



เวลาตรวจสอบประเทศไทย

ที่รัฐลึกวันคล้ายวันสถาปนากรมอุทกศาสตร์
ครบรอบ ๘๙ ปี

วันที่ ๑๖ มกราคม พ.ศ.๒๕๖๗







พล.ร.อ.สมเด็จพระบรมโอรสาธิราชฯ สยามมกุฎราชกุมาร ขณะทรงพระยศเป็น
ร.ท.เจ้าฟ้ามหาชิราลงกรณ์ เสด็จพระราชดำเนินทรงเป็นประธานในพิธีเปิด
เครื่องอุปกรณ์รักษาเวลาตามมาตรฐานประเทศไทย ณ กรมอุทกศาสตร์
เมื่อวันที่ ๒๗ ธันวาคม พ.ศ.๒๕๘๔

สมเด็จพระเจ้าลูกเธอเจ้าฟ้าสิริบูรณ์เพพร์ตานสุดาภิวัฒนาดุลโสมราคาย
เสด็จทรงเยี่ยมกิจการอุทกศาสตร์ เมื่อ ๕ เมษายน พ.ศ.๒๕๑๘



สมเด็จพระเพทราชาสุดาฯ สยามบรมราชกุمارี เสด็จทรงทอดพระเนตร
เยี่ยมชมกิจการเวลา มาตรฐานประเทศไทย ณ กรมอุทกศาสตร์
เมื่อวันที่ ๕ เมษายน ๒๕๑๘



ພາເຮືອເອກ ກໍາຊສ ພຸມທິຣັນ

ພູບປັນຫາການທາງເຮືອ



ພວເຮົວໂທ ສາສ්තරຈාරຍ්ເກිຍරතිකුນ ນຄ ກນວງຢ່າງ

ເຈົ້າກຣມວຸກກສາສ්තර



คำนำ

มนุษย์มีวิถีชีวิตคู่กับธรรมชาติมาช้านาน ได้ยึดถือดูดวงอาทิตย์เป็นเครื่องบอกเวลา เช้า สาย เที่ยง บ่าย เย็น เช่นเดียวกับประเทศไทยได้มีการกำหนดเวลาให้สอดคล้องกับวิถีชีวิตประชาชน จาริตและราชประเพณี คติทางศาสนาพุทธ ศาสนาอื่นๆ และทางโทรคาลสตร์ กล่าวคือ ในช่วงเริ่มต้นเวลากำลังรุ่ง หรือเวลาที่ดวงอาทิตย์ขึ้น ประมาณเวลา ๐๖๐๐ และเวลาเย็นๆ หรือเวลาที่ดวงอาทิตย์ตก ประมาณเวลา ๑๘๐๐ ซึ่งเป็นจริงตามธรรมชาติมากที่สุด พระบาทสมเด็จพระมหาภูมิพลอดุลยเดชมหาราช บรมนาถบพิตร ได้มีพระราชดำริฯ เพื่อให้ประเทศไทยได้มีการกำหนดเวลา เพื่อให้เป็นระบบสากลตามนานาอารยประเทศและประชาชนชาวไทยได้ใช้เวลาที่ตรงกันทั่วทั้งประเทศ จึงได้มีพระบรมราชโองการฯ ตั้งแต่ ๑ เมษายน พ.ศ.๒๕๖๓ ให้ใช้เวลาอัตรารา ๗ ชั่วโมง ก่อนเมืองกรุงนิช เป็นเวลาใช้ทั่วราชอาณาจักร และเพื่อรักษาเวลาตามมาตรฐานของประเทศไทย และแจ้งลัญญาณเทียบเวลาให้แก่ประชาชน รัฐบาลได้มอบหมายให้เป็นหน้าที่ของททท. เรือเป็นผู้ดำเนินการรับผิดชอบ ปัจจุบันกองทัพเรือได้กำหนดให้เป็นหน้าที่ของกรมอุทกศาสตร์ ตั้งแต่ พ.ศ.๒๕๖๓ ระบบการรักษาเวลาตามมาตรฐานได้มีการพัฒนาเจริญก้าวหน้าไปตามยุคสมัย กรมอุทกศาสตร์ได้ปรับปรุงระบบการรักษาเวลาให้ได้มาตรฐานสากล โดยการจัดทำอุปกรณ์รักษาเวลาตามมาตรฐานด้วยอุปกรณ์ผลิตความถี่มาตรฐานจากพลังงานประมาณมาไว้ใช้ทางราชการ

พลเรือเอก สมเด็จพระบรมโอรสาธิราชฯ สยามมกุฎราชกุมาร ขณะทรงพระยศเป็น เรือโทเจ้าฟ้ามหาชีราลงกรณ์ ได้เสด็จพระราชดำเนินมาทรงเป็นประธานในพิธีเปิดเครื่องอุปกรณ์รักษาเวลาตามมาตรฐานแห่งประเทศไทย ณ กรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือ เมื่อวันที่ ๒๒ ธันวาคม พ.ศ.๒๕๑๔ นับเป็นพระมหากรุณาธิคุณอันใหญ่หลวง ยังความปลาบปลื้มและภาคภูมิใจมาสู่ ข้าราชการกองทัพเรือทุกนาย รวมทั้งอยู่ในความทรงจำของเหล่าข้าราชการ กรมอุทกศาสตร์เสมอมา

ผลในฐานะหัวหน้าคณะกรรมการจัดทำหนังสือเผยแพร่วิทยาการของ
กรมอุทกศาสตร์ ขอขอบคุณคณะกรรมการฯทุกท่านที่ให้ความร่วมมือในการจัดทำ
หนังสือเวลา มาตราฐานประเทศไทยจนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี หากมีความผิดพลาด
ประการใดขอความกรุณาแจ้งมาที่กรมอุทกศาสตร์ เพื่อการแก้ไขปรับปรุงต่อไป

พลเรือตรี

(នគរក់ នាក់ខ្លួន)

หัวหน้าคณะทำงานจัดทำหนังสือเผยแพร่วิทยาการของกรมอุทกศาสตร์
และผู้ทรงคุณวุฒิกองทัพเรือ

คำปราศรານ



ในระยะเวลาหลายปีที่ผ่านมา กรมอุทกศาสตร์ได้จัดทำหนังสือต่างๆ เพื่อ
มอบเป็นที่ระลึกในวันครบรอบวันสถาปนากรมอุทกศาสตร์ วันที่ ๑๖ มกราคม
ของทุกปี ซึ่งกรมฯ ได้มุ่งหวังที่จะเผยแพร่วิชาการและความรู้ต่างๆ ที่เป็นงาน
ของกรมฯ ที่ได้ดำเนินการปฏิบัติจนเป็นรูปธรรม ตั้งแต่ได้ยกฐานะขึ้นเป็น
กรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือ วิชาการต่างๆ นั้นได้เริ่มและพัฒนามาอย่างต่อเนื่อง
จนแทบทะลุนได้ว่า ในเนื้องานการอุทกศาสตร์นั้นมีความใกล้ชิดและเชื่อมโยง
กับประชาชนและหน่วยงานต่างๆ ของประเทศไทยเป็นอันมาก มีงานบางอย่าง
ในอดีตที่มีในกรมอุทกศาสตร์แต่เพียงแห่งเดียว งานบางอย่างกรมอุทกศาสตร์
เป็นผู้ริเริ่มดำเนินการจนปัจจุบันเป็นที่แพร่หลายอยู่ทั่วไป

ในโอกาสครบรอบวันคล้ายวันสถาปนากรมอุทกศาสตร์ในปีนี้ ถือเป็นปีที่ ๘๙
กรมอุทกศาสตร์ได้พิจารณาแล้วเห็นว่างานทางด้านเวลามาตรฐานเป็นอีกงานหนึ่ง
ที่กรมอุทกศาสตร์ได้เป็นผู้ดำเนินงานมา ตั้งแต่รัชสมัยพระเจ้าอยู่หัวรัชกาลที่ ๖
จนถึงปัจจุบัน และถือว่าเป็นงานที่ได้รับใช้กองทัพเรือ รวมทั้งประชาชนชาวไทย
มาโดยตลอด และเวลาเป็นสิ่งที่ควบคู่กับชีวิตประจำวัน จึงได้จัดทำหนังสือเวลา
มาตรฐานประเทศไทย เพื่อมอบให้กับผู้ที่มาร่วมงานและหน่วยงานต่างๆ เพื่อ
เผยแพร่ความรู้และผลการดำเนินงานทางด้านเวลามาตรฐานประเทศไทย ของ
กรมอุทกศาสตร์ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน

หนังสือเวลา มาตรฐานประเทศไทยฉบับนี้ได้อาศัยข้อมูลต่างๆ ตั้งแต่
อดีตที่ผ่านมา รวมทั้งจากแหล่งข้อมูลต่างๆ นำมารวบรวมและเรียบเรียงขึ้นใหม่
หากข้อมูลจากแหล่งใดที่มีปรากฏในหนังสือเล่มนี้และมิได้กล่าวถึงที่มา กรมอุทกศาสตร์
ต้องกราบขออภัยมา ณ ที่นี่ อย่างไรก็ได้กราบขอบคุณแหล่งข้อมูลต่างๆ
ในส่วนรวม โดยหวังว่าการเผยแพร่ข้อมูลของกรมอุทกศาสตร์เพื่อเป็นวิทยาทาน
และหลักฐานปรากฏไว้ในเบื้องหน้าเพื่อเป็นแหล่งค้นคว้าให้แก่อนุชนรุ่นหลัง
จะได้เริ่มสร้างบุญบารมีให้แก่ผู้เกี่ยวข้องทั้งปวง

พลเรือโท ศาสตราจารย์เกียรติคุณ

(นศร ทนุวงศ์)

เจ้ากรมอุทกศาสตร์

สารบัญ

ชื่อเรื่อง	หน้าที่
คำประ阿根	๑
คำนำ	๒
สารบัญ	๓
สารบัญภาพ	๔
สารบัญตาราง	๕
บทที่ ๑ เวลา	๖
เวลาและความสำคัญของเวลา	๖
ความสัมพันธ์ของเวลา กับ ช่วงเวลา	๗
ชนิดเวลาและช่วงเวลา (Epoch and Interval)	๙
เวลาและนาฬิกา	๑๐
นาฬิกาที่เกี่ยงตรงกับสุดในโลก	๑๐
บทที่ ๒ ระบบเวลา (Time System)	๑๓
ประเภทของระบบเวลา	๑๓
ระบบเวลาที่อ้างอิงกับการหมุนรอบตัวเองของโลก	๑๓
ระบบเวลาที่อ้างอิงกับการโคจรรอบดวงอาทิตย์ของโลก	๑๔
ระบบเวลาอะตอม (Atomic Time System)	๑๔
ระบบเวลาอีบี	๑๔
การพัฒนาความสัมพันธ์ของเวลาจากระบบเวลาต่างๆ กับ สำคัญ	๑๔
บทที่ ๓ การรักษาเวลาและ การให้บริการเกี่ยวกับเวลาสากล	๑๕
วัตถุประสงค์ของการรักษาเวลาตามมาตรฐาน	๑๕
หน่วยงานที่ทำหน้าที่รักษาเวลาตามมาตรฐาน	๑๕
บทสรุปของงานรักษาเวลาตามมาตรฐานทั่วไป	๑๕
บทที่ ๔ ประวัติการรักษาเวลาของไทย	๖๐
ที่มาของ การรักษาเวลาตามมาตรฐานประเทศไทย	๖๐
การแข่งขันมาตรฐานเวลา	๖๓
งานรักษาเวลาตามมาตรฐาน พ.ศ.๒๕๖๖	๖๔
การจัดตั้งแพนเคอร์เรลาร์สต์	๖๘
โครงการ การให้บริการเวลาตามมาตรฐานประเทศไทยผ่านระบบ Online	๖๙
บทที่ ๕ การรักษาและให้บริการเวลาตามมาตรฐานแห่งประเทศไทยโดยกรมอุตุนิยมวิทยา	๗๗
การรักษาเวลาตามมาตรฐานของประเทศไทย	๗๗
หลักการทั่วไปในการรักษาเวลา	๗๗
ความถูกต้องในการรักษาเวลาตามมาตรฐานประเทศไทย	๗๘
การเกี่ยวกับ GPS	๗๙
อุปกรณ์ในการรักษาเวลาตามมาตรฐาน	๘๐
การให้บริการเกี่ยวกับเวลาของกรมอุตุนิยมวิทยา	๘๑



ចៀវទី៧

- การให้บริการเกียบเวลาทางโทรศัพท์
 - การให้บริการเกียบเวลาทางอินเทอร์เน็ต
 - อุปกรณ์ให้บริการเกียบเวลา
 - การพัฒนางานทางด้านเวลาตามมาตรฐานของกรมอุตุนิยมวิทยา

អប់រំ

၁၇

၁၇

၁၇

६८

ການຄົມ

- พนวก ก ประวัติของอุปกรณ์การเดินเรือ

พนวก ข กำเนิดของดีดตัวบังคับบัญชาของอุปกรณ์การเดินเรือ

พนวก ค แพที่สัมภาระ (Zone Time)

พนวก ง คำสั่งแต่งตั้งคณะกรรมการจัดทำหนังสือเผยแพร่วิทยาการของ อศ.

七

६८

५३

८३

606



สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้าที่
๑-๑ เชอร์โควาช นิวตัน	๑
๑-๒ อัมมาญูอล คาhey	๑
๑-๓ อัลเบิร์ต ไอบ์สไตน์	๒
๑-๔ ฟูงค้างคาวอวกาศากินในทดลองกลางคืน	๓
๑-๕ กล้องวัดดาว	๓
๑-๖ การแบ่งเส้นเมริเดียนออกเป็นเส้นละ ๑๕ องศา	๔
๑-๗ แม่น้ำแม่ท่าrew	๔
๑-๘ กราฟการโคจรของดาวเคราะห์	๕
๑-๙ นาฬิกาแมด	๕
๑-๑๐ นาฬิกาน้ำ	๖
๑-๑๑ นาฬิกาแมดของชาวอียิปต์	๖
๑-๑๒ แมทที Zone Time	๖
๑-๑๓ ไฮโอดัลส์	๗
๑-๑๔ อาคารที่ทำการของ Royal Observatory	๗
๑-๑๕ Cathedral of Strassburg	๘
๑-๑๖ นาฬิกาจากประเทศไทยและเยอรมัน	๘
๑-๑๗ นาฬิกาแมด หน้าวัดพิวศรธรรมประวัติราชวรวิหาร	๙
๑-๑๘ พิพิธภัณฑ์นาฬิกาโบราณ	๙
๑-๑๙ นาฬิกาปารีส	๙
๑-๒๐ นาฬิกาลอดขอบ นาฬิกากระสือ	๑๐
๑-๒๑ การทำงานของอะตอมซีซีเอ็ม	๑๐
๑-๒๒ นาฬิกาใบลาน	๑๑
๑-๒๓ นาฬิกาอโตเมติก	๑๑
๑-๒๔ นาฬิกาดิจิตอล	๑๒
๑-๒๕ นาฬิกาควอตซ์	๑๒
๑-๒๖ นาฬิกา OMEGA รุ่น Speedmaster	๑๒
๒-๑ จุดเวอร์บูลอิคิวบูลซ์	๑๓
๒-๒ บนเวลากาลาราคติ	๑๔
๒-๓ วงโคจรรอบดวงอาทิตย์ของโลก	๑๕
๒-๔ รักมี ๑ กวนาดไปเป็นพี้ที่เท่ากันในเวลาที่เท่ากัน	๑๕
๒-๕ การเคลื่อนไหวที่ริงของดวงอาทิตย์ (แบบที่ ๑)	๑๕
๒-๖ การเคลื่อนไหวที่ริงของดวงอาทิตย์ (แบบที่ ๒)	๑๕
๒-๗ บนเวลากลุ่มสุริยคติ	๑๖
๒-๘ การแบ่งเวลาประจำภาค	๑๗
๒-๙ การรถไฟฟ้าของสหราชอาณาจักร	๑๘

กาหนด*	หน้าที่
๒-๑๐ Sir Sandford Fleming	๒๕
๒-๑๑ ทดสอบการความสัมพันธ์ของเวลาจากระบบเวลาต่างๆ กับสำคัญ	๒๖
๓-๑ การวัดวัตถุบทท้องฟ้าเพื่อหาตำแหน่งที่ตั้ง	๒๖
๓-๒ แบบที่ทดสอบเวลาต่างกันเป็นช่วงไม่ตามพื้นที่ต่างๆ บนโลกโดยเกี่ยวกับเส้นเมริเดียนที่ผ่านเมืองกรีนิช	๒๖
๓-๓ ลูกบล็อกสัญลักษณ์ของเวลาที่เมืองกรีนิช	๒๗
๓-๔ การซึ้งปืนนาฬิกาที่ยังคงก้าวเดินอยู่	๒๗
๓-๕ กิ่งก้าน BIPM กรุงปารีส ประเทศฝรั่งเศส	๒๘
๓-๖ กิ่งห้องห้องปฏิบัติการต่างๆ กิ่งส่องห้องห้องปฏิบัติการ BIPM ใช้ในการคำนวน TAI	๒๙
๓-๗ กรณีทดสอบผลต่างการเกี่ยวเวลาของนาฬิกาของหน่วยงานต่างๆ	๒๙
๓-๘ การใช้ระบบ GPS ในการเกี่ยวเวลา UTC ระหว่างหน่วยงานที่รับผิดชอบเรื่องเวลา	๓๐
๓-๙ เครื่องเกี่ยวเวลาผ่านระบบ GPS	๓๐
๓-๑๐ แบบผังการจัดองค์การของ NIST	๓๑
๓-๑๑ Riefler Clock	๓๒
๓-๑๒ Short Clock	๓๒
๓-๑๓ นาฬิกาอะตอม	๓๒
๓-๑๔ สถาบันวิจัยทางศาสตร์สังกฤตภysics แห่งชาติ NIST	๓๓
๓-๑๕ ห้องปฏิบัติการ NIST เมือง Boulder บลร์ชโคโลราโด	๓๓
๓-๑๖ นาฬิกาปรมาณู	๓๔
๓-๑๗ The Official Seal of the USNO	๓๕
๓-๑๘ ภาพถ่ายทางอากาศของ USNO	๓๕
๓-๑๙ ไดอะแกรม GPS Time to UTC Time	๓๗
๓-๒๐ ทดสอบเวลาจาก GPS	๓๘
๔-๑ พระบาทสมเด็จพระปรมินทรมหาภูมิพลอดุลยเดช รัชกาลที่ ๙	๖๐
๔-๒ พระบาทสมเด็จพระปรมินทรมหาภูมิพลอดุลยเดช เสด็จทรงพระเยതรสุริยุปราคา ที่ ต.หว้ากอ จ.ประจวบคีรีขันธ์ อุปราชานาถีมด้วง	๖๐
๔-๓ อุปราชานาถีมด้วง	๖๑
๔-๔ อุปราชานาถีมด้วง	๖๑
๔-๕ พระที่นั่งกุฎลักษณ์ไนย	๖๑
๔-๖ การเกิดสุริยุปราคา	๖๒
๔-๗ หนองนาฬิกายี่ในพระที่นั่งจักรี	๖๒
๔-๘ วัดพระเบญจเพลิงคลารามราชวรมหาวิหาร	๖๓
๔-๙ การใช้เรือหลวงในการซึ้งปืน	๖๓
๔-๑๐ นาฬิกาลูกดูม	๖๔
๔-๑๑ นาฬิกาโคลโนเมตอร์	๖๔
๔-๑๒ เส้นแบ่งเขตเวลาโลกที่ Greenwich ประเทศอังกฤษ	๖๕
๔-๑๓ กล้องดูดาว	๖๕
๔-๑๔ ภายในท้องฟ้าจำลอง	๖๕
๔-๑๕ สมเด็จพระบรมโอรสาธิราชฯ สยามมกุฎราชกุมาร เสด็จทรงเปิดเวลามาตรฐานประเทศไทย ณ กรมอุตุนิยมวิทยา	๗๒
๔-๑๖ แบบภาพโครงสร้างการให้บริการเวลามาตรฐานประเทศไทยผ่านระบบ Online	๗๔

รายการ*	หน้าที่
๕-๑ แสดงการเทียบเวลาโดยวิธี GPS CV	๘๔
๕-๒ นาฬิกาปริมาณูเซียม ๑๓๓ ตราอักษร HEWLETT PACKARD	๘๐
๕-๓ นาฬิกาปริมาณูเซียม ๑๓๓ ตราอักษร Agilent	๘๐
๕-๔ เครื่องรับสัญญาณเวลาด้วยดาวเทียม ระบบ GPS ตราอักษร MEINBERG	๘๐
๕-๕ เครื่องรับสัญญาณเวลาด้วยดาวเทียม ระบบ GPS ตราอักษร Symmetricom	๘๑
๕-๖ ระบบสอบเทียบเวลาด้วยปัญญาณ GPS Common View ตราอักษร SOLUTIONS	๘๑
๕-๗ การให้บริการเทียบเวลาของกรมอุตุศาสตร์	๘๒
๕-๘ เครื่องบอกเวลา (Speaking Clock) ตราอักษร UHER	๘๓
๕-๙ เครื่องบอกเวลาทางโทรศัพท์ (Speaking Clock) ตราอักษร ATIS	๘๓
๕-๑๐ เครื่องบอกเวลาทางโทรศัพท์ (Speaking Clock) ตราอักษร ATIS UHER	๘๓
๕-๑๑ Network Time Server ตราอักษร ELPROMA	๘๓
๕-๑๒ Network Time Server ตราอักษร Datum	๘๔
๕-๑๓ อาคารติดตั้งสายอากาศ (Antenna House) และสายอากาศ (Antenna) กึ่งตั้งอยู่ตรงกลาง	๘๔
๕-๑๔ เครื่องสั่งสัญญาณแบบกึ่งตัวนำ (Semi-conductor) ขนาด 50 kW	๘๕
๕-๑๕ เครื่องผลิตสัญญาณเวลา	๘๕

สารบัญตาราง

ตารางที่*	หน้าที่
๒-๑ ตัวอักษรเลขันดรากลีบี (Greenwich Sideral Day Number) ระหว่างปี ค.ศ.๑๕๕๐ - ๑๘๕๙	๑๖
๒-๒ แสดงความถูกต้องของความถูกต้องของเวลาต่อวันที่ได้จากนาฬิกาวาตุอมและนาฬิกาอิเล็กทรอนิกส์	๒๔
๒-๓ แสดงความนาบรของภาระเกิดอัตราพัสดุสัมภาระ ๑ วินาทีของนาฬิกาวาตุอมต่างๆ	๒๔
๒-๔ แสดงอัตราพัสดุสัมภาระของนาฬิกาซีเซียมที่มีผลต่ออัตราพัสดุของระบบทางของคลื่นแสง (อัตราพัสดุสัมภาระของเวลาที่อยู่บนสมบูรณ์แบบที่สุด)	๒๔
๕-๑ การ Trace Back ของนาฬิกาที่วัดไปยัง BIPM (เส้นทางที่ ๑)	๗๙
๕-๒ การ Trace Back ของนาฬิกาที่วัดไปยัง BIPM (เส้นทางที่ ๒)	๗๙

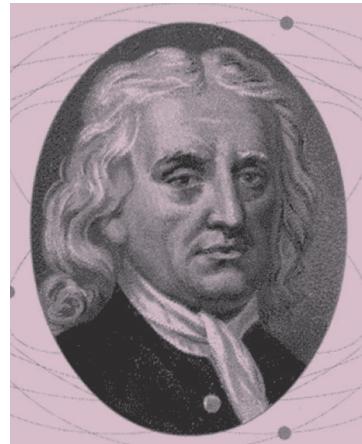


บทที่ ๑

บทนำ

● เวลาและความสำคัญของเวลา

เวลาคืออะไร เวลา ในมุมมองหนึ่งกล่าวว่า เวลาเป็นองค์ประกอบพื้นฐานหนึ่งของจักรวาล ให้เหตุการณ์ต่างๆ ดำเนินอยู่ในนั้น ซึ่งเป็นแนวคิดของเชอร์รีอแซก นิวตัน (Sir Isaac Newton) อีกมุมมองหนึ่งกล่าวว่า เวลาเป็นสิ่งสมบูติเช่นเดียวกับพื้นที่ (Space) และตัวเลข มีเหตุการณ์ต่างๆ เกิดขึ้นเป็นลำดับ แต่ไม่ได้หมายความว่าเวลาภัยต่อกัน นั่นจะรวมอยู่ด้วยกัน ซึ่งเป็นแนวคิดของอิมามานูエル คานต์ (Immanuel Kant) และก็อตต์ฟรีด วิลเบิร์น ไลบ์นิช (Gottfried Wilhelm Leibniz) บางทีมุมมองทั้ง ๒ ที่เกี่ยวกับเวลาภัยยังมีความลับสนนและไม่ชัดเจนอยู่ จึงมีการนิยามความหมายของเวลาโดยการปฏิบัติแทนคำบรรยาย (Operational Definition) ซึ่งมักใช้การเคลื่อนที่ หรือการเปลี่ยนแปลงแบบเป็นค่าของวัตถุ เป็นตัววัดเวลา เช่น ดิส (ข้างขึ้นข้างลง) ของดวงจันทร์ การแก่วงของลูกศูนย์ การขึ้นและตกของดวงอาทิตย์



ภาพที่ ๑-๑ เชอร์รีอแซก นิวตัน

เวลา เป็นสาขานึงของวิทยาศาสตร์ ปรัชญา และศิลปศาสตร์ แต่ละสาขามีมุมมองต่างๆ กันไป เช่น ในวิชาเศรษฐศาสตร์ อาจมองว่า “เวลาเป็นเงินทอง” (Time is money) เป็นต้น

ตามพจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พุทธศักราช ๒๕๔๒ ได้ให้คำนิยามของเวลาว่า “ช่วงขณะยาวนานที่มีอยู่ โดยนิยมกำหนดขึ้นเป็น ครู่ ครา วัน เดือน ปี เป็นต้น” ส่วนในพระคัมภีร์เก่า (Old Testament) ซีอีคเลสไสส์ ซึ่งในอดีตเชื่อว่า เจียนโดยกษัตริย์โซโลมอน (King Solomon ๔๗๐-๓๒๒ ปีก่อนคริสต์กากล) ได้เขียนเกี่ยวกับเวลาไว้ว่า “เวลา ถูกคาดหมายไว้สำหรับทุกสิ่งทุกอย่างที่อยู่ใต้ฟ้าล้วนเกี่ยวพันกับเวลาทั้งหมด เช่น เมื่อมีเวลาที่จะเกิดย่อมมีเวลาที่จะตาย เมื่อมีเวลาที่จะปลูกย่อมมีเวลาที่จะถอนลิงที่ปลูก เมื่อมีเวลาที่จะหายย่อมมีเวลาที่จะเยียวยา เมื่อมีเวลาที่จะทำลายย่อมมีเวลาที่จะสร้างใหม่ เมื่อมีเวลาที่จะร้องให้ยอมมีเวลาที่จะหัวเราะ เมื่อมีเวลาที่จะไว้ทุกชีวิต



ภาพที่ ๑-๒ อิมามานูエル คานต์

ย่อมมีเวลาที่จะเต็นรำอย่างมีความสุข เมื่อมีเวลาที่จะช่วยกันย้อมมีเวลาที่จะเก็บก้อนทราย เมื่อมีเวลาที่จะอบกอดย้อมมีเวลาที่จะปฏิเสธการอบกอด เมื่อมีเวลาที่จะค้นหา yom มีเวลาที่จะหยุดค้น เมื่อมีเวลาที่จะเก็บไว้ย้อมมีเวลาที่จะซึ้งช้ำมันไป เมื่อมีเวลาที่จะแยกย้อมมีเวลาที่จะรวม เมื่อมีเวลาที่จะเจียบย้อมมีเวลาที่จะพูด เมื่อมีเวลาที่จะรักย่อมมีเวลาที่จะซัง และเมื่อมีเวลาที่จะมีศักย์ย้อมมีเวลาที่จะอยู่อย่างสงบ” (Ecclesiastes หน้า ๓ : ๑-๘)

จะเห็นได้ว่าการจะบอกว่าเวลาคืออะไรไม่ใช่เรื่องง่ายเลยที่เดียว ในขณะเดียวกันก็ไม่ใช่เรื่องยากนัก เพียงแต่มักเกิดความเข้าใจที่ขวางกัน และการตีความที่แตกต่างกันของแต่ละสาขาวิชา ซึ่งสอดคล้องกับผู้มีความรู้ทั้งหลายที่กล่าวไว้ว่าทุกคนรู้ว่ามีเวลา แต่ยกที่จะอธิบายให้เข้าใจได้ในรูปแบบง่ายๆ ในทางพุทธศาสนา เวลาภัยเมื่อนอกบ้าน ภัยล้วนล้วน การเวียนว่ายตายเกิด การมีอยู่ตลอดแต่ไม่สามารถจับต้องได้ นอกจากนี้ลั่งที่ชัดเจนเกี่ยวกับเวลาคือ เวลาไม่สามารถถูกทำให้หยุดได้ แต่การเคลื่อนไหวสามารถทำให้หยุดได้ เวลาเหมือนกับชีวิตที่ไม่มีวันดับ สรรพสิ่งล้วนมีเวลาเป็นของตนเอง บทจะเลี้ยง บทจะพัง ยกที่จะกำหนด ไม่ว่าจะเป็นเรื่องของชีวิตหรือลั่งของ ซึ่งเราก็พยายามจะกำหนดอายุการใช้งานของลั่งต่างๆ แต่ก็เป็นเรื่องยากที่จะกำหนดได้ ของอย่างเดียวกันซึ่งมาพร้อมกับอายุการใช้งาน

ส่วนใหญ่จะไม่เท่ากัน ท่านพожะบอกได้หรือยังว่าเวลาคืออะไรและมีความสำคัญอย่างไร

ธรรมชาติของเวลา (The Nature of Time) เวลาที่ดีต้องมีคุณสมบัติสอดคล้องกับธรรมชาติ และไม่เปลี่ยนแปลง กล่าวคือ ตรงกับธรรมชาติ ในที่นี้หมายถึง การใช้อารมณ์ต่อไปเป็นหลักที่ตรงกับความเป็นอยู่ และความต้องการของมนุษย์และสังคม เช่น กลางวันก็ต้องการแสงสว่างในการประกอบกิจกรรมต่างๆ กลางคืนก็ต้องเป็นเวลาที่มีแสงสว่างน้อยที่สุดเพื่อการพักผ่อน เวลาที่เหมาะสมที่สุดในที่นี้ คือ เวลาของดวงอาทิตย์สมมุติ ซึ่งต่อไปจะถือเป็นเวลาตามธรรมชาติ ส่วนการไม่เปลี่ยนแปลง หมายถึง มีค่าเวลาที่ ในสมัยก่อนถือว่า เวลาดวงอาทิตย์สมมุติ เป็นเวลาคงที่ที่สุด แต่จากอุปกรณ์รักษางานมาตรฐานที่มีค่าเวลาที่มีความคงที่ที่สุด หรือนาฬิกาที่เที่ยงตรง ในปัจจุบัน ทำให้มนุษย์สามารถตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงค่าเวลาของดวงอาทิตย์จริง จึงส่งผลให้เวลาดวงอาทิตย์สมมุติเปลี่ยนแปลงไปด้วย เพราะเราใช้ดวงอาทิตย์สมมุติเป็นหลัก

ดังนั้น เวลาที่ดีที่สุดจะต้องตรงกับธรรมชาติ และจากอุปกรณ์รักษางานที่คงที่และเที่ยงตรง ในปัจจุบันจึงต้องมีการปรับแต่งเวลา ทั้งนี้เพราะธรรมชาตินั้นเคลื่อนไหว แต่มาตราวัดจากอุปกรณ์รักษางานในปัจจุบันมีความละเอียดถูกต้องสูง นอกเหนือจากนี้เวลา เป็นหนึ่งในปริมาณมูลฐานที่เล็กที่สุด ปริมาณมูลฐานเหล่านี้ไม่สามารถถูกนิยามได้จากปริมาณอื่นๆ ได้ เพราะความเป็นพื้นฐานที่เล็กที่สุดแล้ว เพราะฉะนั้น จึงต้องวัดปริมาณเหล่านี้แทนการนิยาม ในอดีตประมาณ ๒๐๐๐ ปี ก่อนคริสต์กาล อารยธรรมสูเมเรียนได้ใช้ระบบเลขฐานหกสิบ (Sexagesimal) เป็นหลักในการวัดเวลาในบางปริมาณ เช่น ๖๐ วินาที เท่ากับ ๑ นาที และ ๖๐ นาที เท่ากับ ๑ ชั่วโมง บางปริมาณก็ได้เดียวกัน เช่น ๑๒ และ ๒๔ เป็นหลัก คือ ชั่วโมง ซึ่ง ๑๒ ชั่วโมง เท่ากับ ๑ กลางวัน (โดยประมาณ) และ ๑ กลางคืน (โดยประมาณ) และ ๒๔ ชั่วโมง เท่ากับ ๑ วัน ซึ่งระบบดังกล่าว ได้ถูกใช้มาจนถึงปัจจุบันนี้

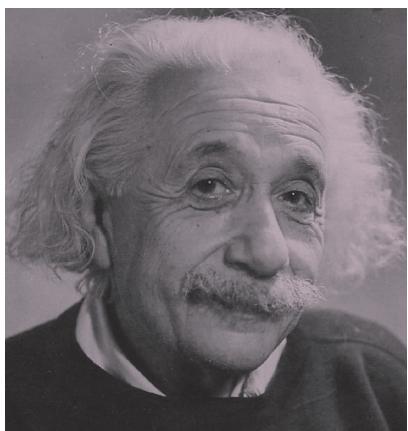
● ความสัมพันธ์ของเวลา กับเชิงประจúaวัน

เชอร์รีโอแซก นิวตัน เชื่อว่า เวลาและพื้นที่ (Space) เป็นมิติสำคัญที่สอดคล้องกับความเร็วและแรง ดังที่เขากล่าวว่า “ความสมบูรณ์ ความจริง และเวลาทางคณิตศาสตร์ โดยตัวมันเองและธรรมชาติของตัวมันนั้น ถ้าไม่คิดถึงอื่นใดภายนอกเลย มันให้อย่างสม่ำเสมอ และเรียกว่าให้แน่นว่า ระยะเวลา ความล้มพ้น ความเป็นจริงที่เห็นได้ เป็นการมองที่ภายนอกเท่านั้น คือมองว่าระยะเวลาเคลื่อนที่ได้ เช่น ชั่วโมง วัน เดือน และปี ล้วนเหล่านี้มักใช้แทนเวลาอันแท้จริง”

อัลเบิร์ต ไอน์สไตน์ (Albert Einstein) เชื่อว่า เวลา มีความล้มพ้นที่สอดคล้องกับความเร็วและแรง กล่าวคือ หากแสงเดินทางช้าลงก็จะไปช้าลง เดินเร็วขึ้น เพื่อชดเชยกับความเร็วแสงที่สูงขึ้น ทำให้แสงเดินทางด้วยความเร็วคงที่อยู่ตลอดเวลา โดยปล่อยที่ทำให้แสงเดินทางช้าลง เช่น แรงโน้มถ่วง คือ ในที่ๆ ไม่มีแรงโน้มถ่วง เวลาจะเดินเร็วกว่าในที่ที่มีแรงโน้มถ่วง ซึ่งจากทฤษฎีของไอน์สไตน์ทำให้พบว่า การล่องดาวเทียมขึ้นไปนอกโลก เพื่อรายงานผลกลับมายังพื้นโลกนั้น ต้องหักค่าความต่างของเวลาออกไป เพื่อให้ข้อมูลที่ล่องมาเป็นข้อมูลที่เป็นจริง

ทว่า ก็อตต์ฟรีด วิลヘル์ม ไลบ์นิช เชื่อว่า เวลา กับ พื้นที่ เป็นเพียงสิ่งสมมุติเท่านั้น ซึ่งใช้อธิบายความล้มพ้นที่ระหว่างเหตุการณ์ต่างๆ รอบตัวเรา

ในวิชาจิตวิทยา เชื่อว่า คนหลาย ๆ คน มีมุ่งมองต่อระยะของเวลาที่แตกต่างกัน เช่น เวลาอันยาวนานอาจดูแลนลั่นเหลือเกินสำหรับบางคน แต่อาจยังดูยาวเสียจนทนไม่ได้สำหรับคนบางคน เมื่อคนเรางاء่ตัวมากขึ้น อาจมองว่าเวลาช่างผ่านไปเร็วเหลือเกิน แทนที่จะคิดว่าเวลาผ่านนานแล้ว อัลเบิร์ต ไอน์สไตน์ เคยกล่าวว่า เมื่อเรานั่งใกล้



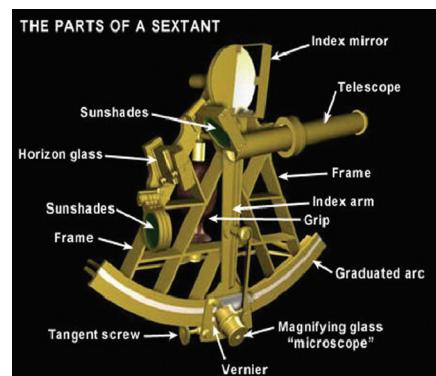
ภาพที่ ๑-๓ อัลเบิร์ต ไอน์สไตน์

ผู้หญิงที่หน้าตา่งรักลักษณะ แรกคิดว่านี่แค่น้ำที่เดียว ถ้าเรอังมีอิกลั้เต้าวันๆ ลักษณะที่ เราก็คิดว่านี่มันผ่านมา ๑ ชั่วโมงแล้ว



ภาพที่ ๑-๔ ผู้ค้างคาวออกหากินในตอนกลางคืน

เวลานั้นเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นตลอดพร้อมกับชีวิตประจำวัน ตั้งแต่การนอนต้องนอนเวลากลางคืน การตื่นต้องตื่นในตอนเช้า การรับประทานอาหารต้องเป็นมื้อๆตามเวลา การล่ำซำของหมอก็กำหนดเวลาที่เราต้องทำสิ่งต่างๆ ส่วนการดำเนินชีวิตของลัตัวแต่ละชนิดแตกต่างกันไปตามเวลา บางชนิดออกหากินตอนกลางวัน บางชนิดออกหากินตอนกลางคืน บางชนิดต้องรอเวลาให้เหยื่อผ่านมาเพื่อจะจัดการ ชีวิตประจำวันจึงแยกไม่ออกรากเวลา เมื่อฉันกับเวลาได้ฝึกให้คนและสรรพสัตว์ มีตารางปฏิบัติให้สอดคล้องกับธรรมชาติ เวลาเป็นจุดเริ่มต้นของการกำหนดต่างๆ ในชีวิตประจำวันตั้งแต่กลางวัน กลางคืน ข้างขึ้น ข้างแรม วัน เดือน ปี ฤดูต่างๆ ซึ่งจะเป็นไปตามสภาพภูมิประเทศ ทรัพยากรธรรมชาติของบริเวณนั้น เช่น ในประเทศไทยที่มีภูมิประเทศเป็นที่ราบลุ่ม มีฝนและน้ำอุดมสมบูรณ์ มีฤดูกาล ๓ ฤดู มีอาชีพหลักคือเกษตรกรรม ดังนั้น เกษตรกรต้องเรียนรู้ว่า เวลาใดจะเริ่มปลูกพืชชนิดใด ผลผลิตจะเก็บเกี่ยวได้เมื่อไร ซึ่งแต่เดิมไม่มีปฏิทิน ไม่มีนาฬิกาที่ใช้ธรรมชาติช่วยในการกำหนดเวลา เป็นต้น ในปัจจุบันเวลาจึงเข้าไปเกี่ยวข้องกับทุกกิจกรรมของชีวิตประจำวันกว่าได้ ตั้งแต่ล้มต่า จนกระทึ่งหันตัว การกำหนดเวลา และการวัดเวลาจึงมีความจำเป็น จนทำให้นาฬิกาที่ใช้กันอยู่มีอย่างหลากหลายหลายแบบเป็นแพชั่นประกอบกับเครื่องแต่งกาย รวมทั้งกลไกเป็นตัวบ่งบอกนิยมและฐานะของผู้ใช้นาฬิกามีตั้งแต่เที่ยงตรงที่สุด แพทที่สุด กลไกเป็นลินค้าขายดี ขายได้ในทุกราดับ จนแทบจะเรียกได้ว่า คนเราเกิดมาพร้อมเวลาประจำตัวที่เรียกว่า นาฬิกาชีวิต ที่จะหยุด คือ ตายเท่านั้น



ภาพที่ ๑-๕ กล้องวัดดาว

● ขณะเวลาและช่วงเวลา (Epoch and Interval)

ความแตกต่างระหว่างคำว่า ขณะเวลา (Epoch) และช่วงเวลา (Interval) กล่าวได้ว่าวัตถุประสงค์หลักของขณะเวลา เพื่อกำหนดลักษณะของขณะที่เกิดปรากฏการณ์ด้วยความแม่นยำ ส่วนช่วงเวลา คือ เวลาที่ล่วงไประหว่าง ๒ ขณะเวลาใดๆ ซึ่งวัดได้โดยใช้ มาตรเวลา (Time Scale) ในวิกิพีเดียฉบับภาษาอังกฤษ ได้ให้ความหมายของขณะเวลาไว้ว่า “Epoch (Reference Date) - A defining moment in the beginning of, or characteristic

of, a distinctive historical period or era. On the geological time scale, a span of time smaller than a “period” and larger than an “age”. A phase in the development of the universe with distinctive properties during the Big Bang. Epoch (Astronomy) - a precise moment in time for which celestial coordinates or orbital elements are specified by international agreement, usually periodically reset to centennial and half-century dates. All other orbits calculations near or after the astronomical epoch are based on the epoch date.” ในด้านเวลา (Chronology) และการกำหนดเวลา (Periodization) ขณะเวลา หมายถึง ความฉับพลันทันทีของเวลาที่ใกล้เคียงกับจุดกำหนดของยุคที่จำเพาะเจาะจง ขณะเวลาจึงเป็นเหมือนจุดอ้างอิงของเวลาที่ถูกวัด หน่วยของการวัดเวลาจะวัดจากขณะเวลา ดังนั้นวันที่และเวลาของเหตุการณ์ต่างๆ สามารถถูกระบุเฉพาะเจาะจงได้

ส่วนช่วงเวลาที่ได้กล่าวไว้ให้มีความเทียบเคียงในทางสถิติที่เกี่ยวกับการวัดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ เปรียบได้กับ ความสำเร็จในการทำงานในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งที่ไม่เท่ากันหากมีตัวแปรภายนอกมาเข้าร่วม เช่น ฤดู ภูมิประเทศ โดยได้ให้ความหมายไว้ว่า “In statistics, a confidence interval (CI) is an interval estimate of a population parameter. Instead of estimating the parameter by a single value, an interval likely to include the parameter is given. Thus, confidence intervals are used to indicate the reliability of an estimate. How likely the interval is to contain the parameter is determined by the confidence level or confidence coefficient. Increasing the desired confidence level will widen the confidence interval.”

