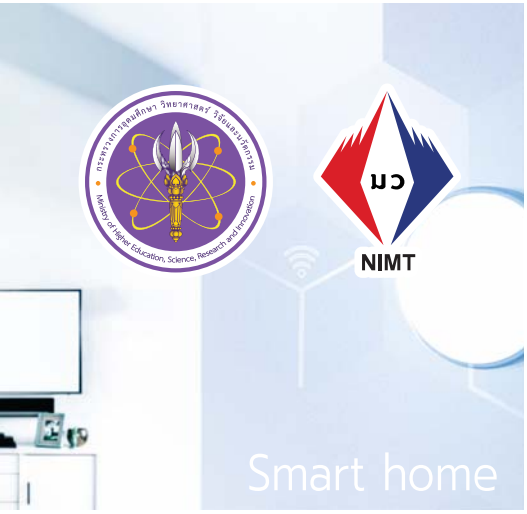




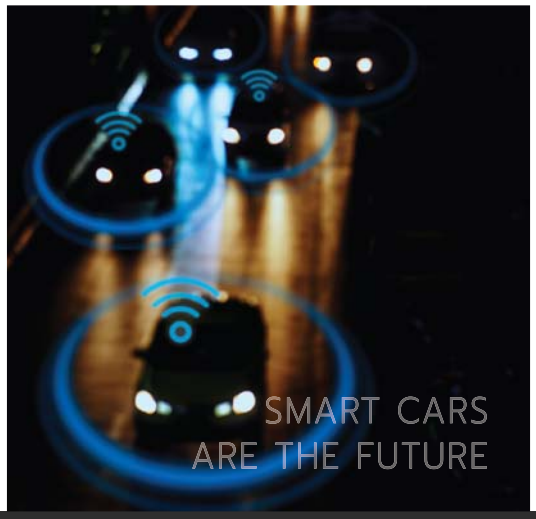














การวัดย่านความถี่สูง เพื่อการสื่อสารยุค 5G

High Frequency measurement for 5th Generation communication technology

การวัดย่านความถี่สูงเพื่อการสื่อสารยุค 5G

High Frequency measurement for 5th Generation communication technology

นายเทพบดินทร์ บริรักษ์อราวินท์

นางสาวศริญญา ปะสะกวี

นางสาวทยาทิพย์ ทองตัน

ฝ่ายมาตรวิทยาไฟฟ้า สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม

บทคัดย่อ

เทคโนโลยีสื่อสารเป็นหนึ่งในเครื่องมือพื้นฐานที่ใช้ในการดำเนินชีวิตและประกอบธุรกิจ การเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีสื่อสารจึงสามารถสร้างผลกระทบต่อสังคมและเศรษฐกิจในวงกว้าง เนื่องจากความสามารถส่งและรับข้อมูลของเทคโนโลยีสื่อสารยุคที่ห้า (5^{th} Generation Communication, 5G) ทั้งด้านขนาดและความเร็วจะเพิ่มขึ้นมาก จึงคาดหมายว่าจะทำให้เกิดการพลิกผันของทางเศรษฐกิจและความมั่นคงทั้งด้านบวกและด้านลบยิ่งกว่าเทคโนโลยีสื่อสารยุคใด ๆ ที่ผ่านมา เพื่อเตรียมการรองรับการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีดังกล่าว สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติได้ดำเนินโครงการพัฒนาความสามารถทางการวัดและเตรียมความพร้อมทางห้องปฏิบัติการไว้ตั้งแต่ปี 2560 เป็นต้นมา ที่สำคัญมีดังนี้

1. **ระบบปรับเทียบเวลามาตรฐานผ่านโครงข่ายดิจิทัลและอินเทอร์เน็ต** เพื่อเป็นโครงสร้างพื้นฐานด้านเวลา รองรับการประกอบนิติกรรมและธุรกรรมทางอินเทอร์เน็ต ระบบดังกล่าวสามารถส่งมอบเวลามาตรฐานประเทศไทย (Thailand Standard Time, TST) ไปยังผู้ต้องการใช้งานในแต่ละกลุ่มตามระดับความแม่นยำที่จำเป็น สามารถจัดหมวดหมู่ได้ดังนี้ (1) การใช้งานทั่วไป ใช้ระดับความแม่นยำย่าน 1 millisecond (2) การใช้งานระดับให้บริการเทคโนโลยีสื่อสาร ใช้ระดับความแม่นยำย่าน 1 microsecond เช่น ระบบสื่อสาร 5G telecom profile และ (3) การใช้งานระดับกำกับดูแลเทคโนโลยีสื่อสารและความมั่นคง ใช้ระดับความแม่นยำย่าน1 nanosecond เช่น การกำกับตลาดหลักทรัพย์ การกำกับระบบธุรกรรมทางอิเล็กทรอนิกส์และดิจิทัล การวิจัยและพัฒนาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ระบบอาวุธ

2. **ระบบการวัดกำลังไฟฟ้าความถี่สูง** (Electrical power in high frequency regimes) ซึ่งจะครอบคลุมการวัดในย่าน radio frequency และ microwave และกำลังขยายไปสู่ย่าน millimetrewave ซึ่งจะรองรับระบบเรดาร์/โซน่าร์ การสื่อสารโทรคมนาคม 5G ใยแก้วนำแสง (optical fibre) ระบบระบบอาณัติสัญญาณสำหรับการเดินรถไฟ โดยเฉพาะรถไฟความเร็วสูง (GSM-R) อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ การแพทย์และเครื่องมือแพทย์

