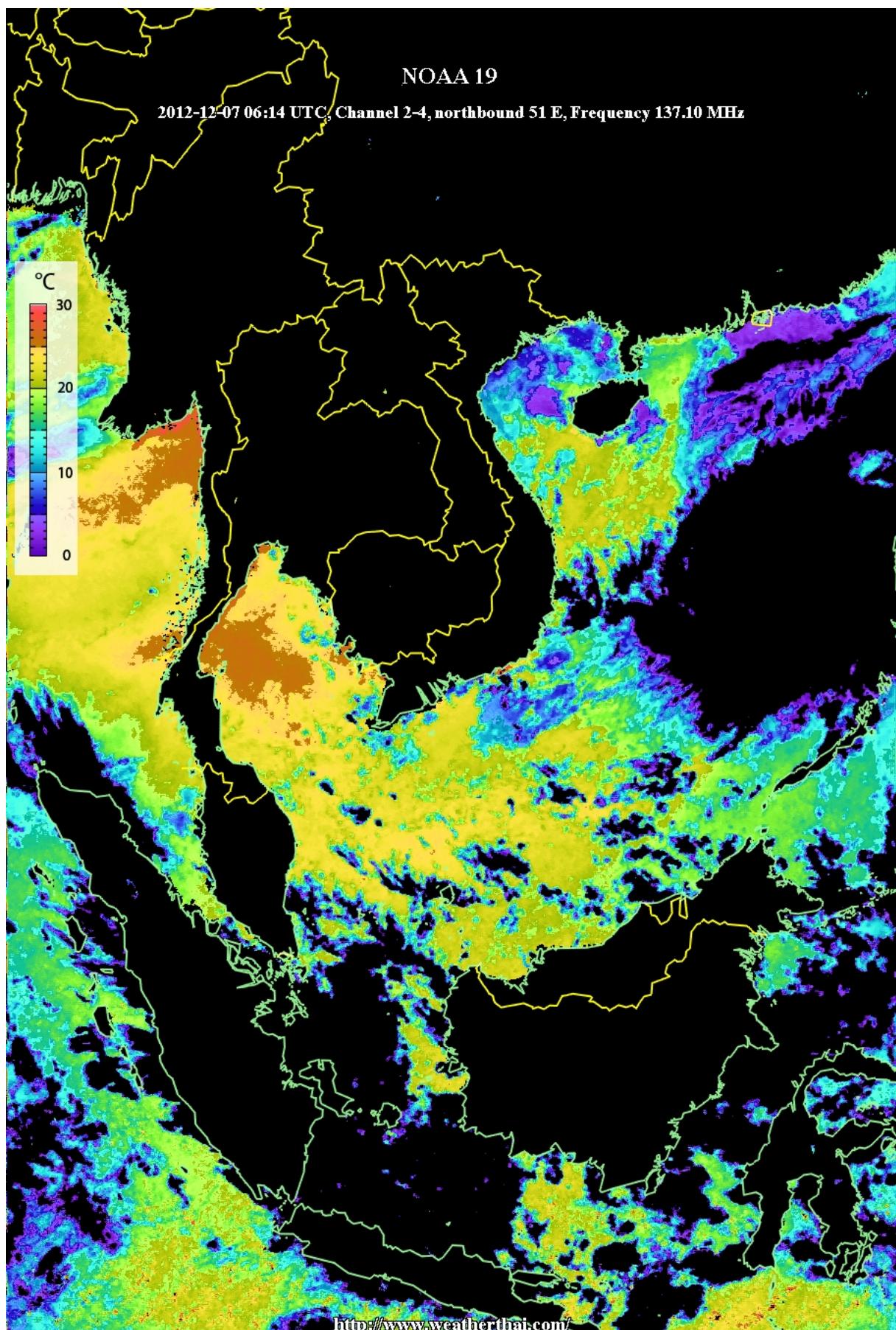
รูปที่ 35 แสดงภาพถ่ายดาวเทียมในโหมด Class Enhancement