ความจำเป็นเบื้องต้นของระบบการวัดเวลาได้ คือ การตั้งความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยการวัดเวลาที่นำมายใช้ (ปี เดือน วัน ชั่วโมง นาที วินาที และเทคนิคยุคของวินาที) และประภากลางที่ทางกายภาพที่รังวัดได้ซึ่งอาจเกิดข้ามกันได้ หรือเกิดอย่างต่อเนื่องแล้ววัดได้ หรือทั้ง ๒ อย่าง ระบบเวลาได้ซึ่งอ้างอิงกับประภากลางที่ทางดาราศาสตร์ที่รังวัดได้ เช่น การทราบลิท (Transit) ของดาว อุปราคา (Occultation) เป็นระบบเวลาดาราศาสตร์ ส่วนสำคัญที่สุดที่ต้องการในทางปฏิบัติสำหรับระบบเวลาทั้งหมด คือ ประภากลางที่ใช้อ้างอิงของระบบเวลาควรเป็นอิสระ หรือสามารถทำให้เป็นอิสระจากความไม่ปกติลั่นๆ (Short Periodic Irregularities) เพื่อยินยอมให้มีการประมาณในช่วง (Interpolation) หรือการประมาณนอกช่วง (Extrapolation) โดยเครื่องมือรักษางานที่มนุษย์สร้างขึ้นได้

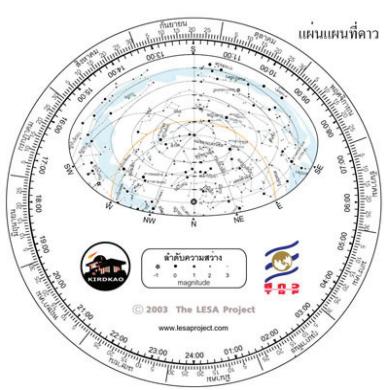
สำหรับงานดาราศาสตร์ปฏิบัตินั้น มีการแบ่งระบบวัดเวลาออกเป็น ๓ ระบบ โดยแต่ละระบบต่างก็เกี่ยวข้องกับประภากลางที่ทางธุรกรรมชาติที่ทำการรังวัดได้ คือ

- เวลาดาราคติ (Sidereal Time) และ เวลาสากล (Universal Time) ขึ้นอยู่กับการหมุนรอบแกนของโลก

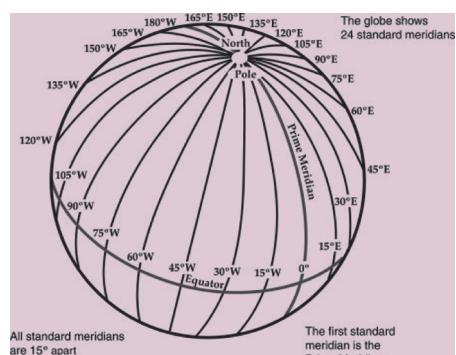
- เวลาอิเฟเมอริส (Ephemeris) เป็นตัวแปรอิสระในสมการ การเคลื่อนที่ทางไดนามิกส์ (Motion of Dynamics) ของวงโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์

- เวลาอะตอม (Atomic) อาศัยพื้นฐานการแกว่งไกวของสنانแม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดจาก การเปลี่ยนระดับความตั้มของอะตอม

เวลาสากลและเวลาดาราคติมีรูปแบบที่เหมือนกันโดยสัมพันธ์ซึ่งกันและกันด้วยสูตรที่มั่นคง ดังนั้นเวลาอันหนึ่งบ่งบอกเวลาอีกอันหนึ่งด้วย การใช้เวลาอันหนึ่งแทนเวลาอีกอันหนึ่ง จึงเป็นเรื่องของความสะดวกเท่านั้น การค้นคว้าในหลายสาขาต่างก็ใช้ระบบเวลาเดียวกัน เช่น การหาตำแหน่งดาวเพื่อสร้างปฏิทินดาว



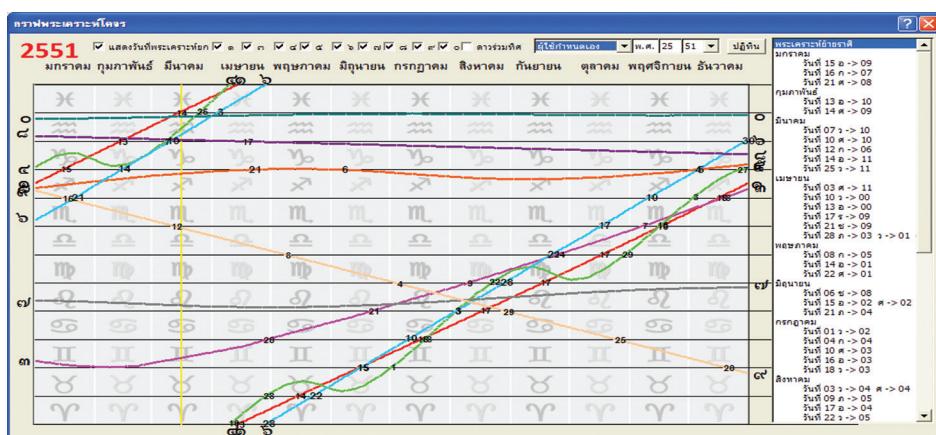
ภาพที่ ๑-๗ แผนที่ดาว



ภาพที่ ๑-๖ การแบ่งเลี้นเมริเดียนออกเป็น เลี้นละ ๑๕° องศา

การหาตำแหน่งทางด้านศาสตร์ในงานจือเดชี การสำรวจ และการเดินเรือ การทำการเปลี่ยนในการหมุนรอบแกนของโลก ซึ่งรวมทั้งการเปลี่ยนตำแหน่งของแกนหมุนและอัตราเร็วของการหมุน เวลาสักกลหรือเวลาดาวรคติหาได้จากการรังวัดดาว (โดยปกติตอนกลางวัน) และสามารถหาย้อนกลับไปในอดีตได้ ทราบเท่าที่มีการรังวัดนั้นๆ ก็ได้เช่น

เวลาอิไฟเมอริลและเวลาอัตโนมัติ เป็นระบบเวลาที่เป็นอิสระต่อกัน ส่วนมากใช้ในการรังวัด และการคำนวณช่วงเกี้ยวข้องกับความเวลา หรือการเกิดข้าทางธรรมชาติ เมื่อความเที่ยงตรงของช่วงเวลาไม่ถูกทำลาย เช่น ใช้ร่วมกับการรังวัดดาวเทียม กลศาสตร์วัตถุทุกเที่ยว (Celestial Mechanics) และปฏิกิริยาพะเพาะห์ และดวงอาทิตย์ เวลาอิไฟเมอริลใช้เมื่อขนะเวลาและช่วงเวลาไม่ต้องการในขนะนั้น จะมีการนำสมการการเคลื่อนที่ของนิวตันเข้าสู่การพิจารณา เช่น กลศาสตร์เที่ยวฟ้า เวลาอัตโนมัติยังใช้ในกรณีอื่นๆ เช่น ใช้ในการคำนวณทางกายภาพประยุกต์ เมื่อต้องการเพิ่มความแม่นยำของการวัดช่วงเวลาล้านๆ



ภาพที่ ๑-๔ กราฟการโคจรของ
ดาวเคราะห์

สำหรับเวลาอิเฟเมอริสนั้น สามารถหาจากการรังวัดวัตถุท้องฟ้าในระบบสุริยจักรวาล โดยปกติใช้ดวงจันทร์ สุริยปุริศาและอุปราชานาอดีต หรือ กล้องรังวัดดวงจันทร์ในปัจจุบัน และสามารถหาย้อนกลับไปในอดีตได้ทราบเท่าที่มีการรังวัดนั้นๆ (ศตวรรษที่ ๑๙) เผพาะเวลาการหมุน (เวลาสากลและเวลาดราคติ) และเวลาอิเฟเมอริสเท่านั้นที่เป็นระบบดราศาสตร์

มาตราเวลาการหมุน (Rotational Time Scales) มีอัตราเปลี่ยนแปลง เมื่อเทียบกับเวลาอิไฟเมอริลและเวลา
อะตอม เพราะการแปรเปลี่ยนในอัตราเร็วของการหมุนของโลกนั้น ไม่สามารถทำนายถึงความล้มพังหรือห่วงเวลา¹
สากลและเวลาอิไฟเมอริลหรือเวลาอะตอมได้ ดังนั้นจึงต้องหาความล้มพังโดยการรังวัดในปัจจุบัน มาตราเวลาของ
เวลาอิไฟเมอริลและเวลาอะตอม อาจถือว่าเทาภัยในทางปฏิบัติ

ระบบเวลาบางชนิดที่จะอธิบายในหัวข้อแต่ก่อต่างในความหมาย
จากอดีต ข้อกำหนดบางอย่างในปัจจุบันนั้น ไม่เคยมีใช้ และบางอย่าง
ไม่ปรากฏในการใช้ทั่วไปอีกเลย มีการเปลี่ยนแปลงครั้งสำคัญและเป็น
ที่ยอมรับของนานาชาติในปี ค.ศ.๑๙๒๕ และอีกครั้งหนึ่งในปี ค.ศ.๑๙๖๐
ดังนั้น ถ้ามีการอ้างอิงหรือ ทำงานที่เกี่ยวข้องกับส่วนที่มีก่อนเวลาข้าง
ต้นแล้ว ควรใช้ความระมัดระวังเป็นพิเศษ และศึกษาหนังสืออ้างอิงที่ถูก
ต้อง เช่นหนังสือ Nautical Almanac Offices, ๑๙๗๑, หน้า ๔๘ - ๕๕



ภาพที่ ๑-๙ นาฬิกา Mondaine

● ເຄລາມະນາຟກ

ในอดีตมีการใช้นาฬิกาแಡด ซึ่งประกอบด้วยแท่งวัตถุรูปสามเหลี่ยม (Gnomon) ซึ่งจะทำให้เกิดเงาบนผิวที่ขึ้นไว้บนแท่นของนาฬิกาแಡด แต่นาฬิกาแಡดต้องอาศัยการปรับเทียบกับละตitud จึงจะสามารถบอกเวลาท่องถิน์ได้ถูก

ต้อง นักเขียนในอดีตนามว่า ไกอุส แพลนิอุส เชกันดุส (Gaius Plinius Secundus) ชาวโรมัน บันทึกว่านาพิกาแಡด เรื่องแรกในกรุงโรมถูกปล้นมาจากการเมืองกาตาเนีย (Catania) ที่เกาะซิซิลี (Sicily) ทางตอนใต้ของอิตาลี เมื่อ ๑๖๔ ปีก่อนคริสตกาล แต่ให้เวลาไม่ถูกต้อง จนกระทั่งมีการปรับเทียบกับละติจูดของกรุงโรมเมื่อ ๑๖๕ ปี ก่อนคริสตกาล



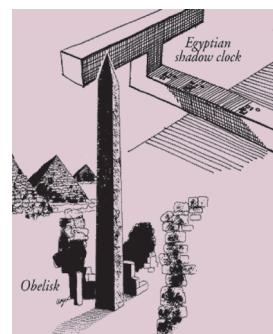
ภาพที่ ๑-๗๐ นาฬิกาน้ำ

เครื่องมือวัดเวลาอีกชนิดหนึ่งที่แม่นยำก็คือ นาฬิกาน้ำ ซึ่งคิดค้นครั้งแรกในอียิปต์ ต่อมากเป็นที่แพร่หลายเนื่องจากสามารถใช้วัดเวลาในตอนกลางคืนได้ ทว่าต้องมีความรักษาเวลาอย่างต่อเนื่องให้พร่องอยู่เสมอ กล่าวกันว่า เพลโต (Plato) ได้ประดิษฐ์นาฬิกาน้ำ สำหรับปลูกน้ำก Weiyn ของเขาว่าให้ดีที่สุด โดยอาศัยหลักการเดินน้ำลงในภาชนะทรงกระบอก โดยในภาชนะนั้นจะมีภาชนะเล็กๆ ลูกศร ซึ่งถ้ามีน้ำก่อนแล้ว ลูกศรจะก้าวไปทางหน้า ไม่สามารถเดินทางกลับไปทางหลังได้ จึงสามารถดูเวลาได้โดยการดูระยะทางที่ลูกศรเคลื่อนที่ไปได้ การสำรวจเป็นระยะทางไกลๆ เพราะพกพาลำบาก ไม่คล่องเคลื่อน เฟอร์dinand Magellan (Ferdinand Magellan) นักสำรวจชาวโปรตุเกส ได้ใช้นาฬิกาน้ำในการสำรวจของเขาระหว่างประเทศในช่วงคริสต์ศตวรรษที่ 16

มาแล้ว ชูป หรือเทียน สามารถที่จะใช้เป็นนาฬิกาได้ โดยเฉพาะก่อนที่จะมีนาฬิกาที่มีกลไกที่ชัดเจนดังเช่นในปัจจุบัน ตามที่ได้กล่าวมาข้างต้นก็ไม่มีหลักฐานใดยืนยันว่าในสมัยโบราณใช้อะไรวัดเวลาเป็นลิ้งแรก หรือนานาพิการเรือนแรกใช้วิธีการใด

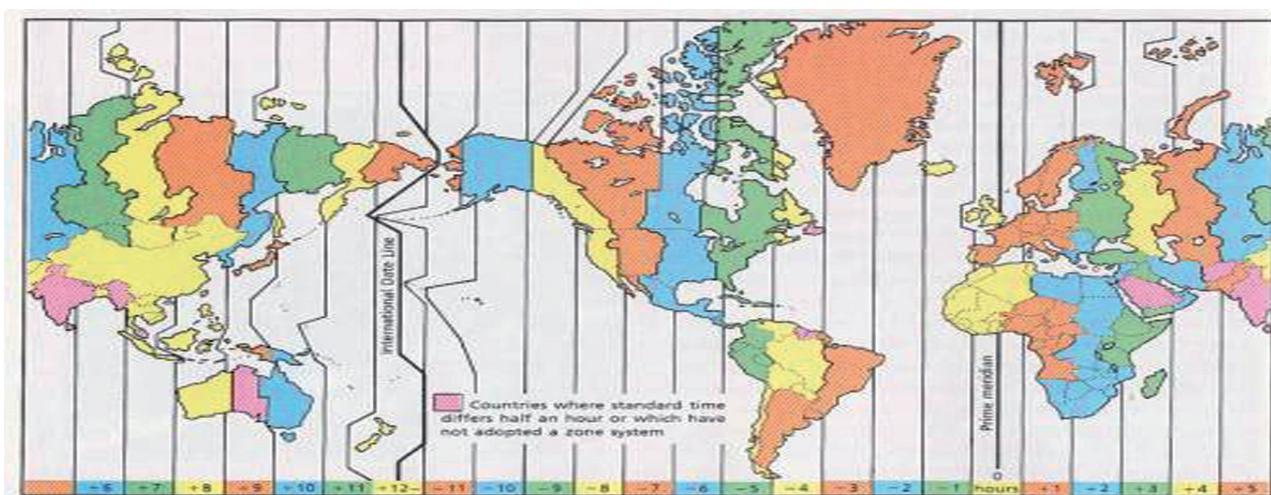
นาพิกาเดด เป็นนาพิกาที่ใช้บอกเวลาวันแรกสุด ชาวสุเมเรียนเป็นชนเผ่าหนึ่งที่ใช้นาพิกานิดนี้ โดยจะแบ่งช่วงเวลาออกเป็น ๑๒ ช่วงในหนึ่งวัน ซึ่งแต่ละช่วงจะกินเวลาประมาณ ๒ ชั่วโมง โดยใช้วิธีวัดความยาวแสงเจ้าเป็นมาตรฐานในการวัดระยะเวลา

ด้านชาวอียิปต์ แบ่งเวลาออกเป็น ๑๒ ช่วงเช่นกัน โดยดูเวลาจากเสาหินแกรนิตที่เรียกว่า “Cleopatra Needles” การดูเวลาจะสังเกตจากความยาว และตำแหน่งของเส้นอาทิตย์ตัดกรอบบนพื้นที่กำกับขีดทั้ง ๑๒ ช่วงเวลาที่แบ่งไว้ เพื่อจะได้วัดว่าช่วงกลางวันเหลือเวลาเท่าไหร



ภาพที่ ๑-๑๙ นาฬิกาแฉดของชาวอียิปต์

ส่วนชาวโรมัน แบ่งเวลาออกเป็นช่วงกลางวันและกลางคืน ค่อยมีเจ้าหน้าที่ประกาศเท่านั้น ขณะที่ชาวกรีกประดิษฐ์นาฬิกาน้ำ โดยใช้ถัวyleageรูจลลงในโถ่ เรียกว่า “Clepsydra” ดูการะมของถัวyleageที่บาระยะเวลา ชาวกรีกใช้นาฬิกานิดนี้ในศาลา ต่อมาในปี ๒๕๐ ก่อนคริสต์ศักราช นักประชัญญาร์คิเมเดส (Archimedes) พัฒนานาฬิกาน้ำชนิดเดียวกันนี้ขึ้น แต่ได้ทำการปรับปรุงโดยการเพิ่มตัวควบคุมความเร็วเข้าไปด้วย เขารับปรุงนาฬิกานิดนี้เพื่อใช้งานทางตราสารศาสตร์



ภาพที่ ๑-๑๗ แผนที่ Zone Time

โลกถูกแบ่งออกเป็นเขตเวลาต่างๆ โดยกำหนดให้โดยเฉลี่ย ๑ เขต กินเนื้อที่ ๑๕ องศาลองจิจูด (แต่อาจจะปรับได้ตามเขตแดนของแต่ละรัฐ หรือประเทศ เช่น ประเทศไทยซึ่งมีขนาดใกล้เคียงกันมีเพียง ๑ เขตเวลาเท่านั้น) แต่ละเขตเวลาไม่ว่ามาตราฐานจาก การบวกหรือลบชั่วโมง ตามลองจิจูดที่อยู่ออกจากเวลามาตรฐานกรีนิช บางทีอาจจะบวกเวลาออมแสง (Daylight Saving Time) ได้ตามความเหมาะสม สำหรับประเทศไทยที่อยู่ในละติจูดสูงๆ เนื่องจากในฤดูร้อนพระอาทิตย์จะขึ้นเร็ว แต่ตกช้า ในขณะที่ฤดูหนาวพระอาทิตย์ขึ้นช้าแต่ตกเร็ว ในบางกรณีที่ต้องการปรับแก่เวลาให้ตรงกับเวลาสุริยคติเฉลี่ย ก็สามารถบวกอธิกวินาที (Leap Second) ได้ กล่าวได้ว่า เวลา ก็คือธรรมชาติที่คงที่ในตัวของมันเอง เช่น เวลาใน ฤดูต่างๆ ที่แตกต่างกันในความรู้สึกของมนุษย์ว่ากลางวันลับบ้าง ยาวบ้าง บางประเทศมีอาทิตย์เที่ยงคืน แต่แท้จริงแล้ว เวลาเดินตามปกติอยู่ตลอดเวลาควบคู่ไปกับธรรมชาติในช่วงขณะหนึ่ง เสมือนหนึ่งว่าธรรมชาติเปลี่ยนเวลา ในขณะเดียวกันเวลา ก็เปลี่ยนธรรมชาติ ซึ่งลิ่งนี้ ณ ปัจจุบันอยู่นอกเหนือการบังคับของมนุษย์ มนุษย์จึงพยายามที่จะ กำหนดเวลาให้สามารถถอดได้

ในสมัยโบราณมนุษย์ยังไม่มีนาฬิกาใช้ การดำเนินชีวิตขึ้นอยู่กับธรรมชาติ ดวงอาทิตย์จึงเป็นนาฬิการะบุรุษที่มนุษย์รู้จัก นักประวัตศาสตร์ชื่อ อีโรโดตัส (Herodotus) ได้บันทึกไว้ว่า ประมาณ ๓,๕๐๐ ปีก่อน มนุษย์รู้จักใช้ นาฬิกา แฉด (Sundial) ซึ่งนับว่าเป็นนาฬิการะบุรุษของโลก โดยสามารถอ่านเวลาได้ จากเงาที่ตกทอดลงบนชิ้นเครื่องหมาย นาฬิกาแฉดเป็นเครื่องบอกเวลาและเครื่อง มือวัดเวลาวิธีธรรมชาติแบบหนึ่ง ที่มีใช้มาตั้งแต่สมัยโบราณถึงปัจจุบันโดย อาศัยการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ที่ปรากฏในแต่ละวันเป็นหลัก ล้มยังโบราณก่อน ที่จะเริ่มมีนาฬิกาจักรกล หรือนาฬิกาอิเล็กทรอนิกส์ไว้ชี้บอกเวลา เช่น ในปัจจุบัน มนุษย์ใช้ประโยชน์จากปรากฏการณ์ธรรมชาติ การลังเกตการเปลี่ยนแปลงต่างๆ จากธรรมชาติ เพื่อกำหนดเวลาโดยเฉพาะใช้ดวงอาทิตย์เป็นเครื่องชี้บอกเวลา ธรรมชาติที่สำคัญที่สุด เช่น เวลาเช้าดูดวงอาทิตย์ขึ้น เวลาเที่ยงดูดวงอาทิตย์อยู่ตรง ศีรษะ เวลาเย็นจันถึงค่ำดูดวงอาทิตย์ตกลับจากขอบฟ้า ส่วนเวลากลางวันในช่วง



ภาพที่ ๑-๑๓ อีโรโดตัส

เวลาอื่น ก็อาศัยลังเกตดูจากการทดลองของวัตถุใดวัตถุ หนึ่งที่กำหนดให้เป็นเครื่องบอกเวลาของคนในห้องถินนั้น ซึ่งอาจไม่มีความเที่ยงตรง แต่ก็ยอมรับได้มาใช้กำหนดเวลาด้วยหลักการตามที่กล่าวมา

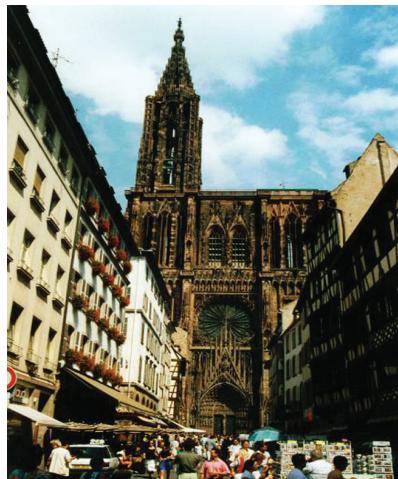
มนุษย์ในระยะแรกสั้นได้ประดิษฐ์คิดค้นนาฬิกา แฉดให้มีรูปทรงที่เหมาะสมขึ้นมา ใช้งานเป็นเครื่องบอกเวลาอย่างง่าย นาฬิกาแฉดคิดค้นขึ้นครั้งแรกเมื่อได้มี ปรากฏ แต่ถ้าเข้าใจหลักการของนาฬิกาแฉดแล้วนำ ค่าเวลา มาแก้ไข เวลาที่ได้จะมีความถูกต้องพอสมควร ที่เป็นเช่นนี้ เพราะนาฬิกาแฉดนั้น แสดงเวลาธรรมชาติ ที่ควรจะเป็น ซึ่งต่างจากเวลาของนาฬิกาข้อมือหรือ นาฬิกาทั่วไปที่ใช้อยู่ปัจจุบัน ซึ่งทำหน้าที่ในการวัดและ แสดงเวลาที่ต้องการให้เป็น หมายความว่า เวลาที่แสดง จากนาฬิกาแฉดนั้นเป็นเวลาที่เรียกว่า เวลาดูดวงอาทิตย์ คำนวณ คำนวณที่นั้นอยู่เป็นประจำ ไม่ใช่เวลาท้องถิ่นสมมุติ



ภาพที่ ๑-๑๔ อาคารที่ทำการของ Royal Observatory

หรือ เวลาที่ต้องการให้เป็น ต่ำมาชาร์กีกิบราณรู้จักพัฒนาพิกาน้ำ ที่สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพยิ่ง กว่านาฬิกาเดด เรียกว่า “Clepsydra” (คำนี้เป็นคำลันธิที่มีรากศัพท์มาจากคำว่า Clep ซึ่งแปลว่า ขโมย และคำ Sydra ที่แปลว่า น้ำ) เพราะนาฬิกานี้ทำงานโดยอาศัยหลักที่ว่า “ภาชนะดินเผาที่มีน้ำบรรจุเต็ม เมื่อถูกเจาะที่ก้น น้ำ จะหล่อออกจากภาชนะที่ละน้อยๆ เมื่อน้ำร้อนมีอุ่น” ดังนั้นนาฬิกีกิบราณจึงได้กำหนดระยะเวลาที่น้ำไหลออกจนหมดภาชนะว่า 1 Clepsydra แต่นาฬิกาน้ำนี้ต้องมีการเติมน้ำใหม่ทุกรอบที่หมดเวลา 1 Clepsydra และในฤดูหนาว น้ำจะแข็งตัวทำให้ไม่สามารถใช้นาฬิกาได้

สำหรับนาฬิกายุคใหม่พัฒนาขึ้นช่วง ค.ศ.๑๐๐ – ๓๐๐ ในยุโรปและในอังกฤษ คำว่า “Clock” ในภาษาฝรั่งเศสแปลว่า ระฆัง อาศัยหลักการดึงดูดก่อให้เกิดน้ำหนักที่จะเคลื่อนคันบังคับ ซึ่งจะทำให้เข็มนาฬิกาเคลื่อนที่ honaพิกานแห่งแรกในโลกติดตั้งที่มหาวิหารสตูล์สบวร์ก ในเยอรมัน ในปี ค.ศ.๑๓๕๒ – ๑๓๕๔ และปัจจุบันยังใช้งานได้อยู่ ข้อมูลบางแหล่งกล่าวว่า นาฬิกาที่เก่าที่สุด และยังคงสภาพอยู่ที่ประเทศอังกฤษ เป็นนาฬิกาขนาดใหญ่ของโบสถ์ Salisbury (ค.ศ.๑๓๘๖) วิธีการทำงานของนาฬิกาตามท่อนนาฬิกาในยุคแรกใช้มือหมุนลานที่เชื่อมกับลวดลิงผ่านฟันเฟืองจักร ซึ่งอยู่ที่ปลายของลวดส่วนด้านล่างที่ต่อกัน ทำการไขลาน จะทำให้ตุ้มน้ำหนักถูกดึงขึ้นไปอยู่บริเวณลุյดของหอคอย แล้วกลไกจะค่อยๆ ปล่อยตุ้มน้ำหนักลงมาเรื่อยๆ จนสุด นาฬิกาจึงหยุดเดิน



ภาพที่ ๑-๑๔ Cathedral of Strassburg

ต่อมาในปี ค.ศ.๑๕๗๗ จึงมีการประดิษฐ์เข็มนาฬิกา และในปี ค.ศ.๑๖๕๖ จึงมีการประดิษฐ์ลูกตุ้มที่ใช้ในนาฬิกา ทำให้บวกเวลาเที่ยงตรงยิ่งขึ้น

ในราชคริสต์ศตวรรษที่ ๑๖ เมืองผลิตนาฬิกาที่สำคัญ คือ เจนีวา โดยเป็นวัสดุหลักที่ใช้ในการผลิตนาฬิกายุคนี้ ทั้งชิ้นส่วนในเครื่องและตัวเรือน ส่วนใหญ่ใช้ทองเหลืองและเหล็ก ในยุคที่นำลูกตุ้มมาใช้ในออลแลนด์ จึงมีการทำตัวเรือนด้วยไม้ โดยเริ่มจากกล่องไม้ธรรมชาติ ช่างนาฬิกาชาวอังกฤษมีส่วนอย่างมากในการปรับปรุงรูปโฉมให้สวยงาม โดยนำรูปแบบการตกแต่งสถาปัตยกรรมมาใช้ ไม่ที่นิยมใช้ เช่น ไม้อีค วอลนัท และมะกอกกรณี บางเรือนมีการประดับประดาด้วยการฝังโลหะเป็นลวดลาย การขลิบทอง การลงยา และนำวัสดุอื่นมาใช้ เช่น หินอ่อนที่มีลวดลายสวยงาม ทำให้นาฬิกาในยุคนี้จำนวนไม่น้อยเป็นงานฝีมือที่เปี่ยมด้วยคุณค่าทางศิลปะ จนเป็นหนึ่งในของสะสมของพิพิธภัณฑ์ทั่วโลก



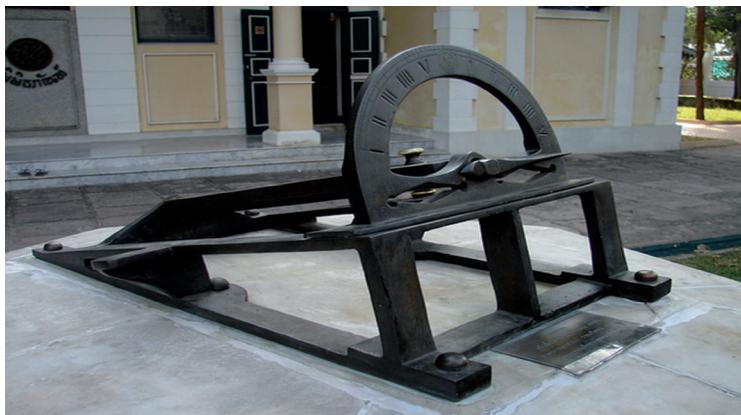
ภาพที่ ๑-๑๖ นาฬิกาจากประเทศสวิตเซอร์แลนด์

ต่อเนื่องมาในคริสต์ศตวรรษที่ ๑๗ ได้มีการนำอเตอร์ไฟฟ้ามาใช้ในการไขลานแทนแรงงานคน ความคิดที่นำพลังงานจากการแกะกลับไปกลับมาของลูกตุ้ม (Pendulum) มาใช้กับนาฬิกา ซึ่งเป็นแนวความคิดของกาลิเลโอ (Galileo) แต่ผู้ที่นำพลังงานดังกล่าวมาใช้ควบคุมการทำงานของนาฬิกาอย่างเป็นผลลัพธ์เป็นชาวออลันดา คริสตีียน ออยเก็น (Christian Huygens) วิธีนี้ควรใช้กับนาฬิกาที่อยู่ติดที่ เช่น นาฬิกาตั้งพื้นและนาฬิกาติดผนัง เพราะความสม่ำเสมอในการแกะงของลูกตุ้มมีผลต่อความเที่ยงตรงของนาฬิกา ซึ่งวิธีการดังกล่าวส่วนใหญ่มักจะแก่วง ๑ ครั้งต่อ ๑ วินาที และมีการตีบวกเวลาแต่ละชั่วโมง บางเรือนตีบวกทุก ๑๕ นาทีด้วย ในยุคนี้การผลิตนาฬิกามิ่งจะเป็นชิ้นส่วนและการประกอบจะทำด้วยมือ

คริสต์ศตวรรษที่ ๑๘ เป็นยุครุ่งเรืองของอุตสาหกรรมการผลิตนาฬิกาในประเทศอังกฤษ สำหรับประเทศสวิตเซอร์แลนด์มีชื่อเสียงด้านการผลิตนาฬิกาขนาดเล็ก (Watch)

ในราชคริสต์ศตวรรษที่ ๒๐ มีการผลิตขึ้นส่วนในโรงงาน ประเทศที่มีการผลิตนาฬิกาได้แก่ อังกฤษ ฝรั่งเศส เยอรมัน และ ออสเตรีย นาฬิกาที่ได้รับความนิยมแพร่หลาย คือ นาฬิกาตั้งพื้น (Grandfather Clock) ลักษณะเป็นตู้ไม้ทรงสูง มีหน้าปัดด้านบน ส่วนล่างเป็นพื้นที่สำหรับลูกค้า ส่วนนาฬิกาพก ประดิษฐ์ขึ้นโดย นาย ปีเตอร์ เฮนลี่ย์ (Peter Henley) ชาวเมืองนูเรมบาร์ก ในปี ค.ศ.๑๗๖๗ วอร์เรน มอร์ริสัน (Warren Morrison) ได้ประดิษฐ์นาฬิกา ครอบซึ่งน้ำหนักเพื่อให้เป็นนาฬิกาข้อมือ นาฬิกาประเภทนี้เที่ยงตรงมาก จากนั้นในปี ค.ศ.๑๙๒๒ มีการประดิษฐ์นาฬิกา เชิงอะตอมซีซีเมม ใช้ในหอดูดาวกรีนิช ประเทศอังกฤษ ซึ่งถือว่าเป็นนาฬิกาจับเวลาที่มีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด และในปี ค.ศ.๑๙๘๐ เป็นช่วงเวลาที่เริ่มนำเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์เข้ามาใช้ มีการประดิษฐ์นาฬิกาโดยใช้ชิป (Chip) เป็นส่วนประกอบเพิ่มเติมในกลไกของนาฬิกา ซึ่งนอกจากจะบอกเวลาแล้วยังสามารถเก็บข้อมูลที่จำเป็น และสามารถใช้เป็นเครื่องคำนวณอิเล็กทรอนิกส์ได้ด้วย

หลังจากนั้นเทคโนโลยีในด้านการประดิษฐ์นาฬิกาได้ก้าวหน้าเรื่อยมา จนกระทั่งทุกวันนี้มีการนำนาฬิกา คอมพิวเตอร์มาใช้ในการบอกเวลา สำหรับประเทศไทย คนไทยประดิษฐ์เครื่องบอกเวลาใช้เองเมื่อร้อยปีมาแล้ว คือ ในรัชสมัยพระบาทสมเด็จพระปรมินทรมหาภูมิพลอดุลยเดช พระบรมราชชนนีที่กำชับรับลังกับข้าราชการบริพารผู้ใกล้ชิด มีความว่า “สยามจะอยู่รอด รักษาความเป็นไทยไม่เป็นเชือข้าฝรั่ง จะต้องทำให้คนไทยเชื่อมั่น และต่างชาติเชื่อว่าคนไทยนี้เก่ง” จึงทรงพระกรุณาโปรดเกล้าฯ ให้จัดทำ นาฬิกาแಡด ไว้เป็นเครื่องกำหนดหมายเลขบอกเวลา และทรงพระกรุณาโปรดเกล้าฯ ให้ประดิษฐ์นาฬิกาไว้ที่ลานหน้าพระราชอุโบสถวัดนิเวศธรรมประวัติราชวรวิหาร อำเภอปะอิน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา จนถึงทุกวันนี้



ภาพที่ ๑-๓๙ นาฬิกาแಡด หน้าวัดนิเวศธรรมประวัติราชวรวิหาร



ภาพที่ ๑-๓๔ พิพิธภัณฑ์นาฬิกาโบราณ

ตัวอย่างของนาฬิกาแบบโบราณสโตร์บีโนยุคที่กล่าวข้างต้น สามารถได้ที่พิพิธภัณฑ์นาฬิกาโบราณ อยู่บนชั้น ๓ อาคารเลอ廓องคอร์ด พลาชา นาฬิกาที่จัดแสดงในพิพิธภัณฑ์แห่งนี้เป็นของที่ได้สะสมไว้ของ คุณดิลก มหาดำรงค์กุล ประธานกลุ่มบริษัทเครื่องของพาณิชย์ ซึ่งสมัยยังหนุ่มมืออาชีพเป็นช่างซ่อมนาฬิกา จำนวนนาฬิกาที่สะสมไว้มีมากกว่า ๔๐๐ เรือน แต่เนื่องจาก เนื้อที่จำกัดจึงจัดแสดงประมาณ ๓๐๐ - ๔๐๐ เรือน โดยมีการหมุนเวียนเปลี่ยน ๑ - ๒ ครั้ง เรือนที่เก่าที่สุดอายุรากว่า ๒๐๐ กว่าปี นาฬิกาส่วนใหญ่ไม่มีข้อมูล ว่าผลิตขึ้นเมื่อใดและมาจากไหน การออกแบบจัดวางวัตถุจึงดูจากความสวยงาม เหมาะสม และมีป้ายอธิบายอยู่ตามข้อมูลเท่าที่จะหาได้

คนไทยมักตั้งชื่อสำหรับใช้เรียกนาฬิกาในแต่ละรูปแบบเอง บางชื่อมาจากแหล่งที่มา บางชื่อมาจากการลักษณะเด่น เช่น เรียกนาฬิกาตั้งพื้น ตัวเรือนทำ



ภาพที่ ๑-๓๕ นาฬิกาปาร์ลส

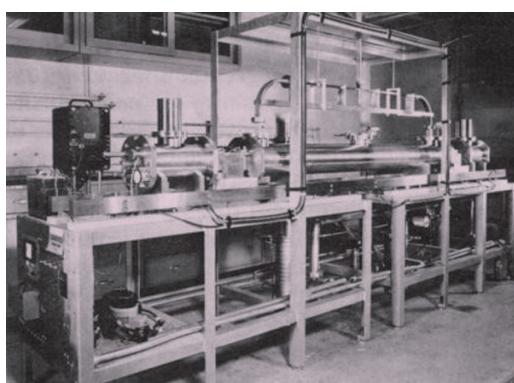
ด้วยไม้ที่ฝรั่งเรียกว่านาฬิกาคุณปู่ (Grandfather Clock) ว่า “นาฬิกาปารีส” ส่วนนาฬิกาขนาดย่อมลงมาที่ใช้แขวนติดผนังตัวเรือนทำจากไม้ และมีการทำงานคล้ายกัน คนไทยเรียกว่า “นาฬิกาลอนดอน” แม้ว่าความจริงจะมีการผลิตในประเทศอื่นๆ ในยุโรปด้วยก็ตาม นาฬิกาแบบหลัง บางครั้งจะมีรูปลักษณะด้านบน ถ้าเป็นม้าแสดงว่าเป็นของอังกฤษ ถ้าเป็นกินทรีแสดงว่ามาจากเยอรมัน ต่อมากายหลังมีการทำเลียนแบบจากจีนหรือญี่ปุ่น ทำให้ระบุได้ยาก มีนาฬิกาอีกแบบหนึ่งที่หน้าตาคล้าย “นาฬิกาลอนดอน” แต่ราคามาก คนไทยเรียกว่า “นาฬิกาใหม่ซอร์” เพราะลักษณะใช้วัสดุชนิดเดียวกับลายซอร์ นาฬิกาชนิดนี้ไม่สามารถทำงานได้ ๗ วัน การนำเข้า บางครั้งต้องส่งตัวเครื่องนาฬิกามาจากต่างประเทศ แต่ตัวเรือนไม่ทำขึ้นในไทยหรือประเทศอื่นที่เป็นผู้นำเข้า เช่น จีน หรือพม่า นาฬิกาส่วนใหญ่อาจมีการนำเข้ามาในรูปสมัยรัชกาลที่ ๕ และเป็นนาฬิกาเรือนไม้ โดยเฉพาะนาฬิกาตั้งพื้น และนาฬิกาแขวนผนัง นาฬิกาที่ทำจากวัสดุอื่น เช่น โลหะ และหินก็มีบ้าง แต่มักเป็นนาฬิกาตั้งโดยที่มีการลักและประดับประดอย่างสวยงามกับเป็นงานศิลปะ บางเรือนฝังลายเป็นเล็บโลหะลงในพิน บางเรือนใช้เทคนิคการลงยาทำให้มีลักษณะต่างๆ ประดับ นาฬิกาบางเรือนซึ่งออกแบบน้ำตกลอนดอน แต่ส่วนล่างที่ตุ้มห้อยลงจะด้วยอารมณ์ขันแบบไทยๆ เช่น “นาฬิกากระลือ” คือ นาฬิกาติดผนังแบบนาฬิกาลอนดอน แต่ส่วนล่างที่ตุ้มห้อยลงจะ



ภาพที่ ๑-๒๐ นาฬิกาลอนดอน นาฬิกากระลือ



ไม่มีกล่องปิด เช่นใจว่าส่วนบนเปรียบเป็นหัว ส่วนตุ้มที่ห้อยลงมาเป็นเลิศที่แกะงาไปมา อีกแบบหนึ่งคือ “นาฬิกาตาเหลือก” ซึ่งเป็นแบบนาฬิกาแขวนผนัง แต่ก่อต่างตรงที่ส่วนตุ้มเป็นรูปพระอาทิตย์มีตาที่เหลือกขึ้นลงได้ตามการแกะงาของตุ้ม นาฬิกาติดผนังของจีนเรือนหนึ่งทำด้วยโลหะ มีภาพตัวละครในเรื่องไซอิ๋วขึ้นไปมาได้ออยู่ส่วนบน นาฬิกาเปลกๆ หรือที่มีคุณสมบัติพิเศษอยู่หลายเรือน เช่น “นาฬิกาปารีส” ตั้งพื้นเรือนใหญ่เรือนหนึ่งมาจากฝรั่งเศส (ค.ศ.๑๗๘๔) สามารถซ่วยบอกเวลาคนตาบอดได้จากการตี คือตีทุก ๑๕ นาทีแล้วต่อด้วยการตีบอกชั่วโมง ลังเกตได้จากมีลูกตุ้มต่างอยู่ ๓ ลูก นาฬิกาบางเรือนไขลานครั้งเดียวอยู่ได้ถึง ๔๐๐ วัน นาฬิกาที่ออกแบบให้ตุ้มอยู่ด้านบนแทนที่จะอยู่ด้านล่างก็มี นอกจากนั้นก็มีนาฬิกาที่มีตราแผ่นดิน นาฬิกาที่มีหน้าปัดเป็นเหล็กไทย แสดงว่ามีการลั่นทำ นาฬิกาบางเรือนมีหน้าปัดเป็นสีฟ้าแทนที่จะเป็นสีขาว ส่วนนาฬิกาขนาดเล็กก็มีนาฬิกาพกอยู่หลายเรือน บางเรือนตัวเรือนเป็นทอง 18 K หน้าปัดเป็นกระเบื้อง เรือนหนึ่งมีพระบรมฉายาลักษณ์ด้านข้างของรัชกาลที่ ๗ และสมเด็จพระนางเจ้ารำไพพรรณี ในสมัยนั้นนาฬิกาพก คงเป็นของฝากอย่างหนึ่งที่พระราชทานแก่บรรดาเหล่าข้าราชการบริพาร



ภาพที่ ๑-๒๑ การทำงานของอัตโนมัติเชิง

นาฬิกาที่เกี่ยวข้องกับสุดในโลก

เวลาเป็นหน่วยพื้นฐานอย่างหนึ่งในโลกของวิทยาศาสตร์ ไม่นานมานี้นักวิทยาศาสตร์แห่งสถาบันมาตรฐานและเทคโนโลยีแห่งชาติ National Institute of Standards and Technology (NIST) ในโคโลราโด สหรัฐอเมริกา ได้พัฒนานาฬิกาอะตอม ที่มีความละเอียดสูงในระดับที่จะคาดเดาเคลื่อนไปเพียง ๑ วินาทีในรอบ ๑๐๐ ล้านปี เที่ยงตรงกว่านาฬิกาซีซีซีที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน

ນາພິກາອະຕອນນິດໃໝ່ນີ້ ທ່ານດ້ວຍຫັກການພື້ນຈຸນເດືອກບັນນາພິກາອະຕອນຊື່ເຊີຍມທີມີ້ນີ້ ດັ່ງແຕ່ທສວຣະ ១៩៥០ ແຕ່ມີຄວາມເທິ່ງຕຽມກວ່າ ១០០ - ១,០០០ ເທົ່າ ກາຮພື້ນນາພິກາໃຫ້ມີຄວາມແມ່ນຢ່າມາກີ່ນີ້ສັ່ງຜົດຕີ່ຍ່າງ ມາຫາສາລັບເທິ່ງໂຄໂລຢີ່ຫລາຍຮູບແບບ ນັບຈາກນາພິກາແດດ ແລະນາພິການໍ້າ ນາພິກາລູກພື້ນນາເວື່ອຍມາຈຸນຖຶນນາພິກາ ອະຕອມທີ່ມາຈາກກາຮວດໂດຍລະເຍີດຂອງ ກາຮແຜ່ໄໂຄໂວິ່ພຂອງອະຕອນຊື່ເຊີຍມ ໂທໂຄໂລຢີ່ຂອງນາພິກາອະຕອນ ທຳໃຫ້ນັກວິທະຍາຄາສຕ່ວສາມາຮັກກຳໜັດໄດ້ວ່າ ១ ວິນາທີ ເທົ່າກັບກາຮແຜ່ຮັກສີ ៥,១៥២,៦៣១,៣៣០ ຮອບ ທີ່ມາຈາກກາຮປ່ອລິ່ນຮະດັບ ພລັງງານກັບໄປມາທີ່ລສານະພື້ນຂອງອະຕອນຊື່ເຊີຍມ-៣៣៣

ນາພິກາອະຕອນແບບໃໝ່ນີ້ ມາຈາກຄວາມຄືຂອງໄອອຸນເດື່ອວ່ອງປ່ອທີ່ຖຸກທຳໄໝ່ນລົງເຊື່ອມກັບເລເຊົວທີ່ແກ່ວ່າ ແບບເພີນດູລົມ ເພື່ອທຳໃຫ້ເກີດລົ້ມງານນາພິກາ ພື້ນນາກາຮຂອງນາພິກາທີ່ເກີດຂີ່ນີ້ມີປະໂຍືນໃນຊີວິຕປະຈຳວັນ ເຊັ່ນ ກາຮສັ່ງຜົນຂ້ອມຄວາມເຮົວສູງ ກາຮຄຳນວນກາຮໂອນເຈິນຂອງຮາກາຮ ແລະກາຮສັ່ງຜົນໝາຍອີເລັກທຣອນິກິລ໌ ນອກຈາກນີ້ຍັງສັ່ງຜົດຕີ່ຕ່ອໂທໂຄໂລຢີ່ດ້ານວິກາສ ເຊັ່ນ ວິໂຄຈຣຂອງດາວເທິຍມທີ່ມີຄວາມແມ່ນຢ່ານີ້ ກາຮນໍາຮ່ອງໃນທັງວິກາສ ແລະກາຮສັ່ງຜົນຕິດຕ່ອຮ່ວ່າງຍານ

ເວລາແຕ່ລະວິນາທີທີ່ຜ່ານໄປ ລ້ວນມີເຮືອງຮາວທີ່ນ່າສັນໃຈຍູ້ໃນຕົວເອງ ແລະລຶ່ງໜຶ່ງທີ່ຈະໜ່ວຍບອກຄຸນຄ່າ ຂອງເວລາທີ່ຜ່ານມາໄດ້ຕົກສຶກ ນາພິກາ ນາພິກາທີ່ປະກວດຍູ້ບັນຂ້ອມືອ ນາພິກາຕັ້ງໂດຍ ຫົວອາພິກາແຂວນຜັນໜັງ ຍ່ອມມີໜ້າທີ່ໂດຍຕຽງໃນກາຮບອກເວລາທີ່ຖຸກຕ້ອງແມ່ນຢ່າ ນາພິກາເປັນສົມບັດທີ່ຈະເພີ່ມມູລຄ່າໄດ້ກົດຕ່ອມື່ອມຸນຄຸນສົມບັດທີ່ນ່າສັນໃຈ ໄມວ່າຈະເຮືອງຄວາມສະຍາມຫົວກລິກ ເພຣະເສັ່ນທີ່ແຕກຕ່າງເມື່ອວັນເວລາຜ່ານໄປ ຈຶ່ງເກີດລົ່ມຜູ້ສັນໃຈແລະສະສົມນາພິກາເປັນຈຳນວນນັກ ໃນທາງກາຮຄ່າແລະກາຮສະສົມນາພິກາໄດ້ພື້ນນາຮູບແບບໄປມາກມາຍຫລາຍຍ່າງທີ່ໃນທາງແພັ້ນທີ່ລ້າສັນຍ້ ຄວາມສະຍາມທີ່ນ່າສະສົມ ເຄື່ອງມືອີ້ນໃຫ້ບອກເວລາຈຶ່ງລາຍເປັນວັດລຸມື້ຄ່າຂຶ້ນມາຕາມວັດຖຸທີ່ໃໝ່ຫົວຄວາມໂດດເດັ່ນໃນກາຮອກແບບ ຮຸມທັກຄວາມເປັນເອກລັກຊັນໃນຕົວເອງອີກດ້ວຍ

ກາຮແປ່ງປະເທດນາພິກາຕາມກລິກ ໂດຍທີ່ໄປແປ່ງອອກເປັນ ២ ປະເທດ ຄື່ອ

១. ນາພິກາລິກຈັກກລ (Mechanical Watch) ທີ່ອັນດີການ
ເຄລື່ອນໄວຂອງພື້ນເພື່ອຕ່າງໆ ກາຍໃນຊຸດກລິກທີ່ໄດ້ຮັບແຮງຂັ້ນມາຈາກ
ລານສປິງນາທີ່ໃຫ້ນາພິກາເດີນໄດ້ ນາພິກາຈັກກລໄດ້ຮັບກາຮຄິດຄົນມານາ
ຫລາຍຮ້ອຍຢີ່ ຊື່ປະປານກັນວ່າ ມີກາຮຄິດປະຕິ່ງຂຶ້ນຮາວສຕວຮຽທີ່ ១៦
ປັຈຈຸບັນແປ່ງອອກເປັນ ២ ກລຸ່ມ ຄື່ອ

- ນາພິກາໄຂລານຫົວໜ້າໄຂລານດ້ວຍມືອ Manual Winding Watch ຊື່ເປັນນາພິກາທີ່ມີໃກ້ນມາແຕ່ດັ່ງເຕີມ ໂດຍອັນດີການ
ໄຂລານເພື່ອດີ່ໃຫ້ລົບຮົງຂຶ້ນ ແລະເມື່ອສປິງລານຕ້ວນນີ້ຄລາຍຕ້ວ ກໍລັມ
ກາຮຕ່າຍໂອນພລັງງານທີ່ໃໝ່ໃນກາຮຂັ້ນເຄລື່ອນພື້ນເພື່ອຕ່າງໆ ຂອງກລິກແລະ
ໃຫ້ນາພິກາກຳທຳ



ກາພົ່າທີ່ ១-១៣ ນາພິກາອົໂຕເມຕິກ

- ນາພິກາອົໂຕເມຕິກ ຫົວໜ້າໄຂລານວັດໂນມົດ
(Automatic Winding Watch) ຫົວໜ້າ (Self-winding Watch)
ຫົວໜ້າເຮົາກ່າຍ່າຍໆ ວ່າ ໄຂລານແລະກາຮໄດ້ດ້ວຍຕົວເອງ ນາພິກາໃນ
ກລຸ່ມນີ້ຈະມີຕ້າໂຣເຕົວ (Rotor) ຄອຍເຫົວໜ້າລານໃຫ້ ຂະໜັດທີ່ເຮົາ
ສົມໃລ້ນາພິກາໄວ້ບັນຂ້ອມື່ອຕລອດ ຫົວໜ້າຍູ້ໃນເຄື່ອງໜຸນຫົວໜ້າໄຂ
ລານນາພິກາ (Watch Winder) ຊື່ແຮງເຫົວໜ້າຈາກຂ້ອມືອ ແລະຕູ້ໃໝ່
ໄຂລານຈະໜ່ວຍໃຫ້ໂຣເຕົວກຳທຳກາຮຕ່າຍໂອນພລັງງານທີ່ໃໝ່ໃຫ້ຕລອດເວລາ
ສົມໃລ້ນາພິກາສາມາຮາດເດີນໄດ້ຕລອດເວລາ ແລະຈຸດ
ສັ່ງເກີດຂອງນາພິກາກລຸ່ມນີ້ອີກຍ່າງກົດ ເມື່ອລັ້ນຕົວເຮືອນເບາງ ກົດຈະ



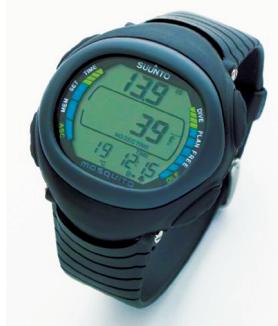
ກາພົ່າທີ່ ១-១៤ ນາພິກາໄຂລານ

ได้ยินเสียงໂຣเตอර์ลັນແລ້ວມູນດັງເປັນເສີຍກຶບເບາງ

๒. นาฬิกาควอตซ์ (Quartz Watch) ທີ່ເຮັດກັນວ່າ นาພິກາອີເລັກທຽນນິກລ໌ ສົ່ງ นาພິກາ ທີ່ຕ້ອງໃຊ້ແບຕເຫຼວ້າ ພຣື້ອຄ່ານ່ວຍໃນການທຳການ ນັ້ນເວັງ ນາພິກາລຸ່ມນີ້ໃຊ້ພັດຈານໄຟຟ້າຈາກ ແບຕເຫຼວ້າເປັນຕົວມູນເຂັ້ມນາພິກາໃຫ້ເດີນບອກ ເວລາ ຢ້ວືແລ້ດງເວລາຜ່ານຮະບບດົວເລຂະຈິຕອລົບນ ຜໍາປັດແນບ LCD ຢ້ວື LED ຊຶ່ງຈະໃຊ້ພັດຈານ ໄຟຟ້າບາງສ່ວນສຳຜ່ານຜລິກຄວອຕີ່ ແລ້ວັບລັບລູ່ງຢານ ຄວາມຄື່ອກມາ ໃຫ້ໂຄໂປຣເສັດເຊື່ອກໍ່ທຳການ ປະເມີນຜລອອກມາເປັນເວລາ ແລ້ວຄວບຄຸມການ ເດີນຂອງເຂັ້ມອີກທອດໜີ້ ນາພິກາຄວອຕີ່ນັ້ນມີ ຄວາມທີ່ຍິງຕຽງສູງແລ້ວຮາຄາມີ່ແພັງ ສະດວກຕ່ອກການ ໃໃຈງານ ແຕ່ວ່າໄມ່ເນີຍມີໃໝ່ໜຸ່ງນັກເລີ່ມນາພິກາເທົ່າໄວ