3. **ระบบการเทียบเวลาด้วยสัญญาณจากระบบดาวเทียมนำทางสากล** (Global Navigation Satellite System, GNSS) สำหรับโครงสร้างพื้นฐานด้านการระบุค่าพิกัดและเวลาของประเทศ ใช้ในงานด้านการระบุตำแหน่ง การนำทางและแผนที่ ทั้งทางบก ทางน้ำ และทางอากาศ ระบบนี้มุ่งหมายที่จะผนวก หรือประสานเวลา (time synchronisation) ของโครงสร้างพื้นฐานด้านการระบุค่าพิกัดของประเทศกับโครงสร้างพื้นฐานด้านการกำหนดเวลาของประเทศ ผลการวิจัยเบื้องต้นที่ทำการวัดในประเทศไทยพบว่าค่าความแม่นยำของการรับสัญญาณอยู่ระดับ 0.3 picosecond และค่าความเสถียรของนาฬิกาที่เครื่องรับสัญญาณอยู่ที่ระดับ 0.1 picosecond ต่อวัน

ทั้งสามระบบการวัดที่กล่าวถึงข้างต้นมีมาตรฐานอ้างอิงร่วมกันคือมาตรฐานการวัดเวลาและความถี่ และมาตรฐานการวัดกำลังไฟฟ้าในรูปของความจุความร้อน

คำสำคัญ: การวัดย่านความถี่สูง การเทียบเวลามาตรฐานบนโครงข่ายดิจิทัล ระบบดาวเทียมนำทางสากล การเทียบเวลาด้วยสัญญาณจากระบบดาวเทียมนำทางสากล

ระบบปรับเทียบเวลามาตรฐานบนโครงข่ายดิจิทัลและอินเทอร์เน็ตยุค 5G

เทพบดินทร์ บริรักษ์อราวินท์ ฝ่ายมาตรวิทยาไฟฟ้า
สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ
กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม

ปัจจุบัน ระบบปรับเทียบเวลามาตรฐานผ่านโครงข่ายดิจิทัลและอินเทอร์เน็ตมีความจำเป็นต่อประเทศอย่างยิ่ง เนื่องจากเป็นโครงสร้างพื้นฐานด้านเวลา (Timing Infrastructure) ที่รองรับกิจกรรมต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นบนโครงข่ายดิจิทัลและอินเทอร์เน็ต ซึ่งระบบนี้สามารถส่งเวลามาตรฐานประเทศไทย (Thailand Standard Time, TST) ที่มีความแม่นยำสูงไปยังผู้ใช้งานในทุกกลุ่มได้ โดยสามารถจัดหมวดหมู่ได้ดังนี้

(1) **การใช้งานทั่วไป** ในการปรับเทียบเวลามาตรฐานให้กับระบบคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์เครือข่าย จะใช้ระดับความแม่นยำในย่าน 1 millisecond

(2) **การใช้งานระดับให้บริการทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ** การ Synchronize เวลาในระบบ Telecom profile โดยเฉพาะในระบบ 5G จะใช้ระดับความแม่นยำของเวลาในย่าน 1 microsecond

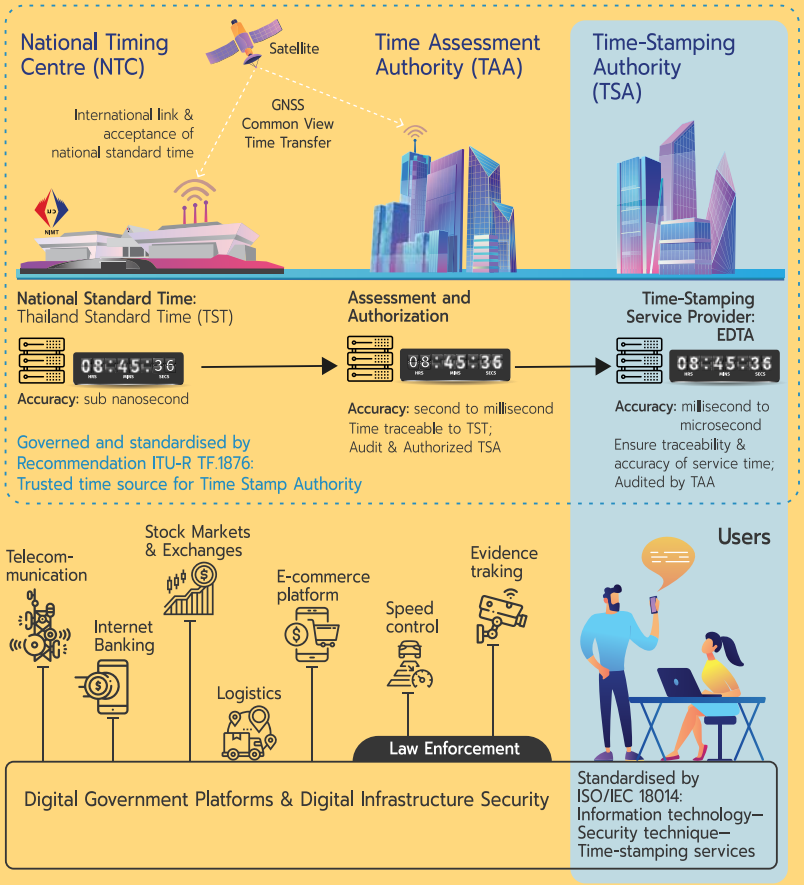
(3) **การใช้งานในระดับกำกับดูและเทคโนโลยีสื่อสารสมัยใหม่** การใช้งานถ่ายค่าทางฟิสิกส์ของห้องปฏิบัติการ การกำกับดูแลตลาดหลักทรัพย์ และธนาคารบนระบบออนไลน์ ธุรกรรม e-commerce บนโครงข่ายอิเล็กทรอนิกส์และดิจิตอล การวิจัยและพัฒนาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีขั้นสูง การใช้งานเทคโนโลยีด้านความมั่นคง ระบบอาวุธยุคใหม่ และความมั่นคงทาง Cyber จะใช้ระดับความแม่นยำในย่าน 1 nanosecond