รูปที่ 36 แสดงภาพถ่ายดาวเทียมในโหมด FIRE (สำหรับติดตามไฟป่า)



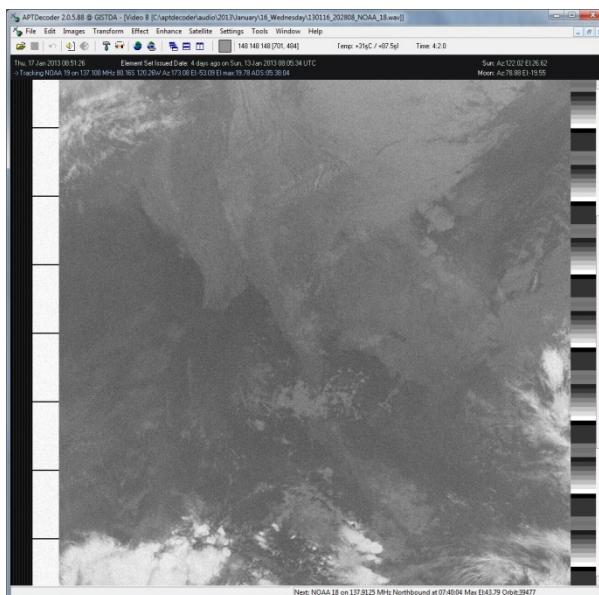
รูปที่ 37 แสดงภาพถ่ายดาวเทียมในโหมด Thermal (อุณหภูมิความร้อน)



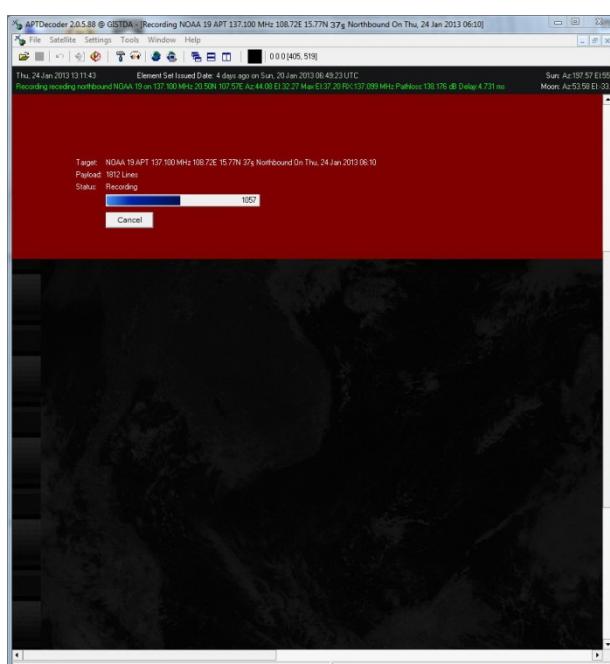
รูปที่ 38 แสดงภาพถ่ายดาวเทียมในโหมด Sea Surface Temperature (อุณหภูมิความร้อนพื้นผิวน้ำทะเล)