ກາພທີ ๑-ເມີນ ນາພິກາຕິຈິຕອລ



ກາພທີ ๑-ເມີນ ນາພິກາຄວອຕີ່



ກາພທີ ๑-ເມີນ

ນາພິກາ OMEGA ຮູ່ນ Speedmaster

ນາພິກາຍັງໄດ້ແປ່ງອອກຕາມລັກຂະນະກາຮື່ອງຈານອຶດດ້ວຍ ເຊັ່ນປະເກດ Diver ທຳຂຶ້ນລຳຫວັບນັກດຳນັ້ນ ດ້ວຍເວືອນສາມາດກັນນຳໄດ້ລຶກໃນຮະດັບ ၁၀၀ ເມືຕ ໜັ້າປັດສາມາດມອງເຫັນໄດ້ຍ່າງໜັດເຈນ ແລ້ວ ອາຈີມເຄື່ອງວັດຄວາມດັ່ນ ຢ້ວືຮະບບຈັບເວລາໃນການດຳນັ້ນໄດ້ ປະເກດ Tachymeter ນີຍົມໃຊ້ກັບນັກຂໍບຽດແບ່ງທີ່ມີຄວາມ ສາມາດໃນການຈັບຄວາມເຮົວໃນການຂັບຂື້ໄດ້ ຄ້າເປັນໜົນທີ່ດີມາກົງຈະມີຮະບບທີ່ເຮັດກວ່າ Chronograph ດ້ວຍ ປະເກດ Day-date ສາມາດນອກວັນແລ້ວວັນທີໄດ້ ບັນກົບອາວເລາທາງຈັນທຽບໂດຍແສດງເປັນສ່ວນຂອງດວງຈັນທົບນໍ້າປັດ ປະເກດ World Time ນັກເດີນທາງທອງເຖິງຈະນີຍົມໃຊ້ ເພີ່ມສາມາດນອກເວລາປະເທດຕ່າງໆ ຕາມໂຄໂນໄດ້ ສ່ວນຮຸ່ນທີ່ສ່ວັງເຊື່ອ ເສີຍງໍໃຫ້ກັບ Omega ກົດ້ວ່າ Omega Speedmaster ໃນເວລານີ້ NASA ກຳລັງດຳເນີນໂຄຮກກາວກາສ MERCURY ແລະກົດ້ວ່າຈະເຮີ່ມຕົ້ນໂຄຮກການ GEMINI ຢ້ວືການສັງຄນໜຶ່ງຄູ່ ອອກໄປໂຄຈຣອບໂລກສິ່ງໂຄຮກການ MERCURY ທີ່ NASA ກຳລັງດຳເນີນອູ່ນັ້ນເປັນກາປົງປັນທິກິດກາຍໃນຍານ ໂດຍນັກມິນຄູກລົງໄປໂຄຈຣອບໂລກ ສ່ວນກາງກິຈ GEMINI ນັ້ນ ຈະມີການສັງຄນອອກໄປນອກຍານເພື່ອລອຍໄປລອຍມາ ແລ້ວກາທິດລອງດັ່ງໆ ດັ່ງນັ້ນ NASA ຈຶ່ງເກີດຄວາມຕ້ອງການ ທີ່ຈະຈັດໜາພິກາເພື່ອໃຊ້ໃນໂຄຮກກາວກາສ ໂດຍນາພິກາທີ່ວ່າຈະຕ້ອງທນຕ່ອງສະກວະ ທັ້ງຄວາມກົດດັ່ນອາກາສ ສພາພສູ່ງຢາກາສ ອຸນໜ້ວມທີ່ເປັນແປງ ຈາກຕິດລົບໄປເປັນ ၁၀၀ ອົງຄາ ເພີ່ມເຄື່ອນຂ້າມຈາກໃຕ້ເງາໄປສູ່ແສງແດດ



บทที่ ๒

ระบบเวลา (Time Systems)

๒.๑ ประเภทของระบบเวลา

กิจกรรมในชีวิตของคนทั่วโลกที่ต้องใช้เวลาหรืออ้างอิงกับเวลาหรือเกี่ยวข้องกับเวลานั้นมีมากมาย กิจกรรมเหล่านี้ต้องการข้อมูลเวลาที่มีความละเอียด ถูกต้อง คงที่ (Stable) และมีลักษณะพิเศษอื่นๆ ต่างกัน ระบบเวลาที่มีใช้ในโลกจะมีหลายอย่าง แต่โดยสากลระบบเวลาแบ่งออกได้เป็น ๓ ระบบใหญ่ๆ คือ

๑. ระบบเวลาที่อ้างอิงกับการหมุนรอบตัวเองของโลก (Rotational Time System) ซึ่งแบ่งย่อยออกเป็นอีก ๒ ระบบ คือ

๑.๑ ระบบเวลาดาวหรือระบบเวลาดาวราศี (Sidereal Time System)

๑.๒ ระบบเวลาดวงอาทิตย์หรือระบบเวลาสุริยคติหรือระบบเวลาสากล (Solar Time System or Universal Time System)

๒. ระบบเวลาที่อ้างอิงกับการโคจรรอบดวงอาทิตย์ของโลก ซึ่งแบ่งย่อยออกเป็นอีก ๒ ระบบ คือ

๒.๑ ระบบเวลาอิเฟเมอริส (Ephemeris Time System)

๒.๒ ระบบเวลาไดนามิก (Dynamic Time System)

๓. ระบบเวลาอะตอม (Atomic Time System) เป็นระบบเวลาที่อ้างอิงกับความถี่ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของอะตอมของธาตุที่ใช้ควบคุณการเดินหรือการทำงานนาฬิกา

แต่ละระบบเวลาจะกล่าวถึง ขณะเวลา ช่วงเวลา และปฏิทิน ที่มีการกำหนดใช้ในระบบเวลานั้นๆ ในที่สุด ข้อแนะนำความหมายของ ๓ คำนี้ ให้เข้าใจก่อน

ขณะเวลา (Epoch) หมายถึง เวลา ณ ขณะใดๆ หรือเวลาเมื่อมีสิ่งหนึ่งสิ่งใดเกิดขึ้น วัตถุประสงค์ ของขณะเวลาคือใช้บอกว่าอะไรเกิดขึ้นเมื่อไร เช่น ตื่นนอนเวลา ๐๕.๓๐ น. ดวงอาทิตย์ขึ้นเวลา ๐๖.๐๐ น. ขั้บรถถึงที่ทำงานเวลา ๐๗.๔๐ น. เวลาเหล่านี้คือ ขณะเวลาทั้งสิ้น ขณะเวลาบางครั้งเรียกว่าเวลาเฉยๆ

ช่วงเวลา (Time Interval) คือ ความนาน หรือเวลาที่ล่วงไประหว่าง ๒ ขณะเวลาใดๆ เช่น ช่วงเวลาตั้งแต่ตื่นนอน (๐๕.๓๐ น.) ถึงดวงอาทิตย์ขึ้น (๐๖.๐๐ น.) คือ ๓๐ นาที เป็นต้น หน่วยของช่วงเวลาได้แก่ วินาที นาที ชั่วโมง วัน ปี และอื่นๆ

ช่วงเวลา ต่างจาก คابเวลา (Period) คابเวลาใช้กับสิ่งหนึ่งสิ่งใดที่เกิดขึ้นซ้ำๆ และมีความนานเท่ากัน เช่น เรียบวันละ ๘ คاب คابละ ๕๐ นาที เป็นต้น

ปฏิทิน (Calendar) หมายถึง การนับเวลาอย่างต่อเนื่อง เป็นวงรอบตามหลักการที่กำหนดของแต่ละระบบเวลา

ต่อไปจะขอกล่าวถึงรายละเอียดของแต่ละระบบเวลา โดยในแต่ละระบบเวลาจะกล่าวเรียงตามลำดับจากขณะเวลา ช่วงเวลา และปฏิทิน แต่ละระบบเวลา

๒.๒ ระบบเวลาที่อ้างอิงกับการหมุนรอบตัวเองของโลก

๒.๒.๑ **ระบบเวลาดาวราศี (Sidereal Time System)** ตามคัพท์หมายถึง ระบบเวลาที่ใช้ดาวฤกษ์ (Star) เป็นสิ่งอ้างอิงในการนับเวลา แต่ในทางปฏิบัติระบบเวลานี้ใช้จุดเวอร์นอลอิคิวโนกซ์ (Vernal Equinox) เป็นสิ่งอ้างอิงในการนับเวลา

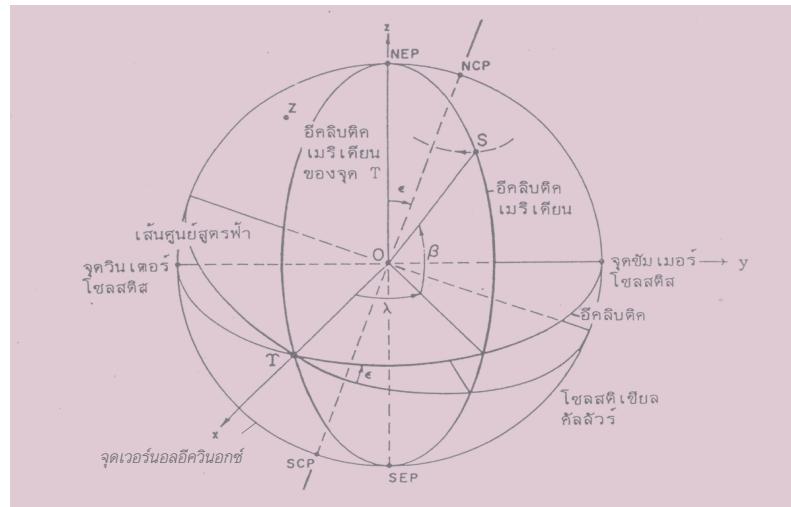
๒.๒.๑.๑ **ขณะเวลาดาวราศี (Sidereal Epoch)**

ขณะเวลาดาวราศี (Sidereal Time) คือ มุมชั่วโมงของจุดเวอร์นอลอิคิวโนกซ์

จุดเวอร์นอลอิคิวโนกซ์ (Vernal Equinox : γ) หรือจุดราศีเมษ คือ จุดตัดของวงอิคลิปติก กับ

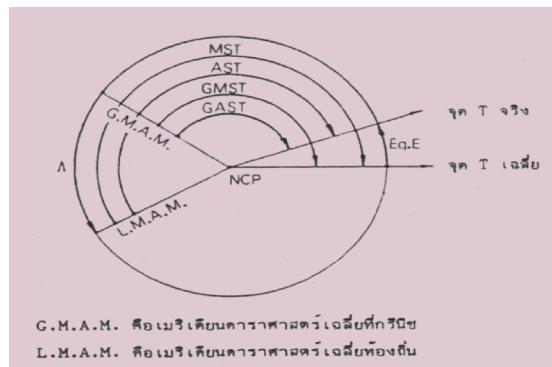
เส้นศูนย์สูตรฟ้า (Celestial Equator) และเป็นตำแหน่งที่ดวงอาทิตย์อยู่ ก่อนที่จะโคจรข้ามซิกโกลได้ไปซิกโกลเหนือ (ภาพที่ ๒-๑) ซึ่งจะตรงกับประมาณ ๒๑ มีนาคม ของทุกปี จุดนี้มีชื่ออื่นด้วยคือ First of Aries และ First Point of Aries

ตำแหน่งของจุดเวอร์นอลอคิวินอกซ์นั้นไม่คงที่ แต่จะเปลี่ยนไปตลอดเวลาในขอบเขตหนึ่ง ตำแหน่งของจุดเวอร์นอลอคิวินอกซ์ในขณะใดขณะหนึ่ง เรียกว่า “จุดเวอร์นอลอคิวินอกซ์จริง (True y)” ส่วนตำแหน่งของจุดเวอร์นอลอคิวินอกซ์ที่ได้จากการหาค่าเฉลี่ย เรียกว่า “จุดเวอร์นอลอคิวินอกซ์เฉลี่ย (Mean y)”



ภาพที่ ๒-๑ จุดเวอร์นอลอคิวินอกซ์

ขณะเวลาดาวราศีซึ่งได้แก้มุขว์โมงของจุดเวอร์นอลอคิวินอกซ์นั้น แบ่งออกเป็น ๔ อย่าง ตามจุดที่เริ่มนับและจุดที่นับไปถึง คือ (ดูภาพที่ ๒-๒)



G.M.A.M. (Greenwich Mean Astronomic Meridian) คือ เมริเดียนดาวราศีสตรีเฉลี่ยที่กรีนิช

L.M.A.M. (Local Mean Astronomic Meridian) คือ เมริเดียนดาวราศีสตรีเฉลี่ยท้องถิ่น

ภาพที่ ๒-๒ ขณะเวลาดาวราศี

- เวลาดาวราศีปรากฏ (Apparent Sidereal Time : AST) คือ มุขว์โมงของจุดเวอร์นอลอคิวินอกซ์จริง ที่นับตามเข็มนาฬิกา จากเมริเดียนดาวราศีสตรีเฉลี่ยท้องถิ่น (Local Mean Astronomic Meridian : L.M.A.M.)

- เวลาดาวราศีปรากฏที่กรีนิช (Greenwich Apparent Sidereal Time : GAST) คือ มุขว์โมงของจุดเวอร์นอลอคิวินอกซ์จริง ที่นับตามเข็มนาฬิกาจากเมริเดียนดาวราศีสตรีเฉลี่ยที่กรีนิช (Greenwich Mean Astronomic Meridian : G.M.A.M.)

- เวลาดาราคติเฉลี่ย (Mean Sidereal Time : MST) คือ มุ่งชั่วโมงของจุดเวอร์นอล อิควินอกซ์ เฉลี่ย ที่นับตามเข็มนาฬิกาจากเมริเดียนดาวราศีสตรีเฉลี่ยท้องถิ่น

- เวลาดาราคติเฉลี่ยที่กรีนิช (Greenwich Mean Sidereal Time : GMST) คือ มุ่งชั่วโมงของจุดเวอร์นอล อิควินอกซ์ เฉลี่ย ที่นับตามเข็มนาฬิกาจากเมริเดียนดาวราศีสตรีเฉลี่ยที่กรีนิช

สิ่งที่ควรทราบเพิ่มเติมจากภาพที่ ๒-๒ คือ Λ และ Eq.E

Λ (Reduced Astronomic Longitude คือ ค่าลองจิจูดดาวราศีสตรี ที่มีเครื่องหมายบวก เมื่อคิดทวนเข็มนาฬิกาจากเมริเดียนดาวราศีสตรีเฉลี่ยที่กรีนิช จากภาพที่ ๒-๒ จะได้ว่า

$$\Lambda = MST - GMST = AST - GAST \quad (2-1)$$

Eq.E ย่อมาจาก Equation of Equinox (สมการอิควินอกซ์) หมายถึง ผลต่างระหว่างเวลาดาราคติปรากฏกับเวลาดาราคติเฉลี่ย นั้นคือ

$$Eq.E = AST - MST = GAST - GMST \quad (2-2)$$

๒.๒.๑.๒ ช่วงเวลาดาราคติ (Sidereal Interval)

หน่วยพื้นฐานของช่วงเวลาดาราคติ คือ วันดาราคติเฉลี่ย (Mean Sidereal Day) ๑ วันดาราคติมีเวลาประมาณ ๒๓ ชั่วโมง ๕๖ นาที ๔.๑ วินาที เทียบเท่ากับเวลาที่โลกหมุนรอบลัมพันธ์กับดาว

๑ วันดาราคติเฉลี่ย คือ ช่วงเวลาระหว่างการอยู่บนเมริเดียนด้านบน (ทรายลิบทบ) ของเมริเดียนใดๆ ๒ ครั้งติดกัน ของจุดเวอร์นอล อิควินอกซ์เฉลี่ย กล่าวคือ เมื่อจุดเวอร์นอล อิควินอกซ์เฉลี่ยอยู่บนเมริเดียน ด้านบนของเมริเดียนใดเมริเดียนหนึ่ง ซึ่งขณะเวลานี้ เรียกว่า “เวลาเที่ยงดาวราคติ (Sidereal Noon)” ก็เริ่มจับเวลาจนกระทั้งจุดเวอร์นอล อิควินอกซ์เฉลี่ยนั้น กลับมาอยู่บนเมริเดียนด้านบนของเมริเดียนนั้นอีกรอบหนึ่ง ก็ถือเป็น ๑ วันดาราคติเฉลี่ย

ช่วงเวลาไม่ว่าในระบบเวลาใด จะมีการแบ่ง ดังนี้

$$๑ \text{ วัน (d)} = ๒๔ \text{ ชั่วโมง (h)}$$

$$๑ \text{ ชั่วโมง (h)} = ๖๐ \text{ นาที (m)}$$

$$๑ \text{ นาที (m)} = ๖๐ \text{ วินาที (s)}$$

สำหรับระบบเวลาดาราคติ ทุกหน่วยของช่วงเวลาดาราคติ จะต้องต่อท้ายด้วย “(S)” เพื่อไม่ให้ลับสนกับช่วงเวลาของระบบเวลาอื่นที่จะกล่าวต่อไป ดังนั้นช่วงเวลาดาราคติจะมีการแบ่ง ดังนี้

$$1^d (S) = 24^h (S)$$

$$1^h (S) = 60^m (S)$$

$$1^m (S) = 60^s (S)$$

เนื่องจากอิทธิพลของการแกว่งของแกนหมุนของโลก ซึ่งเรียกว่า “พรีเซลชัน (Precession)” ทำให้จุดเวอร์นอล อิควินอกซ์เฉลี่ย เคลื่อนไปทางตะวันตกเล็กน้อยทุกวัน ทำให้ ๑ วันดาราคติลั้นกว่า ๑ วันจริงๆ หรือช่วงเวลาที่โลกหมุนรอบตัวเองครบ ๑ รอบจริงๆ อยู่ประมาณ $0^s.0084$ สูตรโดยละเอียดของวันดาราคติ คือ

$$1^d (S) = \{0.99999902907 - 59 \times 10^{-12} t\} \times \text{คาบของ การหมุนรอบตัวเองของโลก} \quad (2-3)$$

หรือ

$$1 \text{ คาบของ การหมุนรอบตัวเองของโลก} = \{1.0 + (97093 + 59t) \times 10^{-12}\}^d (S) \quad (2-4)$$

เมื่อ t = จำนวนศตวรรษอีเฟเมอริส (Ephemeris Century) = 36525 วันอีเฟเมอริส (จะกล่าวต่อไป)

๒.๒.๑.๓ ปฏิทินดาราคติ (Sidereal Calendar)

เพื่อความสะดวกในการทำปฏิทินดาราคติ หรือนับเวลาดาราคติต่อเนื่อง รวมทั้งการนำไปใช้งาน จึงมีการบัญญัติคัพท์เฉพาะขึ้น ๒ คำ คือ วันดาราคติกринิช และเลขวันดาราคติกринิช

วันดาราคติกринิช (Greenwich Sidereal Date : GSD) คือ จำนวนวันดาราคติเฉลี่ย (Mean Sidereal Day) ทั้งหมด (ทั้งจำนวนเต็มและเศษของวัน) ที่ผ่านไป ตั้งแต่ขณะเวลาที่จุดเวอร์นอลอคิวินอกซ์เฉลี่ยอยู่บนด้านบนของเมริเดียนดาราศาสตร์เฉลี่ยที่กринิช ณ วันที่ ๑ มกราคม ปี ๔๗๑๓ ก่อนคริสต์ศักราช (Jan. 1, 4713 B.C.) ถึงขณะเวลาที่กำหนด

เลขวันดาราคติกринิช (Greenwich Sidereal Day Number) คือ ตัวเลขส่วนที่เป็นจำนวนเต็มของ GSD

การกำหนด บันทึก หรือแจ้งการเกิดของปรากฏการณ์บางอย่างด้วยวันดาราคติกринิช จะมีประโยชน์ชนิด ซึ่งให้ทราบชัดว่าปรากฏการณ์นั้นๆ เกิดห่างจากขณะเวลาในลักษณะหนึ่งในประวัติศาสตร์มากน้อยเท่าไร และอะไรเกิดขึ้นก่อน หรือเกิดหลังมากน้อยเพียงใด ได้มีการพิมพ์เลขวันดาราคติกринิชของวันดาราคติแรกของทุกเดือนไว้เป็นตารางในหนังสือ Nautical Almanac Offices ทุก ๑๐๐ ปี เช่น จากปี ค.ศ. ๑๕๐๐ - ๑๕๕๕ และจากปี ค.ศ. ๑๖๐๐ - ๑๖๕๕ เป็นต้น ดังตัวอย่างในตารางที่ ๒-๑

OF DAY COMMENCING AT UNIVERSAL TIME:													
Year	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June	July	Aug.	Sept.†	Oct.	Nov.	Dec.	
	0.73	0.64	0.57	0.48	0.40	0.32	0.23	0.15	0.07	0.98	0.90	0.81	
1950	243	9945	9976	*0004	*0035	*0065	*0096	*0126	*0157	*0188	*0219	*0250	*0280
1951	244	0311	0312	0370	0401	0431	0462	0492	0523	0554	0585	0616	0646
1952	0677	0708	0737	0768	0798	0829	0859	0890	0921	0952	0983	1013	
1953	1044	1075	1103	1134	1164	1195	1225	1256	1287	1318	1349	1379	
1954	1410	1441	1469	1500	1530	1561	1591	1622	1653	1684	1715	1745	
1955	244	1776	1807	1835	1866	1896	1927	1957	1988	2019	2050	2081	2111
1956	2142	2173	2202	2233	2263	2294	2324	2355	2386	2417	2448	2478	
1957	2509	2540	2568	2599	2629	2660	2690	2721	2752	2783	2814	2844	
1958	2875	2906	2934	2965	2995	3026	3056	3087	3118	3149	3180	3210	
1959	3241	3272	3300	3331	3361	3392	3422	3453	3484	3515	3546	3576	

ตารางที่ ๒-๑ ตัวอย่างเลขวันดาราคติกринิช (Greenwich Sidereal Day Number) ระหว่างปี ค.ศ. ๑๕๐๐ - ๑๕๕๕

๒.๒.๒ ระบบเวลาสุริยคติหรือระบบเวลาสากล (Solar Time System or Universal Time System)

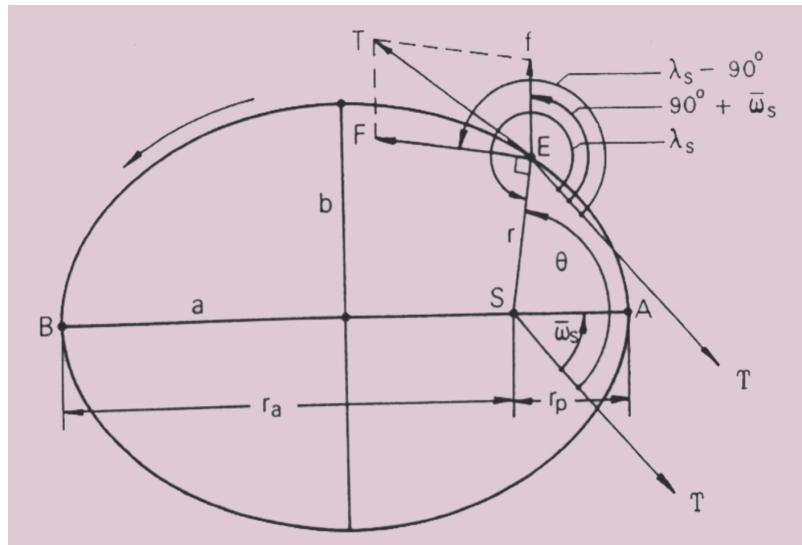
ระบบเวลาสุริยคติหรือระบบเวลาสากลคือระบบเวลาที่ใช้ดวงอาทิตย์เป็นสิ่งอ้างอิงในการนับเวลา เช่น เมื่อดวงอาทิตย์อยู่ตรงคีรีจะของเราระบบเวลาที่เรารอยู่ เราจะเริ่มนับเวลา จนกระทั่งดวงอาทิตย์มาอยู่ตรงคีรีของเราระบบเวลาสุริยคติ ก่อนที่จะกล่าวถึงขณะเวลาช่วงเวลา และปฏิทินตามระบบเวลาสุริยคติ หรือระบบเวลาสากลโดยละเอียด จะขอกล่าวนำสืบรวมชาติ หรือหลักการที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่รอบดวงอาทิตย์ของโลก หรือการเคลื่อนที่รอบโลกของดวงอาทิตย์ (เมื่อพิจารณาให้โลกอยู่กับที่ และให้ดวงอาทิตย์เป็นฝ่ายเคลื่อนที่) ให้ทราบเป็นพื้นฐานดังนี้

การเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์

การเคลื่อนที่จริงๆ ของดวงอาทิตย์ จากการล็อกของผู้สังเกตที่อยู่บนพื้นโลก จะพบว่าล้วนหนึ่งเกิดจากการโคจรรอบดวงอาทิตย์ของโลกในรอบปี และอีกส่วนหนึ่งเกิดจากการหมุนรอบตัวเองของโลกในรอบวัน

การเคลื่อนที่ในรอบปีของดวงอาทิตย์ ควบคุมด้วยกฎ ๒ ข้อแรก ในจำนวนทั้งหมด ๓ ข้อ ของเคปเลอร์ (Kepler) ซึ่งมีสาระสำคัญ ดังนี้

กฎข้อที่ ๑ ของเคปเลอร์ กล่าวว่า วงโคจรของดาวเคราะห์รอบดวงอาทิตย์เป็นวงรี โดยมีดัง
อาทิตย์อยู่ที่จุดโพเก็ลสจุดหนึ่งของวงรี (ภาพที่ ๒-๓)



ภาพที่ ๒-๓ วงโคจรรอบดวงอาทิตย์ของโลก

จากภาพที่ ๒-๓

- วงรีว่างตัวอยู่ในแนววงอิกลิปติก
- E คือ ตำแหน่งของโลกที่เวลาได้เวลาหนึ่ง
- ตำแหน่งของโลก กำหนดด้วย รัศมี (radius vector) r และมุม θ
- ($\theta = \lambda_s - 180^\circ$, เมื่อ λ_s = ลองจิจูดของดวงอาทิตย์)
- สมการของวงรี คือ (Smart, 1960} P.108)

$$r = \frac{p}{1 + e \cos(\theta - \varpi_s)} \quad (2-5)$$

เมื่อ r = เส้นเชื่อมระหว่างดาวเคราะห์กับดวงอาทิตย์

เมื่อ P = รัศมีเฉลี่ย (Mean Radius) ของวงรี

$$P = \frac{b^2}{a} = a(1 - e^2) \cong 149.56 \times 10^6 \text{ กม.} \quad (2-6)$$

เมื่อ e = eccentricity ของวงโคจร (วงรี)

$$e = \sqrt{\frac{a^2 - b^2}{a^2}} \cong 0.016726 \quad (2-7)$$

$$a = \text{ครึ่งหนึ่งของแกนยาวของวงรี} \cong 149.60 \times 10^6 \text{ กม.}$$

$$b = \text{ครึ่งหนึ่งของแกนลั่นของวงรี} \cong 149.58 \times 10^6 \text{ กม.}$$

ϖ_s = ลองจิจูดของจุด Perihelion (จุด A ซึ่งเป็นจุดที่โลกโคจรเข้ามาใกล้ดวงอาทิตย์มากที่สุด) $\cong 102^\circ$

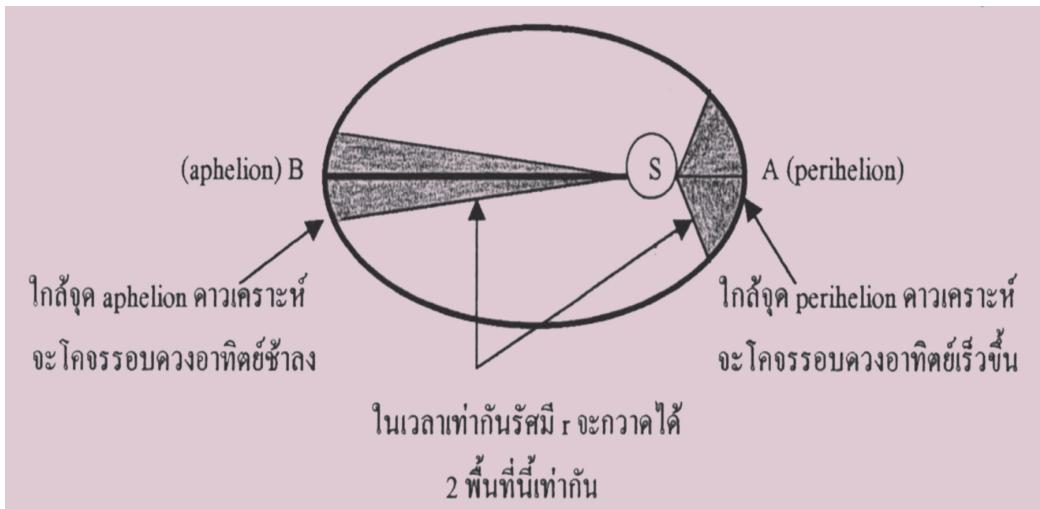
เมื่อ $\theta = \varpi_s$ (เมื่อโลกอยู่ที่จุด Perihelion หรือจุด A) จาก (2-5) จะได้ว่า

$$\frac{r}{p} = \frac{p}{1+e} \quad \cong 147.1 \times 10^6 \text{ กม.} \quad (2-8)$$

เมื่อ $\theta = 180^\circ + \varpi_s$ (เมื่อโลกอยู่ที่จุด Aphelion หรือจุด B) จาก (2-5) จะได้ว่า

$$\frac{r}{a} = \frac{p}{1-e} \quad \cong 152.1 \times 10^6 \text{ กม.} \quad (2-9)$$

กฎข้อที่ ๒ ของเคปเลอร์ กล่าวว่า รัศมี r จะ瓜ตไปเป็นพื้นที่เท่ากันในเวลาเท่ากัน (ภาพที่ ๒-๔)

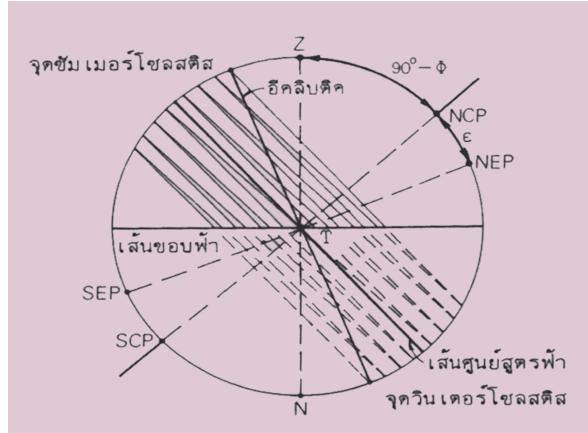


ภาพที่ ๒-๔ รัศมี r กว่าตไปเป็นพื้นที่เท่ากันในเวลาที่เท่ากัน

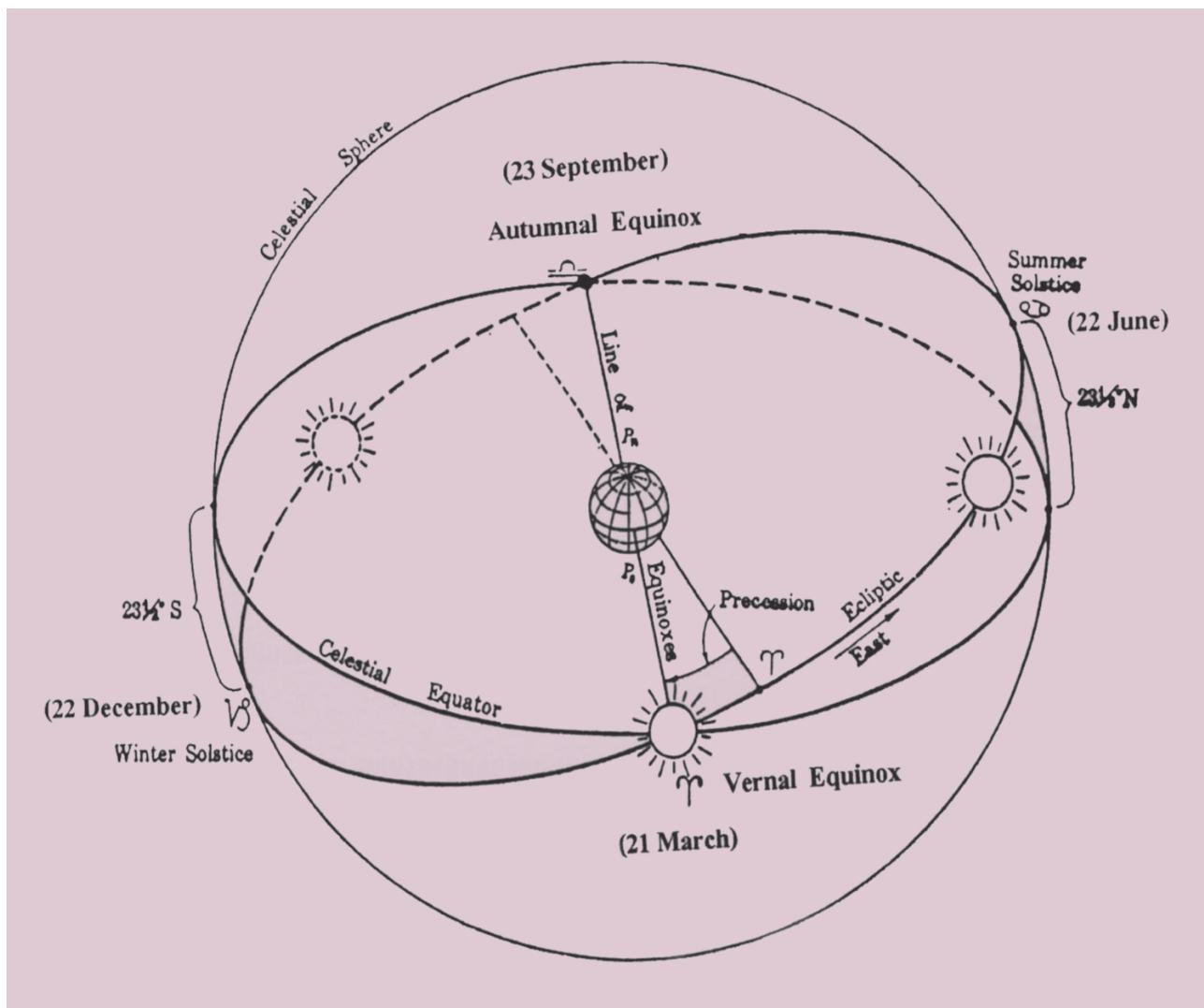
จากภาพที่ ๒-๔ เมื่อโลกอยู่บริเวณจุด Perihelion จะได้รับแรงดึงดูดจากดวงอาทิตย์มาก จึงโคจรเร็ว รัศมี r จึง瓜ตไปเป็นมุ่งให้ญี่ เมื่อโลกอยู่บริเวณจุด Aphelion จะได้รับแรงดึงดูดจากดวงอาทิตย์น้อย จึงโคจรช้า รัศมี r จึง瓜ตไปเป็นมุ่งเล็ก แต่ในเวลาที่เท่ากันจะได้พื้นที่ (ที่แรเงา) เท่ากัน

การเคลื่อนที่จริงๆ ในรอบวันของดวงอาทิตย์ ถูกควบคุมด้วยการหมุนรอบตัวเอง (รอบแกนหมุน) ของโลก ดังนั้นจึงอาจเปรียบดวงอาทิตย์ได้กับดาวฤกษ์ทั่วๆ ไป ซึ่งเคลื่อนที่ไปด้วยความเร็ว慢่อม ไปตามวงวนนาทีองฟ้า ต่างๆ (Celestial Parallels)

การเคลื่อนที่จริงๆ ของดวงอาทิตย์ เป็นการผสมกันระหว่าง การเคลื่อนที่ในรอบปีด้วยความเร็วไม่慢่อม บนวงโคจรลีปติก กับการเคลื่อนที่ในรอบวัน ด้วยความเร็วเกือบ慢่อมบนวงวนนาทีองฟ้า ซึ่งส่งผลให้ดวงอาทิตย์มี การเคลื่อนที่ในลักษณะขณะเป็นวง (Spiral-like Motion) ด้วยความเร็วไม่慢่อม ดังปรากฏในภาพที่ ๒-๕ และ ๒-๖



ภาพที่ ๒-๕ การเคลื่อนที่จริงของดวงอาทิตย์ (แบบที่ ๑)



ภาพที่ ๒-๒ การเคลื่อนที่จริงของดวงอาทิตย์ (แบบที่ ๒)

ดวงอาทิตย์จริงและดวงอาทิตย์สมมุติ

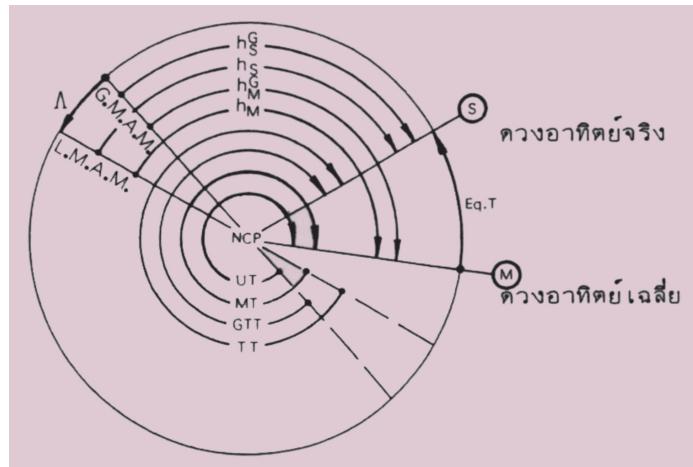
กฎข้อที่ ๒ ของเคปเลอร์ แสดงนัยให้เห็นว่า การเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์จริง (True Sun) นั้นไม่สม่ำเสมอ (ไม่เป็นวงกลม) และมีความเร็วต่างกัน ตลอดวงโคจร ทำให้มุมชั่วโมง (วัดบนพื้นอิควาเตอร์ท้องฟ้า) ของดวงอาทิตย์จริงไม่ได้เพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอ ด้วยความไม่สม่ำเสมอ这一点 ดวงอาทิตย์จริงจึงไม่ถูกนำมาใช้ในการรักษาเวลา โดยเฉพาะอย่างยิ่งเวลาที่ต้องการความละเอียดสูง

อย่างไรก็ตาม เพื่อให้สามารถใช้ดวงอาทิตย์ในการรักษาเวลาได้ จึงได้มีการกำหนด “ดวงอาทิตย์สมมุติหรือดวงอาทิตย์เฉลี่ย (Fictitious Sun)” ขึ้น เพื่อใช้แทนดวงอาทิตย์จริง โดยกำหนดให้มีคุณสมบัติดังนี้

- เคลื่อนที่ตามแนวอิควาเตอร์ท้องฟ้าอย่างสม่ำเสมอ ด้วยอัตราเร็วที่ต่างจากอัตราเร็วในการเคลื่อนที่ในรอบปีของดวงอาทิตย์จริงบนวงโคจรปีติกเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

- ที่เมริเดียนใดๆ ดวงอาทิตย์สมมุติจะมีการเคลื่อนที่ในรอบวันในรูปของมุมชั่วโมง ที่ถือได้ว่าเท่ากับค่าเฉลี่ยในการเคลื่อนที่ในรอบวันของดวงอาทิตย์จริง เพราะมีความแตกต่างกันน้อยมาก เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของ Local Meridian และอัตราเร็วในการหมุนรอบตัวเองของโลก

๒.๒.๒.๑ ขณะเวลาสุริยคติ (Solar Epoch)



G.M.A.M. (Greenwich Mean Astronomic Meridian) คือ เมริเดียนดาราศาสตร์เฉลี่ยที่กรีนิช
L.M.A.M. (Local Mean Astronomic Meridian) คือ เมริเดียนดาราศาสตร์เฉลี่ยท้องถิ่น

ภาพที่ ๒-๓ ขณะเวลาสุริยคติ

ขณะเวลาสุริยคติต่างจากขณะเวลาดาราคาติคือ ขณะเวลาดาราคาตินับจากเมริเดียนเบื้องบนของ G.M.A.M. และ L.M.A.M. แต่ขณะเวลาสุริยคติจะนับจากเมริเดียนเบื้องล่างของ G.M.A.M. และ L.M.A.M. ทั้งนี้ เพื่อให้การสันสอดวันและเริ่มวันใหม่ตามระบบเวลาสุริยคติที่ประชาชนทั่วโลกใช้ในการดำเนินชีวิตนั้น เกิดขึ้นตอนกลางคืน จะได้มีผลกระทบต่อการดำเนินชีวิตของคน การเปลี่ยนจากเมริเดียนเบื้องบนเป็นเมริเดียนเบื้องล่าง ทำได้ด้วยการบวกด้วย ๑๒ ชั่วโมง ดังนั้นในภาพที่ ๒-๓ จะเห็นว่าในภาพรวมของขณะเวลาสุริยคตินั้น แบ่งออกเป็น ๔ ส่วน คือ ส่วนที่เป็นมุ่งชั่วโมงของดวงอาทิตย์ และส่วนที่เป็นขณะเวลาดูวงอาทิตย์หรือขณะเวลาสุริยคติ

มุ่งชั่วโมงของดวงอาทิตย์นับจากเมริเดียนเบื้องบนของ G.M.A.M. และ L.M.A.M. แบ่งออกเป็น ๔ อาย่างตามจุดที่เริ่มนับและจุดที่นับไปถึง คือ

- h_s^G คือ มุ่งชั่วโมงของดวงอาทิตย์จริง ที่นับจากเมริเดียนเบื้องบนของ G.M.A.M.
- h_M^G คือ มุ่งชั่วโมงของดวงอาทิตย์สมมุติ ที่นับจากเมริเดียนเบื้องบนของ G.M.A.M.
- h_s^M คือ มุ่งชั่วโมงของดวงอาทิตย์จริง ที่นับจากเมริเดียนเบื้องบนของ L.M.A.M.
- h_M^M คือ มุ่งชั่วโมงของดวงอาทิตย์สมมุติ ที่นับจากเมริเดียนเบื้องบนของ L.M.A.M.

ขณะเวลาสุริยคติ คือ มุ่งชั่วโมงของดวงอาทิตย์ นับจากเมริเดียนเบื้องล่างของ G.M.A.M. และ L.M.A.M. แบ่งออกเป็น ๔ อาย่าง ตามจุดที่เริ่มนับและจุดที่นับไปถึง คือ

เวลาสุริยคติจริง (True Solar Time : TT) คือ เวลาที่ได้จากมุ่งชั่วโมงของดวงอาทิตย์จริง (h_s) ที่วัดจากเมริเดียนเบื้องล่างของผู้ตรวจ (L.M.A.M.) นั่นคือ

$$TT = h_s + 12^h \quad (2-10)$$

เวลาสุริยคติเฉลี่ย (Mean Solar Time : MT) คือ เวลาที่ได้จากมุ่งชั่วโมงของดวงอาทิตย์สมมุติ หรือดวงอาทิตย์เฉลี่ย (h_M) ที่วัดจากเมริเดียนเบื้องล่างของผู้ตรวจ นั่นคือ

$$TT = h_M + 12^h \quad (2-11)$$

(ในแต่ราเดียนเรือดาราศาสตร์ใช้ LMT (Local Mean Time) แทน MT)

$$GTT = h_s^G + 12^h \quad (2-12)$$

เวลาสากลหรือเวลาสุริยคติเฉลี่ยที่กรีนิช (Universal Time : UT) คือ เวลาที่ได้จากมุมชั่วโมงของดวงอาทิตย์ลมมุติ หรือดวงอาทิตย์เฉลี่ยที่วัดจากเมริเดียนเบื้องล่างของกรีนิชนั่นคือ

$$UT : h_M^G + 12^h \quad (2-13)$$

(ในอดีตเรียกว่า Greenwich Mean Time) แทน UT

จากภาพที่ ๒-๗ จะเห็นได้ว่า

$$TT = GTT + \Lambda \quad (2-14)$$

$$MT = UT + \Lambda \quad (2-15)$$

$$h_s = h_s^G + \Lambda \quad (2-16)$$

$$h_M = h_M^G + \Lambda \quad (2-17)$$

$$\Lambda = TT - GTT = MT - UT = h_s - h_s^G = h_M - h_M^G \quad (2-18)$$

เมื่อ Λ คือ Reduced Astronomic Longitude (มีค่าเป็น + เมื่อวัดทวนเข็มนาฬิกา)

ไรท์แอลเซนชันของดวงอาทิตย์ลมมุติ(α_M) หาได้จากสูตร (Newcomb; 1895)

$$\alpha_M = 18^h 38^m 45.836 + 8,640,184^s.542 t_M + 0^s.0929 t_M^2 \quad (2-19)$$

เมื่อ t_M = จำนวนของ Julian Centuries (ซึ่งมี 36525 Mean Solar Days และเริ่มนับวันใหม่ต่อนที่ยังคง) ที่ผ่านไปตั้งแต่ Standard Epoch ของ UT คือ 1900 January 0^d.5 UT

จากภาพที่ ๒-๗ ผลต่างระหว่างเวลาดวงอาทิตย์จริงกับเวลาดวงอาทิตย์ลมมุติที่เวลาใดๆ

เรียกว่า “สมการเวลา (Equation of Time : Eq.T)” ซึ่งจะได้ว่า

$$Eq.T = TT - MT = GTT - UT = h_s - h_M = h_s^G - h_M^G \quad (2-20)$$

เนื่องจากดวงอาทิตย์ลมมุติไม่มีอยู่จริงในธรรมชาติ และไม่สามารถถ้าได้จริงๆ ดังนั้นในทางปฏิบัตินักเดินเรือและนักสำรวจ จึงหาเวลาดวงอาทิตย์ลมมุติ (Mean Solar Time) โดยการหาเวลาดวงอาทิตย์จริง (True Solar Time) ด้วยการวัดดวงอาทิตย์จริง แล้วหักแก้ด้วยค่า Eq.T ซึ่งหาได้จากสูตรความลับพันธ์ ดังนี้

$$MT = TT - Eq.T \quad (2-21)$$

$$\text{หรือ } UT = GTT - Eq.T = TT - \Lambda - Eq.T \quad (2-22)$$

๒.๒.๒ ช่วงเวลาสุริยคติ (Solar Interval)

ทุกหน่วยของช่วงเวลาสุริยคติ ต้องต่อท้ายด้วย (M) เพื่อให้ทราบว่าเป็นช่วงเวลาสุริยคติ ซึ่งที่สำคัญมีดังนี้

วันสุริยคติเฉลี่ย (Mean Solar Day: 1^d (M)) คือ ช่วงเวลาระหว่างการอยู่บนเมริเดียนเดียวกันของดวงอาทิตย์ลมมุติ ๑ ครั้งติดกัน แบ่งย่อยออกเป็น ชั่วโมง นาที วินาที ดังนี้

$$1^d (M) = 24^h (M)$$

$$1^h (M) = 60^m (M)$$

$$1^m (M) = 60^s (M)$$

ปีทรงปีกอลหรือปีสุริยคติเฉลี่ย (Tropical Year or Mean Solar Year) คือ ช่วงเวลาที่ดวงอาทิตย์ลมมุติผ่านจุดเวอร์โนลลิอิคwinอกซ์เฉลี่ย (Mean γ) ๑ ครั้งติดกัน หรือช่วงเวลาเฉลี่ยที่ดวงอาทิตย์จริงผ่านจุดเวอร์โนลลิอิคwinอกซ์จริง (True γ) ๑ ครั้งติดกัน



ปีดาวราศี (Sidereal Year) คือ ช่วงเวลาที่ดวงอาทิตย์สมมุติโคจรรอบอิเคเตอร์ หรือช่วงเวลาเฉลี่ยที่ดวงอาทิตย์จริงโคจรรอบวงอิคลิปติก

$$\begin{aligned} 1 \text{ ปีทรอปิคอล} &= 365^d.24219879 \text{ (M)} \\ &= 365^d 05^h 48^m 45^s.9754 \text{ (M)} \end{aligned} \quad (2-23)$$

$$\begin{aligned} 1 \text{ ปีดาวราศี} &= 365^d.25636042 \text{ (M)} \\ &= 365^d 06^h 09^m 09^s.5403 \text{ (M)} \end{aligned} \quad (2-24)$$

ช่วงเวลาหรือความนานของปีทรอปิคอลและปีดาวราศี เปลี่ยนไปประมาณ $-0^s.53$ (M) และ $+0^s.01$ (M) ต่อศตวรรษตามลำดับ

เนื่องจากทั้งปีทรอปิคอลและปีดาวราศี แสดงจำนวนวันสุริยคติเฉลี่ยเป็นเศษอย่างละเอียด ทำให้เมื่อครบศตวรรษก็ยังมีเศษวันสุริยคติเฉลี่ยอยู่ ไม่เหมาะสมที่จะใช้สำหรับการทำปฏิทินทางพลเรือน (Civil Calendar) ดังนั้นเพื่อวัตถุประสงค์ในการทำปฏิทินทางพลเรือน จึงได้มีการกำหนด ปีจุลเลียน (Julian Year) ขึ้น โดยการตัดเศษเล็กๆ ของปีดาวราศีออก นั่นคือ

$$1 \text{ ปีจุลเลียน} = 365^d.25 \text{ (M)} = 365^d 06^h \text{ (M)} \quad (2-25)$$

$$1 \text{ ศตวรรษจุลเลียน} = 36525^d \text{ (M)} \quad (2-26)$$

$$1 \text{ ปีจุลเลียน} > 1 \text{ ปีทรอปิคอล} = 0^d.008 \text{ (M)}$$

๒.๒.๒.๓ ปฏิทินสุริยคติ (Solar Calendars)