การประทับเวลา (time stamping)

เป็นหนึ่งในขั้นตอนของกระบวนการมาตรฐานตามข้อกำหนดระหว่างประเทศเพื่อประกอบการยืนยันตัวตนดิจิทัลและการลงนามอิเล็กทรอนิกส์ รวมทั้งเป็นหลักฐานยืนยันการทำธุรกรรมและเวลาที่ทำธุรกรรม ดังนั้นความแม่นยำของเวลาที่ปรากฏในตราประทับเวลา (time stamp) จึงเป็นปัจจัยสำคัญต่อความน่าเชื่อถือและความมั่นคงปลอดภัยของระบบโครงสร้างพื้นฐานทางดิจิทัล และจะยิ่งทวีความสำคัญเมื่อ "เวลาก่อน-หลัง ในการทำธุรกรรม" มีผลชี้ขาดการได้มาซึ่งสิทธิและผลประโยชน์

สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ มีหน้าที่ตามพระราชบัญญัติพัฒนาระบบมาตรวิทยาแห่งชาติ พ.ศ. 2540 และ (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2559 ในการสร้างและรักษามาตรฐานการวัดแห่งชาติทุกสาขา ซึ่ง **"เวลา"** เป็นปริมาณฐานของระบบปริมาณระหว่างประเทศ (International System of Quantities, SIQ) และ **"วินาที"** เป็น หน่วยฐานในระบบหน่วยระหว่างประเทศ (International System of Units, SI) สถาบันจึงมีหน้าที่สร้างและรักษา "วินาทีมาตรฐาน" ของประเทศไทย และเป็นผู้แทนประเทศไทยในการส่งสัญญาณวินาทีมาตรฐานไปร่วมกำหนด "เวลามาตรฐานสากล" (Coordinated Universal Time, UTC) โดยเวลามาตรฐานประเทศไทยคือ เวลา UTC(NIMT) +7 โดยที่ความแตกต่างระหว่าง "เวลา UTC" และ "เวลา UTC(NIMT)" อยู่ภายใต้การติดตามดูแลของสถาบัน

แผนผังโครงสร้างพื้นฐานด้านเวลา
เพื่อรองรับโครงสร้างพื้นฐานด้านดิจิทัลตามมาตรฐานระหว่างประเทศและความจำเป็นด้านเวลามาตรฐานบนระบบดิจิทัลของประเทศ



จากแผนภูมิด้านบนจะเห็นได้ว่า การถ่ายทอดเวลามาตรฐานเพื่อการประกอบธุรกรรมบนระบบดิจิทัล เป็นบริการพื้นฐานที่รองรับโครงสร้างพื้นฐานทางดิจิทัลของประเทศที่สำคัญ จำเป็นต้องการดำเนินการให้เป็นไปตามมาตรฐานระหว่างประเทศและหลักปฏิบัติที่ดีกำกับ อาทิ ISO/IEC 18014: Information technology-Security techniques-Time-stamping services", RFC 3161-Internet X.509: Public Key Infrastructure Time-Stamp Protocol (TSP), Recommendation ITU-R TF.1876: Trusted time source for Time Stamp Authority, ETSI TS 102 023: Electronic Signatures and Infrastructures (ESI); Policy requirements for time-stamping authorities, Government of Japan e-Government recommended cipher list

ความจำเป็นของบริการพื้นฐานด้านเวลานี้ ต้องตระหนักถึงการทำให้บริการพื้นฐานดังกล่าวเป็นไปตาม **"ข้อกำหนดในมาตรฐานระหว่างประเทศ"** ที่เกี่ยวข้องอย่างครบถ้วน เพื่อความน่าเชื่อถือของระบบโครงสร้างพื้นฐานทางดิจิทัลและความสามารถในการแข่งขันด้านดิจิทัลของประเทศไทย

ประเด็นสำคัญที่ต้องเร่งพัฒนา



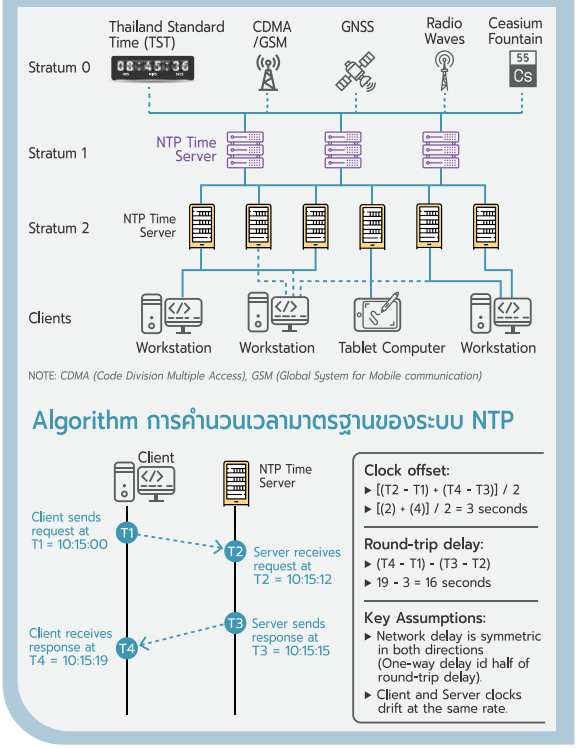
จุดประกายความคิด สร้างแรงบันดาลใจ เพื่อขับเคลื่อนสังคมคุณภาพ ได้ที่
http://mx.nimt.or.th/
https://www.facebook.com/NIMT2541
https://www.youtube.com/user/nimt2541

ระบบปรับเทียบเวลามาตรฐานบนโครงข่ายดิจิทัลและอินเทอร์เน็ตยุค 5G

เทพบดินทร์ บริรักษ์อราวินท์ ฝ่ายมาตรวิทยาไฟฟ้า
สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ
กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม

ระบบ Network Time Protocol

ระบบ Network Time Protocol หรือ NTP เป็นรูปแบบของการใช้งานทั่วไปในการปรับเทียบเวลามาตรฐานให้กับระบบคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์เครือข่าย ผ่านโครงข่ายดิจิทัลและอินเทอร์เนตของสถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ ซึ่งจะให้ระดับความแม่นยำย่าน 1 millisecond



Algorithm การคำนวนเวลามาตรฐานของระบบ NTP

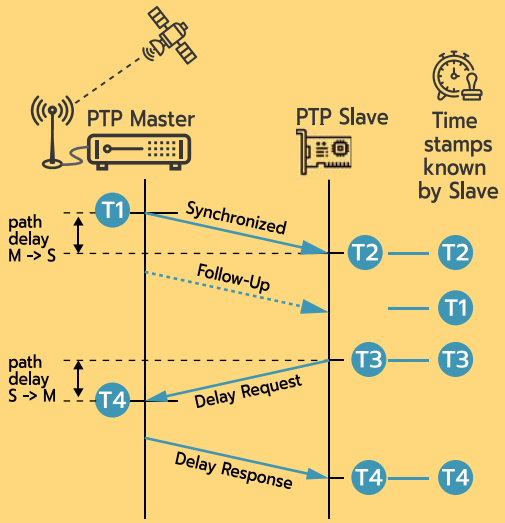


ภาพแสดงระบบ NTP และ PTP ของสถาบันสำหรับให้บริการเวลามาตรฐานประเทศไทย

ระบบ IEEE 1588/Precision Time Protocol

ระบบ IEEE 1588/Precision Time Protocol หรือ PTP เป็นรูปแบบการให้บริการปรับเทียบเวลามาตรฐานในกลุ่มเทคโนโลยีสื่อสาร การ Synchronize เวลาในระบบ Telecom profile โดยเฉพาะในระบบ 5G ผ่านโครงข่ายดิจิทัลและอินเทอร์เน็ตของสถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ ซึ่งให้ระดับความแม่นยำย่าน 1 microsecond

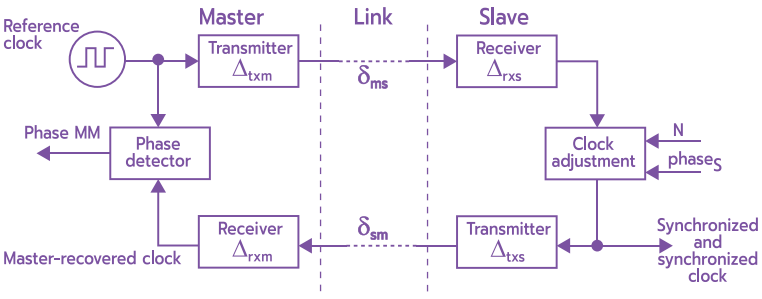
Algorithm การคำนวนเวลามาตรฐานของระบบ IEEE 1588 หรือ PTP



ระบบ White Rabbit Protocol

ระบบ White Rabbit Protocol หรือ WRP ระบบใหม่ล่าสุดในปัจจุบัน ใช้งานในระดับกำกับดูแลเทคโนโลยีสื่อสารสมัยใหม่ บนโครงข่ายอิเล็กทรอนิกส์และดิจิทัล การวิจัยและพัฒนาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีขั้นสูง การใช้งานเทคโนโลยีด้านความมั่นคง ระบบอาวุธยุคใหม่ และความมั่นคงทาง Cyber ซึ่งจะให้ระดับความแม่นยำย่าน 1 nanosecond

Algorithm การคำนวนเวลามาตรฐานของระบบ White Rabbit Protocol





$$\Delta = \Delta_{txm} + \Delta_{rxm} + \Delta_{txs} + \Delta_{rxs}$$

$$delay_{MM} = \Delta + \delta_{ms} + \delta_{sm}$$

จุดประกายความคิด สร้างแรงบันดาลใจ เพื่อขับเคลื่อนสังคมคุณภาพ ได้ที่

- http://mx.nimt.or.th/
- https://www.facebook.com/NIMT2541
- https://www.youtube.com/user/nimt2541

การวัดด้านกำลังไฟฟ้าความถี่สูง เพื่อการสื่อสารยุค 5G

ศริญญา ปะสะกวี ฝ่ายมาตรวิทยาไฟฟ้า
สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ
กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม

ปัจจุบันเครื่องมือที่ใช้ในการวัดด้านกำลังไฟฟ้าคลื่นความถี่วิทยุและไมโครเวฟ (Radio Frequency and Microwave power) มีหลากหลายชนิดทั้งในส่วนที่ใช้ในภาคอุตสาหกรรม อิเล็กทรอนิกส์ การแพทย์ และการสื่อสารโทรคมนาคม ซึ่งเครื่องมือเหล่านี้ อุปกรณ์พาวเวอร์เซนเซอร์ (Power sensor) ถือว่าเป็นเครื่องมือที่มีความแม่นยำที่สุด และความแม่นยำในการวัดนั้นขึ้นอยู่กับความถูกต้องของชุดมาตรฐานการสอบเทียบ ซึ่ง**ชุดมาตรฐานแห่งชาติด้านการสอบเทียบกำลังไฟฟ้าคลื่นความถี่สูงแห่งชาติในปัจจุบัน คือ "RF Power Primary Standard (Calorimeter)"**