## โปรแกรม APTDecoder

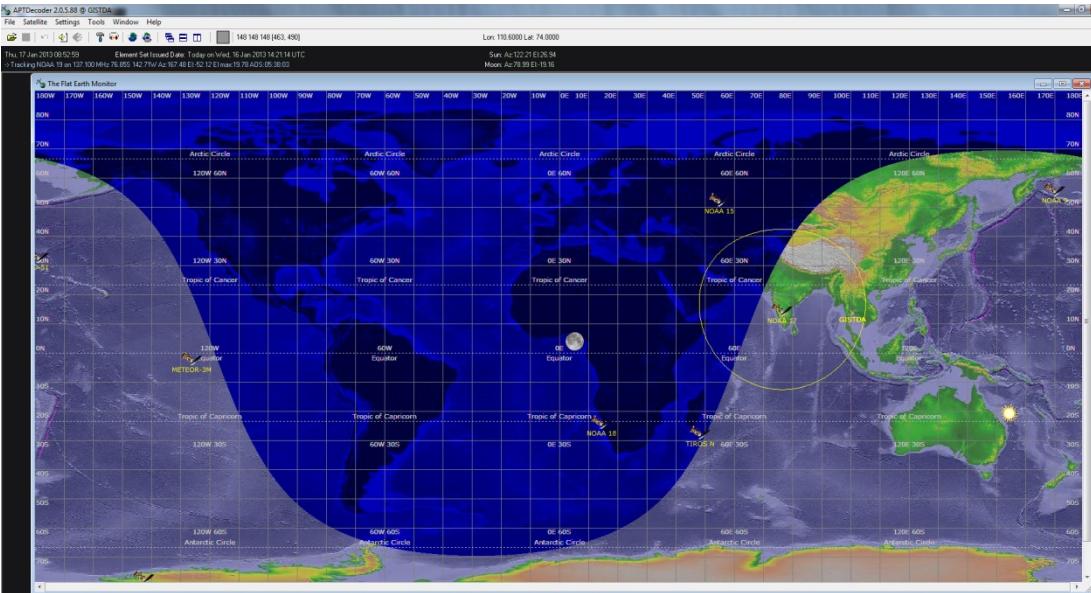
โปรแกรม APTDecoder เป็นโปรแกรมสำหรับบันทึกเสียงที่รับมาจากเครื่องรับวิทยุ (Radio Receiver) และทำการถอดรหัสสัญญาณเสียงเป็นข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม เช่นเดียวกับโปรแกรม WXtoImg ซึ่งเป็นโปรแกรมฟรีแวร์เหมือนกัน สามารถดาวน์โหลดได้จากอินเตอร์เน็ตตามเว็บไซต์ <http://www.poestheweather.com/download/aptdecoder/> ความแตกต่างของโปรแกรม APTDecoder กับโปรแกรม WXtoImg ก็คือในส่วนของโปรแกรม APTDecoder เป็นโปรแกรมที่สามารถแก้ไขดัดแปลงและพัฒนาได้ตามความต้องการของผู้ใช้งานหรือเรียกว่าโอเพ่นซอร์ส (Open Source Code) ทำให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานตามความต้องการของผู้ใช้งานได้อย่างอิสระ และหากหลาย โปรแกรม APTDecoder แสดงดังรูปที่ 39



รูปที่ 39 แสดงโปรแกรมสำหรับบันทึกเสียงและถอดรหัสเป็นภาพถ่ายดาวเทียม



รูปที่ 40 แสดงโปรแกรม APTDecoder ขณะรับสัญญาณดาวเทียม NOAA 19



รูปที่ 41 แสดงการติดตามวงโคจรของดาวเทียม NOAA ด้วยโปรแกรม APTDecoder

## โปรแกรมติดตามดาวเทียม (Satellite Tracking)

โปรแกรมสำหรับติดตามดาวเทียมมีอยู่หลายโปรแกรม และสามารถดาวน์โหลดได้จากอินเตอร์เน็ต ซึ่งโปรแกรมมีทั้งเสียงและฟรีแวร์ ในที่นี้ขอแนะนำสองโปรแกรมที่สามารถใช้งานได้ง่ายและมีอินเตอร์เฟสสวยงาม สามารถติดตามการโคจรของดาวเทียมได้ทั้งหมดที่มีอยู่ในปัจจุบัน