ในที่นี้จะไม่ขอแนะนำทั้งหมดที่ใช้ในอดีตและปัจจุบัน แต่จะขอแนะนำเพียง ๒ อย่าง คือ ปฏิทินจุลเลียน (Julian Calendar) และปฏิทินเกรกอเรียน (Gregorian Calendar) ซึ่งแต่ละอย่างมีรายละเอียดโดยลักษณะดังนี้

ปฏิทินจุลเลียน ถูกคิดขึ้นในอาณาจักรโรมัน โดย Julius Caesar ในปีที่ ๔๙ ก่อน ค.ศ. และได้รับการพัฒนาเรื่อยมาจนมาถึงแบบฟอร์มสุดท้ายในประมาณปี ค.ศ. ๘ ถูกใช้เรื่อยมาในตะวันตกจนถึงปี ค.ศ. ๑๕๘๒ จึงได้มีการปรับปรุงใหม่เป็นปฏิทินเกรกอเรียน ซึ่งได้รับความนิยมนำมาใช้อย่างกว้างขวางเกือบทั่วโลกในงานทางพลเรือนต่างๆ

ปฏิทินเกรกอเรียน มีหลักการดังนี้

๑) อ้างอิงกับปีจุลเลียน (365.25 Mean Solar Days) และมีการปรับตามปีจุลเลียน โดยการเพิ่มวันที่เกินเข้าไปในเดือนกุมภาพันธ์ ทุก ๔ ปี ทำให้ปีที่เพิ่มวันเข้าไป (Leap Year) มี ๓๖๖ วัน ส่วนอีก ๓ ปีระหว่างนั้น จะมี ๓๖๕ วัน และในปีหนึ่งจะแบ่งเป็น ๑๗ เดือน แต่ละเดือนมี ๓๐ วัน และ ๑๒ วัน ยกเว้นเดือนกุมภาพันธ์ จะมี ๒๙ วัน และทุก ๔ ปี จะมี ๒๕ วัน (ปี ค.ศ. ที่หารด้วยเลข ๔ ลงตัว เช่น ปี ค.ศ. ๑๕๘๒)

๒) เมื่อเทียบ (2-23) กับ (2-25) ถึงทศนิยมตำแหน่งที่ ๓ จะพบว่าปีทรอปิคอล สั้นกว่าปีจุลเลียนประมาณ $0^d.008$ (M) ดังนั้นปฏิทินจุลเลียน (ซึ่งอ้างอิงกับปีจุลเลียน) จะได้วันเพิ่มขึ้น ๑ วัน ทุกๆ ๑๙๕ ปี ความจริงอัตราผิดนี้ถูกตรวจสอบในปี ค.ศ. ๑๕๘๒ Pope Gregory XIII จึงเสนอกฎให้กดเพิ่มวันเข้าไปในปีที่ควรจะเพิ่ม (Leap year) ๓ ปี ทุก ๔ ศตวรรษ โดยงด Leap Year ในปีแรกของศตวรรษที่หารด้วย ๔๐๐ ไม่ลงตัว ดังนั้นในปี ค.ศ. ๑๗๐๐, ๑๙๐๐ และ ๒๑๐๐ จึงไม่ใช่ Leap Year (ไม่มีการเพิ่มวัน) แต่ปี ค.ศ. ๒๐๐๐ จะเป็น Leap Year

๓) ตามปฏิทินเกรกอเรียน ในอดีตมีการข้ามหรือตัดวันที่ ๑๐ วัน กล่าวคือ มีการกำหนดให้ วันที่ตัดจากวันที่ ๔ ตุลาคม ค.ศ. ๑๕๘๒ ให้เป็นวันที่ ๑๕ ตุลาคม ค.ศ. ๑๕๘๒

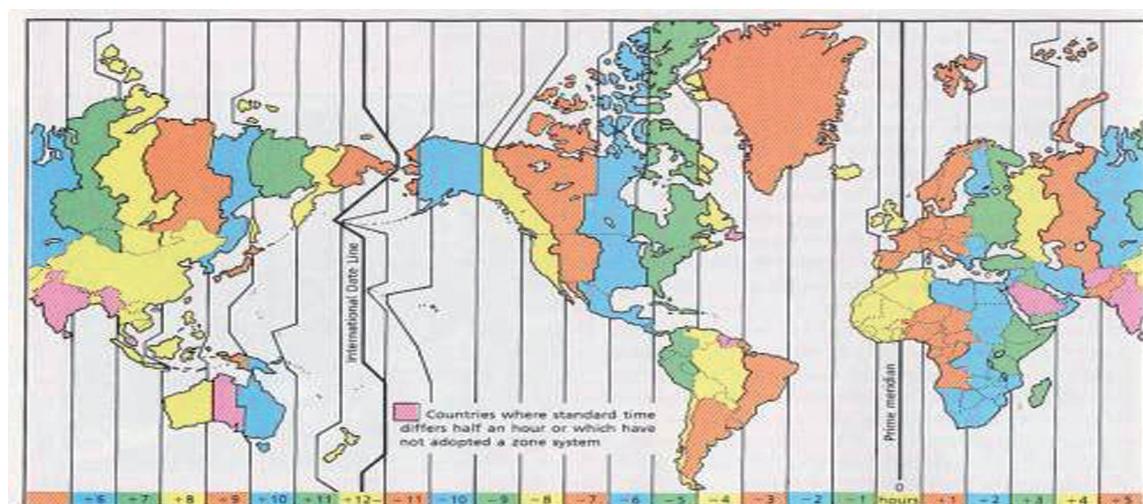
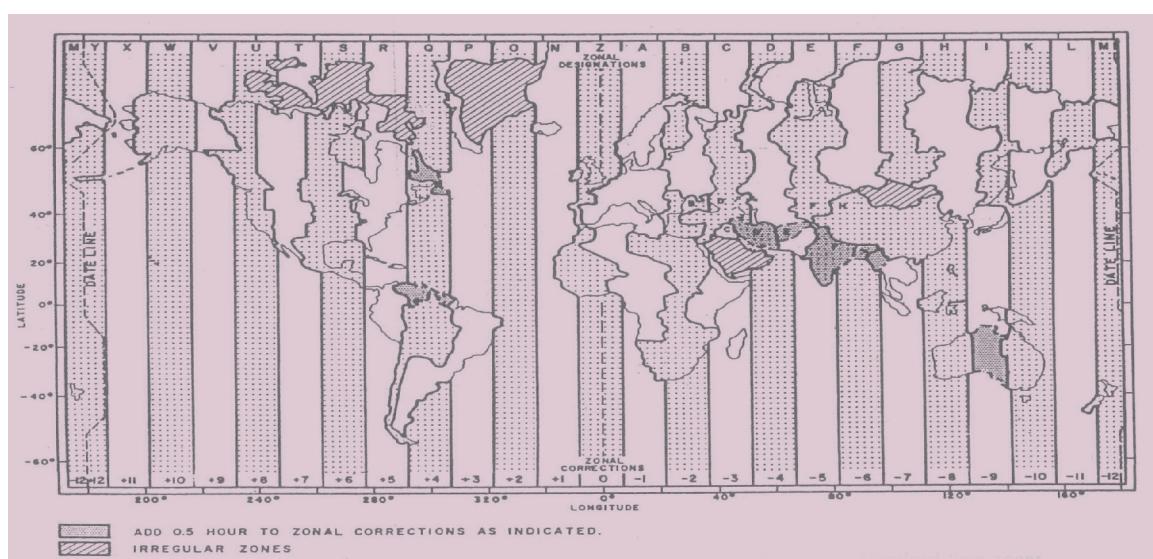
๔) ความยาวเฉลี่ยของปีตามปฏิทินเกรกอเรียน คือ 365.2425 Mean Solar Days ทำให้เมื่อครบรอบ ๔๐๐ ปีอย่างสมบูรณ์ จะมีผลต่างสะสม เมื่อเทียบกับปีทรอปิคอล (ปีที่คิดอ้างอิงกับระบบเวลาดวงอาทิตย์อย่างเคร่งครัด) เพียงแค่ $2^{\text{h}} 52^{\text{m}}$ (M) นั่นคือ ปฏิทินเกรกอเรียนจะได้วันเพิ่ม ๑ วัน ประมาณทุก ๓,๓๐๐ ปี ซึ่งสามารถแก้ไขได้โดยการตัดวันทิ้ง ๑ วันในเวลาที่เหมาะสม

๒.๒.๒.๔ เวลาประจำภาค (Zone Time : ZT)

เนื่องจากเวลาสุริยคติเฉลี่ย (Mean Solar Time : MT) หรือเวลาเฉลี่ยท้องถิ่น (Local Mean Time : LMT) เป็นเวลาที่ใช้メリเดียนที่แต่ละคนอยู่เป็นメリเดียนอ้างอิง หรือเป็นหลักในการนับเวลาอย่างเคร่งครัดในกรณีนี้ แม้แต่ละคนจะอยู่ใกล้กัน แต่メリเดียนที่ผ่านแต่ละคนจะต่างกัน ทำให้ ณ ขณะเวลาเดียวกันจะไม่มี MT หรือ LMT ของผู้ใดตรงกันเลย แต่จะต่างกันไปตามค่าメリเดียนที่ผ่านแต่ละคน

ในการรักษาเวลาทางพลเรือน ความลับสนจะเกิดขึ้นถ้าหากใช้ MT กล่าวคือถ้าหากใช้ MT ในการตกลงนัดหมายใดๆ จะไม่มีผู้ใดสามารถปฏิบัติได้ เพราะไม่ทราบว่าเวลาใด เนื่องจาก MT ของแต่ละคนต่างกันดังที่กล่าวมา

เพื่อหลีกเลี่ยงความลับสนนี้ และเพื่อให้ประเทศต่างๆ มีระบบรักษาเวลาที่เป็นอันหนึ่งอันเดียวกัน ซึ่งจะทำให้คนในประเทศเดียวกันใช้เวลาเดียวกัน จึงได้มีการกำหนดเวลาประจำภาค (Zone Time : ZT) ขึ้นเพื่อใช้แทน MT โดยมีรายละเอียดในการกำหนดดังนี้



ภาพที่ ๒-๔ การแบ่งเวลาประจำภาค

- ๑) แบ่งโลกออกเป็น ๒๔ ภาคหรือโซน (Zone) ๆ ละ ๑๕ องศาลองจิจูด (เท่ากับ ๑ ชั่วโมง)
- ๒) แต่ละโซนมีเมริเดียนกึ่งกลางโซน เป็นเมริเดียนมาตรฐาน (Standard Meridian) ของโซนและใช้เวลา มาตรฐานเดียวกันทั่วโซน
- ๓) ใช้เมริเดียนของกรีนิชเป็นศูนย์กลางของระบบเวลาประจำภาค และเป็นศูนย์กลางของโซนศูนย์
- ๔) ให้ ΔZ เป็นค่าแก้ไขของโซนหรือหมายเลขของโซน (Zonal correction or Zonal Description)
- ๕) ให้โซนถัดไปทางตะวันออกของกรีนิชมีค่า ΔZ เท่ากับ $-1, -2, -3, \dots, -12$ ตามลำดับ
- ๖) ให้โซนถัดไปทางตะวันตกของกรีนิชมีค่า ΔZ เท่ากับ $+1, +2, +3, \dots, +12$ ตามลำดับ

จากข้อกำหนดทั้งหมดจะได้ว่า

$$UT = ZT + (\Delta Z) \quad (2-27)$$

เมื่อ UT = เวลาสากล (Universal Time) ซึ่งเรียกได้อีกอย่างหนึ่งว่า เวลาเฉลี่ยกรีนิช (Greenwich Mean Time : GMT)

ZT = เวลาประจำภาค

ΔZ = ค่าแก้ไขของโซน (เวลาแทนค่าในสมการ (2-27)
ต้องใส่เครื่องหมายบวกหรือลบด้วย)

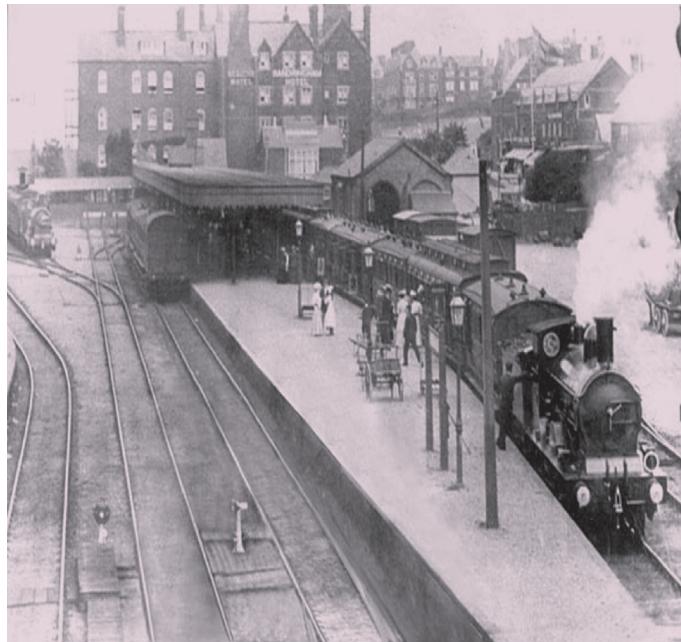
- จาก (2-27) จะเห็นว่า ΔZ คือจำนวนชั่วโมงที่ต้องนำไปบวกกับ ZT เพื่อให้ได้ UT นั่นเอง
- โซนที่ ๑๒ ถูกแบ่งออกเป็น ๒ ส่วน โดยเส้นที่เรียกว่า เส้นแบ่งวัน (Date Line) ส่วนที่อยู่ทางด้านตะวันออก ΔZ มีค่าเท่ากับ -12 ส่วนที่อยู่ทางด้านตะวันตก ΔZ มีค่าเท่ากับ $+12$
- ในโซนที่ ๑๒ เมื่อข้ามเส้นแบ่งวันจากทางตะวันออกไปทางตะวันตก เวลาจะเร็วขึ้น ๑ วัน ในทางตรงกันข้าม เมื่อข้ามเส้นแบ่งวันจากตะวันออกไปตะวันตก เวลาจะช้าลง ๑ วัน
- การใช้ระบบเวลาประจำภาค ทำให้แต่ละโซนใช้เวลาเดียวกันทั้งบนบกและในทะเล และในแต่ละโซนเวลาจะต่างกันเฉพาะชั่วโมง ส่วนใหญ่และวินาทียังคงเดิม อย่างไรก็ตามเพื่อความสะดวกและเหตุผลเฉพาะของแต่ละประเทศ บางประเทศอาจปรับและกำหนดเวลาในประเทศของตนต่างไปจากหลักการของเวลาประจำภาคบ้าง เช่น บางประเทศกำหนดเวลาประจำภาคต่างกันจากโซนข้างๆ เป็น 0.5 ชั่วโมง หรือ 0.5 ชั่วโมง (อิหร่าน, อินเดีย, เวเนซุเอ拉) นอกจากนี้ยังมีบางประเทศประกาศใช้เวลามาตรฐานของประเทศ ต่างไปจากเวลาประจำภาคที่กำหนดตามหลักสากลตามที่กล่าวข้างต้น เช่น มาเลเซีย และสิงคโปร์ ประกาศใช้เวลามาตรฐานของประเทศเป็น $+8$ ชั่วโมง จากเวลาสากล (UT หรือ GMT) ทั้งๆ ที่ถ้ายieldตามหลักของกำหนดเวลาประจำภาค เวลามาตรฐานของมาเลเซีย และสิงคโปร์ จะต้องเป็น $+7$ ชั่วโมง เช่นเดียวกับประเทศไทย ดังนั้นการใช้คำว่าเวลามาตรฐาน (Standard Time) จึงต้องระบุให้ชัดเจนว่าเป็นเวลามาตรฐานตามหลักสากลของกำหนดเวลาประจำภาค หรือเป็นเวลามาตรฐานตามที่ประเทศประกาศใช้

๒.๒.๒.๕ ประวัติการรักษาเวลามาตรฐาน

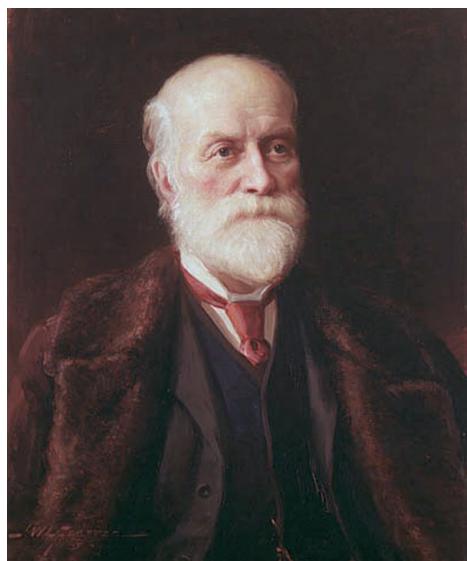
ระบบเวลามาตรฐานได้เริ่มมีใช้ครั้งแรกโดยการรถไฟของสหราชอาณาจักร (British Railways) เมื่อวันที่ ๑๑ ธันวาคม ค.ศ.๑๙๔๗ เมื่อมีการเปลี่ยนเวลาจากเวลาท้องถิ่นเฉลี่ยเป็น เวลาเฉลี่ยกรีนิช (Greenwich Mean Time : GMT) โดยเรียกันว่า เวลารถไฟ (Railway Time) สะท้อนให้เห็นถึงความสำคัญของบทบาทของเวลามาตรฐานที่บริษัทรถไฟได้นำเข้ามาเกี่ยวข้อง หลังจากนั้นนาฬิกาสาธารณะส่วนใหญ่ในเครือจักรภพ ได้มีการตั้งให้เท่ากันกับเวลา GMT ตั้งแต่ปี ค.ศ.๑๙๔๕

ขณะที่ในทวีปอเมริกาเหนือ ในช่วงก่อนปี ค.ศ.๑๙๔๗ เวลาท้องถิ่นเฉลี่ยที่ใช้กันมีอยู่หลายค่า มีผลทำให้ตารางเวลารถไฟของภูมิภาคและของประเทศมีความยุ่งยากซับซ้อน Sir Sandford Fleming ชาวแคนาดาเสนอให้ใช้เวลามาตรฐาน ในที่ประชุมของ The Royal Canadian Institute เมื่อวันที่ ๘ กุมภาพันธ์ ค.ศ.๑๙๓๗ โดยแบ่งเวลาของโลกออกเป็น ๒๔ โซนเวลา (Time Zone) แต่ละโซนจะครอบคลุมพื้นที่ ๑๕ องศาลองจิจูด นาฬิกาทั้งหมดที่อยู่โซนใดให้ถือเวลาตามโซนนั้นแต่มีความแตกต่างจากโซนข้างเคียง ๑ ชั่วโมง เวลาท้องถิ่นที่ The Royal Greenwich Observatory เมืองกรีนิช ประเทศอังกฤษ ได้ถูกเลือกให้เป็นเวลามาตรฐาน ในปี ค.ศ.๑๙๔๕ จากที่ประชุม International Meridian Conference ที่กรีนิชได้วางเลือกให้เป็นจุดเริ่มต้น (Meridian ๐) เพราะว่าในช่วงปี ค.ศ.๑๙๔๕ แผนที่ต่างๆ ทั้งแผนที่เดินเรือและแผนที่บก จำนวน ๒ ใน ๓ ของทั้งหมดใช้แนวนี้เป็นメリเดียนตั้งต้น (Prime Meridian) ต่อมาในวันที่ ๑๑ ตุลาคม ค.ศ.๑๙๔๗ ผู้นำของสภารัฐได้รับการยอมรับจากรัฐสภา โรมแรมแกรนด์แอซิพิก ในชีคาโก ยอมรับระบบเวลามาตรฐาน (The Standard Time System) ระบบเวลาใหม่นี้ได้รับการยอมรับจากรัฐส่วนใหญ่เกือบจะทันที หลังจาก การยอมรับของบริษัทรถไฟ และสุดท้ายการยอมรับอย่างเป็นทางการของรัฐบาลสหรัฐฯ เกิดขึ้นในอีกเกือบ ๕๐ ปีต่อมา ในปี ค.ศ.๑๙๙๘

ภาพที่ ๒-๑๐ Sir Sandford Fleming



ภาพที่ ๒-๔ การรถไฟของสหราชอาณาจักร



มีความแตกต่างจากโซนข้างเคียง ๑ ชั่วโมง เวลาท้องถิ่นที่ The Royal Greenwich Observatory เมืองกรีนิช ประเทศอังกฤษ ได้ถูกเลือกให้เป็นเวลามาตรฐาน ในปี ค.ศ.๑๙๔๕ จากที่ประชุม International Meridian Conference ที่กรีนิชได้วางเลือกให้เป็นจุดเริ่มต้น (Meridian ๐) เพราะว่าในช่วงปี ค.ศ.๑๙๔๕ แผนที่ต่างๆ ทั้งแผนที่เดินเรือและแผนที่บก จำนวน ๒ ใน ๓ ของทั้งหมดใช้แนวนี้เป็นメリเดียนตั้งต้น (Prime Meridian) ต่อมาในวันที่ ๑๑ ตุลาคม ค.ศ.๑๙๔๗ ผู้นำของสภารัฐได้รับการยอมรับจากรัฐสภา โรมแรมแกรนด์แอซิพิก ในชีคาโก ยอมรับระบบเวลามาตรฐาน (The Standard Time System) ระบบเวลาใหม่นี้ได้รับการยอมรับจากรัฐส่วนใหญ่เกือบจะทันที หลังจาก การยอมรับของบริษัทรถไฟ และสุดท้ายการยอมรับอย่างเป็นทางการของรัฐบาลสหรัฐฯ เกิดขึ้นในอีกเกือบ ๕๐ ปีต่อมา ในปี ค.ศ.๑๙๙๘ ประเทศต่างๆ ได้เริ่มยอมรับโซนเวลามาตรฐานนี้

๒.๒.๒.๖ เวลาสากล UT0, UT1, UT2 และ UT1R

เนื่องจากระบบเวลาด้วยราศีและระบบเวลาสุริยคติอ้างอิงอยู่กับการหมุนรอบตัวเองของโลก เมื่อความเร็วในการหมุนรอบตัวเองของโลกไม่สม่ำเสมอ จะมีผลต่อระบบเวลาทั้งสองนี้ด้วย

ความไม่สม่ำเสมอในการหมุนรอบตัวเองของโลก เกิดจากสาเหตุหลัก ๒ ประการคือ

๑) การเคลื่อนตัวของขั้วโลก (Polar Motion) ซึ่งหมายถึงการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของแกนหมุนรอบตัวเองของโลก (True Celestial Pole) เมื่อเทียบกับโลกจริง (Solid Earth)

๒) การเปลี่ยนแปลงความเร็วในการหมุนรอบตัวเองของโลก แบ่งย่อยออกได้เป็น ๓ ส่วน คือ

๒.๑) การเปลี่ยนแปลงความเร็วตามฤดูกาลหรือตามความเวลา (Seasonal or Periodic Variation) เกิดขึ้นได้ช้าๆ ในลักษณะเดิมโดยประมาณทุกปี แต่อาจจะมากบ้างน้อยบ้างแตกต่างกันไป สาเหตุของ การเปลี่ยนแปลงนี้คือสภาพทางอุตุนิยมวิทยา และ Earth Tides (การเคลื่อนตัวของเปลือกโลกเนื่องจากได้รับ อิทธิพลจากแรงดึงดูดของดวงอาทิตย์และดวงจันทร์)

๒.๒) การลดลงของความเร็วในระยะยาว (Secular Decrease) โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่มี สาเหตุมาจากการดูดซึมของดวงอาทิตย์และดวงจันทร์

ผลกระทบของการเคลื่อนตัวของขั้วโลกที่มีต่อเวลาสากล (UT) หาได้จากการรังวัด (observations) หรือ การเฝ้าตรวจ ซึ่งดำเนินการและเคราะห์โดย “สำนักงานชั่ว ดวง วัด สถาล” (Bureau International de l’ Heure : BIH)” ผลกระทบของการเคลื่อนตัวของขั้วโลกที่มีต่อเวลา (ลองจิจุด) ใช้ลัญลักษณ์เป็น “ $\Delta\Lambda_p$ ” ซึ่งเป็นผล สืบเนื่องมาจากปรกฏการณ์ต่างๆ ของดวงอาทิตย์

เนื่องจากความไม่สม่ำเสมอในการหมุนรอบตัวเองของโลก ซึ่งมีผลกระทบต่อระบบเวลาที่อ้างอิงกับการ หมุนรอบตัวเองของโลก ทำให้มีความจำเป็นต้องจำแนกเวลาสากล (UT) ให้ชัดเจนออกเป็น ๔ อย่างคือ

๑) UT ที่ได้จากการรังวัดดวงอาทิตย์โดยตรง เรียกว่า “UT0” (อ่านว่า ยู-ที-ศูนย์)

๒) UT ที่ได้จากการรังวัดดวงอาทิตย์โดยตรง แล้วทำการหักแก้ผลของ Polar Motion ออกไป เรียกว่า “UT1” (อ่านว่า ยู-ที-หนึ่ง)

๓) UT ที่ได้จากการรังวัดดวงอาทิตย์โดยตรง แล้วทำการหักแก้ผลของ Polar Motion และ Seasonal Variations ออกไป เรียกว่า “UT2” (อ่านว่า ยู-ที-สอง)

๔) UT ที่ได้แก้ Zonal Tides ของโลกแล้ว เรียกว่า “UT1R” (อ่านว่า ยู-ที-หนึ่ง-เอาร์)

$UT1 - UT1R < 0.0025$ ในค่าสัมบูรณ์ (in absolute value)

กล่าวอีกอย่างก็คือ

$UT0 = UT$ ที่ได้จากการรังวัดดวงอาทิตย์โดยตรง

$UT1 = UT0 + \Delta\Lambda_p$

$UT2 = UT1 + \Delta\Lambda_s = UT0 + \Delta\Lambda_p + \Delta\Lambda_s$ (2-28)

เมื่อ $\Delta\Lambda_p$ คือ ค่าแก้เนื่องจากผลของการเคลื่อนตัวของขั้วโลก

$\Delta\Lambda_s$ คือ ค่าแก้เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงความเร็วในการหมุนรอบตัวเองของโลกตามฤดูกาล

UT1 แสดงถึงระยะเวลาเชิงมุ่งในการหมุนรอบตัวของโลกที่ถูกต้องตามความเป็นจริง

UT2 เป็นเวลาที่ได้หักแก้การเคลื่อนตัวของขั้วโลกและการเปลี่ยนแปลงความเร็วตัวถูกๆ การที่มีผลต่อความเร็วในการหมุนรอบตัวของโลกโดยรวมออกแล้ว แต่ก็ยังมีผลกระทบหรืออิทธิพลของ Secular และ Irregular Variations รวมอยู่ UT2 จึงเป็นเวลาที่ยังไม่คงตัวสม่ำเสมอ (Uniform) ที่สุด แต่ก็ถือว่าเป็นตัวแทนที่ดีที่สุดของ UT ที่สม่ำเสมอในปัจจุบัน

เนื่องจาก UT1 แสดงถึงการหมุนรอบตัวของโลก จึงมีความสำคัญมากในงานทางจีオเดซี (Geodesy) ที่จำเป็นต้องอ้างอิงการรังวัดกับขณะเวลาใดขณะเวลานั่ง ส่วน UT2 เนื่องจากเป็นเวลาที่สม่ำเสมอ จึงเหมาะสมที่จะใช้กับงานที่ต้องการรังวัดที่ค่อนข้างสม่ำเสมอ

เนื่องจากความไม่สม่ำเสมอในการหมุนรอบตัวของโลกมีผลต่อเวลา UT จึงถือว่ามีอิทธิพลต่อเวลา MT, MST และ GMST ด้วย ในทำนองเดียวกันเราจึงสามารถจำแนกเวลาเหล่านี้ออกเป็น MT0, MT1, MT2, MST0, MST1, NST2, GSMT0, GSMT1, GSMT2 (2-28) ได้ เช่นกัน อย่างไรก็ตามในทางปฏิบัติเวลาเหล่านี้ไม่ถูกนำไปใช้แพร่หลายเหมือนเวลา UT0, UT1, UT2

จากที่กล่าวมาเวลา UT กับเวลา GMT คือสิ่งเดียวกัน ดังนั้นเราสามารถเขียน UT0, UT1, UT2 เป็น GMT0, GMT1, GMT2 ตามลำดับได้ อย่างไรก็ตามในทางดาราศาสตร์นิยมใช้ UT0, UT1, UT2 มากกว่า ส่วนด้านการนำร่อง (Navigation) ซึ่งไม่ต้องการความถูกต้องสูง เมื่อเวลาของราศีซึ่งเป็นงานทางวิทยาศาสตร์ จึงใช้ UT อย่างเดียว ไม่มีการจำแนกเป็น UT0, UT1, UT2 และนิยมใช้ GMT แทน UT แต่ UT ในที่นี้หมายถึง UT1 ซึ่งเป็นตัวแทนที่เหมาะสมที่สุดของ UT ทั้งหมด

Universal Time กับ Universal Time System นั้นต่างกัน บางท่านลับสนเนื่องจากมีชื่อและใช้อักษรย่อคล้ายๆ กัน Universal Time หมายถึง เวลาสากล (UT) ซึ่งเป็นขณะเวลาอย่างหนึ่งของขณะเวลาสุริยคติเท่านั้น ในขณะที่ Universal Time System นั้นหมายถึง ระบบเวลาสากลหรือระบบเวลาสุริยคติทั้งระบบ

๒.๒.๒.๓ การแปลงระหว่างระบบเวลาดาราศาสตร์กับระบบเวลาสุริยคติ

ขณะเวลาดาราศาสตร์กับขณะเวลาสุริยคติ สามารถแปลงกลับไปกลับมาระหว่างกันได้ ด้วยสูตรความลับพันธ์ ต่อไปนี้

$$MT = 12^h + h_M = 12^h + MST - \alpha_M$$

$$MST = MS + \alpha_M - 12^h$$

จาก (2-19) จะได้ว่า

$$MT = MST - 6^h 38^m 45^s .836 - 8,640,184^s .542t_M - 0^s .0929 t_M^2 \quad (2-29)$$

$$MST = MT + 6^h 38^m 45^s .836 + 8,640,184^s .542t_M + 0^s .0929 t_M^2 \quad (2-30)$$

เมื่อ $MT = \text{Mean Solar Time}$ (เวลาสุริยคติเฉลี่ย)

$MST = \text{Mean Sidereal Time}$ (เวลาดาราศาสตร์เฉลี่ย)

ช่วงเวลาดาราศาสตร์กับช่วงเวลาสุริยคติ สามารถแปลงกลับไปกลับมาระหว่างกันได้ ด้วยสูตรความลับพันธ์ ต่อไปนี้

$$\frac{1^d(S)}{1^d(M)} = 0.997269566414 - 0.586 \times 10^{-10} t_M = \frac{(S)}{(M)} \quad (2-31)$$

$$\frac{1^d(M)}{1^d(S)} = 1.002737909265 + 0.589 \times 10^{-10} t_M = \frac{(M)}{(S)} \quad (2-32)$$

โดยการใช้อัตราส่วนตาม (2-31) และ (2-32) และโดยการตัดบางส่วนเนื่องจาก Secular Variations ออกไป จะได้สูตรเปรียบเทียบช่วงเวลาในระบบเวลาดาวราศีกับช่วงเวลาในระบบเวลาสุริยคติ ดังนี้

$$\begin{array}{ll}
 1^d(S) = 23^h 56^m 04^s.09054 (M) & 1^d(M) = 24^h 03^m 56^s.55536 (S) \\
 1^h(S) = 59^m 50^s.17044 (M) & 1^h(M) = 1^h 00^m 09^s.85647 (S) \\
 1^m(S) = 59^s.83617 (M) & 1^m(M) = 1^m 00^s.16427 (S) \\
 1^s(S) = 0.^s99727 (M) & 1^s(M) = 1.^s00273 (S)
 \end{array}$$

ตัวอย่างตัวเลขการคำนวณ การแปลงระหว่างขณะเวลาดาวราศีกับขณะเวลาสุริยคติ และการแปลงระหว่างช่วงเวลาดาวราศีกับช่วงเวลาสุริยคติ ได้แสดงไว้ ๔ ตัวอย่างดังต่อไปนี้

ตัวอย่าง

การแปลงเวลาสุริยคติจริง (True Solar Time : TT) เป็นเวลาดาวราศี (Apparent Sidereal Time : AST) โดยไม่ใช้ตารางในการแปลง

1	TT		December 14, 1966
2	Λ		
3	$GTT = TT - \Lambda$		
4	Eq. T at 0^h UT		
5	Approximate UT (first)		
6	$\Delta(Eq. T)$ for approximate UT (first)		
7	Approximate UT (second)		
8	$\Delta(Eq. T)$ for approximate UT (second)		
9	$UT = GTT - Eq. T$		
10	JD at 1966 Dec. 14, $21^h 00^m 11.^s432$ UT		
11	JD at 1900 January $0^h 5$ UT		
12	t_m (mean solar days)		
13	t_m (Julian centuries)		
14	$(GMST)_o = 6^h 38^m 45.^s836$ + $8640184.^s542t_m$ + $0.^s0929t_m^2$		
15	$GMST = UT + (GMST)_o$		
16	Eq. E		
17	$GAST = GMST + Eq. E$		
18	Λ		
19	$AST = GAST + \Lambda$		December 14, 1966

AENA ย่อมาจาก American Ephemeris and Nautical Almanac

ตัวอย่าง

การแปลงเวลาสุริยคติจริง (True Solar Time : TT)
เป็นเวลาดาวราศี (Apparent Sidereal Time : AST) โดยใช้ตารางในการแปลง

1	TT		December 14, 1966
2	Λ		
3	$GTT = TT - \Lambda$		
4	Eq. T at 0^h UT		
5	Approximate UT (first)		
6	$\Delta(Eq. T)$ for approx. UT (first)		
7	Approximate UT (second)		
8	$\Delta(Eq. T)$ for approx. UT (second)		
9	$UT = GTT - Eq. T$		
10	GAST at 1966 Dec. 14, 0^h UT		
11	$21^h(S) - 21^h(M)$ $11.^s432(S) - 11.^s432(M)$		
12	$\Delta(Eq. E)$ for UT		
13	GAST		
14	Λ		
15	$AST = GAST + \Lambda$		December 14, 1966

ตัวอย่าง

การแปลงเวลาตามราศีจริง (Apparent Sidereal Time : AST) เป็นเวลาสุริยคติจริง
(True Solar Time : TT) โดยใช้ตารางในการแปลง

1	AST	21 ^h 00 ^m 20 ^s .800	December 14, 1966
2	Λ	-5 32 09.303	
3	GAST = AST - Λ	26 32 30.103	
4	Eq. E at 1966 December 14, 26 ^h 32 ^m 30 ^s .103 GAST	-0.732	From AENA, 1966, p. 17
5	GMST = GAST - Eq. E	26 32 30.835	
6	GSD at 1966 Dec. 14, 26 ^h 32 ^m 30 ^s .835	2446154.105913	
7	GMST	2439475.044133	Equation (5.43)
8	JD = 0.9972695664 × GSD -0.669	-0.669	
9	=	2439474.375133	
10	JD at 1900 January 0 ^h 5 UT	2415020.0	
11	t_m (mean solar days) t_m (Julian centuries) (UT) _o = -6 ^h 38 ^m 45 ^s .836 -8640184 ^d .542 t_m -0. ^s 0929 t_m^2	24454.375133 0.6695243020 -6 ^h 38 ^m 45 ^s .836 -22 53 33.525 -0.042	(7) - (8) (9)/36525 (UT) _o = UT at 0 ^h GMST, from equation (5.40)
12	UT = GMST + (UT) _o	21 00 11.432	(5) + (11)
13	Eq. T	05 16.871	From U. S. Naval Obs. Circular No. 97
14	GTT = UT + Eq. T	21 05 28.303	
15	Λ	-5 32 09.303	
16	TT = GTT + Λ	15 ^h 33 ^m 19 ^s .000	December 14, 1966

ตัวอย่าง

การแปลงเวลาตามราศีจริง (Apparent Sidereal Time : AST) เป็นเวลาสุริยคติจริง
(True Solar Time : TT) โดยใช้ตารางในการแปลง

1	AST	21 ^h 00 ^m 20 ^s .800	December 14, 1966
2	Λ	-5 32 09.303	
3	GAST = AST - Λ	26 32 30.103	
4	GAST at 0 ^h UT	5 28 51.646	From AENA, 1966, p. 17
5	Apparent Sidereal Interval	21 03 38.457	(3) - (4)
6	Δ (Eq. E) for 21 ^h 03 ^m 38 ^s .457	-0.008	From AENA, 1966, p. 17
7	Mean Sidereal Interval	21 03 38.449	(5) + (6)
8	21 ^h 03 ^m (M) - 21 ^h 03 ^m (S) 38 ^s .449(M) - 38 ^s .449(S)	-03 26.912 -0.105	Conversion of mean sidereal to mean solar interval
9	UT	21 00 11.432	(7) + (8)
10	Eq. T	05 16.871	From U. S. Naval Obs. Circular No. 97
11	GTT = UT + Eq. T	21 05 28.303	
12	Λ	-5 32 09.303	
13	TT = GTT + Λ	15 ^h 33 ^m 19 ^s .000	December 14, 1966

ระบบเวลาดูว่าอาทิตย์หรือระบบเวลาสุริยคติหรือระบบเวลาสากลที่กล่าวมาทั้งหมดนั้น มีข้อลงเกตที่ควรจดจำดังนี้

- ๑) ระบบเวลาดูว่าอาทิตย์หรือระบบเวลาสุริยคติ มีชื่อเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า “ระบบเวลาสากล” นั้น เนื่องจากคนทั่วโลกใช้ดูว่าอาทิตย์เป็นสิ่งอ้างอิงในการกำหนดเวลา สำหรับการดำเนินชีวิตเหมือนกันหมด
- ๒) อย่างไรก็ตามคนทั่วโลกไม่ได้ใช้ดูว่าอาทิตย์จริงโดยตรงในการกำหนดเวลาเพื่อการดำเนินชีวิตแต่เมียกรับหรือประยุกต์การใช้ดูว่าอาทิตย์จริงอีกหลายขั้นตอน จนมาเป็นเวลาบนนาฬิกาข้อมือหรือนาฬิกาติดผนังที่เราใช้กันอยู่ทุกวันนี้ โดยสรุปขั้นตอนการประยุกต์ใช้ดูว่าอาทิตย์จริงมีดังนี้
 - ๒.๑) ปรับจากการใช้ดูว่าอาทิตย์จริงมาเป็นดูว่าอาทิตย์สมมุติ
 - ๒.๒) ปรับจากการใช้เวลาจากดูว่าอาทิตย์สมมุติที่เมริเดียนเบื้องล่างของแต่ละคน มาเป็นเวลาประจำภาค
 - ๒.๓) บางประเทศปรับและประกาศใช้เวลามาตรฐานของประเทศ ให้ต่างจากเวลามาตรฐาน

ตามหลักสากลของการกำหนดเวลาประจำภาค อย่างเช่น มาเลเซียและสิงคโปร์ ดังที่กล่าวมาแล้ว

๒.๔) เวลาที่นาฬิกาข้อมือหรือนาฬิกาติดผนังของแต่ละคน ก็คือเวลามาตรฐานของประเทศไทย ของตน ซึ่งอาจตรงกับหรือต่างจากเวลามาตรฐานตามหลักสากลของการกำหนดเวลาประจำภาคก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่ กับการตัดสินใจและประกาศใช้ของประเทศไทยของตน สำหรับประเทศไทยเวลามาตรฐานของประเทศไทยตรงกับเวลา มาตรฐานตามหลักสากลของการกำหนดเวลาประจำภาค นั่นคือ เวลามาตรฐานของประเทศไทย เท่ากับ +๗ ชั่วโมง จาก GMT

๒.๕ ระบบเวลาที่อ้างอิงกับการโคจรรอบดวงอาทิตย์ของโลก

๒.๕.๑ ระบบเวลาอิเฟเมอริส (Ephemeris Time System)

ระบบเวลาอิเฟเมอริส เป็นระบบเวลาที่เป็นอิสระของการเปลี่ยนแปลงตามทฤษฎีว่าด้วยแรงโน้มถ่วงของดวงอาทิตย์ ดวงจันทร์ และดาวเคราะห์อื่นๆ ในระบบสุริยะ

จากความไม่สม่ำเสมอของระบบเวลาที่อ้างอิงกับการหมุนรอบตัวเองของโลก (ระบบเวลาดาวราศีและระบบเวลาสุริยะ) ทำให้ระบบเวลาที่อ้างอิงกับการหมุนรอบตัวเองของโลกไม่สามารถใช้ได้กับงานทางดาราศาสตร์ นักดาราศาสตร์ซึ่งเป็นนักวิทยาศาสตร์สาขาหนึ่งจึงต้องหาระบบเวลาใหม่ที่ไม่เกี่ยวข้องกับการหมุนรอบแกนของโลก มาใช้ทำงาน โดยระบบเวลาใหม่นี้ต้องกำหนดด้วยการเคลื่อนที่ตามแรงโน้มถ่วงของวัตถุท้องฟ้าในระบบสุริยะเท่านั้น และเนื่องจากการเคลื่อนที่ปรากฏของวัตถุท้องฟ้าทั้งหมดในระบบสุริยะเป็นผลรวมของการเคลื่อนที่ของโลกกับของวัตถุท้องฟ้านั้น จึงพิจารณาใช้การเคลื่อนที่ปรากฏของดวงอาทิตย์เองโดยเฉพาะอย่างยิ่งของการเปลี่ยนแปลงค่า Geometric Longitude ของดวงอาทิตย์เป็นพื้นฐานของระบบเวลาใหม่ และเนื่องจากทฤษฎีหรือสูตรการเปลี่ยนแปลงค่าพิกัด ของดวงอาทิตย์ของนิวคอมบ์ (Newcomb) ได้รับความนิยมกว้างขวางที่สุด จึงถูกนำมาใช้ในการกำหนดระบบเวลาใหม่ ระบบเวลาใหม่ที่ได้เรียกว่า “ระบบเวลาอิเฟเมอริส (Ephemeris Time System)”

เวลาอิเฟเมอริส (Ephemeris Time : ET) เป็นตัวแปรอิสระในทฤษฎีหรือสูตรวงโคจรของโลก ดวงจันทร์ และดาวเคราะห์ต่างๆ ถูกใช้ในงานที่ต้องการการวัดเวลาอย่างสม่ำเสมอจริงๆ เช่น ในงานด้านกลศาสตร์ท้องฟ้า (Celestial Mechanics) ซึ่งเกี่ยวกับการศึกษาการเคลื่อนที่ของดาวเคราะห์และดาวบริวารต่างๆ

ตามหลักการนักดาราศาสตร์เวลาอิเฟเมอริส ณ ขณะใดๆ ได้จากการวังวัดหาตำแหน่งของดวงอาทิตย์ หรือ ดวงจันทร์ หรือดาวเคราะห์ แล้วนำไปเทียบกับอิเฟเมอริสหรือปฏิทินดาราศาสตร์ (บรรณสารให้ข้อมูลการคำนวณ ตำแหน่งของวัตถุท้องฟ้าต่างๆ ในแต่ละวันตลอดปี ด้วยสูตรของนิวคอมบ์) ของดวงอาทิตย์ หรือดวงจันทร์ หรือดาวเคราะห์นั้น ก็จะได้เวลาอิเฟเมอริส ซึ่งเป็นตัวแปรอิสระในสูตรแสดงตำแหน่งของวัตถุท้องฟ้านั้น ของนิวคอมบ์ออกมานะ และเมื่อนักดาราศาสตร์จดเวลาสากล (UT) ขณะทำการวังวัดหาตำแหน่งของดวงอาทิตย์ หรือดวงจันทร์ หรือดาวเคราะห์ไว้ด้วย นักดาราศาสตร์จะได้ผลต่างของ ET กับ UT ที่อยู่ในรูปของ ΔT มาทำเป็นตารางให้ค้นทั่วไปใช้หา ET ได้ต่อไป โดยสูตรของ ΔT คือ

$$\Delta T = ET - UT$$

ในทางปฏิบัติวัตถุท้องฟ้าที่นักดาราศาสตร์นิยมทำการวังวัดตำแหน่งเพื่อหา ET คือ ดวงจันทร์ เนื่องจากดวงจันทร์มีการเคลื่อนที่รอบจุดศูนย์กลางของโลก (Geocentric Motion) ที่มากกว่าหรือซัดเจนกว่าวัตถุท้องฟ้าอื่น

สำหรับคนทั่วไป เมื่อต้องการหา ET ณ เวลา UT หรือ GMT ใดๆ ก็หาได้โดยใช้สูตร $ET = UT + \Delta T$ เมื่อ UT คือเวลา UT หรือ GMT ที่ต้องการทราบ ET ส่วน ΔT คือค่าตามตารางที่นักดาราศาสตร์หาไว้ตามที่กล่าวข้างต้น

๒.๕.๑.๑ ขณะเวลาอิเฟเมอริส (Ephemeris Epoch)

ขณะเวลามาตรฐาน (Standard Epoch) ของเวลาอิเฟเมอริสหรือขณะเวลาเริ่มนับเวลาอิเฟเมอริส

กำหนดเป็น 1900 January 0^d.5 ET ณ ขณะเวลาที่ Geometric Mean Longitude ของดวงอาทิตย์มีค่าเท่ากับ $279^{\circ} 41' 48''$.04 (มติที่ประชุม IAU ครั้งที่ ๑๐ ณ กรุงมอลล์โค ปี ค.ศ.๑๙๕๔)

ค่า Geometric Mean Longitude ของดวงอาทิตย์นี้ เป็นค่าคงที่ในสูตร Geometric Mean Longitude ของดวงอาทิตย์ (λ_E) ของนิวคอมบ์ ซึ่งกล่าวว่า

$$\lambda_E = 279^{\circ} 41' 48'' .04 + 129,602,768''.13t_E + 1''.089t_E^2 \quad (2-33)$$

เมื่อ t_E = จำนวนศตวรรษอีเฟเมอริส

๒.๓.๑.๒ ช่วงเวลาอีเฟเมอริส (Ephemeris Interval)

ช่วงเวลาอีเฟเมอริสต้องต่อท้ายด้วย “(E)” และหน่วยหลักของช่วงเวลาอีเฟเมอริสคือ ความนานของศตวรรษหรือปีคอล (Tropical Century) ณ ขณะเวลามาตรฐาน (Standard Epoch) ของเวลาอีเฟเมอริส ($t_E = 0$) ซึ่งแบ่งย่อยออกได้ ดังนี้

1 Ephemeris century = 36525 Ephemeris days

$$1^d (E) = 24^h (E)$$

$$1^h (E) = 60^m (E)$$

$$1^m (E) = 60^s (E)$$

๒.๓.๑.๓ ปฏิทินอีเฟเมอริส (Ephemeris Calendars)

ในการทำปฏิทินอีเฟเมอริสมีการกำหนดคัพท์ โดยระบุกต่ำ Julian Date (JD) และ Julian Day Number ขึ้น ๒ คือ

๑) วันจุเลียนอีเฟเมอริส (Julian Ephemeris Date : JED) คือ จำนวนวันอีเฟเมอริส ทั้งหมด (ทั้งจำนวนเต็มและเศษของวัน) ที่ผ่านไปตั้งแต่เวลา ๑๒ นาฬิกา ตามเวลาอีเฟเมอริส ของวันที่ ๑ มกราคม ปี ๔๗๑๓ ก่อนคริสต์ศักราช (12^h ET Jan. 1, 4713 B.C.) ถึงขณะเวลาใดๆ ที่ต้องการ

๒) เลขวันจุเลียนอีเฟเมอริส (Julian Ephemeris Day Number) คือ ส่วนที่เป็นจำนวนเต็มของ JED

ดังนั้นค่า JED ของขณะเวลามาตรฐาน (Standard Epoch) ของเวลาอีเฟเมอริส (1900 Jan. 0^d.5 ET) คือ

$$1900 \text{ Jan. } 0^d.5 \text{ ET} = \text{JED } 2,415,020.0$$

โดยทั่วไปจะได้ว่า

$$\text{JED} = \text{JD} + \Delta T$$

จุดเริ่มวันของ วันจุเลียนอีเฟเมอริส คล้ายกับของวันจุเลียน กล่าวคือ

วันจุเลียนอีเฟเมอริส เริ่มที่ 12^h ET

วันจุเลียน เริ่มที่ 12^h UT

ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาอีเฟเมอริสกับเวลาสากล

เวลาอีเฟเมอริส (ET) กับเวลาสากล (UT or GMT) มีความเกี่ยวข้องกันอย่างใกล้ชิด ทั้งๆ ที่เป็นเวลาคนละระบบ เนื่องจากสามารถแปลงเวลาสากลให้เป็นเวลาอีเฟเมอริสได้ ถ้าทราบค่าความต่างของเวลาทั้งสองนี้ ซึ่งอยู่ในรูปของ ΔT ที่หาและพิมพ์แลกจ่ายไปทั่วโลกโดยหอดูดาวลำคัญ ของโลก