โดยชุดมาตรฐานแห่งชาตินี้ ใช้สำหรับสอบเทียบชุด Power Sensor โดยใช้หลักการวัดกำลังไฟฟ้าในรูปของความจุความร้อน (heat capacity) และอัตราการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิที่เกิดขึ้น โดยทำการแทนที่สัญญาณกระแสตรงด้วยสัญญาณคลื่นความถี่สูง ค่าที่ได้จากการทดสอบดังกล่าว เรียกว่า ค่าแฟคเตอร์การสอบเทียบ (calibration factor) ร่วมกับค่าความไม่แน่นอนของการวัดของระบบ

หลักการ

ค่าประสิทธิภาพกำลังไฟฟ้า (effective efficiency: η_e) ถูกใช้เพื่อชดเชยค่าให้มีความถูกต้องยิ่งขึ้น ซึ่งการชดเชยค่าประสิทธิภาพของการดูดซับกำลังไฟฟ้าคลื่นความถี่วิทยุ/ไมโครเวฟของอุปกรณ์โหลดหรือตัวอุปกรณ์ปลายสายดังกล่าว แสดงดังสมการ (1)

$$\eta_e = \frac{P_{DC}}{P_{HF}} \quad \text{..... (1)}$$

ซึ่ง P_{HF} คือ ค่ากำลังไฟฟ้าที่ถูกดูดซับโดยอุปกรณ์โหลดหรือตัวอุปกรณ์ปลายสาย

P_{DC} คือ กำลังไฟฟ้ากระแสตรงที่ถูกชดเชย

ค่าแฟคเตอร์การสอบเทียบ (calibration factor: K) ถูกวิเคราะห์ดังสมการ (2)

$$K_u = \eta_e \times (1-|\Gamma|^2) \quad \text{..... (2)}$$

โดยทั่วไปแล้วค่าแฟคเตอร์การสอบเทียบจะถูกใช้ในกรณีของการสอบเทียบผ่านอุปกรณ์ตัวกลางส่งผ่าน (calibration transfer) จากมาตรฐานอ้างอิง (reference standard) ไปยังหัวพาวเวอร์เซนเซอร์ที่ต้องการสอบเทียบ



ความสามารถสอบกลับได้ทางมาตรวิทยาของกำลังไฟฟ้าความถี่สูง

มาตรฐานการวัดแห่งชาติด้านกำลังไฟฟ้าความถี่สูง คือ Calorimeter มีความสามารถสอบกลับได้ทางมาตรวิทยาไปยังเอสไอผ่าน

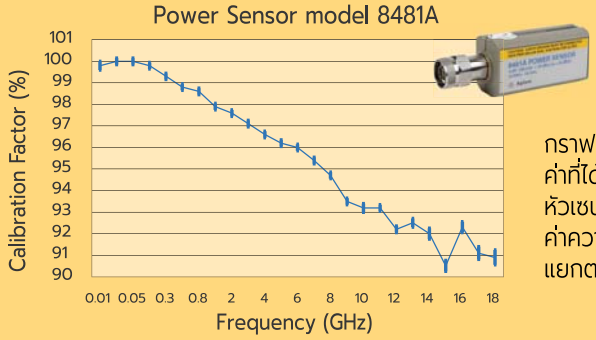
- แรงดันไฟฟ้า มีหน่วยคือ volt: V
- ความต้านทานไฟฟ้า มีหน่วยคือ ohm: Ω
- เวลา มีหน่วยคือ second: s

มาตรฐานการวัดแห่งชาติด้านกำลังไฟฟ้าความถี่สูง: Calorimeter

สำหรับการสอบเทียบกำลังไฟฟ้าคลื่นความถี่สูง


วงจรภายใน calorimeter

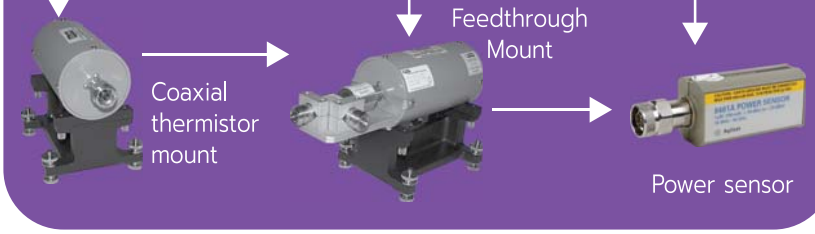




กราฟแสดงการแจกแจงค่าที่ได้จากการสอบเทียบหัวเซนเซอร์และค่าความไม่แน่นอนแยกตามความถี่


Dry calorimeter

ปัจจุบัน ชุดมาตรฐานแห่งชาติสำหรับการสอบเทียบด้านกำลังไฟฟ้าคลื่นความถี่สูง ตั้งแต่ 10 MHz ถึง 18 GHz ที่ระดับสัญญาณ 1 mW สามารถให้บริการสอบเทียบอุปกรณ์ชุดพาวเวอร์เซนเซอร์ชนิด N-type ได้ทุกรุ่น ทุกบริษัทผู้ผลิต ด้วยค่าความไม่แน่นอนในการวัดอยู่ที่ 0.3 - 0.7% ซึ่งในอนาคตจะมีการพัฒนาชุดมาตรฐานดังกล่าวในย่านความถี่ที่สูงขึ้นไป เพื่อรองรับการสื่อสาร 5G ในย่าน millimeter-wave



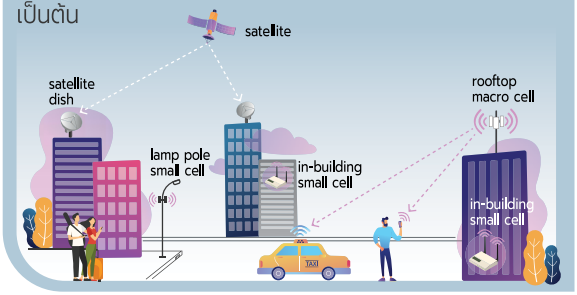
จุดประกายความคิด สร้างแรงบันดาลใจ เพื่อขับเคลื่อนสังคมคุณภาพ ได้ที่

http://mx.nimt.or.th/
https://www.facebook.com/NIMT2541
https://www.youtube.com/user/nimt2541