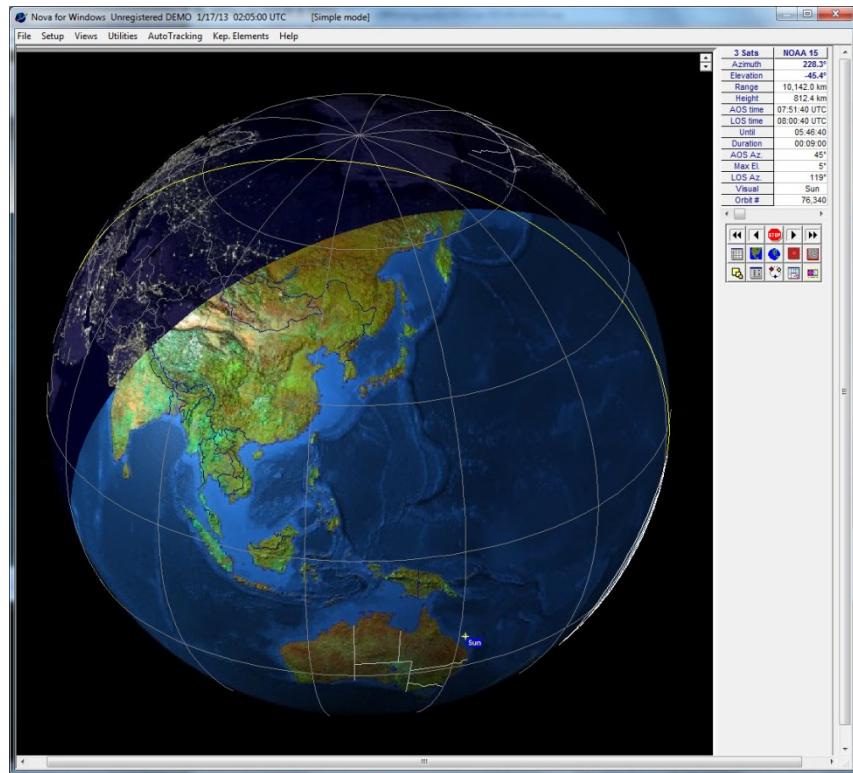
## โปรแกรม Orbitron

เป็นโปรแกรมที่ติดตามการโคจรของดาวเทียมได้ทุกดวง และเป็นโปรแกรมฟรีแวร์สามารถดาวน์โหลดได้ฟรีจากอินเตอร์เน็ต เว็บไซต์ <http://www.stoff.pl/> โปรแกรม Orbitron แสดงดังรูปที่ 42