จากการศึกษาข้อมูลความต่างย่อนหลังไปถึงปี ค.ศ.๑๖๒๑ เวลาอิไฟเมอริสเร็วกว่าเวลาสากล ๙๘ วินาที หลังจากปีนั้นเป็นต้นมาเวลาอิไฟเมอริสเร็วและช้ากว่าเวลาสากลสลับกัน และตั้งแต่ปี ค.ศ.๑๕๐๓ จนถึงปี ค.ศ.๑๕๔๓ เวลาอิไฟเมอริสเริ่มกลับมาเร็วกว่าเวลาสากลอีก กล่าวคือในปี ค.ศ.๑๕๐๓ เวลาอิไฟเมอริสเริ่มกลับมาเร็วกว่าเวลาสากล ๐.๓๑ วินาที และเร็วมากขึ้นทุกปีจนถึงปี ค.ศ.๑๕๔๓ เวลาอิไฟเมอริสเร็วกว่าเวลาสากลถึง ๕๓.๙ วินาที ค่าความต่างของเวลาทั้งสองนี้ใน ปฏิกิณดาวหรือ Astronomical Almanac (บรรณสารให้ข้อมูลค่าพิกัดท้องฟ้าที่ออกตามเวลาเมื่อตอนอิไฟเมอริส แต่มีข้อมูลน้อยกว่าและหยาบกว่าของอิไฟเมอริส) ให้ไว้ในรูปของ ΔT โดยที่

$$\Delta T = ET - UT$$

ปัจจุบันเวลาอิไฟเมอริสไม่ได้รับการยอมรับให้นำมาใช้ทำ อิไฟเมอริสหรือปฏิกิณดาราศาสตร์ (บรรณสารที่ให้ข้อมูลการคำนวณตำแหน่งของวัตถุท้องฟ้าต่างๆ ในแต่ละวันตลอดปี) อีกต่อไป เนื่องจากเหตุผล ๒ ประการ คือ

๑) ปัญหาทางปฏิบัติในการรังวัดและคำนวณเวลาอิไฟเมอริส

ในการรังวัดและคำนวณเวลาอิไฟเมอริสแต่ละครั้ง ปกติต้องใช้เวลามากกว่า ๑ ปี จึงจะได้ผลลัพธ์ที่ถูกมาใช้ ทั้งนี้เนื่องจากต้องทำการหักแก้ผลการรังวัดมากและมีข้อมูลจำนวนมากที่ต้องวิเคราะห์ นอกจากนั้นในช่วงของการรังวัดดวงจันทร์ ก็ยังพบปัญหาเรื่องจันทร์ไม่ใช่ทรงกลมที่สมบูรณ์ และดวงจันทร์จะไม่ปรากฏด้านเดิมทุกครั้งที่ทำการรังวัด (เรียกว่า Moon's Vibration)

๒) ปัญหาทางทฤษฎีเกี่ยวกับคำจำกัดความของเวลาอิไฟเมอริส ซึ่งมี ๒ ประการคือ

๒.๑) ดวงจันทร์อยู่ใกล้โลกมาก ทำให้ไม่สามารถพิจารณากำหนดให้โลกเป็นจุดของมวล (Point Mass) ตามทฤษฎีของแรงดึงดูด (Gravitation) ได้ และทำให้ไม่เป็นไปตามสมมุติฐานของสมการของ นิวตัน ที่กำหนดว่าจะต้องมี ๒ จุด ของมวลกระทำต่อกัน

๒.๒) ความเร็วในการโคจรรอบโลกของดวงจันทร์ไม่เท่ากับความเร็วในการหมุนรอบตัวเองของโลก จากปัญหาของเวลาอิไฟเมอริสตั้งที่กล่าวมา ทำให้ที่ประชุมสหภาพดาราศาสตร์ระหว่างประเทศ (International Astronomical Union : IAU) ซึ่งจัดขึ้นที่ Grenoble ในปี ค.ศ.๑๙๗๖ และที่ Montreal ในปี ค.ศ.๑๙๗๙ ประกาศใช้ระบบเวลาไดนามิก (Dynamic Time System) ในสูตรต่างๆ ใน Geocentric Theory, Barycentric Theory และในอิไฟเมอริสของวัตถุท้องฟ้าในระบบสุริยะ (The Astronomical Almanac, 1984, Supplement)

๒.๓.๒ ระบบเวลาไดนามิก (Dynamic Time System)

ระบบเวลาไดนามิกเป็นระบบเวลาที่อ้างอิงกับปรากฏการณ์ทางไดนามิก (Dynamic Phenomena) ซึ่งได้แก่ การเคลื่อนที่ของดาวเคราะห์ในระบบสุริยะ เป็นระบบเวลาที่ใช้ทำอิไฟเมอริสแทนเวลาอิไฟเมอริส เนื่องจากเหตุผลดังต่อไปนี้

- ๑) เป็นระบบเวลาที่เข้าถึงได้่ายกว่าเวลาอิไฟเมอริส
- ๒) เป็นระบบเวลาที่กำหนดโดยร่างละเอียดด้วยลิ่งหรือปริมาณที่นำเชือกอีก
- ๓) เป็นระบบเวลาที่กำหนดด้วยลิ่งหรือปริมาณที่รักษาความสม่ำเสมอในระยะยาว (Long Term Uniformity)
- ๔) เป็นระบบเวลาที่กำหนดด้วยลิ่งหรือปริมาณที่มีความคงตัว (Stability) ในระดับเดียวกับเวลาอิไฟเมอริส

(IAU) ได้กำหนดนิยามคัพท์หรือระบบเวลาอยู่ในระบบเวลาไดนามิก ขึ้น ๒ อย่าง คือ

๑) Terrestrial Dynamical Time (TDT) เป็นระบบเวลา หรือมาตราวัดเวลาสำหรับใช้กับ Apparent Geocentric Ephemerides ซึ่งใน Apparent Geocentric Ephemerides ตำแหน่ง (α, δ) ของวัตถุท้องฟ้าจะคิดอ้างอิงกับจุดศูนย์กลางของโลก (Geocenter)

๒) Barycentric Dynamical Time (TDB) เป็นระบบเวลา หรือมาตราวัดเวลาสำหรับใช้กับ Equation of Motion ของวัตถุท้องฟ้าที่คิดอ้างอิงกับจุดศูนย์กลางของระบบลูริยะ (Barycenter)

ตำแหน่ง (α, δ) ของวัตถุท้องฟ้าบางอย่างไม่สามารถกำหนดอ้างอิงกับ Geocenter ได้ ต้องกำหนดอ้างอิงกับ Barycenter หรือ Helicenter กล่าวโดยสรุปคือ TDT เป็นระบบเวลาที่อ้างอิงกับ Geocenter ในขณะที่ TDB เป็นระบบเวลาที่อ้างอิงกับ Barycenter (α คือ ไรทแอลเซนชัน, δ คือ เดคลิเนชัน)

๒.๓.๒.๑ ขณะเวลาและช่วงเวลา TDT (TDT Epoch and Time Interval)

1^d (TDT)	= 86400 ^s SI ที่ระดับทะเล平กกลาง
SI	= International System of Units
1^s SI	= 1^s (A)
A	= Atomic Time

- ความนานของวินาทีของนาฬิกาอะตอมที่วัดที่ระดับทะเล平กกลาง จะต่างจากความนานของวินาทีของนาฬิกาอะตอมที่วัดที่อื่น ทั้งนี้เนื่องจากอิทธิพลของแรงโน้มถ่วง (Gravity)

- Standard epoch ของ TDT คือ

$$1977 \text{ Jan } 01^d 00^h 00^m 00^s (\text{TAI}) = 1977 \text{ Jan } 01^d 00^h 00^m 32^s.184 (\text{TDT}) \\ = 1977 \text{ Jan } 01^d.0003725 (\text{TDT})$$

- ฉะนั้นจะได้ว่า

$$\begin{aligned} \text{TDT} - \text{TAI} &= 0^d.0003725 = 32^s.184 \\ \text{เมื่อ TAI} &= \text{International Atomic Time} \end{aligned}$$

- ขณะเวลาของ TDT เท่ากับขณะเวลาของ ET เพราะว่า

$$1977 \text{ Jan } 1^d.0003725 = \text{ET} - \text{TAI} = 0^d.0003725 = 32^s.184$$

- จะเห็นว่า TDT คือ ET นั้นเอง ในทางปฏิบัติจึงสามารถใช้ TDT แทน ET ได้ทุกวัตถุประสงค์

- ก่อนปี ค.ศ.๑๙๕๔ เมื่อยังไม่มีเวลาอะตอม สามารถพิจารณาให้ TDT เท่าเทียมกับ ET ได้ (Duncombe et al., 1976) หลังจากนั้นได้มีการกำหนด Atomic (SI) Second ให้ตรงกับ Ephemeris second

- ความแตกต่างระหว่าง TDB กับ TDT หาได้จากสูตรต่อไปนี้

$$\text{TDB} = \text{TDT} + 0.001658 \sin g + 0.000014 \sin 2g \quad (2-34)$$

เมื่อ g = Mean anomaly ของโลกรอบดวงอาทิตย์

$$g = 357^{\circ}.53 + 0^{\circ}.98560028 (\text{JD} - 2451545.0) \quad (2-35)$$

$$\text{TDT} = \text{TAI} + 32^s.184$$

- ใน (2-34) เทอมที่ ๒ และ ๓ คือค่าแก้เนื่องจากการหมุนรอบตัวเองของโลกอ้างอิงกับดวงอาทิตย์

- ผลการคำนวณหาผลต่างระหว่าง ET และ TDT กับ UT ซึ่งใช้ลัญลักษณ์ว่า ΔT ได้แสดงไว้เป็นตารางใน Astronomical Almanac's Section B การคำนวณได้จากสูตร

$$\Delta T = \text{ET} - \text{UT} \quad (\text{ก่อนปี ค.ศ.๑๙๕๔})$$

$$\Delta T = \text{TDT} - \text{UT} \quad (\text{ตั้งแต่ปี ค.ศ.๑๙๕๔ เป็นต้นมา})$$

- การแปลงตำแหน่ง (δ, α) ของวัตถุท้องฟ้าจากอิเฟเมอริล ซึ่งอ้างอิงอยู่กับ TDB ให้อ้างอิงกับ UT (หรือ

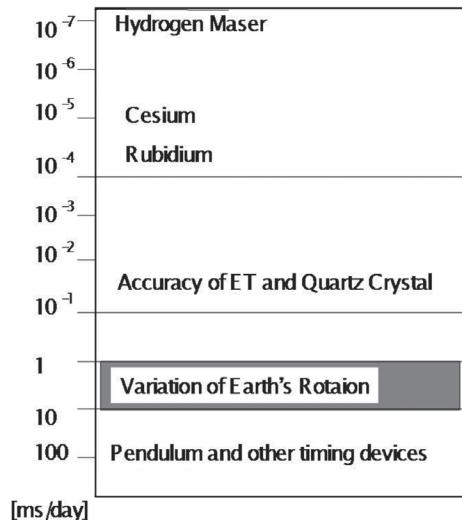


FIGURE 2.8 Illustration of progress in timing accuracy per day.
GPS surveying possible.

ตารางที่ ๒-๒ แสดงความก้าวหน้าของความถูกต้องของเวลาต่อวันที่ได้จากนาฬิกาอะตอมและนาฬิกาอื่นๆ

TABLE 2.2 Accumulation of Timing Errors for Various Oscillators

Type Clock	Oscillation Frequency (GHz)	Stability Per day ($\Delta f/f$)	Time to Lose One Second
Quartz Crystal Oscillator	.005 (typical)	10^{-9}	30 years
Rubidium	6.834,682,613	10^{-12}	30,000 years
Cesium	9.192,631,770	10^{-13}	3000,000 years
Hydrogen Maser	1.420,405,751	10^{-15}	30,000,000 years

ตารางที่ ๒-๓ แสดงความนานของการเกิดอัตราผิดสะสม ๑ วินาที ของนาฬิกาอะตอมต่างๆ

TABLE 2.3 GPS Timing Requirements

Light Travel (m)	Time Error (nsec)	Time for Cesium Clock to Accumulate Error (sec)
300.0	1000	10^7
0.3	1	10^4
0.003	0.01	10^2

The accumulation time is based on the assumption of a constant clock stability.

ตารางที่ ๒-๔ แสดงอัตราผิดสะสมของนาฬิกาซึ่งเป็นผลต่ออัตราผิดของระยะทางการเดินทางของคลื่นแสง (อัตราผิดสะสมของเวลาซึ่งอยู่บนสมมุติฐานที่ว่า นาฬิกามีความคงตัวคงที่)

GMT) ตามขั้นตอนดังนี้

๑) หา δ , α (TDB) จาก Ephemeris

๒) แปลง TDB เป็น TDT โดยใช้สูตร

$$TDB = TDT - 0.001658 \sin g + 0.000014 \sin 2g$$

๓) แปลง TDT เป็น TAI โดยใช้สูตร

$$TDT = TAI + 32^s.184(A)$$

๔) แปลง TAI เป็น UT โดยใช้สูตรความแตกต่างระหว่าง TAI กับ UT จะได้ δ , α อ้างอิงกับ UT ซึ่งเป็นเวลาที่ได้จากนาฬิกาข้อมือที่ใช้ตามปกติ

๒.๕ ระบบเวลาอะตอม (Atomic Time System)

ระบบเวลาอะตอม หรือบางครั้งเรียกว่า ระบบเวลาปรมาณู เป็นระบบเวลาที่อ้างอิงกับความถี่ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของอะตอมของธาตุที่ใช้ควบคุณการเดินหรือการทำงานของนาฬิกา

เวลาอะตอม (Atomic Time : AT) คือเวลาที่ได้จากการอะตอม ซึ่งได้แก่ นาฬิกาที่ใช้ธาตุอย่างเช่น ควอตซ์ (Quartz) รูบีเดียม-๘๗ (Rubidium-87) ซีเซียม-๑๓๓ (Cesium-133) ไฮโดรเจน เมเซอร์ (Hydrogen Maser) ควบคุณการเดินหรือการทำงานของนาฬิกา

ธาตุต่างๆ ที่กล่าวมานี้มีความถี่สูง เมื่อใช้ควบคุณการทำงานของนาฬิกาจะให้ความละเอียด ถูกต้อง และคงที่ (Stable) ของเวลาสูงมาก ดังจะเห็นได้ชัดจากตารางที่ ๒-๒, ๒-๓ และ ๒-๔

จากตารางที่ ๒-๒ จะเห็นว่านาฬิกาควอตซ์ นาฬิการูบีเดียม นาฬิกาซีเซียม และนาฬิกาไฮโดรเจน เมเซอร์ จะให้ความถูกต้องของเวลาตั้งแต่ 10^{-1} , 10^{-4} , 10^{-5} , 10^{-7} millisecond ต่อวัน (ms/day) ตามลำดับ (1 millisecond เท่ากับ 10^{-3} วินาที)

จากตารางที่ ๒-๓ จะเห็นว่านาฬิกาควอตซ์ นาฬิการูบีเดียม นาฬิกาซีเซียม และนาฬิกาไฮโดรเจน เมเซอร์ จะให้อัตราผิดลสมของเวลารวม ๑ วินาที ต้องใช้เวลานานถึง ๓๐ ปี, ๓๐,๐๐๐ ปี, ๓๐๐,๐๐๐ ปี และ ๓๐ ล้านปี ตามลำดับ

จากตารางที่ ๒-๔ จะเห็นว่าถ้าใช้นาฬิกาซีเซียมจับเวลาเพื่อกำหนดระยะทางการเดินทางของแสง จะพบว่าการที่ระยะทางของแสงจะผิดไป ๓๐๐ เมตร นาฬิกาซีเซียมต้องมีอัตราผิด 1,๐๐๐ nsec (nanosecond = 10^{-9} วินาที) และการที่นาฬิกาซีเซียมจะมีอัตราผิดลสมรวม ๑,๐๐๐ nsec นาฬิกาซีเซียมต้องใช้เวลาทำงานนานถึง 10^{-7} วินาที

ธาตุที่นิยมนำมาใช้ควบคุณการทำงานของนาฬิกาอะตอมมีหลายอย่างดังที่กล่าวมา ธาตุแต่ละอย่างมีความถี่ต่างกัน เมื่อนำมาใช้ควบคุณการทำงานของนาฬิกาอะตอม ย่อมให้ความละเอียด ถูกต้อง และความคงที่ของเวลาต่างกัน หลักการพื้นฐานของระบบเวลาอะตอมก็คือ ต้องยอมรับความถี่ของอะตอมของธาตุใดธาตุหนึ่งเป็นมาตรฐานซึ่งเรียกว่า มาตรฐานอะตอม (Atomic Standard) เพื่อให้เวลาที่ได้จากการอะตอมที่ใช้ธาตุต่างกันสามารถเทียบกันได้

สากลยอมรับความถี่ของอะตอมของธาตุซีเซียมหรือซีเซียม-๑๓๓ เป็นมาตรฐานอะตอม กล่าวคือ ที่ประชุมของคณะกรรมการชั้น ดาว วัด สากล (International Committee of Weights and Measures : CGPM) ครั้งที่ ๑๓ เมื่อ ตุลาคม ค.ศ.๑๙๗๘ ณ กรุงปารีส ได้ประกาศยอมรับใช้ความถี่ของอะตอมของธาตุซีเซียม-๑๓๓ ในการกำหนดนิยามของความนานของ ๑ วินาทีอะตอมสากล รวมทั้งใช้เป็นนิยามของความนานของ ๑ วินาทีสากลหรือ ๑ วินาทีตามระบบสากลของหน่วย ((International System of Units : SI) ด้วย

คำนิยามของความนานของ ๑ วินาทีสากลที่ประกาศยอมรับนำมาใช้ในครั้งนี้ คือ

"The standard to be employed is the transition between two hyperfine levels $F = 4$, $m_F = 0$ and $F = 3$, $m_F = 0$ of the fundamental state $^2S_{1/2}$ of the atom of caesium -133 undisturbed by external fields and the value 9,192,631,770 Hertz is assigned"

(F = energy level, m_F = magnetic field)

กล่าวอีกอย่างคือ ความนานของ ๑ วินาทีสากล คือความนานที่เกิดจากการแก่ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของอะตอมของธาตุซีเซียม-๑๓๓ จำนวน ๙,๑๙๒,๖๓๑,๗๗๐ รอบหรือไซเดล ในระหว่างการเปลี่ยนสถานะของอะตอมของธาตุซีเซียม-๑๓๓ จากระดับพลังงาน ๔ สนามแม่เหล็ก ๐ เป็นระดับพลังงาน ๓ สนามแม่เหล็ก ๐ โดยไม่ถูกรบกวนจากสนามแม่เหล็กภายนอก

ถึงแม่มาตรฐานอะตอมที่เป็นที่ยอมรับกันเป็นสากล ในปี ค.ศ.๑๙๖๗ คือมาตรฐานอะตอมซีเซียม-๑๓๓ แต่การใช้ซีเซียม-๑๓๓ เป็นมาตรฐานในการรักษาเวลาอย่างแบ่งออกได้เป็น ๒ อย่าง คือ

- ๑) มาตรฐานซีเซียมหลัก (Primary or Long-Beam Caesium Standard)
- ๒) มาตรฐานซีเซียมเชิงพาณิชย์ (Commercial Caesium Standard)

มาตรฐานซีเซียมหลัก คือ มาตรฐานซีเซียม-๑๓๓ ที่ทำได้ถูกต้องครบถ้วนสมบูรณ์ตามนิยามของ ๑ วินาทีอะตอมสากลทุกประการ การดำเนินการมาตรฐานซีเซียมหลักจะต้องดำเนินการเป็นห้องปฏิบัติการขนาดใหญ่ ปัจจุบันในโลกมีหลายหน่วยงานสามารถดำเนินการมาตรฐานซีเซียมหลักได้ แต่เดิมมี ๓ หน่วยงานเท่านั้นที่สามารถดำเนินการมาตรฐานซีเซียมหลักได้คือ

- ๑) National Bureau of Standard (NBS) ใน Boulder รัฐ Colorado ประเทศสหรัฐอเมริกา
- ๒) National Research Council (NRC) เมือง Ottawa ประเทศแคนาดา
- ๓) Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) ใน Braunschweig ประเทศเยอรมัน

หน่วยงานมาตรฐานซีเซียมหลักทั้ง ๓ แห่งนี้ ได้ผลิตวินาทีสากลขึ้นใหม่ด้วยความละเอียดถูกต้อง (Precision) และเที่ยงตรง (Stability) สูง อย่างไรก็ตามมาตรฐานซีเซียมหลักทั้ง ๓ นี้ เป็นเพียงเครื่องมือทดลองทางวิทยาศาสตร์เท่านั้น ไม่เหมาะสมที่จะใช้เป็นมาตรฐานวัดเวลาหรือรักษาเวลา มาตรฐานอย่างต่อเนื่องในระยะยาว

มาตรฐานซีเซียมเชิงพาณิชย์ ถึงแม้ว่าความถี่อาจจะต่างจากวินาทีสากลเล็กน้อย แต่ก็เป็นความถี่ที่เที่ยงตรง เชื่อถือได้ และมีอยู่พร้อมที่จะใช้ได้ทันที

ปัจจุบันมีหลายหน่วยงานที่ดำเนินการมาตรฐานซีเซียมเชิงพาณิชย์ เวลาอะตอมที่ได้จากการมาตรฐานซีเซียมเชิงพาณิชย์ของแต่ละหน่วย จะถือเป็นเวลาอะตอมแต่ละระบบ ดังนั้นปัจจุบันในโลกจึงมีเวลาอะตอมอยู่หลายระบบ แต่ระบบที่สำคัญและควรทราบมีดังนี้

เวลาอะตอม A.1

เป็นเวลาอะตอมที่ได้จากการดำเนินการของ U.S Naval Observatory ใน Washington D.C. ซึ่งเป็นเวลาอะตอมที่อ้างอิงหรือได้จาก Caesium Beam Oscillator จากห้องปฏิบัติการ (Laboratory) ต่างๆ ที่ตั้งอยู่ทั่วโลกดังนี้

- ๑. U.S. Naval Observatory ที่ Washington D.C. สหรัฐอเมริกา
- ๒. U.S. Naval Observatory ที่ Richmond, Florida สหรัฐอเมริกา
- ๓. U.S. Naval Research Laboratory ที่ Washington D.C. สหรัฐอเมริกา
- ๔. U.S. National Bureau of Standards ที่ Boulder, Colorado สหรัฐอเมริกา
- ๕. National Physical Laboratory Teddington, สหราชอาณาจักร
- ๖. Laboratoire du CNET, Bagneux, ฝรั่งเศส

การรักษาเวลาอะตอม A.1 ใช้ Caesium Beam Standard แบบเคลื่อนที่ได้ (Portable) ตราอักษร Hewlett



Packard รุ่น 5060A ประมาณ ๑๖ เครื่อง โดยความถี่ของ Oscillator ทั้ง ๑๖ เครื่องเหล่านี้ จะเทียบกับความถี่ของห้องทดลองทั้ง ๖ แห่งที่กล่าวมาเป็นประจำ

เวลาอัตโนมัติ NBS-A

เป็นเวลาอัตโนมัติที่ได้จากการดำเนินการของ U.S. National Bureau of Standards ที่ Boulder, Colorado เป็นเวลาอัตโนมัติที่อ้างอิงกันหรือได้จาก Caesium Beam Standard แบบ NBS-III ซึ่งเป็นแบบที่ใช้ในห้องทดลองการรักษาเวลาอัตโนมัติระบบนี้ใช้ Atomic Oscillator จำนวน ๕ เครื่อง ซึ่งความถี่ของทั้ง ๕ เครื่องจะเปรียบเทียบกับความถี่ของเครื่อง NBS-III เป็นประจำ

เวลาอัตโนมัติ A3

เป็นเวลาอัตโนมัติที่ได้จากการดำเนินงานของ Bureau International de l'Heure (BIH) กรุงปารีส ประเทศฝรั่งเศส เวลาอัตโนมัติระบบนี้ได้จากค่าเฉลี่ยตามการกำหนดน้ำหนัก (Weighted Means) ให้กับ Caesium Beam Oscillator ของห้องทดลองต่างๆ ดังนี้

๑. National Physical Laboratory Teddington, สหราชอาณาจักร
๒. U.S. National Bureau of Standards ที่ Boulder, Colorado สหรัฐอเมริกา
๓. National Research Council (NRC) of Canada, Ottawa, Canada ประเทศแคนาดา
๔. U.S Naval Observatory ที่ Washington D.C. สหรัฐอเมริกา
๕. Radio Research Laboratory, Tokyo ประเทศญี่ปุ่น
๖. Research Institute for National Defense, Stockholm, สวีเดน
๗. Paris Observatory, ฝรั่งเศส
๘. Republic Observatory, Johannesburg, สาธารณรัฐแอฟริกาใต้

การให้น้ำหนักในการหาค่าเฉลี่ยของเวลา A3 เป็นดังนี้

NBS เท่ากับ ๕

NRC เท่ากับ ๒

ที่อื่นๆ เท่ากับ ๑

ในทางปฏิบัติเวลาอัตโนมัติมาตรฐานได้จากการรวมเวลาอัตโนมัติจากมาตรฐานซีซีเย็มเชิงพาณิชย์ จากหลายห้องปฏิบัติการหรือจากหลายหน่วย ซึ่งแต่ละหน่วยก็ได้คำนวนหาเวลาอัตโนมัติเฉลี่ย (Mean Atomic Time) ของตนเองไว้แล้วซึ่งหนึ่ง แล้วพิมพ์ออกมาในรูปของค่าแก้ ซึ่งเรียกว่า “Paper Clock” หรืออาจจะใช้กับนาฬิกาหลัก (Master Clock) อีกเรือนหนึ่งแยกต่างหาก เพื่อแสดงเวลาอัตโนมัติเฉลี่ยโดยตรง

๒.๔.๑ ขณะเวลาอัตโนมัติ (Atomic Time Epoch)

ขณะเวลาหลักหรือขณะเวลามาตรฐาน (Fundamental or Standard Epoch) ของระบบเวลาอัตโนมัติ คือ ขณะเวลาเริ่มเดินนาฬิกาอัตโนมัติหรืออ่านเวลาครั้งแรกจากนาฬิกาอัตโนมัติ (Initial Reading) จึงแตกต่างกันไปตามแต่ละห้องปฏิบัติการเวลาหรือแต่ละระบบเวลาอัตโนมัติ และเนื่องจากวัตถุประสงค์หลักของเวลาอัตโนมัติในทางปฏิบัติ ก็คือเพื่อใช้วดช่วงเวลา ดังนั้นขณะเวลาหลักหรือขณะเวลามาตรฐานในระบบเวลาอัตโนมัติจึงไม่มีความสำคัญและไม่มีความจำเป็นต้องกำหนด

๒.๔.๒ ช่วงเวลาอัตโนมัติ (Atomic Time Interval)

หน่วยหลักของช่วงเวลาอัตโนมัติ คือ วินาที (Second) ตามที่ประชุมของคณะกรรมการชั่ง ดวง วัด สาภัล (International Committee of Weights and Measures : CGPM) ครั้งที่ ๑๓ เมื่อ ๕๐ พฤษภาคม พ.ศ.๒๕๖๓ ณ กรุงปารีส ได้ประกาศยอมรับนำมาใช้ตามที่กล่าวแล้ว

คำนิยามของวินาทีที่ก่อร่วมกันนี้ เป็นผลมาจากการทดลองร่วมกันระหว่าง U.S. Naval Observatory กับ National Physical Laboratory (ที่ Teddington, ประเทศอังกฤษ)

จากการทดลองร่วมกันดังกล่าวพบว่าความถี่ของ Caesium-133 ที่สนาณแม่เหล็กเท่ากับ 0 ณ 1957.0 (ขณะเวลาเริ่มต้นของ Besselian year) มีค่าเท่ากับ 9,192, 631, 770 + 20 Cycle ต่อ Ephemeris second (Markowitz et al., 1958 ; Essen et al., 1958) ในที่นี้มีการอ้างอิงขณะเวลาที่ 1957.0 ด้วย เนื่องจาก Atomic Time และ Ephemeris Time (Gravitational Time) อาจจะแตกต่างกันเนื่องจากสาเหตุทางทฤษฎีต่างๆ ของจักรวาล (Cosmic causes)

หน่วยของช่วงเวลาจะต้องมีอีก จะได้จากวินาทีจะต้องตามคำนิยามที่ก่อร่วมกัน ในการเขียนช่วงเวลาจะต้องได้ๆ จะต้องต่อท้ายด้วย “(A)” เช่น โดยสรุปได้ว่า

$$1^{\text{d}} (\text{A}) = 24^{\text{h}} (\text{A}) = 1440^{\text{m}} (\text{A}) = 86400^{\text{s}} (\text{A}) \text{ หรือ}$$

$$1^{\text{d}} (\text{A}) = 24^{\text{h}} (\text{A})$$

$$1^{\text{h}} (\text{A}) = 60^{\text{m}} (\text{A})$$

$$1^{\text{m}} (\text{A}) = 60^{\text{s}} (\text{A})$$

๒.๔.๓ ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาจะต้องกับเวลาอิไฟเมอริส

ความแตกต่างระหว่างเวลาจะต้อง (AT) และเวลาอิไฟเมอริส (ET) ได้จากการเปรียบเทียบ ET กับ AT

- ET ได้จากการรังวัดหาตำแหน่ง (α, δ) ของดวงจันทร์ แล้วนำไปเปรียบเทียบกับอิไฟเมอริสของดวงจันทร์ ซึ่งได้แก่ ตำแหน่งของดวงจันทร์ตามสูตรของนิวตันบี' ซึ่งมี ET เป็นตัวแปรอิสระอยู่ในสูตร และทำการแก้สมการ จะได้ ET ออกมาก

- ส่วน AT ได้จากการบันทึก AT ขณะที่ทำการรังวัดดวงจันทร์เพื่อหา ET

- ความสัมพันธ์ระหว่าง AT กับ ET เป็นไปตามสูตรต่อไปนี้ (Markowitz, 1959)

$$\text{AT} - \text{ET} = a + bt + ct^2$$

$$\text{เมื่อ } t = \text{เวลา ณ ขณะเวลาที่ AT} = \text{ET} + a$$

a = ขณะเวลาของ AT ที่ล้มพันธ์กับ ET

b = อัตราส่วนการหาร (Division ratio) ที่ยอมรับนำมาใช้สำหรับ Atomic resonator

c = cosmic constant ซึ่งอาจจะเท่ากับ 0 หรือ $0^{\text{s}}.001$ ต่อปี

ขนาดความต่างของ $1^{\text{m}} (\text{A})$ กับ $1^{\text{m}} (\text{E})$ จะขึ้นอยู่กับความถูกต้องของ b เป็นหลัก ซึ่ง b ก็ขึ้นอยู่กับความถี่ของซีซีเยียมที่ยอมรับนำมาใช้กันนั่นเอง ส่วน c ปัจจุบันก็มีข้อลงลึกกว่ามีผลผลกระทบหรือไม่และจะตัดทิ้งไม่นำมาพิจารณาได้หรือไม่

ปัจจุบัน $1^{\text{s}} (\text{A})$ จะตรงกับ $1^{\text{s}} (\text{E})$ ในระดับ 2×10^{-9} ก่อร่วมกับก็คือขนาดความต่างของ $1^{\text{s}} (\text{A})$ กับ $1^{\text{s}} (\text{E})$ จะอยู่ในระดับ 2×10^{-9} ซึ่งจะเห็นว่าเป็นค่าที่น้อยมาก ดังนั้นในงานหลายอย่างในทางปฏิบัติจึงใช้ช่วงเวลาจะต้องแทนช่วงเวลาอิไฟเมอริส

ข้อได้เปรียบหรือข้อดีที่สำคัญของเวลาจะต้อง ก็คือเวลาจะต้องสามารถหาได้ทันทีจากสัญญาณเวลา และประมวลค่าแก้ (Correction Bulletins)

๒.๔.๔ เวลาจะต้องสากล (International Atomic Time : TAI)

ความแตกต่างระหว่างเวลาจะต้องและเวลาอิไฟเมอริส รวมทั้งวิธีการเทียบเวลาจะต้องกับสัญญาณเวลา และประมวลค่าแก้

เช่น LORAN-C, ดาวเทียม, นาฬิกาเคลื่อนที่ และโทรศัพท์ ได้ถูกให้เกิดมาตรฐานวัดเวลาสากล (International Time Scales) ขึ้น โดยการหาค่าเฉลี่ยของเวลาอัตโนมัติที่ได้จากประเทศต่างๆ

ค่าเฉลี่ยของเวลาอัตโนมัติที่ได้จากนาฬิกาอัตโนมัติห้องปฏิบัติการเวลาทั่วโลก เรียกว่า เวลาอัตโนมัติสากล (International Atomic Time : TAI) ซึ่งหาและรักษาโดยสำนักงานชั้น ดวง วัดสากล (Bureau International de l' Heure : BIH, ปัจจุบันคือ Bureau International des Poids et Mesures : BIPM) ซึ่งมีที่ตั้งอยู่ ณ กรุงปารีส ประเทศฝรั่งเศส

UTC เป็นระบบเวลาที่อ้างอิงกับ Atomic Second และเดิมได้รับการรักษาให้ต่างจากเวลา UT2 ไม่เกิน ๐.๑ วินาที อยู่ตลอดเวลา โดยมีการลดหรือเพิ่มจำนวนวินาทีให้กับ UTC ตามระยะเวลาที่เหมาะสม

ประวัติการหาและรักษาเวลาอัตโนมัติสากลของ BIH

- ตั้งแต่ปี ค.ศ.๑๙๕๔ - ๑๙๖๔ BIH หาและรักษาเวลาอัตโนมัติสากล โดยการวัดเฟลของลัญญาณความถี่ต่ำ (Low Frequency : LF) และลัญญาณความถี่ต่ำมาก (Very Low Frequency : VLF) จากห้องปฏิบัติการเวลาที่ติดตั้งนาฬิกาอัตโนมัติ และจากนาฬิกามาตรฐานของ Paris Observatory ซึ่งเรียกว่าเวลา A3

- ในปี ค.ศ.๑๙๖๕ เวลาอัตโนมัติ ได้ถูกสร้างขึ้นให้มีขีดจำกัดต่อเนื่องกับเวลา A3 ทั้งนี้โดยการใช้การเปรียบเทียบเวลาด้วย LORAN-C

- ในวันที่ ๑ มกราคม ค.ศ.๑๙๗๔ BIH ได้เริ่มใช้เวลาอัตโนมัติสากลอย่างเป็นทางการ โดยกำหนดให้เป็นเวลาอัตโนมัติที่ต่อเนื่อง และมีวัดคุณประสิทธิ์ในการรักษาค่าของวินาทีสากล (SI second) ที่ระดับน้ำหนาที่สากล

- ตั้งแต่ปี ค.ศ.๑๙๗๓ เป็นต้นมา BIH คำนวนหาเวลาอัตโนมัติสากลจากเวลาอัตโนมัติที่ได้จากห้องปฏิบัติการเวลาทั่วโลก โดยใช้หลักการให้น้ำหนัก (Weighted mean) แก่นาฬิกาอัตโนมัติแต่ละเรือน น้ำหนักที่ให้แก่นาฬิกาอัตโนมัติแต่ละเรือนจะเป็นสัดส่วนผกผันกับ Variance ของอัตราเร็วของนาฬิกาเรือนนั้นๆ ก่อนปี ค.ศ.๑๙๗๓ การคำนวนเวลาอัตโนมัติสากลใช้หลักการให้น้ำหนักแก่นาฬิกาอัตโนมัติของแต่ละหน่วยเหมือนกัน แต่การให้น้ำหนักในช่วงนั้นไม่เหมาะสม

- ในต้นปี ค.ศ.๑๙๘๓ เวลาอัตโนมัติสากลได้ถูกปรับให้เป็นระบบเวลาที่อ้างอิงกับนาฬิกาอัตโนมัติ ๑๓๐ เวียนจาก ๒๔ ห้องปฏิบัติการเวลาในอเมริกาเหนือ ยุโรป และแอฟริกาเหนือ

จุดมุ่งหมายของเวลาอัตโนมัติสากล คือต้องการให้ได้ความแน่นของวินาทีอัตโนมัติ เป็นไปตามนิยามของวินาทีสากล (SI Second) ซึ่งมีการกำหนดว่าจะต้องเป็นค่าที่ระดับที่สากล ดังนั้นจึงมีการเปรียบเทียบและปรับเวลาอัตโนมัติสากลกับความถี่หลักมาตรฐานที่ NBS, NRC และ PTB ในการเปรียบเทียบและปรับแก้จะมีการหักแก้ลงสูงระดับที่สากล ด้วย เพื่อแก้ผลกรบทบทของแรงดึงดูด (Gravitation) ที่มีการเปลี่ยนแปลงไปตามค่าความสูง ผลจากการเปรียบเทียบและปรับแก้ดังกล่าวในปี ๑๙๗๐ - ๑๙๗๑ ทำให้ BIH ประกาศยืนความแน่นของวินาทีของเวลาอัตโนมัติสากล (TAI second) ออกไปอีก 10×10^{-13} วินาที ใน January 1, 1977 ณ เวลา 0^h 0^m 0^s เวลาอัตโนมัติสากล การยืนความแน่นของวินาทีของเวลาอัตโนมัติสากล (TAI second) ในครั้งนี้ทำให้ Epoch หลักหรือ Epoch เริ่มต้นของเวลาอัตโนมัติ A3 (0h UT2 January 1, 1958) เลื่อนไป 600 microsecond แต่ไม่ได้มีการเริ่มใหม่ (Reset) หรือกำหนดใหม่

ปัจจุบัน BIPM รวบรวมข้อมูลเวลาอัตโนมัติจากนาฬิกาอัตโนมัติประมาณ ๔๐๐ เวียน จากประมาณ ๕๐ ห้องปฏิบัติการเวลา จากประมาณ ๓๐ ประเทศทั่วโลก เพื่อคำนวนหาเวลาอัตโนมัติสากลเดือนละ ๑ ครั้ง แล้วออกเป็นหนังสือเวียน เรียกว่า “Circular T” แจ้งผลต่างระหว่างเวลาอัตโนมัติสากล (TAI) ที่ BIPM คำนวนได้กับเวลาอัตโนมัติที่ได้รับจากแต่ละห้องปฏิบัติการเวลา ให้แต่ละห้องปฏิบัติการเวลาทราบ โดยในหนังสือเวียนดังกล่าวจะมีข้อมูลแจ้งว่าเวลาอัตโนมัติสากลที่คำนวนได้ในเดือนนั้นๆ ได้ข้อมูลเวลาอัตโนมัติจากนาฬิกาอัตโนมัติ รวมทั้งหมดกี่

เรื่อง จากห้องปฏิบัติการเวลาไดบัง และมีการให้น้ำหนักเวลาอัตโนมัติของแต่ละห้องปฏิบัติการเวลา หรือของนาฬิกา อัตโนมัติที่เรียกว่าอย่างไร

เวลาอัตโนมัติ เป็นเวลาที่คงที่สม่ำเสมอ (Uniform and Stable) โดยจะไม่ช้าหรือเร็วเกิน ๐.๐๐๐๐๐๐๙ วินาทีต่อปี เป็นเวลาที่ไม่มีการปรับจังไม่สอดคล้องกับการหมุนรอบตัวเองของโลกซึ่งมีช้ามีเร็ว

๒.๔.๕ เวลา UTC (Universal Coordinated Time or Coordinated Universal Time)

เวลาอัตโนมัติที่ BIPM คำนวณได้ในแต่ละเดือนนั้น มีความละเอียด ถูกต้อง และเที่ยงตรงสูงมาก กล่าว วิธีอย่างก็คือ เวลาอัตโนมัติไม่มีการช้าหรือเร็วตามการหมุนรอบตัวเองของโลกเหมือนเวลาจากดวงอาทิตย์หรือ เวลาสุริยคติ ที่คนทั่วโลกใช้ในการดำเนินชีวิต เวลาอัตโนมัติจึงไม่สามารถนำไปใช้กับการดำเนินชีวิตของคนทั่ว โลกได้โดยตรง ทั่วโลกจึงได้คิดหาเวลาใหม่ที่มีพื้นฐานมาจากเวลาอัตโนมัติ แต่ตรงหรือสอดคล้องกับเวลาที่ได้จากดวง อาทิตย์หรือเวลาสุริยคติ เพื่อนำมาใช้ในการดำเนินชีวิตของคนทั่วโลกแทนเวลาจากระบบเวลาสุริยคติ เพราะสะดวก ง่าย และสอดคล้องกันทั่วโลก

เวลาใหม่ที่มีพื้นฐานมาจากเวลาอัตโนมัติ แต่ตรงหรือสอดคล้องกับเวลาที่ได้จากดวงอาทิตย์หรือเวลาสุริยคติ และสามารถนำมาใช้ในการดำเนินชีวิตของคนทั่วโลกแทนเวลาจากระบบเวลาสุริยคติได้ คือเวลา UTC

BIH ได้พัฒนาเวลา UTC ขึ้นครั้งแรกในปี ค.ศ.๑๙๗๑ โดยพัฒนาจากเวลาอัตโนมัติ ทั้งนี้เพื่อนำข้อดี ของ UTC ในเรื่องความเที่ยงตรง ความสามารถในการทำนายเวลา และความสามารถในการทราบหรือรู้เวลา ได้เกือบทันที มาใช้ในการเผยแพร่องค์ความลับภายนอกเวลาที่มีความใกล้เคียง และมีสูตรความลับพันธ์แน่นอนกับเวลา UT2 เวลา UTC ได้รับการนำมาใช้เมื่อวันที่ ๑ มกราคม ค.ศ.๑๙๗๒

สูตรความลับพันธ์ระหว่าง TAI กับ UTC คือ

$$TAI = UTC = b+s \quad (t-to)$$

เมื่อ b = การปรับ Step เวลา (a time step adjustment)

s = ความถี่ต่าง (a frequency offset)

BIH เป็นหน่วยที่หาค่าลับประสิทธิ์ b และ s และแจกจ่ายให้กับห้องปฏิบัติการเวลาทั่วโลก เป็นการล่วงหน้า เพื่อให้ห้องปฏิบัติการเวลาทั่วโลกนำไปใช้ปรับการส่งสัญญาณเวลา (Time signal transmissions) ของแต่ละห้อง ปฏิบัติการเวลา

ใน ๑ มกราคม ค.ศ.๑๙๗๒ มีการเปลี่ยนแปลงหลักเกณฑ์ในการเปลี่ยน b และ s ทั้งนี้เป็นไปตาม “CCIR Recommendation 460, in Newdelhi, 1970” และตาม “IAU Recommendation in Brighton, 1970” การ เปลี่ยนแปลงครั้งนี้ทำให้เกิด “UTC ระบบใหม่” ขึ้น

หลักการเปลี่ยน b และ s ก่อน ปี ค.ศ.๑๙๗๒ มีดังนี้

๑) การเปลี่ยน b จะกระทำเฉพาะในวันแรกของเดือน ที่ เวลา 0^h UT และค่าของ b ที่เปลี่ยนจะ เท่ากับ 0.1

๒) การเปลี่ยน s จะกระทำเฉพาะในวันแรกของเดือนมกราคม ที่ เวลา 0^h UT และค่าของ s ที่เปลี่ยน จะเท่ากับ $5 \times n \times 10^{-9}$ พอดี (เมื่อ $n=0, 1, 2, \dots$)

๓) $[UT2 - UTC] < 0.1$ วินาที

หลักการเปลี่ยน b และ s ตั้งแต่ปี ค.ศ.๑๙๗๒ เป็นต้นมา เป็นดังนี้

๑) เมื่อต้องการเปลี่ยน b ควรกระทำที่วินาทีสุดท้ายของเดือน และที่นิยมกันคือ ในวันที่ ๓๑ ธันวาคม และ/หรือ ในวันที่ ๓๐ มิถุนายน และค่าของ b ที่จะเปลี่ยนจะเท่ากับ ๑ วินาทีพอดี

๒) ให้ s มีค่าเท่ากับ ๐

๓) [UT1 – UTC] < 0.9 วินาที

- ณ Step เวลาของ ๑ มกราคม ค.ศ.๑๙๗๒ จะได้สูตรความสัมพันธ์ระหว่าง UTC ใหม่ กับ UTC เก่าดังนี้

$$\text{UTC (new)} - \text{UTC (old)} = -0.10775800$$

หน่วยงานชื่อ “The International Earth Rotation Service : IERS” ซึ่งเป็นหน่วยงานที่รับผิดชอบคำนวนเวลา UT1 เป็นผู้รับผิดชอบตัดสินใจประกาศว่าเมื่อใดจะปรับ Step เวลาของ UTC IERS ได้ประกาศปรับ Step เวลาของ UTC (๑ วินาที) ครั้งล่าสุดเมื่อวันที่ ๑ มกราคม พ.ศ.๒๕๕๒ (ค.ศ.๒๐๐๙) มีผลให้ตั้งแต่วันที่ ๑ มกราคม พ.ศ.๒๕๕๒ ถึงปัจจุบัน (๓๐ ธันวาคม พ.ศ.๒๕๕๒) เวลา UTC ต่างจาก TAI ๓๔ วินาที

ปัจจุบัน Step เวลาที่มีค่าเป็นจำนวนเต็มของวินาที (ไม่มีเศษวินาที) ที่เรียกว่า “Leap seconds” นั้นจะมีปรากฏขึ้นทุกปีตั้งแต่ปี ค.ศ.๑๙๗๒ เป็นต้นมา และที่สำคัญที่ต้องจำไว้คือปัจจุบันผลต่างของ TAI กับ UTC หรือ (TAI - UTC) จะมีค่าเป็นจำนวนเต็มของวินาทีเท่านั้น (ไม่มีเศษของวินาทีรวมอยู่ด้วย)

ปัจจุบัน UTC เป็นเวลาที่ใช้เป็นพื้นฐานในการกระจาย (Distribution) ลัญญาณเวลาของห้องปฏิบัติการเวลาทั่วโลก

๒.๕ ระบบเวลาอื่นๆ

๒.๕.๑ ระบบเวลาจีพีเอส (GPS Time System)

ระบบดาวเทียมจีพีเอส (Global Positioning System : GPS) เป็นระบบหาตำแหน่งที่ทางการทหารของกระทรวงกลาโหมสหราชอาณาจักร เป็นระบบที่ใช้คลื่นวิทยุในการหาตำแหน่งที่ โดยใช้ดาวเทียมเป็นฐานโดยฟ้าในการส่งคลื่นวิทยุ

ระบบเวลาจีพีเอส เป็นระบบเวลาที่ใช้กับระบบการทำงานทั่วหมดของระบบดาวเทียมจีพีเอส ตั้งแต่การควบคุมดาวเทียมให้อยู่ในตำแหน่งในวงโคจร การควบคุมการส่งลัญญาณดาวเทียมมายังพื้นโลก และอื่นๆ

ระบบดาวเทียมจีพีเอส ได้วัสดุการพัฒนาต่อจากระบบดาวเทียมทรานสิทหรือดอปเลอร์ (Transit or Doppler) เมื่อปี พ.ศ.๒๕๑๕ และเริ่มส่งดาวเทียมขึ้นสู่วงโคจรเมื่อปี พ.ศ.๒๕๒๑

ลักษณะสำคัญของดาวเทียมจีพีเอสแต่ละดวง มีดังนี้



- อายุการใช้งาน	๓๙.๕	ปี
- น้ำหนักในวงโคจร	๔๗๕	กก.
- มีแรงรับพลังงานแสงอาทิตย์รวมพื้นที่	๓๙.๒	ตร.ม.
- มีแบตเตอรี่เก็บพลังงานแสงอาทิตย์แบบ Nickle-Cadmium	๓	ลูก
- มีนาฬิกาอะตอม (รูบิเดียม ๒ เรือน และ ซีเซียม ๒ เรือน)	๔	เรือน
- มีรายอาภารลังัญญาณย่านความถี่วิทยุมายังโลก		