การประยุกต์การวัดด้านกำลังไฟฟ้าความถี่สูงเพื่อการสื่อสารยุค 5G

ศริญญา ปะสะกวี ฝ่ายมาตรวิทยาไฟฟ้า
สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ
กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม

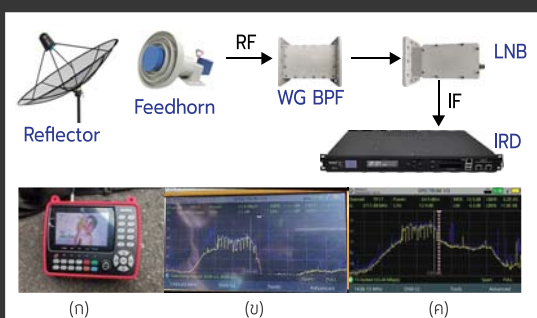
ภารกิจของห้องปฏิบัติการคลื่นความถี่สูง นอกจากการให้บริการสอบเทียบเครื่องมือวัดย่านคลื่นความถี่สูง เช่น oscilloscope, signal generator, function generator, spectrum analyzer และ network analyzer แล้ว ยังสนับสนุนงานด้านการประยุกต์ใช้เครื่องมือวัดดังกล่าวสำหรับการทดสอบอุปกรณ์ทางด้านการสื่อสาร เช่น การสนับสนุนโครงการศึกษาวิจัยการใช้ความถี่ร่วมระหว่างกิจการโทรคมนาคม 5G อีกด้วย ซึ่งอุปกรณ์ดังกล่าวได้แก่ การทดสอบชุดอุปกรณ์ลดและขยายสัญญาณรบกวน (LNB), อุปกรณ์สายอากาศ (antenna or reflector) และอุปกรณ์กรองสัญญาณ (BPF) เป็นต้น



การทดสอบหัว LNB ภาคสนาม

ในระบบโครงข่ายโทรคมนาคม 5G ของประเทศไทย พบว่ามีการกวนกันของสัญญาณมือถือ 5G กับเครื่องรับทีวีจานดำและสัญญาณดาวเทียม จำเป็นต้องมีการทดสอบหัวรับสัญญาณดาวเทียม หรือ LNB (Low Noise Blockdown converter) และอุปกรณ์ประกอบอื่นๆ

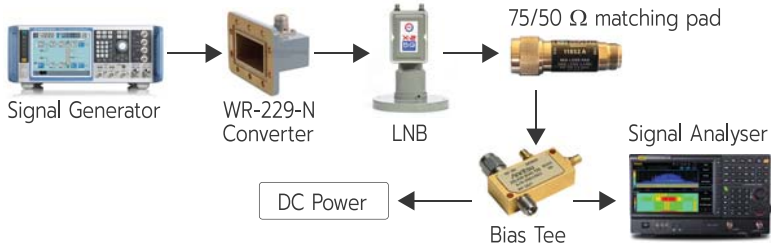
ในการทดสอบเพื่อวัดคุณภาพสัญญาณและความสามารถในการรับชมภาพจากจอทีวี ได้กำหนดระยะเวลาอย่างน้อย 30 วินาที เป็นหลัก โดยมีเกณฑ์คือ ภาพปกติ ภาพเป็นโมเสก ภาพกระตุก และภาพล้ม รวมถึงการแสดงผลทางสเปคตรัมของสัญญาณผ่านอุปกรณ์ spectrum analyzer ซึ่งทางคณะผู้วิจัยได้ทำการทดลองโดยการคัดเลือกชุดอุปกรณ์ LNB ที่เหมาะสมมาใช้กับระบบ



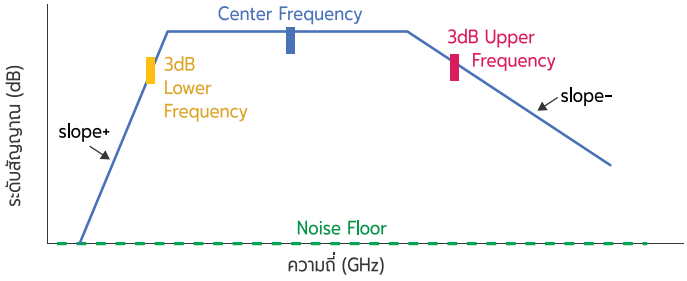
ตัวอย่างระบบการรับสัญญาณทีวีดาวเทียม และสเปคตรัมของสัญญาณดาวเทียม กรณียังไม่ปล่อยสัญญาณ 5G (ข) และกรณีปล่อยสัญญาณ 5G (ค)

การทดสอบหัว LNB ในห้องปฏิบัติการฯ

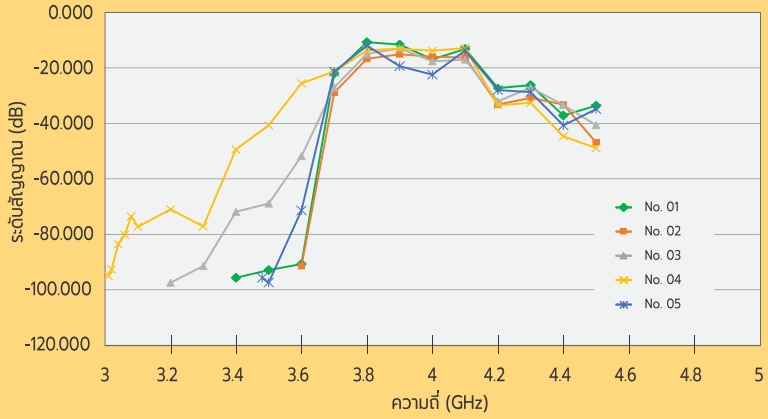
ภาพระบบทดสอบอุปกรณ์ LNB, LNBF และ BPF ที่สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ



สมบัติเฉพาะของอุปกรณ์ LNB โดยทั่วไป



ผลการทดสอบอุปกรณ์ LNB, LNBF และ BPF ชนิดต่างๆ



บทสรุป

ผลการทดสอบในห้องปฏิบัติการฯ แสดงให้เห็นว่า LNB ที่นำมาใช้ในการทดสอบมีความสามารถในการกรองสัญญาณต่างกัน โดยพบว่า LNB ชุดที่แสดงด้วยเส้นกราฟสีเหลือง ให้ค่าการกรองสัญญาณ 5G ที่ต่ำด้วยค่าการกรองอยู่ที่ -40 dB กล่าวคือ เมื่อป้อนสัญญาณ 5G ที่ความถี่ 3.5 GHz เข้าไป จะตัดกรองสัญญาณได้ต่ำกว่าชุด LNB สีน้ำเงิน และ LNB สีส้ม ที่ให้ค่าการกรองสัญญาณรบกวนอยู่ที่ -90 dB



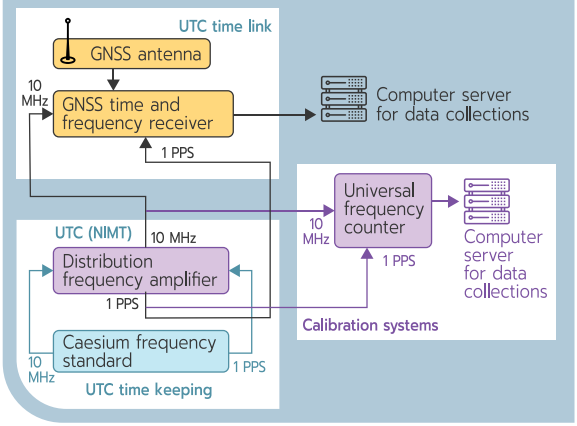
ตัวอย่างชุดอุปกรณ์ LNB ที่มีขายในท้องตลาด

จุดประกายความคิด สร้างแรงบันดาลใจ เพื่อขับเคลื่อนสังคมคุณภาพ ได้ที่
http://mx.nimt.or.th/
https://www.facebook.com/NIMT2541
https://www.youtube.com/user/nimt2541

การเทียบเวลาด้วยสัญญาณจากระบบดาวเทียมนำทางสากล สำหรับโครงสร้างพื้นฐานด้านการระบุค่าพิกัดและเวลาของประเทศ

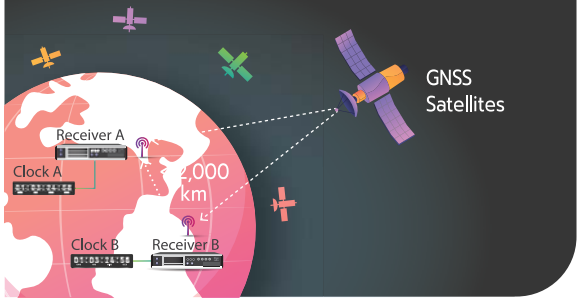
ทยาทิพย์ ทองตัน ฝ่ายมาตรวิทยาไฟฟ้า
สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ
กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม

สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติเป็นหน่วยงานแห่งเดียวในประเทศไทยที่เชื่อมโยงสัญญาณเวลาจากนาฬิกาอะตอมที่เป็นอุปกรณ์ผลิตความถี่มาตรฐานจากการเปลี่ยนชั้นพลังงานของธาตุซีเซียม ซึ่งเป็นมาตรฐานการวัดแห่งชาติด้านเวลา ไปยัง **เวลาสากลร่วม (Coordinated Universal Time, UTC)** เพื่อให้บริการค่าปริมาณเวลาสำหรับกิจกรรมต่าง ๆ ของประเทศ รวมไปถึงการเชื่อมโยงเวลาสากลร่วมกับนาฬิกาอะตอมที่อยู่ภายในเครื่องรับสัญญาณของสถานีอ้างอิงซึ่งรับสัญญาณจากระบบดาวเทียมนำทางสากล (Global Navigation Satellite System, GNSS) ที่กระจายอยู่ทั่วทั้งประเทศในการเป็นโครงสร้างพื้นฐานด้านการระบุค่าพิกัดของประเทศ สำหรับระบุค่าพิกัดและเวลาแบบทันทีทันใดที่มีความแม่นยำ



การเปรียบเทียบสัญญาณเวลาด้วยวิธี GNSS common-view ณ สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ

เป็นการแสดงกระบวนการวัดสัญญาณเวลาจาก GNSS เพื่อบ่งชี้สมบัติของนาฬิกาอะตอมที่อยู่ภายในเครื่องรับสัญญาณที่อยู่ในระยะไกล ซึ่งการถ่ายทอดค่าสัญญาณความถี่ไปยังสถานีในโครงข่ายที่อ้างอิงเวลากับเวลา UTC อาศัยการเปรียบเทียบสัญญาณเวลาด้วยวิธีการมองร่วม (GNSS common-view)

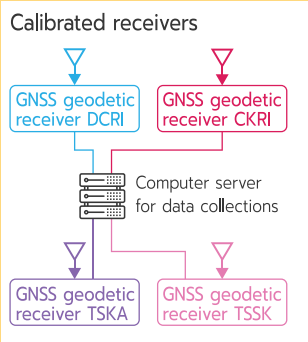


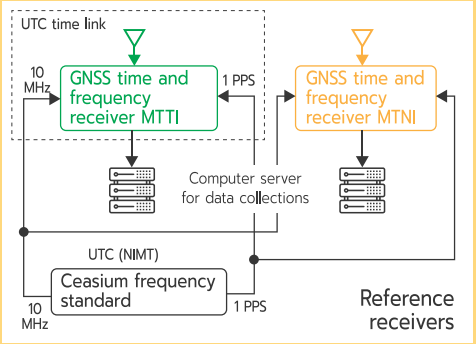
ทดลองเปรียบเทียบสัญญาณเวลากับสถานีฐานอ้างอิง ใน 4 ภูมิภาค ด้วยวิธี GNSS common-view