รูปที่ 42 แสดงโปรแกรม Orbitron สำหรับติดตามการโคจรของดาวเทียมแต่ละวัน

## โปรแกรม NOVA for Windows

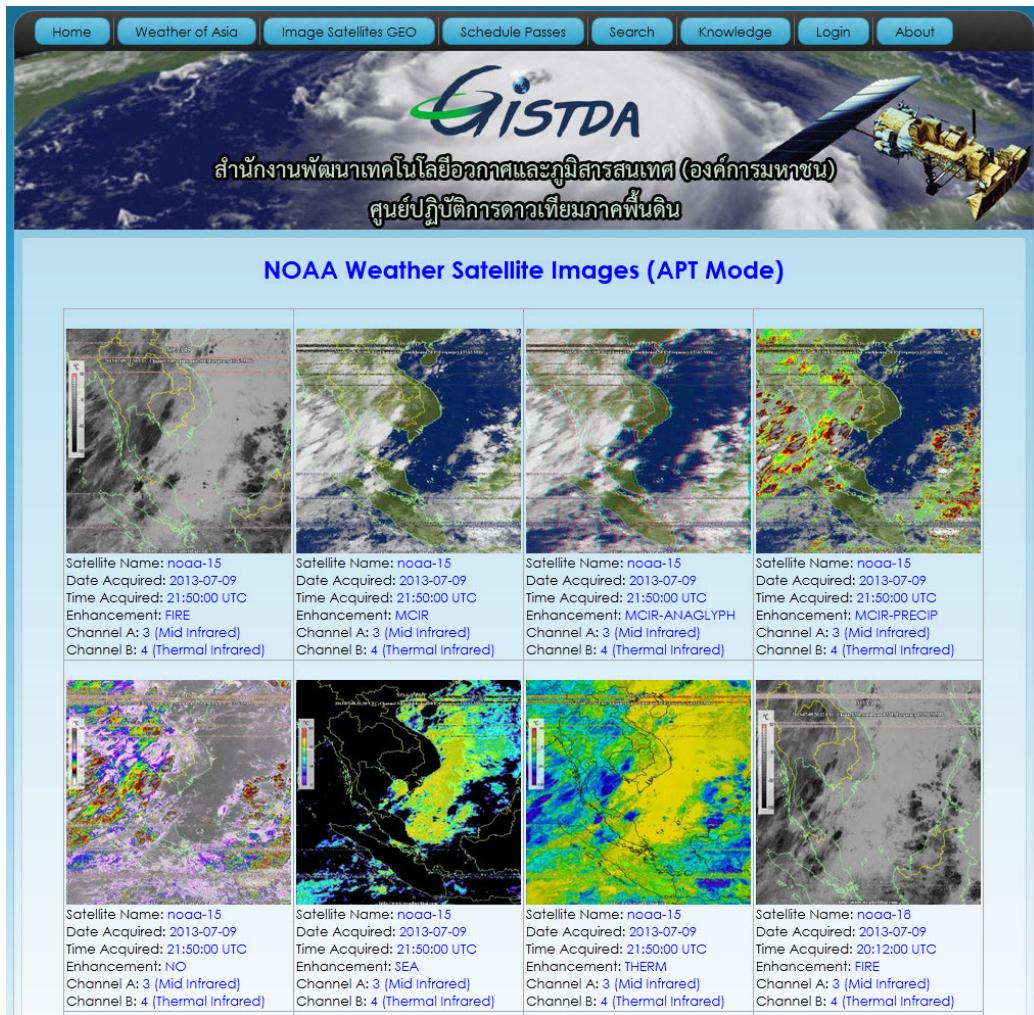


รูปที่ 43 แสดงโปรแกรม NOVA for Windows สำหรับติดตามการโคจรของดาวเทียม

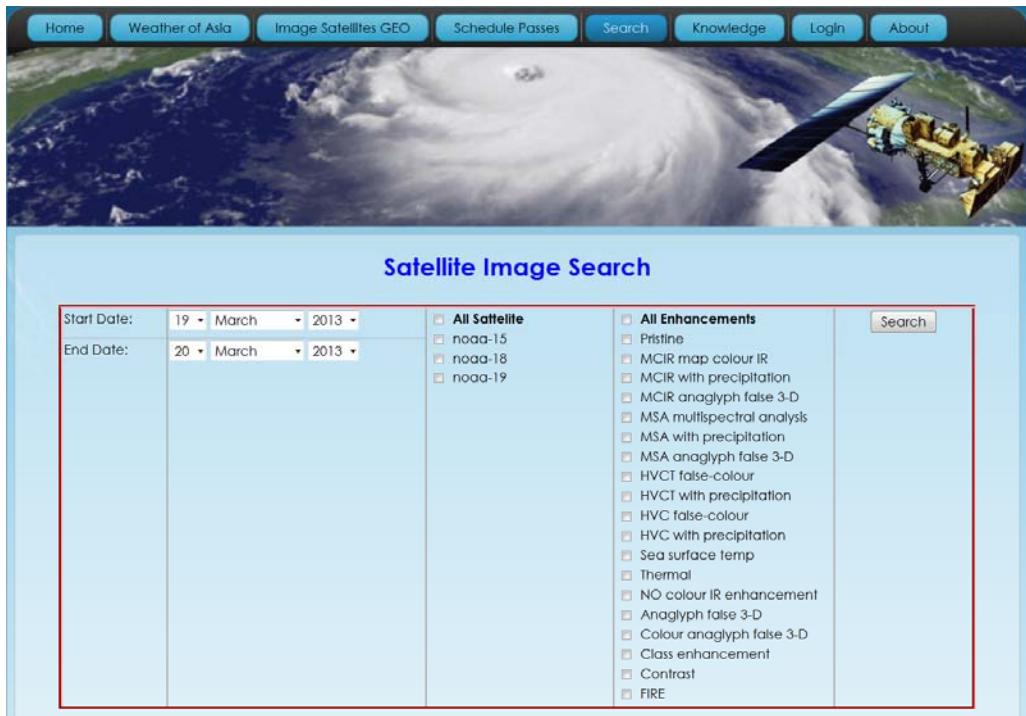
สำหรับโปรแกรม NOVA for Windows เป็นโปรแกรมติดตามดาวเทียมได้ทุกดวงซึ่งนิยมกันกับโปรแกรม Orbitron มีทั้งเวอร์ชันฟรีและเสียเงิน ซึ่งในเบื้องต้นเราสามารถดาวน์โหลดเวอร์ชัน Demo ทดลองใช้งานได้จากอินเตอร์เน็ตเว็บไซต์ <http://www.nlsa.com/nfw.html> แต่จะถูกจำกัดฟังก์ชันการใช้งานบางอย่าง