ลักษณะของระบบดาวเทียมจีพีเอส มิตันี้



- วงศ์คลื่นสูง	๒๐,๒๐๐	กม.
- เดิมมีดาวเทียมทั้งหมด	๒๔	ดวง
(ปัจจุบันมีมากกว่า ๒๔ ดวง)		
- มีดาวเทียมวงโคจรลະ	๔	ดวง
(ปัจจุบันแต่ละวงโคจรมีมากกว่า ๔ ดวง)		
- เวลาโคจรรอบโลกของดาวเทียมแต่ละดวง	๑๒	ชั่วโมง
- หมุนเวียนของพื้นดวงโคจรแต่ละวงกับพื้นศูนย์ลู่ตราช่องโลก	๔๕	องศา

ลักษณะหลักที่ดาวเทียมจีพีเอสแต่ละดวงส่งมายังโลก ประกอบด้วย

- คลื่น파ห์ L1 ความถี่ 1575.42 MHz ความยาวคลื่น 19 ซม.
- คลื่น파ห์ L2 ความถี่ 1227.60 MHz ความยาวคลื่น 21 ซม.
- รหัส P ความถี่ 10.23 MHz ความยาวคลื่น 30 ม.
- รหัส S ความถี่ 1.023 MHz ความยาวคลื่น 300 ม.
- ข้อมูลเพื่อการนำร่อง (Navigational Message)

ประโยชน์ของดาวเทียมระบบจีพีเอส

ระบบดาวเทียมจีพีเอส มีประโยชน์หลัก ๓ ด้าน คือ

- ๑) ด้านการนำร่อง (Navigation)
- ๒) ด้านการสำรวจแผนที่หรือด้านจีออดิชี
- ๓) ด้านการเทียบเวลาแมตตรฐาน

การใช้ระบบดาวเทียมจีพีเอลด้านการเทียบเวลามาตรฐาน

ดาวเทียมจีพีเอลทุกดวงในวงโคจรมีนาฬิกาอะตอม ๔ เรือน ดังที่กล่าวมาแล้ว นาฬิกาอะตอมเหล่านี้จะถูกหน่วยควบคุมภาคพื้นดินของระบบดาวเทียมจีพีเอล ตั้ง (Set) ให้ตรงกับเวลาอะตอมของหอดูดาวของกองทัพเรือสหรัฐฯ (U.S. Naval Observatory : USNO) อยู่ตลอดเวลา เมื่อเวลาเทียบลงสัญญาณมายังพื้นโลก จะมีข้อมูลเวลาณ เวลาที่สัญญาณถูกส่งออกจากดาวเทียมมากับสัญญาณดาวเทียม manyang เครื่องรับของผู้ใช้งานพื้นโลกด้วย เมื่อเราใช้เครื่องรับสัญญาณเวลาจากดาวเทียมจีพีเอล (GPS Time Receiver) ตั้ง ณ จุดที่ทราบค่าพิกัดแน่นอนแล้ว แล้วเปิดเครื่องรับสัญญาณจากดาวเทียมจีพีเอลอย่างน้อย ๔ ดวงในเวลาเดียวกัน เครื่องจะรับสัญญาณ คำนวณ และแสดงเวลาอะตอมตามระบบเวลาจีพีเอลร่วมด้วยเวลา UTC ของประเทศไทยให้ทราบทุก ๑ วินาที หรือเร็วกว่าด้วยความถูกต้องระดับ 1,000 nsec (10^{-9} วินาที)

เดิมห้องปฏิบัติการเวลาของประเทศไทยได้กับห้องปฏิบัติการเวลาของประเทศไทย ข้างเคียงเท่านั้น และเทียบได้เฉพาะตามเวลาที่กำหนด แต่ปัจจุบันระบบดาวเทียมจีพีเอลทำให้สามารถเทียบเวลา กันได้ทั่วโลกหรือทุกจุดของโลก และเทียบเวลา กันได้ทุกเวลาที่ต้องการ รวมทั้งได้ความถูกต้องสูงมาก ปัจจุบันการเทียบเวลาด้วยดาวเทียมระบบจีพีเอลจึงได้รับความนิยมมากที่สุด และกลายเป็นระบบเทียบเวลามาตรฐานของโลกไปแล้ว

๒.๕.๒ ระบบเวลาจันทรคติ

ระบบเวลาจันทรคติใช้ดวงจันทร์เป็นสิ่งอ้างอิงในการนับเวลา ซึ่งมีการพัฒนาสืบเนื่องมาตั้งแต่สมัยโบราณ คนในสมัยก่อนจะลังเกตดูดวงจันทร์มีและสว่างไม่เท่ากัน จะเปลี่ยนแปลงไปเรื่อยๆ จนครบ ๑ รอบ ประมาณ ๒๙ - ๓๐ วัน ก็จะเหมือนเดิมอีกรึหนึ่ง จึงเริ่มต้นนับช่วงเวลาตั้งแต่ดวงจันทร์เริ่มสว่างขึ้น เป็น ๑ ค่ำ ๑ ขึ้น ๒ ค่ำ ๑ ขึ้น ๓ ค่ำ และสว่างเต็มดวงเมื่อขึ้น ๑๕ ค่ำ (วันเพ็ญ) จากนั้นดวงจันทร์จะค่อยๆ มืดลงเป็นแรม ๑ ค่ำ แรม ๒ ค่ำ แรม ๓ ค่ำ และดวงจันทร์จะมีดลนิทเมื่อแรม ๑๔ - ๑๕ ค่ำ (วันเดือนดับ) แล้วก็จะเริ่มค่อยๆ สว่างขึ้นอีก เริ่มต้น นับขึ้น ๑ ค่ำต่อไปเช่นนี้เรื่อยๆ

ต่อมานbsp;ก็พบว่าการที่ดวงจันทร์สว่าง - มีดันน์ เกิดจากการที่ดวงจันทร์หมุนรอบโลก ๑ รอบ จะใช้เวลาประมาณ ๒๙ วันหรือ ๒๙.๕ วัน เดือนทางจันทรคติจึงมี ๒๙ วันบ้าง ๓๐ วันบ้าง จึงกำหนดให้ **เดือนคี่** คือเดือนอ้าย (เดือนที่ ๑) เดือนสาม เดือนห้า เดือนเจ็ด เดือนเก้า และเดือนสิบเอ็ด มี ๒๙ วัน (เริ่มนับตั้งแต่วันขึ้น ๑ ค่ำ ถึงวันแรม ๑๔ ค่ำ) และเรียกว่า “**เดือนขาด**” **เดือนคู่** คือ เดือนยี่ (เดือนที่สอง) เดือนสี่ (เดือนที่สี่) เดือนหก เดือนแปด เดือนสิบ และเดือนสิบสอง มี ๓๐ วัน (เริ่มนับตั้งแต่วันขึ้น ๑ ค่ำ ถึงวันแรม ๑๕ ค่ำ) และเรียกว่า “**เดือนถ้วน**” ทำให้ ๑ ปีจันทรคติมี ๑๒ เดือน หรือ ๓๕๔ วัน

การนับเดือนทางจันทรคติ เริ่มตั้งแต่เดือน ๕ หรือ เมษาฯ เป็นเดือนแรก เพราะถือเป็นเดือนขึ้นต้นปีใหม่ มีประเพณีสงกรานต์ เมื่อสิ้นสุดสงกรานต์แล้วก็เฉลิมศกขึ้นปีใหม่ มีการลำดับหมายเลขเดือนและซื้อเดือนดังนี้

เดือนห้า	เรียกว่า จิตราษ	ตรงกับ เมษาฯ
เดือนหก	เรียกว่า วิสาขมาส	ตรงกับ พฤษภาคม
เดือนเจ็ด	เรียกว่า เชษฐามาส	ตรงกับ มิถุนายน
เดือนแปด	เรียกว่า บูรพาชาต	ตรงกับ กรกฎาคม
เดือนแปดสองแปด หรือ เดือนแปดหลัง	เรียกว่า อุตราชากมาส	ตรงกับ กรกฎาคม
เดือนเก้า	เรียกว่า สาวนา	ตรงกับ สิงหาคม
เดือนสิบ	เรียกว่า กัตตุรบกมาส	ตรงกับ กันยายน

เดือนสิบเอ็ด	เรียกว่า อัลสุมมาส	ตรงกับ ตุลาคม
เดือนสิบสอง	เรียกว่า กิติกมาส	ตรงกับ พฤศจิกายน
เดือนอ้าย (หนึ่ง)	เรียกว่า มีคิลิมาส	ตรงกับ ธันวาคม
เดือนยี่ (สอง)	เรียกว่า บุญยมาส	ตรงกับ มกราคม
เดือนสาม	เรียกว่า มาคมมาส	ตรงกับ กุมภาพันธ์
เดือนสี่	เรียกว่า พฤษภาคม	ตรงกับ มีนาคม

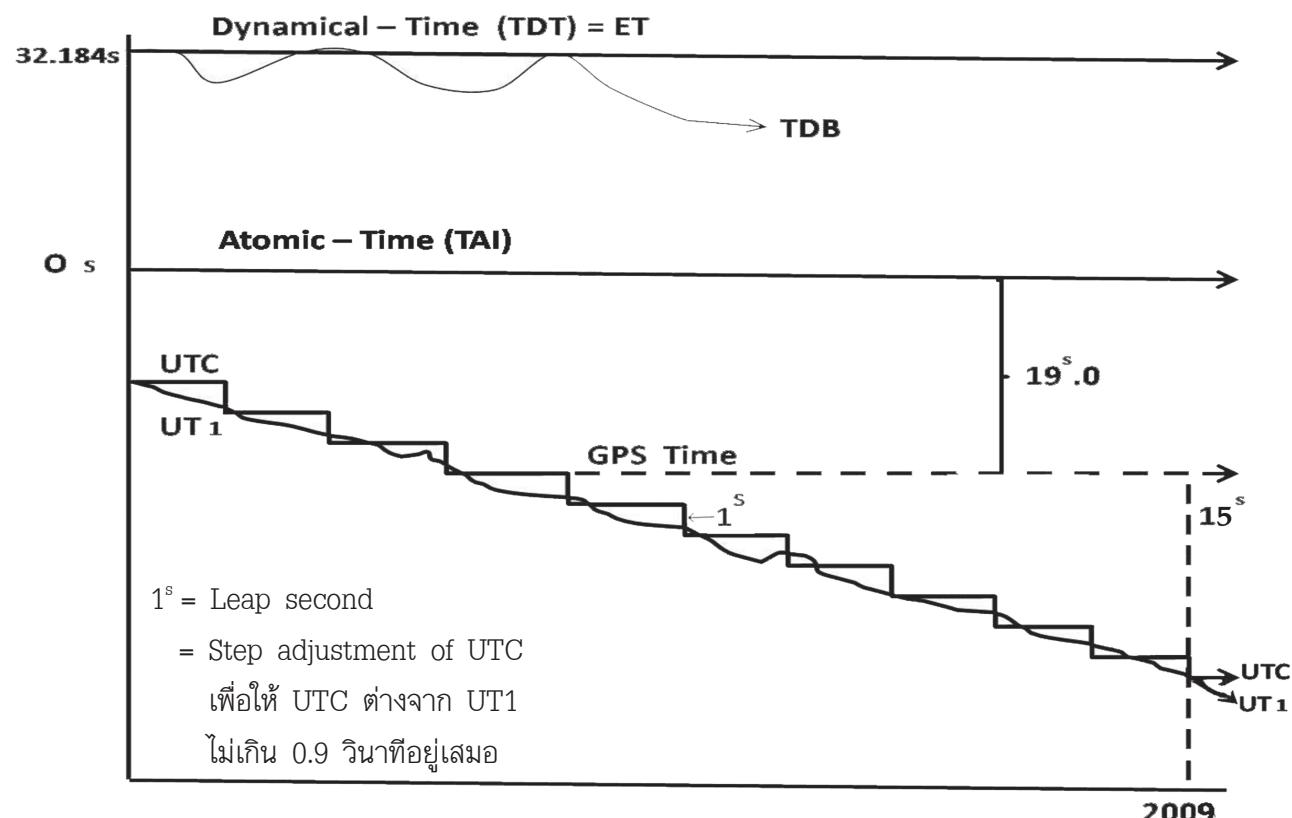
ส่วนจำนวนวันในแต่ละเดือนตามสุริยคติมี ๒๘, ๒๙, ๓๐, ๓๑ วัน คือเดือนกุมภาพันธ์ โดยปกติมี ๒๘ วัน (ในปีที่ ๔ หรือปี ค.ศ.ที่หารด้วย ๔ ลงตัว เดือนกุมภาพันธ์มี ๒๙ วัน และเรียกปีนี้ว่า “ปีอธิกสุรทิน”) เดือนที่ลงท้ายด้วย “ยน” มี ๓๐ วัน เดือนที่ลงท้ายด้วย “คุ” มี ๓๑ วัน จำนวนวันใน ๑ ปีทางสุริยคติจึงมี ๓๖๕ หรือ ๓๖๖ วัน

การที่จำนวนวันใน ๑ ปีทางจันทรคติมีน้อยกว่าสุริยคติปีละ ๑๑ วัน (๓๖๕ - ๓๖๖) ทำให้วันทางจันทรคติและสุริยคติคลาดเคลื่อนไปเรื่อยๆ ดังนั้นเพื่อให้ปีทางจันทรคติเทียบกับปีทางสุริยคติได้ ภายใน ๓ ปี จึงต้องเพิ่มเดือนทางจันทรคติอีก ๑ เดือน โดยเพิ่มขึ้นหลังเดือนที่ ๙ เรียกว่า “เดือน ๙ หลัง” ทำให้ปีทางจันทรคติในปีนั้นมี ๑๓ เดือน เรียกว่า “ปีอธิกมาส” (อ่านว่า อะ-ที-กะ-มาด) และในปีอธิกมาสนี้จะมีจำนวนวันรวม ๓๗๔ วัน

ปฏิทินในปี พ.ศ. ๒๕๕๗ เป็นปีที่มีเดือนจันทรคติ ๑๓ เดือน คือมีเดือน ๙ ส่องหน และยังเป็นปีที่เดือนกุมภาพันธ์มี ๒๙ วันด้วย ทำให้ปี พ.ศ. ๒๕๕๗ เป็นทั้งปีอธิกสุรทิน (ปีที่เดือนกุมภาพันธ์มี ๒๙ วัน) และปีอธิกมาส (ปีที่มีเดือน ๙ ส่องหน)

วันเวลาทางจันทรคติมักจะใช้ในการกำหนดวันทางศาสนา และความเชื่อมโยงกับฤกษ์ยามดี เพื่อประกอบพิธีกรรมต่างๆ เช่น วันแต่งงาน วันขึ้นบ้านใหม่ เป็นต้น

๒.๖ ภาพรวมความสัมพันธ์ของเวลาจากระบบเวลาต่างๆ กันสำคัญ



ภาพที่ ๒-๑๑ แสดงภาพรวมความล้มเหลวของเวลาจากระบบเวลาต่างๆ ที่สำคัญ

จากภาพที่ ๒- ๕ จะเห็นว่า

- TDT เป็นเวลาในระบบเวลาดินามิก ถูกใช้แทน ET และต่างจาก TAI เท่ากับ $32^{\circ}.184$ (A) คงที่ ในขณะที่ TDB เป็นเวลาที่ไม่คงที่
- TAI เป็นเวลาของatomที่ถูกต้องเที่ยงตรงลุ่งลุ่ด ถูกใช้เป็นมาตรฐานสากล เพื่อเป็นเวลาอ้างอิงหลักของเวลาในระบบเวลาอื่นๆ
- UTC เป็นตัวแทนของ TAI ที่นำมาใช้ในการดำเนินชีวิตของคนทั่วโลก โดยปรับครึ่งละ ๑ วินาที เพื่อให้ต่างจาก UT1 หรือ GMT1 ซึ่งเป็นเวลาสากลที่ได้จากระบบเวลาดูงอาทิตย์ และใช้ในการดำเนินชีวิตของคน ไม่เกิน ๐.๙ วินาทีอยู่ตลอดเวลา UTC ได้รับการปรับ Step เวลาครึ่งลั่นสุด เมื่อวันที่ ๑ มกราคม พ.ศ.๒๕๕๗ (ค.ศ.๒๐๐๘) ให้ต่างจาก TAI ๓๔ วินาที (๑๙ วินาที + ๑๕ วินาที)
- GPS Time เป็นเวลาของatomที่ใช้ในการทำงานของระบบดาวเทียมจีพีเอล ถูกรักษาให้ต่างจาก TAI ๑๙ วินาทีเสมอ ตั้งแต่วันที่ ๑ มกราคม พ.ศ. ๒๕๕๗ (ค.ศ.๒๐๐๘) ถึงปัจจุบัน (๓๑ ธันวาคม พ.ศ.๒๕๕๗) GPS Time ต่างจาก UTC ๑๕ วินาที
- UT1 หรือ GMT1 ต่างจาก UTC ไม่เกิน ๐.๙ วินาที ที่สำคัญ UT1 หรือ GMT1 หรือ GMT ที่คนทั่วไปเรียกวันนี้ เป็นคนละลิ่งกับ UTC ตามความเป็นมาที่กล่าวมาแล้ว



บทที่ ๓

การรักษาเวลาและการให้บริการเกี่ยวกับเวลา

• วัตถุประสงค์ของการรักษาเวลา

ตั้งแต่การปฏิวัติอุตสาหกรรม และยุคการล่าอาณานิคม ของมหาอำนาจ ทำให้การเดินเรือ มีความสำคัญมาก ศาสตราจักรแห่งการเดินเรือ มีหัวใจที่สำคัญคือ การรู้ตัวของเราราว่าเราอยู่ที่ไหนบนโลก (ตำบลที่เรือ) และทิศทางที่จะไปยังที่หมายได้อย่างปลอดภัย และรวดเร็ว ดังนั้นการหาตำแหน่งที่ของเรือโดยเฉพาะอย่างยิ่งเรือที่อยู่ในกลางทะเล ที่ไม่สามารถมองเห็นชายฝั่งได้เลย จึงมีความจำเป็นต้องใช้วัดถูบันทึ้งฟ้า ซึ่งได้แก่ ดวงอาทิตย์ ดวงจันทร์ ตลอดจนดวงดาวต่างๆ เป็นที่หมายในการเดินเรือ และส่วนประกอบที่สำคัญในการหาตำแหน่งของผู้ตรวจคือเวลา ณ ตำบลที่นั้น ซึ่งสามารถหาเวลา ณ ที่เรือนั้นได้ โดยการหาเวลา (Origin Time) ลัมพันธ์กับเวลา (Destination Time) ณ ท่าเรือต้นทางที่เรือเดินทางออกมามา ความแตกต่างของเวลา ณ ของตำบลที่นั้น สามารถมากำหนดเป็นค่าลงจิจูดที่ต่างกัน เวลาต่างกัน ๑ ชั่วโมง เทียบได้เท่ากับค่าลงจิจูดต่างกัน ๑๕ องศา



ภาพที่ ๓-๑ การวัดวัดถูบันทึ้งฟ้าเพื่อหาตำแหน่งที่เรือ



ภาพที่ ๓-๒ แผนที่แสดงเวลาต่างกันเป็นชั่วโมงตามพื้นที่ต่าง ๆ บนโลกโดยเทียบกับเลนนเมริเดียนที่ผ่านเมืองกรีนิช

ดังนั้น ในเรื่องของเวลาที่จะต้องล้มพันธ์กับวัตถุบนท้องฟ้าจึงมาเกี่ยวข้อง พัวมกับการเทียบเวลาของเรือต่างๆ ให้ตรงกันกับเวลาที่ทำเรือนั้น เพื่อการหาเวลาที่ล้มพันธ์ดังกล่าวจึงจำเป็นต้องมีหัวหน้างานที่รับผิดชอบในการรักษาเวลาให้เที่ยงตรงและล้มพันธ์กับประภาภูมิการณ์ทางธรรมชาติ คือการหมุนรอบตัวเองของโลก โดยการตั้งเวลาให้ตรงกับที่ทำการตรวจสอบดวงดาว และแจ้งเวลาที่เที่ยงตรงดังกล่าวให้นักเดินเรือต่างๆ ได้เทียบเวลา โดยใช้นาฬิกาที่มีความเที่ยงตรงสูง ที่เรียกว่าครอโนเมตรเป็นตัวเทียบเวลาและการเทียบเวลาดังกล่าวมักจะทำกันที่บริเวณท่าเรือที่เรือนั้นจะแล่นออกไปหรือแล่นผ่าน ซึ่งมักจะให้บริการการเทียบเวลาแก่คนต้อนเที่ยงตรง หรือป่ายโมงตรงด้วยการประกาศหรือแสดงทางทัศนลัญญาณด้วยการส่องทัศนลัญญาณเทียบเวลาด้วย ลูกบอล (Time Balls) หรือ



ด้วยลัญญาณเสียงด้วยการยิงปืนใหญ่ (Time Guns) ดังเช่น การแจ้งเวลาป่ายโมงตรง ที่เมืองกรีนิช ประเทศอังกฤษ ด้วยลูกบอล หรือการยิงปืนใหญ่บอกเวลา ที่เมืองท่าอย่องกง เป็นต้น

ภาพที่ ๓-๓ ลูกบอลลัญญาณบอกเวลาที่เมืองกรีนิช



ภาพที่ ๓-๔ การยิงปืนบอกเวลาเที่ยงตรงที่ประเทศฮ่องกง

ต่อมาเมื่อระบบวิทยุลือสารซึ่งสามารถส่งคลื่นวิทยุไปได้ในระยะไกลๆ การเทียบเวลาให้เที่ยงตรงกับการหมุนของโลก สำหรับใช้ในการหาตำแหน่งที่เรือทางด้านศาสตร์สามารถทำได้ง่ายด้วย โดยการเทียบนาฬิกาเรือกับลัญญาณเวลาที่ส่งมาทางคลื่นวิทยุ ดังนั้นสถานีที่ส่งคลื่นเทียบเวลาจึงเป็นต้องตรวจวัดเวลาให้เที่ยงตรงกับการหมุนของโลกใน ๑ รอบ ด้วยการตรวจสอบดาวหรือดวงอาทิตย์ที่ทำมุ่งสูงสุดหรือผ่านเมริเดียน แล้วจึงทำการปรับตั้งเวลาให้ตรงหลังจากตั้งเวลาให้ตรงแล้วก็ส่งลัญญาณเวลากระจายออกไปยังเรือต่างๆ เพื่อทำการเทียบเวลาได้ การดำเนินการเช่นนี้ประเทศมหาอำนาจทางการคามนาคมทางทะเลจึงได้จัดตั้งหน่วยงานรับผิดชอบการรักษาเวลาและการให้เทียบเวลาขึ้น

จวบจนปัจจุบัน การเทียบเวลา เพื่อให้ตรงกับเวลาธรรมชาติ ตลอดจนการใช้เวลาในการกำหนดการต่างๆ ที่มีความจำเป็นต้องให้พร้อมเพียงกัน ยังมีความสำคัญอย่างสูง และมีวัฒนาการด้านเทคโนโลยีในการรักษาเวลา

การเทียบเวลา การให้บริการเวลา ตลอดจนการรักษาความยาวนานของเวลาให้เท่ากัน และมีรายละเอียดความคลาดเคลื่อนสูงมากกว่า ๑ ใน ๑,๐๐๐,๐๐๐ ของวินาที

• หน่วยงานที่ดำเนินการกำหนดมาตรฐาน

The International Bureau of Weights and Measures (Bureau International des Poids et Mesures : BIPM)

BIPM ถูกตั้งขึ้นมาจากการอนุสัญญาฯด้วยการวัด (The Metre Convention) โดยมีประเทศเข้าร่วมลงนามจำนวน ๔๙ ประเทศ เมื่อ ๒๐ พฤษภาคม พ.ศ.๒๔๑๔ ซึ่งได้มีมติให้จัดตั้งองค์กรขึ้น ๓ องค์กร สำหรับรับผิดชอบในการรักษามาตรฐานชั้น ดวง วัด ต่างๆ ในระบบเมตริก และเป็นที่รู้จักในเวลานั้นว่า La Convention du Metre หรือ The Treaty of the Meter ต่อมาในปี พ.ศ.๒๕๖๔ มีการปรับปรุงอนุสัญญานี้ จนถึงปี พ.ศ.๒๕๐๓ ระบบการชั้น ดวง วัด โดยใช้หน่วยในการวัดด้วยระบบเมตริกได้เป็นที่ยอมรับทั่วไป และได้กำหนดชื่อใหม่เป็น International System of Units (Le Systeme International D'unités ในภาษาฝรั่งเศส) หรือที่เรารู้จักกันดีในปัจจุบันในนามระบบ SI นั้นเอง องค์กรทั้ง ๓ ดังกล่าว คือ

International Bureau of Weights and Measures (Bureau International des Poids et Mesures ในภาษาฝรั่งเศส) หรือ BIPM - an International Metrology Centre at Pavillon de Breteuil in Sevres ประเทศฝรั่งเศส

General Conference on Weights and Measures (Conference Generale des Poids et Mesures ในภาษาฝรั่งเศส) หรือ CGPM ซึ่งจัดประชุมผู้แทนจากประเทศสมาชิกทั้งหมดทุกๆ ๔ - ๖ ปี

International Committee for Weights and Measures (Comite International des Poids et Mesures ในภาษาฝรั่งเศส) หรือ CIPM เป็นคณะกรรมการที่มีการจัดประชุมที่ BIPM เป็นประจำทุกปี - an administrative

International Bureau of Weights and Measures หรือ Bureau International des Poids et Mesures (BIPM) เป็น ๑ ใน ๓ องค์กรหลักที่มีความรับผิดชอบในการรักษามาตรฐานสากลของโลก โดยดำเนินการในห้องปฏิบัติการของตนเอง และร่วมกับห้องปฏิบัติการต่างๆ ของสถาบันมาตรฐานวิทยาแห่งชาติ ของชาติสมาชิกทั่วโลก ซึ่งเวลามาตรฐานสากลก็เป็นมาตรฐานการวัดตัวหนึ่งที่ BIPM ที่รับผิดชอบรักษาเวลาของโลกให้ถูกต้องสอดคล้องกันโดยต้องมีความสอดคล้องกัน ๒ เรื่องคือ ความสอดคล้องกันของการอ้างอิงเวลา และความสอดคล้องกันของหน่วยเวลา (ความยาวนานของเวลาที่เท่ากันในหน่วยที่ได้กำหนดนั้น)



ภาพที่ ๓-๕ ที่ทำการ BIPM กรุงปารีส ประเทศฝรั่งเศส

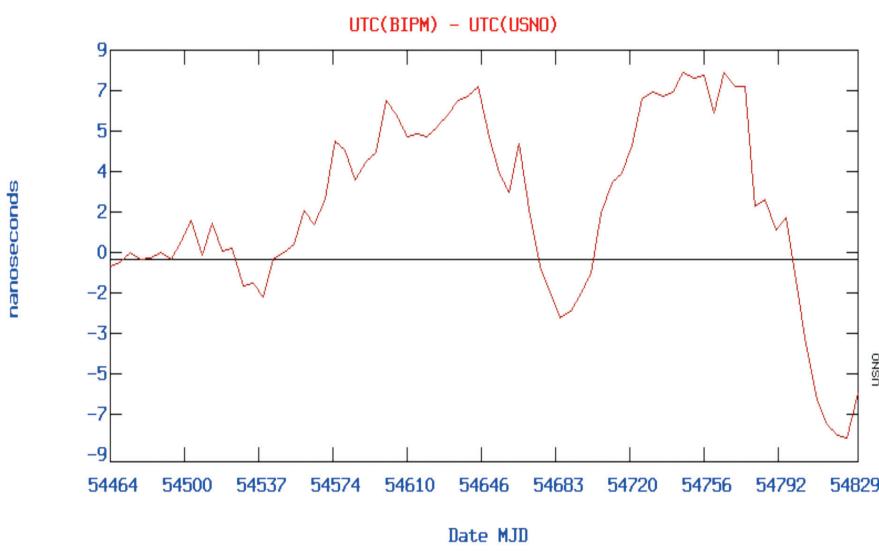
การรักษาความถูกต้องของ BIPM

การอ้างอิงเวลาจะใช้ International Atomic Time (TAI) เวลา TAI จะวัดจากนาฬิกาต่างๆ จำนวน ๒๕๐ เรือน จากห้องปฏิบัติการ ๕๐ แห่งทั่วโลก TAI เป็นเวลาที่เดินอย่างสม่ำเสมอจากนาฬิกาประมาณู ซึ่งขาดความสอดคล้องกันกับเวลาที่ใช้งานในชีวิตประจำวัน ซึ่งอ้างอิงจากการหมุนรอบตัวเองของโลก นาฬิกาที่ใช้ในการคำนวณ TAI ส่วนใหญ่เป็นนาฬิกาซีซีเมมที่ใช้ในเชิงพาณิชย์ซึ่งมีความเที่ยงตรงสูงพอสำหรับการประยุกต์ใช้งานโดยทั่วไป อย่างไรก็ตาม นาฬิกาซีซีเมมบางเรือน มีความไม่แน่นอนในการวัดอยู่ที่ไม่เกินคิวโคลินาที่ นาฬิกาประมาณูรุ่นต่อๆ ไป จะยิ่งมีความเที่ยงตรงดีกว่าปัจจุบันมาก สำหรับความเที่ยงตรงของหน่วยเวลาจะวัดจากห้องปฏิบัติการบางแห่งที่มีนาฬิกาซีซีเมมปลอมภัยที่มีมาตรฐานสูงมากเท่านั้น

การดำเนินงานที่เกี่ยวข้องกับเวลาดำเนินการโดย Time, Frequency and Gravimetry Section ซึ่งเป็นผู้รับข้อมูล รวบรวม วิเคราะห์ และคำนวณค่าเฉลี่ยของนาฬิกาในห้องปฏิบัติการต่างๆ เพื่อกำหนดเวลาอ้างอิงอย่างเป็นทางการหนึ่งเดียว คือ Coordinated Universal Time (UTC) เวลาสากล UTC จะปรับให้มีหน่วยรินาทีตรงกันกับ TAI เป็นระยะๆ โดยขึ้นอยู่กับอัตราการหมุนรอบตัวเองของโลก ซึ่ง International Earth Rotation Service (IERS) จะประกาศใน Bulletin C เมื่อเวลา UTC ต่าง UT0 ซึ่งกำหนดเวลาจากการหมุนรอบตัวเองของโลก ๐.๙ วินาที เป็นที่รู้จักกันในนาม Leap Second



ภาพที่ ๓-๖ ที่ตั้งของห้องปฏิบัติการต่างๆ ที่ลงข้อมูลเวลาให้ BIPM ใช้ในการคำนวณ TAI

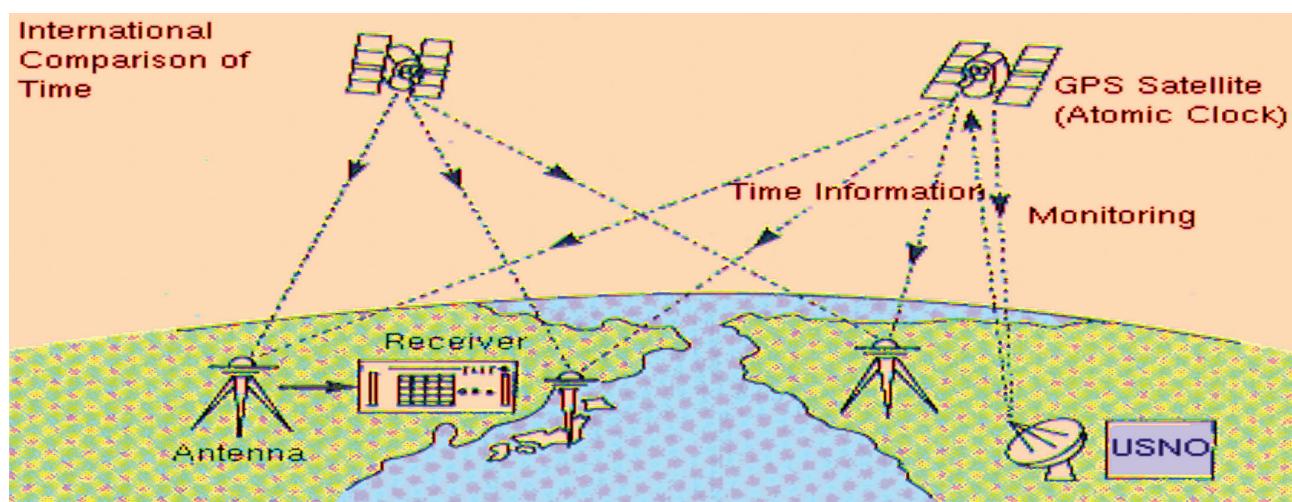


ภาพที่ ๓-๗ กราฟแสดงผลต่างจาก การเทียบเวลาของนาฬิกาของหน่วยงานต่างๆ

BIPM จะประกาศเวลา TAI และ UTC ใน Circular T เป็นประจำทุกเดือน และ ทุกๆปี จะรายงานผลการเก็บข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล และข้อมูลอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับเวลา รวมทั้งเทคนิคใหม่ๆ ในการเทียบเวลาใน BIPM Annual Report on Time Activities งานอื่นๆ ของ Time, Frequency and Gravimetry Section รวมถึงการปรับปรุงอัลกอริธึม ในการคำนวนต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับเวลา และพัฒนาวิธีการเทียบเวลาใหม่ๆ อีกด้วย

การเทียบเวลาของ BIPM

การเทียบเวลาระหว่างนาฬิกาประมาณเพื่อนำมาเป็นข้อมูลในการคำนวน TAI ดำเนินการโดย ใช้ประโยชน์จากดาวเทียม Global Positioning System (GPS) และโดยวิธี Two-Way Satellite Time and Frequency Transfer (TWSTFT) การประยุกต์ใช้เทคนิค GPS Common-view C/A-code (GPS-CV) และ TWSTFT ร่วมกับ การประดิษฐ์นาฬิกาซึ่งมีราคาไม่สูงมากนัก ผลงานให้ความเที่ยงตรงของการรักษาเวลามาตรฐานสากล สูงกว่า เมื่อ ๒๐ ปีที่ผ่านมาเกือบ ๑๐๐ เท่าและจะยังคงขึ้นเมื่อ Multichannel GPS-CV เป็นที่แพร่หลายมากขึ้น



ภาพที่ ๓-๔ การใช้ระบบ GPS ในการเทียบเวลา UTC ระหว่างหน่วยงานที่รับผิดชอบเรื่องเวลา

BIPM Time, Frequency and Gravimetry Section ยังเป็นผู้ปรับแก้ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับการเทียบเวลาซึ่งใช้เป็นข้อมูลในการคำนวน TAI การจัดทำรายงาน Rapports BIPM ซึ่งมีข้อมูลการปรับแก้อัตราพิดทางเวลาของหน่วยงานที่รักษาเวลาต่างๆ และการเผยแพร่ข้อมูล International GPS Tracking Schedules ซึ่งเป็นกำหนดการที่สามารถเทียบเวลาด้วยวิธี GPS-CV ทุกๆ ๖ เดือน รวมทั้งข้อมูลต่างๆ เพื่อให้สามารถเชื่อมโยงการเทียบเวลาได้อีกด้วย



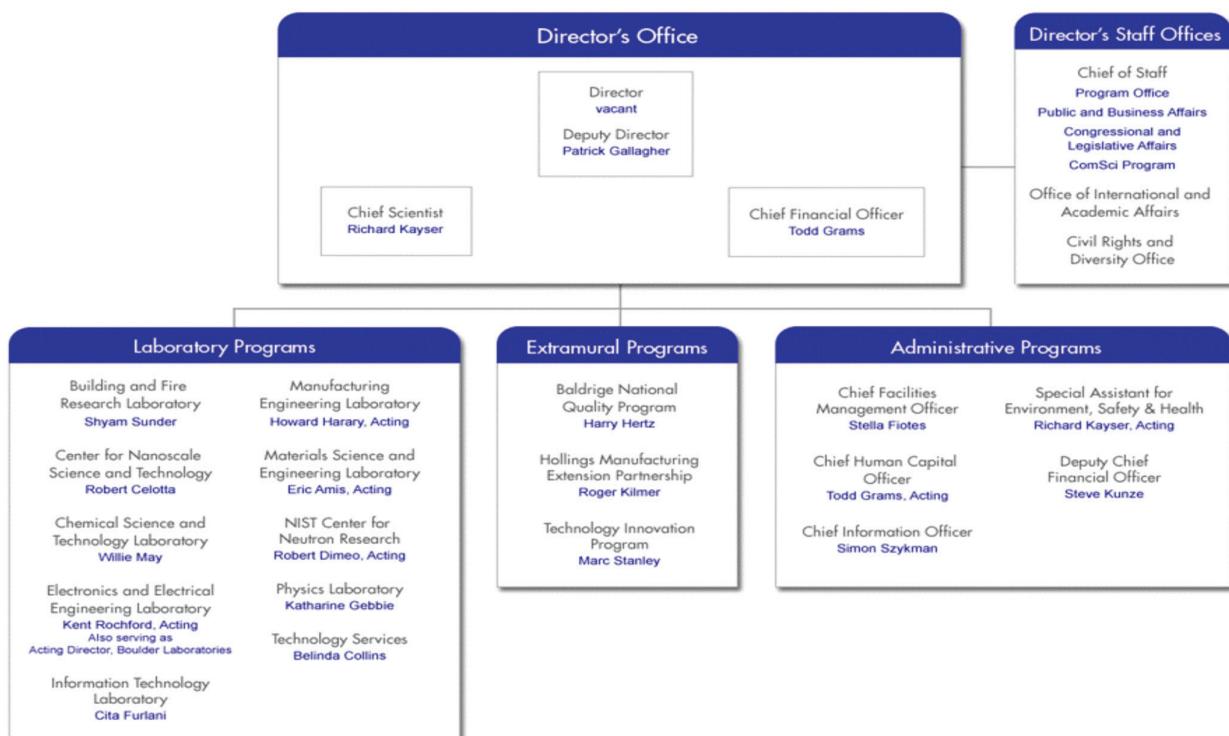
ภาพที่ ๓-๕ เครื่อง
เทียบเวลาผ่านระบบ
GPS

National Institute of Standards and Technology (NIST)

National Institute of Standards and Technology (NIST) แต่เดิมเรียกว่า National Bureau of Standards (NBS) ตั้งขึ้นเมื่อ พ.ศ.๒๔๘๔ เป็นหน่วยงานทางเทคนิคของสหรัฐอเมริกา ที่รับผิดชอบในการสนับสนุนความก้าวหน้า และการสร้างนวัตกรรมทางอุตสาหกรรม โดยสร้างมาตรฐานทางวิทยาศาสตร์ในด้านการวัด การกำหนดมาตรฐานต่างๆ พัฒนาเทคโนโลยี เพื่อเสริมสร้างความมั่นคงทางเศรษฐกิจ และคุณภาพชีวิตที่ดี ซึ่งงานด้านเวลา มาตรฐานก็ถือว่าเป็นงานที่สำคัญงานหนึ่งของ NIST โดยมีภารกิจดังนี้

- รักษาระบบความถี่มาตรฐานหลักของสหรัฐฯ (Maintaining the Primary Frequency Standard for the United States)

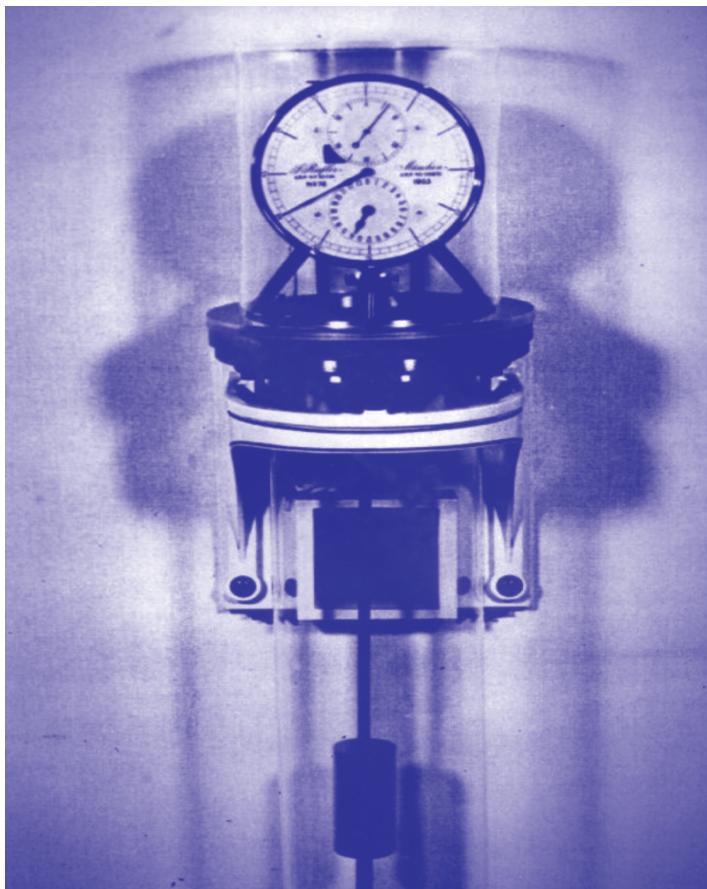
- พัฒนา และดำเนินการด้านความถี่ และ เวลา มาตรฐาน
- ร่วมกับหน่วยงานรักษามาตรฐานอื่นๆ ของโลกในงานด้านมาตรฐานความถี่
- ให้บริการด้านความถี่และเวลา มาตรฐานของสหรัฐอเมริกา
- ดำเนินการวิจัยเพื่อพัฒนางานด้านมาตรฐานและการบริการ



ภาพที่ ๓-๑๐ แผนผังการจัดองค์กรของ NIST

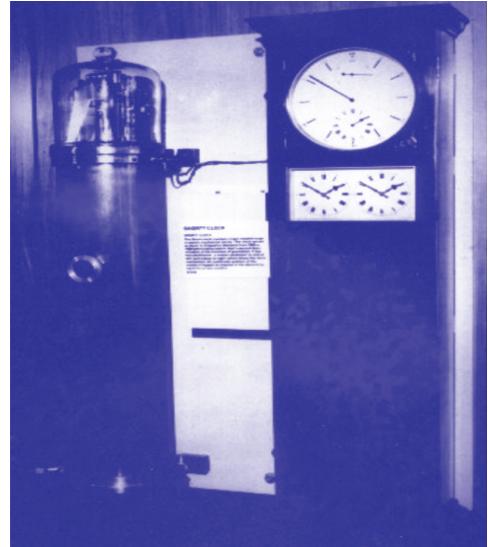
งานรักษาเวลา มาตรฐานของ NIST

เมื่อ NIST เริ่มงานด้านเวลาและความถี่ โดย Weights and Measures Section ใน Washington ภารกิจแรกคือ การทดลองนาฬิกา และ เครื่องมือรักษาเวลาอื่นๆ จึงได้มีการจัดทำนาฬิกา Riefler Clock จาก Clemens Riefler ซึ่งเป็นนาฬิกาแบบเพนดูลัมที่มีความเสถียรสูงจากประเทศเยอรมันในปี พ.ศ.๒๔๘๗ นาฬิกา Riefler Clock เป็นนาฬิกามาตรฐานในการรักษาเวลาถึง พ.ศ.๒๕๓๗ จึงเปลี่ยนไปใช้นาฬิกา Short Clock ซึ่งเป็นเพนดูลัมคู่ พัฒนาโดย Edinburgh Observatory and Fabricated ตั้งอยู่ในกรุงลอนדון ประเทศอังกฤษ และใช้สืบเนื่องจนเปลี่ยนเป็นนาฬิการะบบอิเล็กทรอนิกส์ เหตุที่ NIST เริ่มเกี่ยวข้องกับวิธีการวัดเวลาและความถี่ทางอิเล็กทรอนิกส์ มาจากปัญหาในการกระจายลัญญาณวิทยุ



ภาพที่ ๓-๑๑ Riefler Clock

ภาพที่ ๓-๑๒ Short Clock



ภาพที่ ๓-๑๓ นาฬิกาอะตอม

ในยุคแรกๆ ของสหัสฯ การออกแบบทางพาณิชย์ในยุคบุกเบิกมักประสบปัญหา การออกแบบให้ตรงกับความต้องการ เนื่องจากยังขาดมาตรฐานทางด้านความถี่ ซึ่งผลักดันให้ NBS พัฒนา Inductance-capacitance Waveometers และ มาตรฐาน Quartz-Crystal Frequency Standards ในเวลาต่อมา เพื่อให้สามารถตอบสนองต่อความต้องการทางพาณิชย์ได้ NIST จึงออกแบบลัญญาณความถี่ทางวิทยุ ในพ.ศ.๒๕๑๖ ซึ่งยังคงดำเนินการต่อเนื่องมาจนถึงปัจจุบัน

การแพร่ความถี่ทางวิทยุเริ่มจากสถานีทางฝั่งตะวันออกและในภายหลังดำเนินการที่ มวลรัฐโคโลราโด ตั้งมาใน พ.ศ. ๒๕๔๓ สภากองเกรล ตระหนักถึงความสำคัญของกิจกรรมนี้ จึงกำหนดภารกิจกระจายลัญญาณวิทยุในงานความถี่มาตรฐานให้ NIST ด้วย



ภาพที่ ๓-๑๔ สถานีออกอากาศสัญญาณเวลาของ NIST

ปัจจุบัน NIST ออกอากาศจากสถานี WWV และ WWVB ตั้งอยู่ทางเหนือของ ฟอร์ต คอลลิน มลรัฐโคโลราโด และจากสถานี WWVH ณ เกาะ Kauai มลรัฐ Hawaian การย้ายสถานี WWV และ WWVB จากชายฝั่งตะวันออกมาอย่างที่ตั้งปัจจุบันดำเนินการเสร็จสิ้นใน พ.ศ.๒๕๐๙

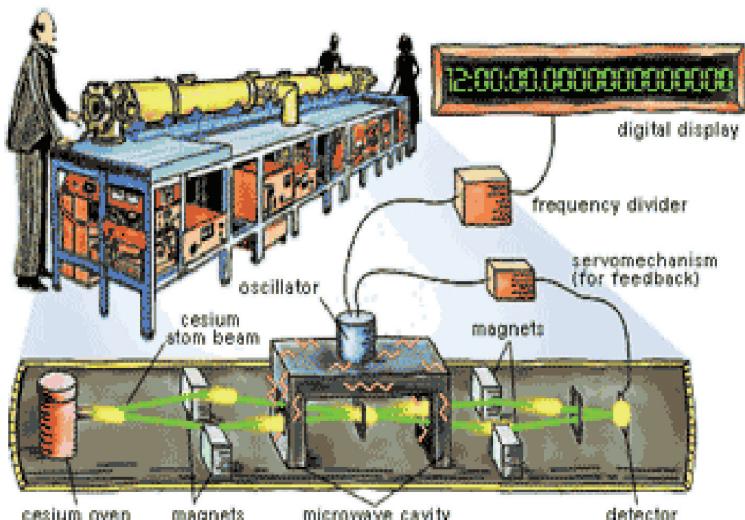
จากความก้าวหน้าทางเทคนิคและความเริ่มต้นของงานด้านมาตรฐานความถี่และเวลา เป็นเวลาหลายๆ ปี NIST จึงมีการปรับโครงสร้างโดยย้ายงานด้านนี้จากเดิม ที่ Weights and Measures Section ภายใต้การกำกับดูแลของ Electricity Division ย้ายไปยัง Radio Laboratory ในกรุงวอชิงตันดีซี และในที่สุด พ.ศ.๒๕๔๗ ย้ายไปยัง Boulder Laboratories มลรัฐโคโลราโด ภายใต้การกำกับดูแลของ Time and Frequency Section of the Radio Standards Laboratory จึงยกระดับเป็น Time and Frequency Division ใน พ.ศ.๒๕๑๐ เป็นต้นมา



ภาพที่ ๓-๑๕ ห้องปฏิบัติการ NIST เมือง Boulder มลรัฐโคโลราโด

นาฬิกาประมวล

เมื่อกล่าวถึง นาฬิกา พิงตระหนักว่า เวลา และความถี่ เป็นเรื่องการวัดลึกลับที่ล้มพ้นกันอย่างแยกกันไม่ได้เดิมเราใช้การแก่วงของตุ้มเพนดูลัมบอกรเวลาในนาฬิกาเพนดูลัม ในทำนองเดียวกัน เราใช้การแก่วงของตุ้มเพนดูลัมกำหนดความถี่เครื่องรักษาความถี่เพนดูลัม งานหนึ่งที่ NIST มีส่วนอย่างมาก และ เป็นพัฒนาการที่สำคัญในการรักษาเวลาตามมาตรฐานสมัยใหม่คือ การพัฒนานาฬิกาประมวลเรือนแรกๆ ในปี พ.ศ.๒๕๔๗ เป็นที่เชื่อว่า นาฬิกาซีเซียมที่ใช้พื้นฐานการกำหนดความถี่โดยอาศัยบีบีของอะตอมซีเซียม เป็นเทคนิคที่ดีที่สุดในการสร้างนาฬิกาประมวล ดังนั้น เครื่องกำหนดความถี่มาตรฐานประมวล ณ เครื่องแรก ของ NIST จึงสำคัญหลักการนี้