ในปีงบประมาณ 2565 สถาบันมีแผนงานที่จะทำการเปรียบเทียบสัญญาณเวลากับสถานีฐานอ้างอิงทุกสถานีทั่วประเทศ เพื่อเป็นการเตรียมความพร้อม จึงได้ทำการทดลองเปรียบเทียบสัญญาณเวลากับสถานีฐานอ้างอิงใน 4 ภูมิภาค ประกอบด้วย สถานีฐานอ้างอิง DCRI จ.เชียงราย, สถานีฐานอ้างอิง CKRI จ.กาญจนบุรี, สถานีฐานอ้างอิง TSSK จ.ศรีสะเกษ และสถานีฐานอ้างอิง TSKA จ.สงขลา โดยนำมาเปรียบเทียบสัญญาณเวลากับสถานีฐานอ้างอิง ณ มว. คลองห้า 2 สถานี คือ MTNI และ MTTI

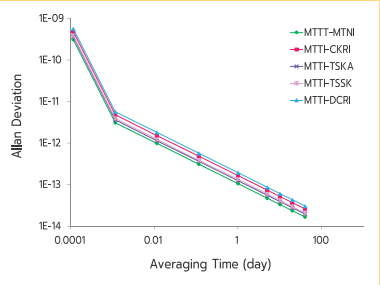


รูปแบบการดำเนินการวัดเพื่อประมวลผล



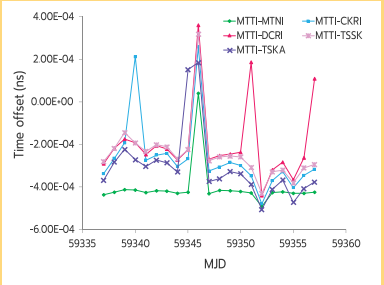


ค่าเสถียรภาพที่ได้การเทียบสัญญาณเวลา



ค่าความเสถียรของนาฬิกาภายในเครื่องรับสัญญาณมีค่ามากกว่าระดับ 10^{-12} สำหรับการวัดที่ระยะเวลาน้อยกว่า 1 วัน และมีค่าประมาณ $1x10^{-14}$ สำหรับผลที่ได้จากการรับสัญญาณเป็นเวลา 1 วัน

ค่าความถูกต้องของการเทียบสัญญาณเวลา



ค่าความถูกต้องของนาฬิกาภายในเครื่องรับสัญญาณมีค่าดีกว่าค่าเวลาที่ต้องการที่ระดับ 20 นาโนวินาที โดยพบว่ามีค่าคลาดเคลื่อนพร้อมๆ กันที่วันเดียวกัน

บทสรุป

ผลจากการศึกษาพบว่า ค่าความถูกต้องของการรับสัญญาณเวลาอยู่ระดับ 0.3 พิโควินาที และค่าความเสถียรของนาฬิกาที่เครื่องรับสัญญาณอยู่ที่ระดับ 0.1 พิโควินาที ใน 1 วัน

การดำเนินการครั้งนี้เป็นจุดเริ่มต้นสำหรับการยกระดับการประสานเวลา (time synchronisation) ของโครงสร้างพื้นฐานด้านการระบุค่าพิกัดและเวลาของประเทศ การรองรับการประสานค่าเวลาในโครงข่ายของระบบสื่อสารโทรคมนาคมแบบ 5G และการเพิ่มประสิทธิภาพของการขนส่งพลังงานสำหรับโครงข่ายพลังงานอีกด้วย

จุดประกายความคิด สร้างแรงบันดาลใจ เพื่อขับเคลื่อนสังคมคุณภาพ ได้ที่
http://mx.nimt.or.th/
https://www.facebook.com/NIMT2541
https://www.youtube.com/user/nimt2541

QR Code สำหรับ Download Poster

หรือเข้าไปที่เว็บเพจ Metrology Explorer
ที่ http://mx.nimt.or.th/?page_id=1598



แนะนำ VIRTUAL TOUR 360°

ครั้งแรก..และที่เดียวในประเทศไทย กับการ**สัมผัสประสบการณ์เข้าเยี่ยมชมห้องปฏิบัติการมาตรวิทยาระดับชาติ แบบเสมือนจริง (Virtual Tour 360°)** ที่จะทำให้คุณได้สัมผัสกับบรรยากาศการทำงานในห้องปฏิบัติมาตรฐานแห่งชาติ ที่ผ่านการตรวจประเมินทางเทคนิคจากผู้เชี่ยวชาญระดับนานาชาติ และมีระบบคุณภาพเป็นไปตาม ISO/IEC 17025: 2017 พร้อมคำบรรยายประกอบการเยี่ยมชมตลอดเส้นทาง ห้ามพลาด!

QR Code สำหรับ
NIMT in 360°

NIMT

สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ

กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม
3/4-5 หมู่ 3 ตำบลคลองห้า อำเภอคลองหลวง
จังหวัดปทุมธานี 12120
โทรศัพท์ 0 2577 5100
email: pr@nimt.or.th

ติดตามข่าวสารได้ที่

จุดประกายความคิด สร้างแรงบันดาลใจ เพื่อขับเคลื่อนสังคมคุณภาพ
ได้ที่ Metrology Explorer
http://mx.nimt.or.th/

FACEBOOK
@NIMT2541

Youtube
NIMT2541