## ระบบสืบค้นข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม

ระบบสืบค้นข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมเป็นระบบที่จัดเก็บข้อมูลภาพถ่ายข้อมูลดาวเทียมที่เพื่อการสืบค้น โดยสามารถดูข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่อัพเดตได้ทุกวัน ตามวันและเวลาของวงโคจรของดาวเทียมซึ่งจะทำการถ่ายภาพทุกวันตั้งแต่ช่วง 12:00 น. – 18:00 น. และช่วงเวลา 00:00 น. – 06:00 น. ทำให้เราสามารถอัพเดตภาพถ่ายดาวเทียมได้อย่างทันท่วงที สามารถสืบค้นข้อมูลภาพถ่ายย้อนหลังได้โดยเข้าไปที่เว็บไซต์ <http://www.weatherthai.com> แสดงดังรูปที่ 44



รูปที่ 44 แสดงเว็บไซต์สืบค้นข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม <http://www.weatherthai.com>



รูปที่ 45 แสดงหน้าต่างของการค้นหาข้อมูลดาวเทียมย้อนหลัง

**Next Scheduled Satellite Passes over Bangkok,Thailand**

<b>Satellite Name</b>	<b>Start of Pass</b>		<b>Direction</b>	<b>Maximum Elevation Degrees (East or West)</b>	<b>Frequency MHz</b>
	<b>UTC</b>	<b>Local Time*</b>			
NOAA 15	19 Mar 20:47	20 Mar 03:47	Southbound	8° E	137.62
NOAA 18	19 Mar 20:47	20 Mar 03:47	Southbound	62° W	137.9125
NOAA 15	19 Mar 22:23	20 Mar 05:23	Southbound	59° W	137.62
NOAA 19	20 Mar 06:16	20 Mar 13:16	Northbound	50° E	137.10
NOAA 19	20 Mar 07:59	20 Mar 14:59	Northbound	11° W	137.10
NOAA 18	20 Mar 07:59	20 Mar 14:59	Northbound	60° E	137.9125
NOAA 15	20 Mar 09:29	20 Mar 16:29	Northbound	50° E	137.62
NOAA 18	20 Mar 09:43	20 Mar 16:43	Northbound	9° W	137.9125

รูปที่ 46 แสดงหน้าต่างเว็บไซต์ติดตามการโคจรดาวเทียม

**facebook**

แจ้งความสำหรับผู้ดูแล

Want Engagement?

**Weather Satellite Images of Thailand**

303 คนถูกใจ · 20 คนค่าลั่งพูดถึงลึกลึกลึกลึก

เริ่มใช้ศิริบากาสต์ Weather Satellite Images of Thailand With NOAA Satellites (APT MODE)

เรื่องราวล่าสุด

สถานะ รูปภาพ / วีดีโอ ข่าวสาร, กิจกรรม + โพสต์ล่าสุดโดยคนอื่น ค้นหานัก

รูปที่ 47 แสดง Facebook ซึ่งสามารถเข้าไปกด like หรือแสดงความคิดเห็นได้ที่

<https://www.facebook.com/pages/Weather-Satellite-Images-of-Thailand/211271895655784>

## สรุปผลการดำเนินงาน

อุปกรณ์ที่ใช้ในการพัฒนาระบบเครื่องรับสำหรับการรับสัญญาณข้อมูลจากดาวเทียม NOAA 15, 18 และ 19 หลักๆ มีดังนี้