ภาพที่ ๓-๑๖ นาฬิกาประมวล

ใช้สนามแม่เหล็กกักไก้อนที่อุณหภูมิใกล้ศูนย์ล้มบูรณาเวกับการกระตุ้นสถานะ เลเซอร์ ซึ่งมีคายภาพในการให้ความเที่ยงตรงติดกับเทคนิคที่ใช้ในปัจจุบันถึง ๑.๐๐๐ เท่า

จากพัฒนาการที่เป็นไปในทางเดียวกันของห้องปฏิบัติการมาตรฐานด้านเวลาและความถี่ที่ก้าวหน้าหลายแห่ง ได้ข้อสรุปที่คล้ายคลึงกัน ผลให้มีการกำหนดนิยามของวินาทีใหม่ โดยใช้การเปลี่ยนสถานะของอะตอมซีเซียมเป็นหลัก หลังจากนั้นเป็นเวลาประมาณ ๕๐ ปี ความเที่ยงตรงของงานเวลา มาตรฐานพัฒนาอย่างรวดเร็วโดยมีความเที่ยงตรงดีขึ้น ๑๐ เท่าทุกๆ ๑๐ ปี โดยประมาณ สำหรับมาตรฐานปัจจุบัน NIST-F1 มีความเที่ยงตรงดีกว่า ๑ วินาที ต่อ ๓๐ ล้านปี หรือ ๑ ใน พันล้านๆ ส่วน นอกจากนี้ NIST อยู่ระหว่างการพัฒนาอุปกรณ์กำหนดความถี่ โดย

การเทียบเวลาของ NIST

พัฒนาการที่ NIST ดำเนินการควบคู่กับการรักษาความเที่ยงตรงของเวลา คือการเทียบเวลาระหว่างเครื่องรักษาความถี่มาตรฐาน หรือนาฬิกา ๒ เรือนที่ตั้งอยู่ในสถานที่ซึ่งห่างกันมาก โดยยังสามารถความถูกต้องไว้ได้หากปราศจากการลามารถดังกล่าว การรักษาเวลาตามมาตรฐานจะไม่มีความหมาย เนื่องจากขาดความสามารถในการกำหนดเวลาสากลร่วมกันได้ NIST พัฒนาการเทียบเวลาที่มีความเที่ยงตรงสูงผ่านดาวเทียมได้สำเร็จเป็นครั้งแรกในราบทศวรรษที่ ๑๙๘๐ เทคนิคดังกล่าวเป็นที่รู้จักกันดีในนาม GPS Common-View Time Transfer ซึ่งเป็นวิธีการเทียบเวลาตามมาตรฐานในปัจจุบัน นอกจากนี้ NIST ยังใช้วิธีการเทียบเวลาที่เที่ยงตรงกว่าอีก ๒ วิธีคือ Two-Way Satellite Time Transfer และ Carrier-Phase GPS Measurements อีกด้วย

NIST ยังให้บริการปรับเวลาอัตโนมัติผ่านระบบ Internet Time Service ซึ่งกำลังได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ โดยมีการใช้บริการเทียบเวลาทางอินเตอร์เน็ต ๒๕๐๐ ล้านครั้งต่อวันในปัจจุบัน

International Earth Rotation and Reference Systems Service (IERS)

The International Earth Rotation and Reference Systems Service (IERS) หรือ International Earth Rotation Service เป็นอีกองค์กรหนึ่งที่เกี่ยวข้องกับการรักษาเวลาตามมาตรฐาน ซึ่งแต่เดิม มีหน้าที่รับผิดชอบใน

การรักษาเวลาของโลก และกรอบอ้างอิงทางเวลาที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนตัวของโลกซึ่งไม่สม่ำเสมอ ต่างจากเวลาที่อ้างอิงจากนาฬิกาปرمາณที่เที่ยงตรงมากกว่ามาก การดำเนินงานที่เกี่ยวข้องกับเรื่องดังกล่าวจะดำเนินงานผ่านกลุ่มงาน ๒ กลุ่มคือ Earth Orientation Parameter (EOP) และ International Celestial Reference System (ICRS)

IERS เริ่มดำเนินการจากการตั้งหน่วยงาน International Latitude Service (ILS) เมื่อ พ.ศ.๒๔๓๘ โดยหน่วยงานดังกล่าว เริ่มปฏิบัติงานครั้งแรกในปี พ.ศ.๒๔๔๑ เรียกมาจนถึงปี พ.ศ.๒๔๖๗ ได้ตั้งหน่วยงานที่รับผิดชอบเกี่ยวกับการทำหน้าที่ Coordinate of Universal Time (UT) เรียกว่า Bureau International de l'Heure (BIH) และในปี พ.ศ.๒๔๙๔ BIH ได้จัดตั้งหน่วยงานชื่อ Service International Rapid (SIR) ซึ่งเป็นหน่วยงานที่รวมงานประเมินการเคลื่อนตัวของโลกเข้าไว้ด้วย จนถึง พ.ศ.๒๕๐๕ ได้มีการจัดหน่วยงานขึ้นใหม่แทน ILS เรียกว่า International Polar Motion Service (IPMS) และเพิ่มงานสถานีสังเกตการณ์ต่างๆไว้ใน IPMS ด้วย จนถึงปี พ.ศ.๒๕๑๓ ได้มีการจัดตั้งโครงการ MERIT (Motion Earth Rotation and Intercompare the Techniques of Observation and Analysis) ขึ้นระหว่างการประชุม MERIT ในปี พ.ศ.๒๕๑๗ ได้มีการเสนอแนวคิดการตั้ง International Earth Rotation Service หรือ IERS ขึ้น

การจัดตั้ง IERS ดำเนินการโดยหน่วยงาน ๒ หน่วยงาน คือ International Astronomical Union และ International Union of Geodesy and Geophysics เพื่อให้ IERS ดำเนินงานแทน IPMS และ BIH ตั้งแต่ พ.ศ. ๒๕๓๐ และ IERS ได้เริ่มดำเนินงานอย่างเป็นทางการครั้งแรกเมื่อ ๑ มกราคม พ.ศ.๒๕๓๑ IERS โดยมีองค์ประกอบคือ

- Earth Orientation Section Celestial Frame Section
- Rapid Service Sub-bureau ซึ่งเปลี่ยนชื่อเป็น Sub-bureau for Rapid Service and Predictions
- VLBI, LLR, and SLR Coordinating Centres

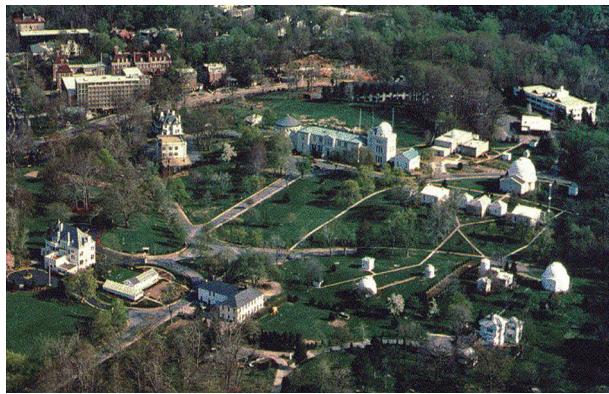
IERS ดำเนินงานเรื่อยมาจนถึงวันที่ ๑ มกราคม พ.ศ.๒๕๔๔ ได้มีการดำเนินการปรับเปลี่ยนองค์กรอีกครั้ง และในปี พ.ศ.๒๕๕๒ ได้เปลี่ยนชื่อจาก International Earth Rotation Service เป็น International Earth Rotation and Reference Systems Service ส่วนชื่อย่อหนึ่งยังคงใช้ IERS ดังเดิม

งานเวลามาตรฐานของ IERS

เนื่องจาก IERS มีหน่วยงานกระจายอยู่หลายแห่งทั่วโลก 例如 ประเทศอเมริกา ยุโรป และ ออสเตรเลีย เช่น มีสำนักงานย่อย ชื่อว่า Rapid Service and Predictions of Earth Orientation Parameters of the IERS ตั้งอยู่ที่ United States Naval Observatory (USNO) มีหน้าที่ตรวจวัดการหมุนรอบตัวเองของโลก ซึ่งมีงานส่วนหนึ่งคือ ประเมินเวลาที่เกี่ยวข้องกับการหมุนรอบตัวเองของโลก และบางส่วนก็ตั้งอยู่ที่ Paris Observatory ทั้งนี้ IERS มีหน้าที่รับผิดชอบในการประกาศ Leap Seconds ใน Bulletin C อีกด้วย เมื่อเวลา มาตรฐานของโลกต่างจากเวลาที่ใช้จากการตรวจวัดการหมุนรอบตัวเองของโลก ซึ่งเป็นไปอย่างไม่สม่ำเสมอต่างกันจนถึง ๐.๕ วินาที แล้ว IERS จะดำเนินการตีพิมพ์ Earth Orientation Data ลงใน Bulletin A และ Bulletin B (IAU1980) and (IAU2000A) ณ เวลา 0h UTC (Coordinated Universal Time) เวลาที่ใช้ใน IAU2000A Precession/nutation Model คือ TT (Terrestrial Time) UTC จะกำหนดให้เท่ากับ TAI + จำนวน Leap Seconds นับตั้งแต่ พ.ศ.๒๕๑๕ เป็นต้นมา เป็นที่ทราบกันโดยทั่วไปว่า $TT = TAI + 32.184$ วินาที ผลต่างสะสมของ TAI ตั้งแต่ พ.ศ.๒๕๑๐ อาจมากขึ้นถึง ๒๐ ไมโครวินาทีในปัจจุบัน ซึ่งสามารถลดได้ในการคำนวณตำแหน่งทางราบ แต่ต้องนำมาประกอบในการคำนวณมุ่งการหมุนรอบตัวเองของโลก และเวลา UT1 ด้วย

The United States Naval Observatory (USNO)

เป็นหน่วยงานทางวิทยาศาสตร์ที่เก่าแก่ที่สุดหน่วยงานหนึ่งของสหรัฐอเมริกา ตั้งอยู่ทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือของกรุงวอชิงตัน ดีซี และเป็นหนึ่งในหอตรวจการณ์ทางดาราศาสตร์ไม่กี่แห่ง ที่ตั้งอยู่ในเขตเมืองซึ่งมีลักษณะทางแสง เนื่องจากลมยที่ตั้ง USNO นั้น ศูนย์กลางเมืองมีขนาดเล็กและไม่มีระบบการคมนาคมเช่นในปัจจุบัน



ภาพที่ ๓-๓๙ The Official Seal of the USNO

ภาพที่ ๓-๓๔ ภาพถ่ายทางอากาศของ USNO

ประวัติ USNO

USNO เริ่มขึ้นจากประเพณีห้วงเวลา ได้ตั้งหน่วยงานชื่อ The Depot of Charts and Instruments ในปี พ.ศ.๒๓๓๓ และได้มีการออกกฎหมายจำกัดกาลเวลา ให้ตั้งเป็น ห้องเก็บการณ์แห่งชาติ ในปี พ.ศ. ๒๓๘๕ โดยมี James Melville Gilliss เป็นผู้รับผิดชอบโครงการ มีภารกิจหลักคือ รับผิดชอบ นาฬิกาโครงโนเมต์ แผนที่ เดินเรือ และอุปกรณ์การเดินเรือต่างๆ ของ กองทัพเรือสหรัฐอเมริกา

งานที่สำคัญอีกงานหนึ่งคือ การลองเทียบนาฬิกาโครงโนเมต์ โดยการวัดดาวผ่านเลนส์เมริดียน โดยมีหอดาราศาสตร์ ณ Foggy Bottom ใกล้ๆ กับอนุสาวรีย์ประธานาธิบดีลินคอล์น (Lincoln Memorial) และต่อมาได้ย้ายมาที่ตั้งปัจจุบัน คือ ที่บนยอด Observatory Hill บนถนน Massachusetts Avenue ซึ่งสถานที่แห่งนี้นับว่าเป็นพื้นที่ที่เป็นวงกลมอย่างสมบูรณ์ ในปี พ.ศ.๒๔๓๖

ผู้บังคับการ ของ USNO คนแรก คือ นาวาโท Matthew Fontaine Maury เป็นผู้กำหนดคุณลักษณะของลูกบลอบอกเวลา (Timeball) ทำโดยยางสีแดงที่ผลิตโดย Charles Goodyear สำหรับใช้งานใน U.S. Observatory ซึ่งถือว่าเป็น ลูกบลอบอกเวลาลูกแรก ของสหรัฐอเมริกา และ ลูกที่ ๑๒ ของโลก แต่เป็นลูกแรกที่ทำด้วยยางในขณะที่ลูกอื่นๆ มากทำด้วยไม้

จากที่กล่าวมาแล้วข้างต้นในสมัยที่ยังไม่มีอุปกรณ์สื่อสารที่ทันสมัย การบอกเวลาจะใช้การสังเกตลักษณะ ณ หอดูดาวทางดาราศาสตร์ ซึ่งเทียบเวลาจากการวัดวัตถุบนฟ้า หรือ สถานีที่สามารถสื่อสารกับหอดูดาวทางดาราศาสตร์ได้ เมื่อถึงเวลาเที่ยงหรือบ่ายโมง ลูกบลอบลูกปล่อยและจะถูกยกโดยระบบจักรกลเรือ หรือ ผู้ที่ต้องการตั้งเวลานาฬิกาจะสามารถตั้งเวลาได้อย่างถูกต้องโดย นับเวลา ณ ชั่วโมงที่ลูกบลอบลูกปล่อยไม่ใช่ ณ เวลาที่ตกลงพื้น ต่อมาก็จะทำการประดิษฐ์เครื่อง การรักษาเวลาจึงไม่ได้ทำเฉพาะพื้นที่ กรุงวอชิงตัน ดีซี เพ่านั้น แต่สามารถเทียบเวลาได้ในทุกรัฐทั่วประเทศ นอกจากนั้น มีการ “ขายเวลา” ให้กับผู้ดำเนินการรถไฟร่วมกับ นาฬิกาโครงโนเมต์ ของงานรถไฟเพื่อกำหนดเวลาการเดินรถต่างๆ ในสหราชอาณาจักร จนถึงต้นคริสต์ศตวรรษที่ ๒๐ การให้บริการเวลาจึงให้ Arlington Time Signal ให้บริการผ่านระบบวิทยุแทน แต่แรกที่ประธานาธิบดี John Quincy Adams ผู้ลงนามอนุมัติกฎหมายการตั้ง National Observatory ก่อนพัฒนาเล็กน้อยนั้น ท่านมีความประสงค์ให้ใช้ชื่อ National Observatory เพราะท่านเป็นผู้ที่สนับสนุนและใช้เวลาในนามค่าคืนสังเกต และทำแผนที่

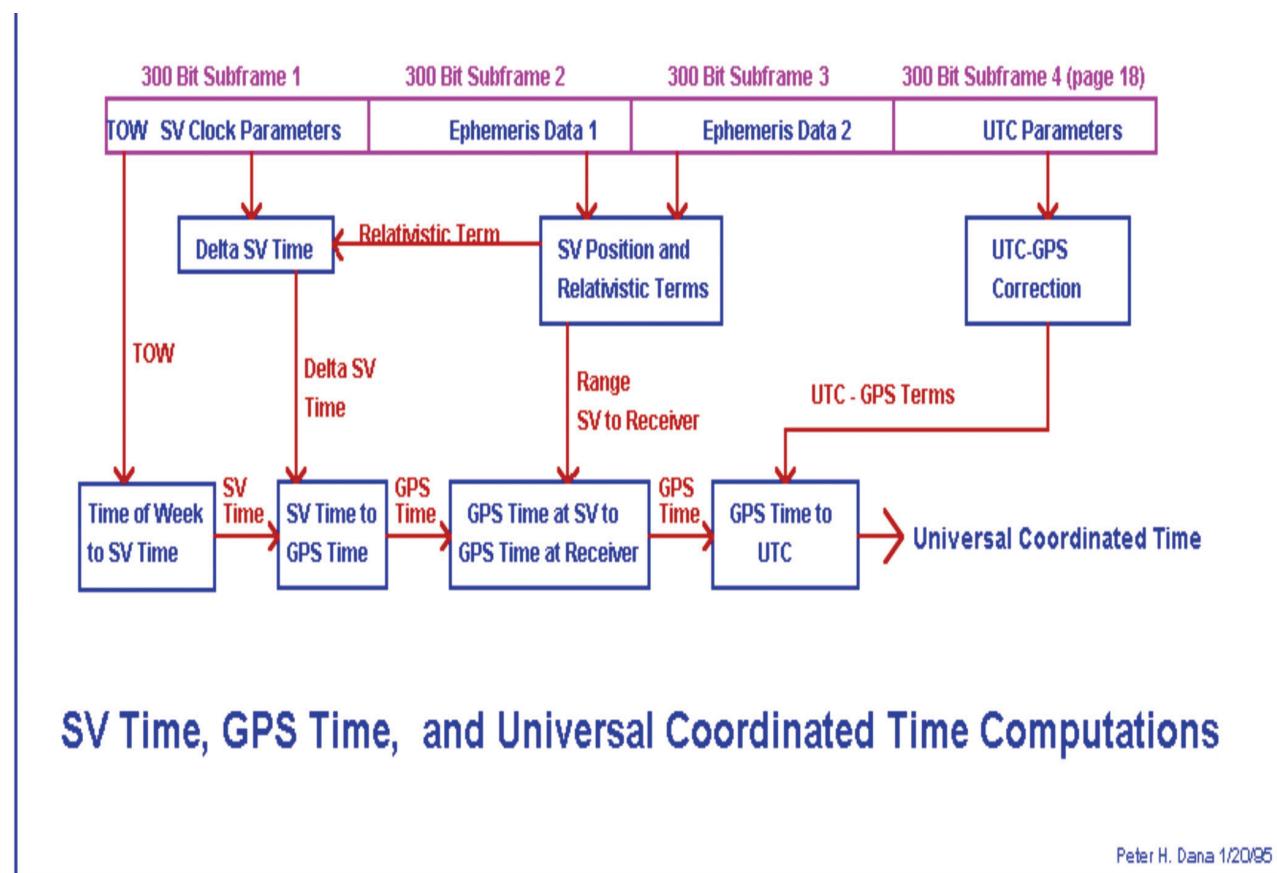
ดวงดาวที่หอดาราศาสตร์ กับ Maury เสมอๆ ซึ่งเป็นที่ทราบกันว่าการกระทำของท่าน เป็นหนึ่งในงานอดิเรกที่ท่านได้กระทำเสมอ และ National Observatory กับ Naval Observatory จึงเป็นชื่อที่ใช้เรียกกลับคู่กันประมาณ ๑๐ ปี จึงได้มีการกำหนดให้ใช้ Naval Observatory เพียงชื่อเดียว

ในเดือน พฤษภาคม พ.ศ.๒๔๔๒ The Paris Observatory ส่งัญญาณวิทยุโดยใช้หอ Eiffel Tower เป็นเสาอากาศ manyang United States Naval Observatory ซึ่งใช้เสาอากาศที่ Arlington, Virginia เพื่อหาผลต่างทางลงจิจุดของทั้ง ๒ สถานที่อย่างละเอียด

ปัจจุบัน USNO เป็นหน่วยงานหลักในการรักษาเวลาและ การตรวจวัดถูกต้องทั้งฟ้า โดยคำนวณเวลา และข้อมูลทางดาราศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการเดินเรือ และ งานพื้นฐานทางดาราศาสตร์ร่วมกับ Rutherford Appleton Laboratory และเผยแพร่ในบรรณลาร Astronomical Almanac

USNO GPS Time Transfer

USNO เป็นผู้รับผิดชอบการปฏิบัติงานของระบบ GPS ซึ่งนอกเหนือจากการเป็นเครื่องมือในการหาพิกัดและยังเป็นเครื่องมือสำคัญในการเทียบเวลาอีกด้วย เนื่องจากการหาพิกัดด้วยระบบ GPS ต้องพึ่งนาฬิกาที่มีความเที่ยงตรงสูงมาก ทั้งจากสถานีควบคุมบนพื้นโลก และบนดาวเทียม โดยดาวเทียม Block II/IIA จะมีนาฬิกาอะตอมทั้ง Caesium (Cs) และ Rubidium (Rb) อย่างละ ๒ เรือน ในขณะที่ Block IIR จะมีนาฬิกา Rubidium ๓ เรือน



ภาพที่ ๓-๑๗ ไดอะแกรม GPS Time to UTC Time

เวลา GPS กำหนดโดย เวลาพล (Composite Clock : CC) ที่คำนวณจากข้อมูลเวลา นาฬิกาของสถานีติดตาม (Monitor Station) ทั้งหมด และ นาฬิกาของดาวเทียม เดิมเวลาอ้างอิงจะใช้เวลาของสถานีติดตามสถานี

เดียว และลับจากสถานีหนึ่งไปเป็นสถานีอีกหนึ่ง ตามความต้องการ เวลา GPS เริ่มต้น ณ 0000 UT ของวันที่ ๖ มกราคม พ.ศ.๒๕๕๓ เวลา GPS ไม่ได้ปรับ Leap Seconds จึงต่างจาก UTC เป็นจำนวนเต็มวินาที หลังจาก มีการ ประภาค Leap Seconds ครั้งแรก หลัง ปีพ.ศ. ๒๕๕๓ โดยปัจจุบัน เวลา GPS นำเวลาของ UTC อยู่ ๑๕ วินาที ตั้งแต่วันที่ ๑ มกราคม พ.ศ.๒๕๕๒

นอกเหนือจาก Leap Seconds เวลา GPS แล้ว ยังมีการปรับแก้จากข้อมูลใน NAV Message ซึ่งอ้างอิง เวลาจาก Master Clock (MC) ของ USNO และ กำกับโดย UTC (USNO) ซึ่งจะปรับแก้ให้ต่างกันไม่เกิน ๑ ไมโคร วินาที แต่อย่างไรก็ตาม เวลา GPS ในระยะห่างๆ ปีที่ผ่านมาจะต่างจาก UTC (USNO) เพียงไม่กี่ร้อยนาโนวินาที เท่านั้น สำหรับเวลา UTC (USNO, MC) จะรักษาให้ใกล้เคียงกับเวลามาตรฐานสากล UTC ซึ่งรักษาโดย BIPM ให้มากที่สุด ผู้ใช้สามารถเทียบเวลา กับ UTC(USNO) ภายใน ๔๐ นาโนวินาที

การเทียบ GPS ทุกดวงจะถูกเฝ้าตรวจโดย USNO และรวบรวมข้อมูลเวลา เป็นช่วงๆ ละ ๓๔๐ วินาที ข้อมูลแต่ละดวงจะเป็นข้อมูลที่คำนวณ ณ กลางช่วงเวลา ความยาว ๑๓ นาทีเป็นเวลาที่ครอบคลุม ข่าวสาร NAV message ทั้งหมดซึ่งมีการส่งทุกๆ ๑๒.๕ นาที รวมทั้ง ข้อมูลชั้น ionosphere and UTC และบอกความแตกต่าง ระหว่าง เวลาของดาวเทียมแต่ละดวง (GPS CC) กับ USNO MC สำหรับดาวเทียม GPS Block II สามารถให้ ความถูกต้องของเวลาได้ ระดับ ๒-๒๐ นาโนวินาที RMS ค่าเฉลี่ยตลอดวันระหว่าง USNO MC กับ GPS CC ให้ความถูกต้องที่ ๔-๑๐ นาโนวินาที



ภาพที่ ๓-๒๐ แสดงเวลาจาก GPS

• บทสรุปของการรักษาเวลาทั่วไป

เวลาเริ่มมีการใช้มากขึ้นเนื่องจากเวลา มีความล้มเหลว กับการทำเวลาที่บันทึก ขณะเดียวกันเวลา ก็ ล้มเหลวอย่างยิ่ง กับการหมุนรอบตัวเองของโลก เป็นที่ทราบว่าโลกหมุนรอบตัวเองกินเวลา ๑ วัน หรือ ๒๔ ชั่วโมง การตรวจสอบว่าโลกจะหมุนรอบตัวเองครบ ๑ รอบ ณ ตำแหน่งที่นั้นๆ ได้จึงต้องใช้วัตถุบนท้องฟ้าเป็นหลัก ซึ่งนั่น ก็คือ ดวงดาว ดังนั้นการกำหนดเรื่องเวลาลดลงจากการเทียบเวลาส่วนใหญ่จะมาจากหลักดวงดาว หรือหอตรวจดาว นั่นเอง ขณะเดียวกันมนุษย์ก็ได้สร้างเครื่องจักรที่วัดและแบ่งระยะเวลาของความยาวนาน ซึ่งก็คือนาฬิกา และแบ่ง

ความนานนั้นออกเป็นส่วนๆ ย่อเป็น ชั่วโมง นาที และวินาที ดังนั้น เมื่อหอตรวจดาวตรวจการหมุนรอบตัวเอง ของโลกครบ ๑ รอบ ก็จะประภาคหรือแสดงสัญลักษณ์ให้ปรับหรือตั้งเวลาให้ตรงกับการหมุนของโลกใหม่ เรียกว่า การเทียบเวลา

ต่อมาได้มีการสร้างนาฬิกาที่สามารถแบ่งความยาวนานได้เที่ยงตรงและละเอียดขึ้น จากนาฬิกาที่เป็นลูกศูนย์ จนปัจจุบันเป็นนาฬิกาที่ใช้วัดความถืออกมาและนับจำนวนความถืออกมาได้ว่ามีความถือเท่าไรถึงจะเท่ากับความนาน ๑ วินาที เรียกว่า นาฬิกาอะตอม ซึ่งแต่ละหน่วยงานที่รักษาเวลาจะใช้นาฬิกาอะตอมเป็นหลัก ขณะเดียวกันการหมุนของโลกยังไม่เท่ากัน จึงมีการเปรียบเทียบเวลาจากการหมุนของโลกกับเวลาจากนาฬิกาอะตอม

หน่วยงานที่รับผิดชอบเรื่องของเวลามักจะวัดความถูกต้องของนาฬิกาอะตอมด้วยความยาวนานใน ๑ วินาที ซึ่งในปัจจุบันสามารถหาอัตราผิดได้ใน ๑ ล้านล้านล้าน ($1,000,000,000,000$) ของวินาที ซึ่งนับว่ามีความละเอียดสูงมาก แต่ก็ยังมีความจำเป็นต้องตรวจสอบว่า ในทุกวันนาฬิกาอะตอมผิดปกติ คลาดเคลื่อนกว่าที่จะเป็นหรือไม่ จึงต้องมีการเทียบอัตราความแตกต่างของความนานใน ๑ วินาทีของนาฬิกาแต่ละแห่ง ถ้าหากมีความแตกต่างกันใกล้เคียงกันทุกวันก็ถือได้ว่าปกติ แต่ถ้ามีการผิดเพี้ยนจากปกติไป ก็อาจมองได้ว่านาฬิกาที่ได้ที่หนึ่งอาจเสีย จำเป็นต้องมีอิกที่หนึ่งมาเทียบเพื่อหาว่าที่ใดบกพร่องหรือเสีย

ปัจจุบันดาวเทียมมีประโยชน์ในการสื่อสารข้อมูลข้ามประเทศ ดาวเทียม GPS ก็มีนาฬิกาอะตอมซึ่งให้ความถูกต้องสูงในระดับหนึ่ง จึงนำประโยชน์จากนาฬิกาดังกล่าวมาใช้ในการเทียบเวลาของหน่วยงานรับผิดชอบด้านเวลาได้



ประวัติการรักษาเวลาตามมาตรฐานประเทศไทย

• กิจกรรมการรักษาเวลาตามมาตรฐานประเทศไทย

ปัจจุบัน การตรวจสอบเวลาเพื่อรักษาเวลาตามมาตรฐานของประเทศไทย และการแจ้งลักษณะเที่ยบเวลาให้กับประชาชน เพื่อให้เข้าเวลาตรงกันทั่วประเทศนั้น ทางราชการได้มอบหมายให้ กองทัพเรือ เป็นผู้ดำเนินการ โดยกำหนดให้เป็นหน้าที่ของแผนกวิชาการศาสตร์ กองอุปกรณ์การเดินเรือ กรมอุทกศาสตร์ ซึ่งปรากฏอยู่ในระเบียบกระทรวงกลาโหมว่าด้วยการกำหนดหน้าที่ส่วนราชการในกองทัพเรือ พ.ศ.๒๕๐๑

การดำเนินการในเรื่องการรักษาเวลาตามมาตรฐานของไทย ได้เริ่มให้ความสนใจอย่างจริงจัง และใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์เข้ามาประกอบอย่างมีเหตุผล เริ่มต้นเมื่อมีชาวต่างชาติเดินทางเข้ามาติดต่อกันข่ายเชื่อมลัมพันธ์ไมตรีกับประเทศไทย เท่าที่ปรากฏตามประวัติศาสตร์สามารถวิเคราะห์ได้ว่า น่าจะเริ่มนิสมัยกรุงศรีอยุธยา ราชปี พ.ศ. ๒๑๔๔ – พ.ศ.๒๒๓๑ ซึ่งเป็นระยะเวลาที่สมเด็จพระนารายณ์มหาราช ทรงครองราชย์ ทั้งนี้เนื่องจากพระองค์ฯ เป็นกษัตริย์ที่สนพระทัยในวิทยาการลัมย์ใหม่จากชาวต่างชาติ ลั้งเกตได้จาก ในปี พ.ศ.๒๑๔๔ บริษัท อีสต์ อินเดีย ของออลันดา ซึ่งเป็นตัวแทนจัดการติดต่อกิจการค้าในกรุงศรีอยุธยา ช่วงรัชสมัยสมเด็จพระนารายณ์มหาราช



ภาพที่ ๔-๑ พระบาทสมเด็จพระจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว รัชกาลที่ ๑

พระองค์ได้ทรงลั่งชื่อสินค้าจากออลันดา เท่าที่ปรากฏหลักฐานดังนี้ กล้องโทรทัศน์ คอมไฟ หมวดลักษณะ ชุดผ้าไหม โต๊ะเขียนหนังสือ หนังสือ วนดา และอื่นๆ แต่ที่สำคัญที่ปรากฏอยู่ในรายการ คือ นาฬิกาแบบใช้เครื่องจักรกล จึงแสดงให้เห็นจากหลักฐานดังกล่าวนี้ว่าได้เริ่มมีการนำนาฬิกาเข้ามาใช้ตั้งแต่สมัยกรุงศรีอยุธยาแล้ว แต่เนื่องจากความรู้ความสามารถในด้านภาษาต่างประเทศของคนไทยในสมัยนั้น ยังจำกัดอยู่ในกลุ่มคนไม่啻ร้อยนัก วิทยาการในด้านการรักษาเวลาจึงยังไม่อยู่ในความสนใจของประชาชนโดยทั่วไป จนถึงสมัยที่นับว่ากิจการด้านการรักษาเวลาและการแจ้งเวลาเริ่มเป็นรูปธรรม ก็คือ ในรัชสมัยพระบาทสมเด็จพระจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว รัชกาลที่ ๔ แห่งกรุงรัตนโกสินทร์ พระบาทสมเด็จพระจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว ได้เสด็จขึ้นเสิ่งถวายราชสมบัติในปี พ.ศ.๒๓๔๔ ตลอดรัชกาลของพระองค์ ได้ทรงวางรากฐานงานด้านวิทยาศาสตร์ของประเทศไทยไว้

มากมาย และด้วยพระอัจฉริยภาพด้านวิทยาศาสตร์ของพระองค์ นักวิทยาศาสตร์ไทยได้รับลึกถึงพระเกียรติคุณอันสูงส่งของพระองค์ท่าน จึงได้น้อมเกล้าน้อมกระหม่อมถวายพระราชสมัญญานามแด่พระองค์ท่านว่า “พระบิดาแห่งวิทยาศาสตร์ไทย” ในคราวฉลองกรุงรัตนโกสินทร์ อายุครบ ๒๐๐ ปี ที่ผ่านมา ลิ่งชึงจะกล่าวต่อไปนี้เป็นข้อสรุปที่แสดงให้เห็นพระอัจฉริยภาพทางวิทยาศาสตร์ของพระองค์

ผลงานชิ้นสำคัญที่ทำให้ประชาชนชาวไทย และนักวิชาการศาสตร์ชาวไทยและชาวต่างประเทศยกย่องพระองค์ในการที่พระองค์ได้ทรงคำนวณเวลาที่จะเกิดลุกริบุปรา嘉 และสามารถลั้งเกตเห็นดวงอาทิตย์ มีเด晦ดทั้งดวงได้ที่ ต.หว้ากอ จ.ประจวบคีรีขันธ์ ในวันที่ ๑๘ สิงหาคม พ.ศ.๒๔๑ ได้อย่างถูกต้องแม่นยำ



ภาพที่ ๔-๒ พระบาทสมเด็จพระจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว เสด็จทอดพระเนตรลุริบุปรา嘉 ที่ ต.หว้ากอ จ.ประจวบคีรีขันธ์

พระองค์ได้ทรงทำการคำนวณแบ่งเป็น ๓ ขั้นตอน คือ

๑. ทำการคำนวณตำแหน่งดวงจันทร์และดวงอาทิตย์ โดยใช้
ทฤษฎีการเคลื่อนที่ของดวงจันทร์ (Theory of Lunar Motion)

๒. หลังจากคำนวณตำแหน่งดวงอาทิตย์และดวงจันทร์ได้แล้ว
จะต้องทำการคำนวณเพื่อตรวจสอบว่า จะมีโอกาสเกิดอุปราคาได้หรือไม่
ถ้าไม่ได้ก็ผ่านไป ถ้าสามารถเกิดขึ้นได้ จึงจะเข้าสู่การคำนวณขั้น ๓ ต่อไป

๓. เมื่อตรวจสอบแล้วว่ามีโอกาสเกิดอุปราคาได้ ก็จะทำการ
คำนวณในขั้น ๓ คือ คำนวณว่าการเกิดอุปราคาครั้น เป็นสุริยุปราคาหรือ
จันทรุปราคา มีลักษณะอย่างไร เช่น เป็นชนิดมีดหมัดทั้งดวง หรือชนิด
วงแหวน หรือมีดเป็นบางส่วน และจะเห็นได้ที่ไหน เวลาเท่าไร ถึง
เท่าไรตามระบบเวลาตามมาตรฐานสากล ซึ่งจะต้องนำมาใช้ในการคำนวณด้วย
ตลอดตั้งแต่ต้น

ในการนี้ที่พระองค์ได้ทรงคำนวณเวลาการเกิดสุริยุปราคาที่หัวกอก
นี้ พระองค์ได้ทรงกระทำตามขั้นตอนที่ได้กล่าวมาแล้วนี้ และสามารถ
คำนวณได้อย่างถูกต้องทั้งที่ในลักษณะการเกิด เวลาที่เกิด และelman ที่ใช้
ลังเกตจากการคำนวณเปรียบเทียบทลักษณ์จากการคำนวณของหอดูดาว
กรีนิช ปรากฏว่าระบบการคำนวณของพระองค์ท่านถูกต้อง แต่ตัวเลข
ของพระองค์ไม่มีในระบบของกรีนิช แสดงว่าพระองค์ท่านได้ทรงคำนวณขึ้น
มาด้วยพระองค์เอง มิได้นำมาผลการคำนวณของชาวต่างชาติมาดัดแปลง
ประยุกต์ใช้สำหรับประเทศไทยแต่อย่างใด ลิ่งนี้นับเป็นการพิสูจน์อย่างเดียว
พระองค์ทรงเป็นอัจฉริยะทางด้าน^{วิทยาศาสตร์}

ในเรื่องของเวลาพระองค์ท่านได้ทรงสถาปนาระบบเวลาตามฐานขึ้นในประเทศไทย โดยเมื่อปี พ.ศ.๒๓๔๕
ได้ทรงสร้างพระที่นั่งกฎลทัศนไนยขึ้นในพระบรมหาราชวัง ซึ่งอยู่ในส่วนตรงหน้าพระพุทธธนิเวศน์ พระที่นั่งองค์นี้
สร้างเป็นตึกทรงหยุ่น สูง ๕ ชั้น ชั้นยอดมีนาพิกาใหญ่ ๔ ด้าน ใช้เป็นหอนานาพิการหลวงสำหรับออกเวลาตามมาตรฐาน
ของประเทศไทยในสมัยนั้น



ภาพที่ ๔-๔ พระที่นั่งกฎลทัศนไนย



ภาพที่ ๔-๓ อุปราคาเต็มดวง



ภาพที่ ๔-๔ อุปราคาเป็นเลี้ยว

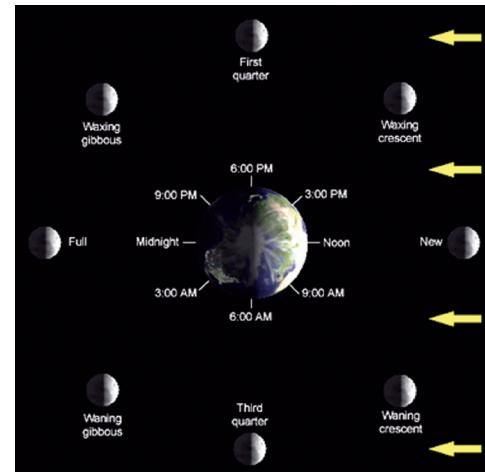
แรก ที่ค่อยลังเกตการณ์เวลาอย่างรุ่งและคลบค่า เมื่อดวงอาทิตย์หรือดวงจันทร์ผ่านเมริเดียนของพระที่นั่งกุadalทัคในยชีงเป็นที่ลังเกตการณ์ จึงเชื่อได้ว่าเวลาตามมาตรฐานของประเทศไทยสมัยนั้นควรเป็นเวลาของเลี้นแวงประจำหนองพ้าพิกาหลวงแห่งนี้ คือ ๑๐๐ องศา ๒๙ ลิปดา ๕๐ พิลิปดาตะวันออก และยังพบว่าพระองค์ท่านทรงใช้เลี้นแวง ๑๐๐ องศา ตะวันออกเป็นเลี้นเมริเดียนหลักของการรักษาเวลาตามมาตรฐานของประเทศไทย และอยู่ในระบบเวลาที่เรียกว่า เวลาปรากฏ (Apparent Time) เพราะหนองพ้าพิกาหลวงที่ใช้ลังเกตการณ์การริมเกิดแสงทองอยู่ที่กรุงเทพฯ ซึ่งมีค่าเลี้นแวงประมาณ ๑๐๐ องศา ๓๐ ลิปดา แต่พระองค์ทรงแก้เวลากลับไปสู่ระบบเลี้นแวง ๑๐๐ องศา ซึ่งถ้าเราดูในแผนที่จะพบว่า “พระนครคีรี” ที่พระองค์ทรงโปรดให้สร้างขึ้นบนเขาวัง อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบุรี อยู่บริเวณเลี้นเมริเดียน ๑๐๐ องศา ในรัชสมัยของพระองค์ทรงกำหนดให้เวลาท้องถิ่นของพระนครคีรีเป็นเวลาตามมาตรฐานของประเทศไทย อาจกล่าวได้ว่า ระบบเวลาตามมาตรฐานประเทศไทยที่พระองค์ทรงกำหนดขึ้นนี้ ได้กระทำก่อนประเทศไทยมหานาจແບยุโรปเสียอีก กล่าวคือ วัสดุสภากองถูกผ่านพระราชบัญญัติเวลาตามมาตรฐานกรีนิช (Greenwich Mean Time; GMT) ในปี พ.ศ.๒๔๓๓ และในปี พ.ศ.๒๔๓๓ ที่ประชุมตราสารคลาร์ต์ในกรุงวอชิงตัน ดีซี ได้ตกลงให้เลี้นเมริเดียนที่ผ่านเมืองกรีนิช ประเทศไทยองค์ถูก เป็นเมริเดียนหลักที่จะใช้เทียบเวลาตามมาตรฐานโลก

แม้ในปัจจุบันเรายังต้องใช้เวลาตามมาตรฐานกรีนิช แต่ก็ควรจะภูมิใจที่ไทยคือหนึ่งในประเทศที่ใช้เวลาตามมาตรฐานกรุงเทพมหานคร (Bangkok Mean Time) โดยให้มีตำแหน่งทางภูมิศาสตร์เป็นเลี้นแวง ๑๐๐ องศา ๒๙ ลิปดา ๕๐ พิลิปดาตะวันออก เลี้นรุ่ง ๑๘ องศา ๔๔ ลิปดา ๒๙ พิลิปดาเหนือ มาอย่างถูกต้อง ก่อนที่จะตกลงการใช้เวลาตามมาตรฐานกรีนิชด้วยซ้ำ โดยแท้จริงแล้วพระองค์โปรดเกล้าฯ ให้สร้างหนองพ้าพิกาหลวงในพระบรมมหาราชวัง ๒ หอ นอกจากพระที่นั่งกุadalทัคในยแล้ว ยังโปรดเกล้าฯ ให้พระบรมวงศ์เรือกรุนราชลีหิกรรมทรงออกแบบสร้างหนองพ้าพิกาตรง มุขเด็จของพระที่นั่งจักรีอีกแห่งหนึ่ง แต่มิได้ระบุชื่อและปีที่สร้าง เชื่อว่าพระองค์มีพระราชประสงค์จะให้ชาวเรือที่ขึ้นล่องแม่น้ำเจ้าพระยาลงเห็นและเทียบเวลาเดินเรือได้สะดวก พระองค์มีพระราชดำริเกี่ยวกับการสถาปัตยกรรมเวลา

มาตรฐาน การประชุมประกาศรัชกาลที่ ๔ ไว้ว่า “..จะเป็นเหตุให้เข้าหัวเราะเยาะเยี้ยได้ว่าเมืองเรา ใช้เครื่องมือนับทุ่มไมง เวลาหายบ้าย นักไม่สมควรเลย เพราะเหตุนั้น พระบาทสมเด็จพระจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว ได้ทรงพินิจพิจารณาด้วยความคำนวนความดำเนินพระอาทิตย์ ให้ถูกต้องปางล้อมกับนาฬิกาที่ดีมากลายปีทรงทราบถ้วนถี่ทุกประการ แล้วในพระราชทฤษฎีกาฯ....”