1. สายอากาศพร้อมชุดขยายสัญญาณแบบสัญญาณรบกวนต่ำ ใช้ได้ทั้งสายอากาศแบบ Turnstile Antenna และ QFH Antenna ซึ่งเป็นสายอากาศแบบรอบตัวทำให้ไม่ต้องทำการสร้างระบบสายอากาศแบบ Tracking ในการสร้างเพื่อใช้งานขึ้นเองสายอากาศแบบ Turnstile (Crossed dipole) จะทำได้ง่ายกว่าแต่ ประสิทธิภาพอาจจะเป็นรองสายอากาศแบบ QFH (Quadrifilar Helix) ซึ่งทำการออกแบบและสร้างได้ยากกว่า แต่ผลการศึกษาค้นคว้าตลอดระยะเวลาที่ผ่านมา เราสามารถสร้างได้ด้วยตัวเองแล้วและทดลองรับสัญญาณจริงพบว่าสามารถรับสัญญาณได้อย่างมีประสิทธิภาพกว่าสายอากาศแบบ Turnstile

2. เครื่องรับวิทยุ (Radio Receiver) ใช้ได้ทั้งเครื่องรับที่ออกแบบมาเฉพาะงานรับสัญญาณดาวเทียมใน Mode APT ซึ่งจะทำงานในย่านความถี่ 137-138 MHz หรือใช้วิทยุสื่อสาร (Communication receiver หรือ Scanner) ที่มีแบบดิจิทัลของช่องสัญญาณ 30-40 kHz เช่นเครื่อง ICOM IC-R 1500 ก็ได้ซึ่งในลักษณะนี้ยังสามารถปรับย่านความถี่ไปใช้งานในย่านความถี่อื่นที่ใช้ในการติดต่อสื่อสารอื่นๆอีกได้เมื่อไม่ได้ใช้งานในการรับสัญญาณดาวเทียม ในส่วนของเครื่องรับวิทยุ ยังไม่สามารถผลิตได้เอง อยู่ในขั้นตอนการศึกษาและค้นคว้าพร้อมทั้งทดลองเพื่อให้สามารถสร้างและประกอบขึ้นใช้งานด้วยตัวเอง

3. โปรแกรม WXtoImg และโปรแกรม APTDecoder ที่ติดตั้งบนคอมพิวเตอร์พร้อม Sound Card โดยสเปคขั้นต่ำของเครื่องคอมพิวเตอร์ที่จะใช้งานกับโปรแกรม WXtoImg และ APTDecoder เป็นดังนี้

- 1024×768 resolution display เป็นอย่างน้อย
- 24 bit หรือ 32 bit color display สำหรับ better results
- 16 bit sound card พร้อมด้วยช่อง line in
- 2 GHz CPU
- 1 GB RAM เป็นอย่างน้อย
- 200 MB free space on hard drive
- ระบบปฏิบัติการ Windows XP/Vista/Windows 7, Linux, Mac OSX 10.4.1

สำหรับปัจจัยที่จะมีผลโดยตรงอย่างมากกับคุณภาพของภาพถ่ายดาวเทียมที่จะได้คือ สายอากาศ และ เครื่องรับวิทยุ ดังนี้เพื่อที่จะให้ได้คุณภาพของผลลัพธ์ที่ดีควรให้ความสำคัญกับอุปกรณ์ทั้งสองเป็นพิเศษ หลังจากการติดตั้งระบบโดยใช้อุปกรณ์ที่เป็นต้นแบบ และทดสอบรับสัญญาณดาวเทียม สามารถรับสัญญาณภาพถ่ายดาวเทียม NOAA 15, 18 และ 19 ได้ตามปกติ และปัจจุบันสามารถศึกษาการออกแบบสายอากาศแบบ QFH (Quadrifilar Helix Antenna) ได้ด้วยตัวเองและทำการทดสอบกับระบบรับสัญญาณที่มีอยู่ พบร่วมสามารถรับสัญญาณได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งสายอากาศดังกล่าวเป็นสายอากาศที่มีประสิทธิภาพดีกว่าสายอากาศประเภทอื่น เมื่อสามารถประกอบและทดลองทำด้วยตัวเองก็จะทำให้สามารถลดต้นทุนของระบบ

ในระบบรับสัญญาณดาวเทียม NOAA ในโหมด APT ที่พัฒนาขึ้นนี้จะเน้นในเรื่องของการการประกอบการติดตั้งระบบและการใช้งานที่ง่ายรวมถึงราคาต้นทุนที่ถูก สามารถประกอบใช้งานได้อย่างรวดเร็ว ขอเพียงมีพื้นที่โล่ง สายอากาศ เครื่องรับสัญญาณ โปรแกรมถอดรหัสัญญาณและโน้ตบุ๊ก็จะสามารถรับสัญญาณได้อย่างทันท่วงทีและรวดเร็ว ทำให้สะดวกในการพกพาหรือจะตั้งเป็นสถานีอยู่ๆ ก็สามารถทำได้ และหรือติดตั้งตามชุมชน หมู่บ้าน อบต. เพื่อตั้งเป็นสถานีพยากรณ์อากาศชุมชนเจ้งเตือนภัยพิบัติต่าง ๆ หรือตามสถานศึกษา เพื่อใช้ในการศึกษาระบบการรับสัญญาณดาวเทียม วิชาชีพ และการโครงการของดาวเทียมซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อ นักเรียน นักศึกษา ให้สามารถค้นคว้าและวิจัยพัฒนาต่อยอดไปได้อีก ก่อให้เกิดประโยชน์ต่อวงการ วิชาชีพไทย ซึ่งระบบดังกล่าวจ่ายต่อการติดตั้งและศึกษาค้นคว้า และทำให้การศึกษาเรื่องวิชาชีพและ ดาวเทียมทำได้ง่ายและมองเห็นภาพ เนื่องจากเมื่อรับสัญญาณดาวเทียมก็จะสามารถมองเห็นภาพถ่าย ดาวเทียมแบบ Real Time ได้โดยตามวันและเวลาการโครงการของดาวเทียมแต่ละดวง

สำหรับประมาณในการประกอบระบบรับสัญญาณดาวเทียม NOAA ในโหมด APT ประมาณ 40,000.- ต่อ 1 ระบบ ประกอบไปด้วยอุปกรณ์ดังต่อไปนี้

1. สายอากาศ (Antenna)
  2. ชุดขยายสัญญาณนิcidขยายสัญญาณรบกวนต่ำ (Low Noise Amplifier – LNA)
  3. เครื่องรับวิทยุ (Radio Receiver)
  4. สายสัญญาณ Coaxial พร้อมคอนเนคเตอร์หัวท้าย BNC (Coaxial Cable with BNC Connector)
  5. โปรแกรมบันทึกและถอดรหัสัญญาณข้อมูลดาวเทียม (Software Decoder)
- ทั้งนี้ไม่รวมคอมพิวเตอร์และจอมอนิเตอร์

## ปัญหาและอุปสรรค

1. บุคลากร เนื่องจากการวิจัยดังกล่าวจำเป็นต้องมีการค้นคว้าวิจัยประกอบอุปกรณ์เข่น สายอากาศ และต้องมีการทดสอบเพื่อใช้ในการรับสัญญาณ ซึ่ง ณ ตอนนี้ยังขาดบุคลากรในการทำงาน มีความจำเป็นต้อง จัดหาบุคลากรเพิ่มเติมสำหรับ งานวิจัยในครั้งนี้

2. เครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับประกอบและสร้างสายอากาศและเครื่องรับวิทยุ ซึ่งจำเป็นต้องมีการ จัดหาเครื่องมือและอุปกรณ์เพิ่มเติม เพื่อให้สามารถสร้าง ประกอบ และทดสอบระบบต่างให้สามารถใช้งานได้ ด้วยตัวเองทั้งหมด

3. ขาดงบประมาณสำหรับใช้จ่ายในข้อ 1 และ ข้อ 2

.....