ภาพที่ ๔-๗ หนองพ้าพิกาภัยในพระที่นั่งจักรี



ภาพที่ ๔-๖ การเกิดสุริยุปราคา

● การแจ้งลักษณะเวลา

เรื่องการบอกลักษณะแจ้งเหตุและอันตรายต่างๆ เช่น การตีกระซิบ ตีกลอง หรือยิงปืนนั้น มีนานานแล้วตั้งแต่สมัยกรุงศรีอยุธยา ซึ่งเข้าใจว่าได้มาจากเมืองจีน ประเพณีได้มีมาจนถึงสมัยกรุงรัตนโกสินทร์ คือ มีทั้งยิงปืนและตีกลอง การตีกลองนั้นเดิมที่มีหอกกลองอยู่ที่หน้าวัดพระเชตุพนวิมลมังคลารามราชวรมหาวิหาร หอหนึ่งเป็น



ภาพที่ ๔-๔ . วัดพระเชตุพนวิมลมังคลารามราชวรมหาวิหาร

ชั้น ปัจจุบันนี้ไม่มีแล้ว คงมีแต่ศาลาเจ้าฟ่อหอกกลอง ที่หนองแขวงกลองไว้สามใบ ในละชั้น กลองใบใหญ่อยู่ชั้นล่างมีชื่อว่า “ยำพระสุรีศรี” สำหรับตีบอกเวลาเมื่อ当作อาทิตย์ตกดินเพื่อเป็นลักษณะให้ปิดประตูพระนคร กลองใบกลางมีชื่อว่า “อัคคีพินาค” สำหรับตีเมื่อเกิดไฟไหม้ เป็นลักษณะเรียกราชภูรให้มาช่วยกันดับไฟ ดูเหมือนมีกำหนดว่าถ้าไฟไหม้ในนอกพระนครให้ตีลามครั้ง ถ้าไฟไหม้ในพระนครตีมากกว่านั้น กลองใบเล็กที่ชั้นยอด มีชื่อว่า “พิมาตไฟรินทร์” สำหรับตีให้รู้ว่ามีข้าศึกมาประชิดติดพระนคร ทุกคนจะต้องมาประจำรักษาหน้าที่โดย พร้อมเพรียงกัน

การยิงปืนบอกเวลาในนี้มีนานานแล้ว เช่น กันเดิมที่เดียว (ก่อน พ.ศ.๒๕๓๐) ที่ป้อมในพระบรมหาราชวังมีปืนใหญ่ทุกป้อม ป้อมละ ๑ กระบอก เป็นปืนลักษณะ ปืนที่อยู่ที่ป้อมมุ่งวัดพระเชตุพนฯ จะยิงบอกเวลาเมื่อ当作อาทิตย์ขึ้นทุกวันเพื่อเป็นลักษณะให้เปิดประตูวังเพราเวลากลางคืนประตุวังจะปิด และเป็นการลดหย่อนการพิทักษ์รักษาภารณ์อยู่เรวยามในพระราชนิเวศน์ในเวลากลางคืน แต่บางคนบอกว่าที่ยิงปืนนั้นเป็นการเปลี่ยนดินปืน อีกนัยหนึ่ง การยิงปืนยังใช้ยิงเป็นลักษณะเมื่อไฟไหม้ ถ้าไฟไหม้ในนอกพระนครจะยิงนัดเดียว ถ้าไฟไหม้ในพระนครจะยิง ๓ นัด และถ้าไฟไหม้พระบรมหาราชวัง จะยิงติดต่อกันไปหลายนัดจนกว่าไฟจะดับถึงจะหยุดยิง

การยิงปืนบอกเวลาเที่ยงหรือที่เรียกว่า ยิงปืนเที่ยงนั้น ครั้งแรกเราได้ยินอ้างกฤษณาฯ ยิงปืนลักษณะที่เมืองลิงค์คอร์ฟ เพื่อให้ประชาชนและชาวเรือต่างๆ ตั้งนาฬิกา ไทยเราจึงอยากระให้มีการยิงปืนเที่ยงที่กรุงเทพฯ เมื่อกันยายนี้ จึงโปรดเกล้าฯ ให้ทหารเรือยิงปืนเที่ยงที่ทำหนักแพ (ท่าราชวรดิศ) และยิงเฉพาะในวันเสาร์เท่านั้น โดยมีพระชลยุทธโยธินเป็นเจ้าพนักงานควบเชอร์เวตตอร์หัว ตรวจสอบนาฬิกา (เวลา) ครั้งกรมหลวงประจักษ์ศิลปาคม จัดตั้งกรมทหารปืนใหญ่ล้อม่วง จึงโอนหน้าที่ยิงปืนเที่ยงมาให้ทหารปืนใหญ่ล้อม่วงยิงที่ป้อมทัศนนิกร (ทัศนกร) ซึ่งอยู่ทางทิศตะวันตกของพระบรมหาราชวัง และเปลี่ยนมาเป็นยิงปืนเมื่อเวลาเที่ยงทุกวัน ดังประกาศยิงปืนจากราชกิจจานุเบกษา เล่ม ๙ จุลศักราช ๑๗๘๘ ดังต่อไปนี้



ภาพที่ ๔-๕ การใช้เรือหลวงในการยิงปืน

ประกาศยังปีบ

วันที่ ๗ เดือน ๔ ขึ้น ๕ ค่ำ ขั้งเป็นพศก ๑๘๕๙ (พ.ศ.๒๔๓๐)

ด้วยพระชลธรโยธิน เจ้าพนักงานออบเชอร์เวตตอรี่หลวง รับพระบรมราชโองการไส้เกล้าฯ สั่งว่า แต่ก่อนได้โปรดเกล้าฯ ให้ยิ่งปีนเที่ยงในวันเสาร์ เพื่อจะให้เป็นประจำแก่ผู้ที่จะต้องการตั้งนาฬิกาให้ตรงกับเวลาแม่นยำ (คือ มินตัน) กรุงเทพฯ เสมอทุกวันเสาร์มา แต่ถึงกระนั้นก็ยังเป็นที่ลำบากอยู่ ทุกวันนี้การค้าขายเจริญมากขึ้น เรื่อที่เข้าออกมีขึ้นเป็นอัมมานและมีความประรรณามีความแม่นยำของกรุงเทพฯ อุழิ้วยกันทุกๆ เพราะฉะนั้นจึงทรงพระราชนิริยาโดยความที่ทรงพระกรุณาแก่ราชภูมิที่ไปมาค้าขายในกรุงเทพฯ เพื่อจะได้ประโยชน์ที่จะตั้งนาฬิกาได้ตรงเวลาแม่นยำ กรุงเทพฯ จึงทรงพระกรุณาโปรดเกล้าให้ยิ่งปีนเวลาเที่ยงทุกๆ วัน เมื่อผู้ใดได้ยินเสียงปีนแล้ว ต้องเข้าใจว่าเป็นเวลาเที่ยง ตามเวลาแม่นยำ (มินตัน) กรุงเทพฯ ที่ห้อออบเชอร์เวตตอรี่หลวง ซึ่งตั้งอยู่ใน แลตติจูด ๑๓๔๕๓๘๘ เหนือ ลองจิจูด ประมาณ ๑๐๐๗๘๔๕ ตะวันออก ของเมืองคริมนิช กำหนดจะได้ยิ่งปีนใหญ่ที่ป้อมทัศนนิกรีด้านตะวันตกของพระบรมมหาราชวัง แต่ ณ วันที่ ๗ ขึ้น ๑๒ ค่ำ ปีชวดยังเป็นพศกตรงเวลาเที่ยงเสมอไปทุกๆ วัน อย่าให้ผู้ใดผู้หนึ่ง ลงลักษณะให้เกิดเพลิง หรือเหตุการณ์ต่างๆ ถ้าพ้นเวลาเที่ยงแล้ว หรือก่อนเที่ยงจึงควรถืออาว่ามีเหตุได้ ถ้าเกิดเพลิงขึ้นในเวลาเที่ยงหรือใกล้เที่ยงจะยิ่งปีนสองนัด จึงให้ถืออาว่ามีเหตุได้

(จากราชกิจจานุเบกษา เล่ม ๙ จุลคักราช ๑๘๕๗)

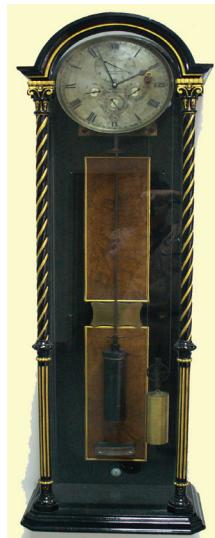
ต่อมากายหลังได้มอบโอนหน้าที่ให้ทหารเรือเป็นผู้ยิ่งปีนเที่ยงอีก และเป็นผู้รักษาเวลาด้วย ต่อมากทหารเรือได้จัดให้มีการยิ่งปีนเที่ยงที่เรือพระที่นั่งจักรีอุฐชั่วระยะหนึ่ง แล้วเปลี่ยนให้กรมยุทธศึกษาทหารเรือ จัดการยิ่งปีนเที่ยงที่ป้อมวิชัยประลิทธี โดยให้นักเรียนนายเรือเป็นผู้ยิ่งภายนหลังปรากฏว่าไม่สะดวก เพราะนักเรียนนายเรือไม่ได้อยู่กรุงเทพฯ ตลอดเวลา ต้องออกไปฝึกภาคทะเลบ่อยๆ จึงมอบหน้าที่การยิ่งปีนเที่ยง ให้เป็นหน้าที่ของกรมเรือกล ๗ ชั้น ๔ เป็นผู้ยิ่งปีนเที่ยงทุกวันที่สนามหลวงท่าราชวรดิษฐ์ การยิ่งปีนเที่ยงมาเลิกเมื่อ พ.ศ.๒๔๓๗ เพราะมีไฟฟ้าและวิทยุใช้แล้ว การเทียบเวลาโรงไฟฟ้าจะทำให้พระพรบเป็นลัญญาณให้เทียบนาฬิกามีเวลาสองทุ่ม สำหรับวิทยุ กองกลั่นัญญาณให้เทียบนาฬิกาในเวลาเดียวกัน

ในระยะนี้มีประกาศพระราชกฤษฎีกา และประกาศของทางราชการเกี่ยวกับเรื่องเวลาอีกหลายฉบับด้วยกัน เช่น ในสมัยก่อน พ.ศ.๒๔๑๐ การขึ้นวันใหม่ เริ่มต้นวันเมื่อยี่่รุ่ง คือ ๑๖๐๐ นาฬิกา จนใน พ.ศ.๒๔๑๐ มีประกาศพระราชกฤษฎีกาฉบับหนึ่ง ให้ใช้การขึ้นวันใหม่เช่นเดียวกับชาวญี่ปุ่น คือ เริ่มต้นวัน เมื่อ ๑๒ ชั่วโมง ก่อนเที่ยง

วัน และลืนวันเมื่อ ๑๒ ชั่วโมง ภายหลังเที่ยงวัน และก่อน พ.ศ.๒๔๑๓ ประเทคโนโลยไทยได้ใช้เวลาอัตราเร็วกว่าเวลาสมมุติกรีนิช ๖ ชั่วโมง ๑๙ นาที ๕๗.๓ วินาที ใน พ.ศ.๒๔๑๒ มีประกาศพระราชกฤษฎีกาฉบับหนึ่ง เปลี่ยนเป็นให้ใช้เวลาอัตราเร็วกว่าเวลาสมมุติกรีนิช ๗ ชั่วโมง ๑๕๕.๗ นาที เมื่อ พ.ศ.๒๔๑๓ เป็นต้นไป

งานการรักษาเวลามาตรฐาน พ.ศ.๒๔๗๖

ในช่วงก่อนปี พ.ศ.๒๔๗๖ การรักษาเวลาอยู่ในความรับผิดชอบของหมวดเครื่องมือเดินเรือ กองอุปกรณ์การเดินเรือ ได้ใช้นาฬิกาลูกตุ้มเรือนกน์ เป็นนาฬิกาหลักในการรักษาเวลา โดยทำการตรวจสอบความ



ภาพที่ ๕-๑๐
นาฬิกาลูกตุ้ม



ภาพที่ ๕-๑๑ นาฬิกาโครงโนเมต์

ผิดของนาฬิกาลูกตุ้มเรือนเกณฑ์ โดยกำหนด ๓ วัน ต่อครั้ง ถ้าวันไหนอากาศไม่ดี เช่น มีเมฆมาก หรือฝนตก ไม่สามารถมองเห็นดวงอาทิตย์ได้ ก็จะเลื่อนตรวจในวันต่อไป วิธีการตรวจ โดยการวัดสูงเท่าของดวงอาทิตย์ด้วย เครื่องวัดเดด (Sextant) จดเวลาด้วยนาฬิกาโคโรนเมตร แล้วนำไปเทียบกับนาฬิกาลูกตุ้มเรือนเกณฑ์อีกชั้นหนึ่ง ความผิดของนาฬิกาคำนวนถึงเพียงเศษลิบคนิยม ๓ ตำแหน่ง ของวินาที อัตราเปลี่ยนประจำวันใช้เพียงเศษลิบ คนิยม ๓ ตำแหน่ง เช่น ในปี พ.ศ.๒๕๓๖ ได้ใช้การตรวจโดยวิธีวัดสูงของดวงอาทิตย์ ๓๔ ครั้ง คิดเฉลี่ย ๑๗ วันต่อครั้ง อัตราผิดประจำวันของนาฬิกาลูกตุ้มเรือนเกณฑ์ ก. อย่างสูงไม่เกิน ๐.๘๗๑ วินาที อย่างต่ำไม่น้อยกว่า ๐.๐๐๒ วินาที อัตราผิดประจำวันของนาฬิกาลูกตุ้มเรือนเกณฑ์ ข. อย่างสูงไม่เกิน ๐.๘๕๗ วินาที อย่างต่ำไม่น้อยกว่า ๐.๐๑๓ วินาที

นาฬิกาเรือนเกณฑ์ ก. ตั้งตามเวลาสมมุติที่กรีนิช (Greenwich Mean Time) นาฬิกาเรือนเกณฑ์ ข. ตั้งตามเวลามาตรฐานประเทศไทย (Standard Mean Time) ที่กรุงเทพฯ ในช่วงระยะเวลาที่ดำเนินการตรวจรักษา เวลาหนึ่น ได้ทำการตรวจความผิดของนาฬิกาโคโรนเมตรที่มีอยู่ด้วย โดยทำการตรวจทุกครั้งภายในห้องที่ตรวจความผิดของนาฬิกาเรือนเกณฑ์ แล้วตรวจโดยวิธีเทียบกับนาฬิกาเรือนเกณฑ์ การคำนวนความผิดและอัตราเปลี่ยนประจำวันใช้เพียงเศษลิบคนิยม ๓ ตำแหน่ง ของวินาที เช่นเดียวกับนาฬิกาเรือนเกณฑ์ การตรวจสอบเวลาเพื่อใช้ทั่วประเทศ ตามที่กรมอุทกศาสตร์ได้ทำอยู่ในเวลาหนึ่น ถ้าเปรียบเทียบกับต่างประเทศแล้ว เฉพาะเครื่องมือนับได้ว่าล้าสมัยมากยิ่งปี กีออบจะเรียกได้ว่าไม่เป็นประเทศที่เจริญแล้วประเทศใดใช้วิธีอย่างไทย กรมอุทกศาสตร์ซึ่งเล็งเห็นถึงความจำเป็นที่จะต้องเปลี่ยนไปใช้เครื่องมือที่ทันสมัย เพราะเวลาที่ใช้นั้นไม่ใช่เฉพาะประชาชนพลเรือนเท่านั้น ยังต้องใช้เทียบเคียงกับต่างประเทศและชาวเรือโดยทั่วไปด้วย โดยเฉพาะชาวเรือและการเดินเรือ ย่อมต้องการความละเอียดถูกต้องของเวลามาก กรมอุทกศาสตร์จึงพยายามจัดหาเครื่องมือตรวจสอบและรักษาเวลาที่ทันสมัยให้เหมาะสมกับงานที่ได้รับมอบหมาย โดยการจัดทำนาฬิกาโคโรนเมตรมาใช้งาน

ในปี พ.ศ.๒๕๓๕ นาฬิกาโคโรนเมตรเรือนที่เดินเที่ยงตรงดีที่สุด มีอัตราเปลี่ยนประจำวันอย่างมากเพียง ๐.๕๓๘ วินาที อย่างน้อย ๐.๐๑๘ วินาที เรือนที่เร็วที่สุดมีอัตราผิดประจำวันอย่างมาก ๖.๑๕๕ วินาที อย่างน้อย ๒.๑๔๕ วินาที สำหรับนาฬิกาโคโรนเมตรที่ล่าช้าให้กับเรือต่างๆ ก่อนจ่ายจากคลังเครื่องมือเดินเรือเจ้าหน้าที่ประจำหมวดจะเทียบหากความผิดและอัตราเปลี่ยนประจำวันให้ก่อนทุกครั้ง

ในช่วงเวลาหนึ่งนี้ของการติดต่อสื่อสารในระบบบริการกองอุปกรณ์การเดินเรือ ยังไม่มีความเจริญก้าวหน้ามากนัก ดังนั้นจึงมีหน่วยราชการ เอกชนอื่นๆ นอกกองทัพเรือ ได้นำนาฬิกามาให้กรมอุทกศาสตร์ตรวจสอบหากความผิดและเปรียบเทียบให้ โดยเมื่อมีผู้ลงนาฬิกามาให้ตรวจสอบความผิด เจ้าหน้าที่ประจำหมวดจะรับตรวจและจดรับรองรายการเทียบให้เลื่อน เว้นแต่เจ้าของผู้มาขอเทียบหนึ่ง เป็นนายทหารเรือพร琨นาวินอยู่แล้วผู้มาขอเทียบททำการเทียบด้วยตนเอง เจ้าหน้าที่ประจำหมวดเพียงแต่ช่วยอำนวยความสะดวกในการแสดงรายการต่างๆ เพื่อที่ผู้มาขอเทียบต้องการทราบเท่านั้น

ตามปกติมีผู้มาขอเทียบหากความผิดของนาฬิกาหรือขอเทียบตั้งเวลา ๓๕ ต่อไปนี้

๑. กองยานพาหนะทหารเรือ เทียบไปตั้งยืนเที่ยงลับปดาห์ละ ๑ ครั้ง
๒. บรรดาเรือหลวงต่างๆ ที่มีนาฬิกาโคโรนเมตรประจำเรือลับปดาห์ละ ๑ ครั้ง
๓. กรมเจ้าท่า ไม่มีกำหนดแน่นอน
๔. กรมไปรษณีย์โทรเลข เทียบไปตั้งบอกรเวลา ๒๐๐๐ ทางวิทยุกระจายเสียง ลับปดาห์ละ ๒ ครั้ง
๕. กรมรถไฟหลวง เทียบไปตั้งเวลาของกรมรถไฟลับปดาห์ละ ๒ ครั้ง
๖. ห้างแอลยริกันตี ไม่มีกำหนดแน่นอน
๗. ห้างเอสเอบี ไม่มีกำหนดแน่นอน
๘. บริษัทไฟฟ้า ไม่มีกำหนดแน่นอน

๕. กรมชลประทาน ไม่มีกำหนดแน่นอน
๑๐. เรือลินค์ต่างประเทศ ไม่มีกำหนดแน่นอน
๑๑. กรมสารสนเทศ ไม่มีกำหนดแน่นอน
๑๒. กรมเฉพาะกิจการสภากาแฟฯ ไม่มีกำหนดแน่นอน
๑๓. อู่บำรุงกอต็อก ไม่มีกำหนดแน่นอน

การตรวจความพิดของนาฬิกาໂຄຣໂມແຕ

ได้ทำการตรวจโดยวิธีเทียบกับนาฬิกาเรือนเกณฑ์ ภายหลังที่ได้ตรวจความผิดของนาฬิกาเรือนเกณฑ์แล้วทุกครั้ง การคำนวณความผิดและอัตราเปลี่ยนประจำวันใช้เคลื่อนที่ชั่วโมง ๓ ตำแหน่งของวินาที เช่นเดียวกับนาฬิกาเรือนเกณฑ์

เมื่อจ่ายนาฬิกาໂຄຣໂມตรวจสอบจากกล้องเครื่องมือเดินเรือ ไปใช้ราชการตามเรือหรือรวมกองต่างๆ เจ้าหน้าที่ได้จัดการเทียบหากความผิดและอัตราเปลี่ยนประจำวันให้ก่อนทุกครั้ง

ในปี พ.ศ.๒๕๓๘ กรมอุทกศาสตร์ ได้สั่งกล้องวัดดาว นาฬิกาและเครื่องໂຄຣນกราฟ ไว้สำหรับใช้การตรวจสอบนาฬิกา ซึ่งอุปกรณ์และเครื่องมือดังกล่าวได้ตรวจรับไว้ใช้ในราชการ เมื่อ มีนาคม พ.ศ.๒๕๓๘ มีรายการ ดังนี้

๑. กล้องวัดดาวชนิด Meridian Transit Instrument (Askania Werke A.G.) ๑ กล้อง ราคา ๒๑,๗๙๕.- บาท
๒. นาฬิกาดาวราศีชนิด Riefler เรือนเกณฑ์ ๑ เรือน เรือนที่สอง ๑ เรือน พร้อมเครื่องประกอบ ราคา ๗,๗๓๙.- บาท

๓. ໂຄຣນกราฟ สำหรับใช้ประกอบกับกล้องวัดดาว และนาฬิกาดาวราศีชนิด Wetzer Tape Chronograph ๑ ชุด ราคา ๑,๖๖๓.- บาท

ในช่วงที่กรมอุทกศาสตร์ดำเนินการสั่งซื้ออุปกรณ์ตรวจสอบเวลาดังกล่าวข้างต้น ในช่วงปี พ.ศ.๒๕๓๘ กรมอุทกศาสตร์ได้จัดสร้างหอดูดาวขึ้น ภายในบริเวณสนามหญ้าชั้นในหน้าห้องพระโรง โรงเรียนนายเรือ เป็นรูปตึกคอนกรีตซึ่งเดียว ๘ เหลี่ยม กว้างเหลี่ยมละ ๒ เมตร สูง ๓.๔ เมตร หลังคาทำให้ ปิด - เปิดได้ กว้าง ๒ เมตร ช่องหลังคาที่ปิด - เปิด ได้เนื้อยื่นแนวทิศเหนือ ใต้ จริง ตอนกลางมีแท่นสำหรับตั้งกล้องวัดดาวและมีพนังอิสระสำหรับติดนาฬิกาดาวราศี และเครื่องประกอบ เมื่อได้สร้างเสร็จแล้ว จึงได้ออนตัคกนิ่มเข้าอยู่กับหมวดเครื่องมือเดินเรือ เมื่อวันที่ ๒๓ ธันวาคม พ.ศ.๒๕๓๘ เครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ ได้ถูกติดตั้งตามคำแนะนำซึ่งได้รับจากบริษัทที่ผลิตเครื่องมือ แล้วเสร็จในปี พ.ศ.๒๕๓๘ ต่อจากนั้นได้มีการตรวจแก้ไขความผิดและคืนชาลกษณะของเครื่อง ความล้มพั้นธ์จากตัวเครื่องจริงฯ ประกอบกับทฤษฎีที่เกี่ยวกับเครื่องเท่าที่จะทำได้ แต่เนื่องจากเจ้าหน้าที่ในหมวดเครื่องมือเดินเรือในระยะนี้มีจำนวนน้อย เวลาที่ใช้ในการศึกษาวิธีใช้เครื่องซึ่งมีโอกาสเพียงเท่าที่ปลูกมาได้จำกเวลาที่เหลือจากการประจำ ดังนั้นในช่วงระยะแรกฯ ยังใช้กล้องนี้ทำงานไม่ได้

หมายเหตุ นายเรือโท สนิท มหาดี๊ด๊ะ นายทหารประจำกองสมุทรศาสตร์ เป็นกรรมการตรวจงานก่อสร้างหอดูดาว แทนนาฬิกาแดด ในช่วงเวลานั้น และ นาวาตรี หลวงชลธารพฤฒิไกร หัวหน้ากองสมุทรศาสตร์ เป็นกรรมการตรวจรับกล้องวัดดาวผ่านเมริเดียน

ค่าก่อสร้างหอนาฬิกาและหอกล้องวัดดาว ใช้งบประมาณ ๑,๕๐๐.- บาท โดยใช้งบประมาณประเทศไทย ๗๕๘๘

การดำเนินการในการตรวจสอบเวลา และการบริการลัญญาณเทียบเวลาในระยะนี้เป็นการดำเนินงานที่ยังไม่สมบูรณ์ เนื่องจากยังไม่สามารถให้การบริการลั่นลัญญาณเทียบเวลาออกอากาศได้ เป็นแต่เพียงรักษาเวลานาฬิกา มาตรฐานที่มีอยู่ให้แน่นอนเท่านั้น ทั้งนี้เป็นเพราะนาฬิกาลูกค้าตั้มเรือนเกณฑ์ที่มีอยู่ไม่มีเครื่องประกอบเมื่อลั่นลัญญาณเวลา ดังนั้นการบริการมีเฉพาะบริการเพียงเวลาตามทางโทรศัพท์ และการนำนาฬิกามาเทียบที่กรมอุทกศาสตร์

ประมาณปี พ.ศ.๒๕๔๘ นava เอก พงษ์ อากะนะเลน เจ้ากรมอุทกศาสตร์ในเวลานั้น ได้เขียนโครงการงานด้าน
ตารางศาสตร์ อุทกศาสตร์ของกรมอุทกศาสตร์ไว้เป็น ๓ ข้อใหญ่ ซึ่งมีทั้งดำเนินการแล้วและกำลังจะทำการ
คิดไว้ ดังนี้

โครงการงานตารางศาสตร์ของกรมอุทกศาสตร์ ได้กำหนดไว้เป็น ๓ ข้อ ดังนี้

๑. คำนวณตรวจสอบและรักษาเวลาสำหรับใช้ทั่วประเทศ และสำหรับการเดินเรือตามหลักสากล
๒. คำนวณและจัดทำปฏิทินเดินเรือ (Ephemeris and Nautical Almanac) สำหรับองค์กรต่างๆ ที่ต้องใช้
มาตราต่างๆ ที่เป็นตัวเลขเกี่ยวกับตารางศาสตร์ และสำหรับทหารเรือและชาวเรือ เพื่อใช้ในการตารางศาสตร์เดินเรือ
๓. ส่งเสริมวิชาการตารางศาสตร์ให้แพร่หลาย ดังนี้

๓.๑ การคำนวณตรวจสอบ และรักษาเวลาสำหรับใช้ทั่วประเทศไทย และสำหรับการเดินเรือตาม
หลักสากล งานนี้ได้ทำมาตั้งแต่กรมอุทกศาสตร์ยังเป็นกองแผนที่อยู่ คือ ตั้งแต่ปี พ.ศ.๒๕๔๔ เป็นลำดับมาจนถึงปี
พ.ศ.๒๕๗๙ ได้ใช้เครื่องมือที่ล้ำเอียดดีขึ้น กล่าวคือใช้กล้องและนาฬิกาย่างละเอียดประณีต มีดังนี้

(๓.๑.๑) เครื่อง Transit Instrument "AP 100" ทำโดย Askania Werke A.G., Bambergwerk, Berlin - Friedenau ราคา ๒๑,๓๗๕.๒๕ บาท เมื่อวันที่ ๒๓ มกราคม พ.ศ.๒๕๗๙

(๓.๑.๒) นาฬิกาตารางศาสตร์ ๑ ชุด รวม ๒ เรือน เรือนแรกแบบดี, เรือนที่สองแบบเอ

(๓.๑.๓) เทพโกรอนกร้าฟ แซด ๒๑๒ รวม (๒) และ (๓) ราคา ๕,๓๙๙.๑๐ บาท เมื่อวัน
ที่ ๔ มีนาคม พ.ศ.๒๕๗๙ ทำโดย Clemens Riefler ทั้งนี้เป็นแต่เพียงขั้นที่ ๑ ของรายการดำเนินงานเกี่ยวกับเวลา



ภาพที่ ๔-๑๒ เส้นแบ่งเขตเวลาโลกที่ Greenwich ประเทศไทยอังกฤษ

๓.๒ การคำนวณและจัดทำปฏิทินเดินเรือ (Ephemeris and Nautical Almanac) งานนี้เป็นงาน
ใหญ่ ซึ่งต้องอาศัยผู้มีความรู้ความชำนาญและเครื่องมือเครื่องใช้เพียงพอ กรมอุทกศาสตร์จะทำให้สำเร็จในเวลา
เร็วไม่ได้ เพราะจะต้องเพาะคนและต้องจัดหาเครื่องมือให้พร้อม เพราะเครื่องมือแต่ละอย่างแพงมาก จึงต้องค่อย
เป็นค่อยไปส่วนเครื่องมือ เช่น กล้องวัดดาวนั้น กรมอุทกศาสตร์คิดดำเนินการเป็นขั้นๆ และโดยเหตุที่ประเทศไทย
ยังเป็นประเทศไทยเล็กอยู่ การเงินยังไม่สมบูรณ์ดี จึงคิดที่จะจัดซื้อกล้องขนาดเบาแต่มีคุณภาพสูงก่อน กล้องที่คำนวณจะ
จัดซื้อมาว่าใช้ยังมีอีก ดังนี้

๑. Reflecting Telescope	ขนาด	๓๐๐ มม.	(๑๒ นิ้ว)
	ขนาดเล็ก	๑๓๐ มม.	(๕ ๑/๔ นิ้ว)
๒. Refractor	ขนาดใหญ่	๒๐๐ มม.	(๘ นิ้ว)
	ขนาดเล็ก	๑๓๐ มม.	(๕ ๑/๔ นิ้ว)
๓. Zenith Telescope	ขนาดใหญ่	๒๐๐ มม.	(๘ นิ้ว)
	ขนาดเล็ก	๑๓๐ มม.	(๕ ๑/๔ นิ้ว)
๔. Meridian Circle	ขนาดใหญ่	๒๐๐ มม.	(๘ นิ้ว)
	ขนาดเล็ก	๑๓๐ มม.	(๕ ๑/๔ นิ้ว)
๕. Equatorial Telescope	ขนาดใหญ่	๒๐๐ มม.	(๘ นิ้ว)
(ขนาดกล้องเล็กหรือใหญ่ แล้วแต่เงินที่จะซื้อได้)			

๓.๓ กล้องส่องประคบบางอย่างเพื่อช่วยเหลือในการหาดวงดาวก่อนใช้กล้องใหญ่ กล้องเหล่านี้คงจะลังชือพวัมกันไม่ได้ แม้จะเป็นกล้องขนาดเบาๆ แต่ราคาถูกมาก เพราะฉะนั้นจึงต้องผ่อนช้อปตามแต่จะมีงบประมาณที่ทางการอนุมัติให้ และจะได้พอดูเหมือนสมกับเจ้าหน้าที่ที่จะมีนาฬิกา ซึ่งกว่าจะซื้อกล้องได้พร้อม เจ้าหน้าที่ ก็คงพวยอ้วน จะได้เป็นการเริ่มต้นทดลองคำนวนทำปฏิทินเดินเรือ เมื่อเจ้าหน้าที่มีหลักวิชา มีเครื่องมือและมีความชำนาญดีแล้ว การลงมือทำใช้จริงๆ ก็เริ่มได้ ต่อจากนั้นจึงควรเป็นหน้าที่ของเจ้าหน้าที่รุ่นหลังที่จะจัดทำหอตรวจดาว ขนาดใหญ่ตามแบบอย่างต่างประเทศ และในโอกาสสนับสนุนจึงควรมีกล้องชนิดตรวจดาว ดวงจันทร์ ดวงอาทิตย์ ที่ถ่ายรูปได้ด้วย เช่น การตรวจชั้นลับอุตสาหกรรม เป็นต้น



ภาพที่ ๔-๑๓ กล้องดูดาว

การส่งเสริมวิชาดาราศาสตร์ให้แพร่หลาย ความมุ่งหมายในข้อนี้หมายความว่า ประเทศไทยที่เจริญแล้ว ประชาชนพลเมืองควรจะมีความรู้วิชาดาราศาสตร์ ขั้นต้นพอสมควรตามเหตุผลที่เป็นจริง หรืออย่างน้อยนักเรียนมัธยมบริบูรณ์หรือเตรียมอุดม หรือชั้น ๑ ของมหาวิทยาลัยควรมีความรู้วิชาดาราศาสตร์ ขั้นต้นเป็นอย่างดี (ตามหลักที่เขียนไว้ในหนังสือ จดหมายเหตุราชบัณฑิตสถานเล่ม ๒ ตอน ๑ พ.ศ. ๒๕๓๙ หน้า ๑๐ - ๑๒)

การนี้ประเทศไทยที่เจริญแล้ว เมื่อครุสันนักเรียน ในห้องเรียนแล้ว มีเครื่องมือแสดงให้ดูตามสมควร แล้วดูดาวจริงๆ ในห้องฟ้า สำหรับในยุโรป อเมริกา และอังกฤษ การดูดาวในห้องฟ้าไม่สะดวกเสมอไป

เพราะลักษณะอุตุนิยมเป็นอุปสรรคขัดข้อง เช่น มีหมอก มีพายุ อากาศไม่โปรด ใส่หัวรับเมืองไทยอุปสรรคสำคัญ คือ เมฆ และฝน เพราะฉะนั้น นักวิทยาศาสตร์จึงทำห้องฟ้าจำลองขึ้นเป็นรูปโถม ภายในจัดทำได้เหมือนของจริงในห้องฟ้า โดยมีเครื่องมือพิเศษเป็นกล้องฉายให้เห็นได้ โดยชนิดนี้เรียกว่า Planetarium มีไว้สำหรับสอนประชาชนพลเมืองให้รู้จักดวงดาว หมู่ดาวและการล้มพัพธ์ต่างๆ รวมทั้งลักษณะต่างๆ ของดวงจันทร์ตามข้างขึ้น ข้างแรมด้วย

เครื่องมือชนิดนี้บริษัท Carl Zeiss Jena, เป็นผู้ผลิตเพียงแห่งเดียว ประเทศไทยที่เจริญแล้วได้ทำลัญญาจัดสร้างขึ้นไว้สำหรับสอนประชาชนพลเมืองของเข้าให้เข้าใจความตามจริงของวิชาดาราศาสตร์ เพื่อเป็นการเปิดชู เปิดตา

ไม่ให้หลง망่ายไปในทางไสยศาสตร์

ในประเทศไทยมีมากแห่ง เช่น ที่เมืองเยนา, บราเมน, เบอร์ลิน, เดรสเดนดุลเซลดอฟ, แอนโนเวอร์, ไลปซิก, แมนไฮม์, นูร์เอมเบิร์ก, เวียนนา, แอมเบิร์ก เป็นต้น

ในประเทศโซเวียตวัลเชีย ที่มอลโก เป็นต้น

ในประเทศอิตาลี ที่มิแลน เป็นต้น

ในประเทศสวีเดน ที่ล็อตอกโอล์ม เป็นต้น

ในประเทศสหรัฐอเมริกา ที่ชิคาโก เป็นต้น

ในอาเซียน มีในประเทศไทยญี่ปุ่น ที่โอซาก้า ซึ่งเพิ่งสร้างขึ้นเมื่อสี่ห้าปีนี้เอง ราคาที่สร้างในประเทศไทยญี่ปุ่นประมาณ หมื่นปอนด์ หรือ ประมาณ ๓๐๐,๐๐๐ บาท

กรมอุทกศาสตร์คิดเห็นว่า ในประเทศไทยสมควรมีในโอกาสที่มีสันติภาพและเหตุการณ์เป็นปกติแล้ว ทั้งนี้เพื่อส่งเสริมให้คนไทยและนักศึกษาไทยได้มีความรู้ดาราศาสตร์ขั้นต้นดีขึ้น

การรู้ความจริงของวิชาดาราศาสตร์ เป็นเหตุหนึ่งตามทางวิทยาศาสตร์ ทำให้ไม่หลง망่ายเชือไสยศาสตร์ การดูหมอดูจะดูจะน้อยลงและเป็นเหตุให้คนไม่พ่วงต่อโซไซตี้ อันเป็นเหตุหนึ่งให้คนทดสอบทิ้งธุระเกียจคร้าน ต่อการงาน อาศัยเหตุผลเหล่านี้ กรมอุทกศาสตร์จึงมีความคิดที่จะส่งเสริมวิชาดาราศาสตร์ขั้นต้นให้แพร่หลายและดำเนินงานนี้

การลงทุนสำหรับ Planetarium นี้มีเวลาตอนทุนได้ เพราะในต่างประเทศการเก็บเงินผู้เข้าดูประมาณ คนละยี่สิบห้าบาทคงเป็นอย่างน้อยเบ็ดเตล็ดสักดาวที่ละสองครั้ง ถ้าโดมโตจุกน้ำไดเรือนพัน ประมาณอย่างซ้ำลับปี ก็คุ้มทุน

ตามที่กล่าวแล้ว ประเทศที่เจริญแล้วเป็นหน้าที่ของทหารเรือโดยเฉพาะกรมอุทกศาสตร์ เว้นเสียแต่งานเจริญมาเป็นองค์การใหญ่แล้วได้ทดสอบจึงเป็นองค์การโดยเฉพาะเท่ากับ กรมหนึ่ง เรียกว่าหอตรวจดาวทหารเรือ เช่น ประเทศสหรัฐอเมริกา อังกฤษ แต่ญี่ปุ่นยังอยู่กับกรมอุทกศาสตร์

ส่วนในข้อมูลนั้น ถ้ามีเงินแล้วจัดทำเมื่อได้ก็ได้ ทำลัญญาไว้จ้างก่อสร้างและติดตั้งเครื่องตลอดจนทดลองใช้ได้ แต่ในลัญญาตนั้นต้องมีข้อผูกมัดว่าให้สอนเจ้าหน้าที่จนได้ถูกต้อง

ด้วย เจ้าหน้าที่นั้นคือผู้ที่มีความรู้วิชาดาราศาสตร์สาขาใดสาขานึงอยู่แล้ว ส่งไปเรียนที่ บริษัทคัลเลอร์ส เยนา งานดาราศาสตร์ตามที่กล่าวมาแล้ว กองทัพเรือได้พิจารณาหาเงินให้ตามสมควรแก่โอกาสเป็นลำดับ

เนื่องด้วยตามโครงการงานดาราศาสตร์ของกรมอุทกศาสตร์ มีอยู่ข้อหนึ่งที่ทำให้มี Planetarium ขึ้นสำหรับเป็นการเผยแพร่องค์ความรู้ด้านวิชาดาราศาสตร์ขั้นต้นโดยทั่วไป และงานนี้ผู้บัญชาการทหารเรือได้เคยดำเนินการที่จะให้มีอยู่แล้ว

การจัดสร้าง Planetarium อยู่ในประเทศไทยอุดสาಹกรรมหนักที่จะต้องลังซื้อจากต่างประเทศรวมทั้งลัญญาภัยสร้างตัวโดยด้วย

Planetarium ตัวโดยภายในที่สมมุติเป็นท้องฟ้า มีเลี้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ ๔๕ - ๓๐ เมตร บรรจุผู้เรียนได้ครั้งละ ๔๐๐ - ๑๐๐๐ คน

การทำตัวโดยและห้องประกอบโดยรอบ ราคาต่างๆ กัน (นอกจากขนาดแล้วแต่จะเป็นพื้นคอนกรีต หรือพื้นคอนกรีตผสมไม้ หรือไม้ล้วน และเครื่องหุ้มห่อของใบภายนอกจะเป็นแร่ เช่น ทองแดง หรือคอนกรีตส่วนเครื่องฉายภาพดวงอาทิตย์, ดวงจันทร์และดาวภายในนั้น โดยมากประกอบด้วยเครื่องฉายมีจำนวน



รูปที่ ๔-๙ ภายในห้องฟ้าจำลอง

ตั้งแต่ 104 - 119 (๑๐๔ - ๑๑๙ Image Projectors) น้ำหนักทั้งหมด ๓๖๐๐ กก. มีโต๊ะบังคับการฉายหนึ่งโต๊ะ (Control Board Desk) และมีเครื่องยนต์สำหรับทำการเคลื่อนไหวและฉายแสง ๓ เครื่อง และเครื่องประกอบอื่นๆ อีก

เท่าที่ทราบว่าญี่ปุ่นได้ทำสัญญาจัดสร้างขึ้นที่จังหวัดโอดากาหะหนึ่ง เป็นเงินสามหมื่นปอนด์ เครื่องนี้ คลาสเซลล์ เยนา ประเทศเยอรมันเป็นผู้จัดสร้างแต่แห่งเดียว การสร้าง Planetarium ขึ้นนี้ แม้จะลงทุนมากก็จริง แต่มีโอกาสถอนทุนขึ้นได้ เพราะในต่างประเทศเขาก็เงินผู้เข้าดู หรือผู้เข้าศึกษาอย่างน้อยคนละ ๒๕ ลดาก็ ซึ่ง อัตราเรียนประมาน ๑๐ ปี ก็คุ้มทุน เพราะจะนั่งฟังขอเสนอมาเพื่อพิจารณา

เรื่องการจัดตั้งหอตรวจดาวและแฉลนเดาระยมนั้น ได้เคยเรียนด้วยวารจากบัญชาการทหารเรือไว้ว่า ถ้า มีที่เหมาะสมในสวนตรงหลังโรงเรียนนายเรือ ออกไปได้แล้วจะเหมาะสมสำหรับการติดต่อพระไภลกรมอุทกศาสตร์ แต่ก็ เกรงว่าจะหาที่ได้ยาก เพราะบริเวณแฉลนนั้นเป็นที่ลุ่มล้ำจะทำต้องสร้างมูลตินให้สูง เมื่อเกิดอุทกวัยอย่าง พ.ศ.๒๔๘๕ จะได้ไม่ลำบาก ตามธรรมดายหอตรวจดาวและแฉลนเดาระยมนั้นเป็นที่บันเนินสูง บัญชาการทหารเรือได้บอกว่า ลองเลือกหาที่ดู เพื่อเหมาะสมจะได้พิจารณาซื้อให้ ข้าพเจ้าได้ไปหาดูเหมือนกัน รู้สึกว่าที่ราคแพง ถ้าจะซื้อไว้แล้วจะ ต้องมีคนดูแลรักษา หรือลงมือทำการฐาน ขอบเขตและทำทางเข้าซึ่งจะต้องเปลืองเงินมาก กว่าจะได้เครื่องมือและ คนลงเป็นเวลานาน เมื่อรอเวลานานมากแล้ว ไกลเวลาจะทำงานจริงความคิดของผู้ดำเนินการข้างหน้าอาจจะเห็น ว่าที่ที่หาไว้ไม่เหมาะสมสมกับเหตุการณ์ใด เพราะจะนั่นข้าพเจ้าจึงรอต่อมาจนปัจจุบันนี้ ถ้าจะหาที่ได้เหมาะสมต่อไปข้างหน้า แต่ ไกลจากการมอุทกศาสตร์มากก็ไม่สะดวกแก่การติดต่อ หลักที่ควรพิจารณาหากพื้นที่เพื่อการนี้ควรเป็นดังนี้

๑. เป็นที่มีระดับสูงหรือบนเนิน
๒. ไม่ใกล้ชุมชนจนเกินไป
๓. มีถนนติดต่อรถบรรทุกเข้าถึงได้
๔. ไม่ใกล้กรมอุทกศาสตร์มากนัก
๕. อยู่ในที่ว่างห่างไกลจากหมู่บ้านรอบๆ ข้างพอลมควร
๖. มีน้ำและไฟใช้ได้สะดวก

พล.ร.ต. หลวงชลธารพกนิล์ไกร

๑๐ ก.ย.๔๘

• การจัดตั้งแผนกดาราศาสตร์

เนื่องจากกิจการงานด้านการตรวจสอบและรักษาเวลาตามมาตรฐานของประเทศไทย เป็นงานมีความสำคัญ ประกอบกับความเจริญก้าวหน้าทางเทคโนโลยีเจริญไปอย่างรวดเร็ว นาฬิกาอิเล็กทรอนิกส์เข้าแทนที่นาฬิกาลูกดุม การเบรียบเทียบลัญญาณเวลาจากต่างประเทศที่ดำเนินการอยู่ไม่เป็นที่แน่นอน เนื่องจากสถานีส่งลัญญาณเวลาที่ กรมอุทกศาสตร์ใช้เทียบอยู่ห่างจากกรุงเทพฯ ประมาณ ๕,๐๐๐ ไมล์ ลัญญาณบางคราวขัดข้อง ด้วยลักษณะอากาศ ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการรับลัญญาณได้ กองทัพเรือเล็งเห็นความสำคัญทางงานการรักษาเวลาตามมาตรฐาน และงานด้านดาราศาสตร์จึงได้ตั้งแผนกด้านดาราศาสตร์ขึ้นลังกัด กองอุปกรณ์การเดินเรือในปี พ.ศ.๒๔๘๕ มีอัตราเจ้าหน้าที่ ดังนี้

ระดับ	อัตรา
หัวหน้าแผนก	นาวาตรี ๑
ประจำแผนก	เรือเอก ๒
พนักงาน	พันจ่าเอก ๓
สมิยน	พันจ่าเอก ๑

ในปีงบประมาณ พ.ศ.๒๕๐๐ ผู้อำนวยการสำนักงานมาตรฐานประเทศไทย คือ นายนิพัทธ์ สมชาย ชื่นสุวรรณ (รักษาราชการ) ขณะนั้นดำรงตำแหน่ง หัวหน้ากองอุปกรณ์ด้วย

แผนกวาราคาสต์ กองอุปกรณ์การเดินเรือได้เสนอโครงการเวลาตามมาตรฐาน (Time Service Project) ต่อกรมอุทกศาสตร์ เสนอ กองทัพเรือ เมื่อปี พ.ศ.๒๕๐๓ โดยมีวัตถุประสงค์ ๔ ประการ คือ

๑. รักษาเวลาตามมาตรฐานของประเทศไทย
๒. ส่งลัญญาณเทียบเวลาทางวิทยุ
๓. รักษาความถี่มาตรฐาน
๔. ส่งความถี่มาตรฐานทางวิทยุ
๕. บริการเทียบเวลาทางโทรศัพท์

เป็นโครงการที่เสนอในช่วงปีงบประมาณปี พ.ศ.๒๕๐๓ ทั้งนี้วิเคราะห์จากหลักฐานของทีบิชัฟ B.GRIMM & CO.BANGKOK ได้เสนออุปกรณ์รักษาเวลาตามมาตรฐาน ต่อ พล.ร.ท.วิจารณ์ เทศกรณ์ เจ้ากรมอุทกศาสตร์ ในช่วงเวลานั้น ซึ่งแผนกวาราคาสต์ได้ใช้ข้อมูลดังกล่าวมาจัดทำโครงการเวลาตามมาตรฐาน ระบบเวลาดังกล่าวนี้เป็นระบบที่มีความทันสมัย ในช่วงเวลานั้นสามารถตรวจสอบและรักษาเวลาในระบบโครงการฯ และเปรียบเทียบลัญญาณเวลาความถี่มาตรฐานจากต่างประเทศได้ ซึ่งจะทำให้ระบบการรักษาเวลา มีความถูกต้องและเป็นมาตรฐานสากล ลุ렷ี่นี้ แต่เนื่องจากโครงการดังกล่าวใช้งบประมาณในการดำเนินการค่อนข้างสูง คือ ประมาณ ๑,๓๓๐,๐๐๐.- บาท (หนึ่งล้านหนึ่งแสนสามหมื่นบาทถ้วน) หรือประมาณ ๑๙,๙๗๑.๑๒. ปอนด์ (อัตราแลกเปลี่ยน ๑ = ๕๙.๕๐ บาท)

ในช่วงเวลานี้ กองทัพเรือไม่สามารถสนับสนุนงบประมาณได้จึงได้ขอโครงการดังกล่าวไว้ก่อน ไม่สามารถดำเนินการได้ทันที แต่ด้วยความพยายามโดยมิท้ออยู่จนทางราชการเห็นความจำเป็น โครงการเวลาตามมาตรฐานจึงประสบความสำเร็จได้รับอนุมัติให้ดำเนินการได้ตั้งแต่ปี พ.ศ.๒๕๐๓ โดยจัดสรรงบประมาณให้เป็นปีๆ ไป ซึ่งได้ดำเนินการไปจนถึงปัจจุบัน เปิดปฏิบัติงานได้แล้วดังต่อไปนี้

ปีงบประมาณ พ.ศ.๒๕๐๓ ได้จัดซื้ออุปกรณ์เวลาตามมาตรฐานจากประเทศเยอรมนี เป็นเงิน ๑,๓๙๙,๕๐๐.- บาท ประกอบไปด้วย นาฬิกาควอตซ์ความถี่สูงขนาดใหญ่ ๓ เรือน ซึ่งมีอัตราผิด ๑/๑๐๐,๐๐๐ วินาทีต่อวัน เพื่อใช้สำหรับเปรียบเทียบกับนาฬิกาพิเศษอีก ๑ เรือน เพื่อเตรียมไว้ใช้เดินด้วยพลังงานปรมาณู นาฬิกานี้นอกจากจะรักษาเวลาได้เที่ยงตรงแล้ว ยังสามารถผลิตความถี่มาตรฐานได้ ๓ ความถี่ คือ 5 MHZ, 1 MHZ และ 0.1 MHZ สำหรับบริการตรวจสอบความถี่ของเครื่องมืออิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ เช่น วิทยุ โทรศัพท์ หรือเครื่องมือในห้องปฏิบัติการทดลอง

เครื่องเทียบความถี่ เพื่อใช้เทียบความถี่ของนาฬิกาควอตซ์กับความถี่มาตรฐานสากล เช่น จากสถานี Rugby ในประเทศอังกฤษ โดยมีเครื่องรับความถี่อยู่ภายในและสามารถบันทึกความถี่ของนาฬิกาควอตซ์ ให้ลงรอยกับความถี่มาตรฐานสากลได้โดยอัตโนมัติตตลอด ๒๔ ชั่วโมง

เครื่องบันทึกการเปรียบเทียบความถี่ของนาฬิกาควอตซ์กับความถี่มาตรฐานสากลให้เห็นได้ตลอดเวลาว่ามีการปั่นแต่งไปอย่างไรบ้าง และความถี่ของนาฬิกาควอตซ์ตรงกับความถี่มาตรฐานสากลหรือไม่

เครื่องทำไพรแกรมลัญญาณจำนวน ๒ เครื่อง สำหรับลัญญาณเทียบเวลาแบบเมริกันเพื่อส่งลัญญาณเทียบเวลาทางวิทยุให้กับเรือต่างๆ ในทะเล คือจะเริ่มส่งลัญญาณเทียบเวลาตั้งแต่นาทีที่ ๕๕ ทุกนาที จนถึงนาทีที่ ๖๐ ของทุกชั่วโมง อีกเครื่องหนึ่งสำหรับทำลัญญาณเทียบเวลาแบบอังกฤษเพื่อส่งลัญญาณเทียบเวลาให้ประชาชนทั่วไป คือจะส่งลัญญาณเทียบเวลาทุก ๑๐ นาทีตลอด ๒๔ ชั่วโมง

นาฬิกาควบคุมเวลาเป็นนาทีและวินาที สำหรับใช้ควบคุมเวลาที่จะส่งไปให้นาฬิกาฟังตามสถานที่ต่างๆ ได้ ๓๐ เรือน

สโคปเวลาสำหรับดูเพื่อเปรียบเทียบคลื่นความถี่เวลาระหว่างนาฬิกาของแต่ละเรือน และสามารถเปรียบเทียบ



ภาพที่ ๔-๑๔ สมเด็จพระบรมโอรสาธิราชฯ สยามมกุฎราชกุமาร เสด็จทรงเปิดเวลาตามมาตรฐานประเทศไทย ณ กรมอุทกศาสตร์

ทั้งระบบเวลาเพื่อนำไปใช้เดินนาฬิกา ที่มีเป็นพิเศษอยู่แล้ว ๑ เว็บน เป็นเงิน ๔๘,๓๐๐.- บาท

อุปกรณ์นี้ผลิตความถี่มาตรฐานได้ ๖,๔๓๔,๖๔๒,๕๓๙ รอบต่อ ๑ วินาที มีอัตราผิดเพี้ยง ๑/๑๐๐,๐๐๐,๐๐๐,๐๐๐ รอบต่อเดือน เมื่อนำไปใช้เดินนาฬิกาแล้ว จากผลการตรวจสอบในระยะเวลา ๓๐ วัน ปรากฏว่านาฬิกามีอัตราผิดเพี้ยง ๑,๐๐๐,๐๐๐ วินาที นอกจากนั้นยังใช้ควบคุมความถี่ของนาฬิกาควบคุมอุปกรณ์ทั้ง ๓ เว็บ โดยต่อเข้ากับเครื่องเทียบความถี่ที่มีอยู่แล้ว ทั้งนี้ไม่จำเป็นต้องใช้เทียบความถี่มาตรฐานสากล เช่น จากสถานี Rugby ในประเทศอังกฤษอีกต่อไป อุปกรณ์นี้ติดตั้งแล้วเรียบร้อยเมื่อ ๒๔ พฤษภาคม พ.ศ.๒๕๑๔

ปีงบประมาณ พ.ศ.๒๕๑๔ จัดซื้อเครื่องประกอบสำหรับแจ้งลัญญาณเทียบเวลาให้แก่ประชาชนทางโทรศัพท์ โดยอัตโนมัติ เป็นเงิน ๑๔๘,๔๕๐.- บาท

เครื่องประกอบนี้ใช้ต่อ กับเครื่องทำโปรแกรมลัญญาณ ติดตั้งแล้วเรียบร้อย เมื่อ ๕ พฤษภาคม พ.ศ.๒๕๑๔ พร้อมกันนี้องค์กรโทรศัพท์ยังได้กรุณาติดตั้งโทรศัพท์อัตโนมัติให้อีก ๕ หมายเลข เพื่อบริการความสะดวกในการเทียบเวลาของประชาชนยิ่งขึ้น คือ หมายเลข ๖๖๑๑๓๐ ถึงหมายเลข ๖๖๑๑๓๔

ในปัจจุบันองค์กรโทรศัพท์ได้เปลี่ยนหมายเลขโทรศัพท์ทั้ง ๕ หมายเลข ดังกล่าวเป็นโทรศัพท์อัตโนมัติ หมายเลข ๑๔๑ และเป็นที่น่ายินดีเป็นอย่างยิ่ง เมื่อ พล.ร.อ.สมเด็จพระบรมโอรสาธิราชฯ สยามมกุฎราชกุุมาร ขณะทรงพระยศเป็น ร.ท.เจ้าพัมพาราลงกรณ์ ได้เสด็จพระราชดำเนินมาทรงเป็นประธานในพิธีเปิดเครื่องอุปกรณ์รักษาเวลาตามมาตรฐานของประเทศไทย ณ กรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือ เมื่อวันที่ ๒๒ ธันวาคม พ.ศ.๒๕๑๔

ปีงบประมาณ พ.ศ.๒๕๑๖ จัดซื้อนาฬิกาแบบ Digital Clock ซึ่งเป็นนาฬิกาที่แสดงเวลาด้วยตัวเลข โดยตัวเลขจะเคลื่อนตัวเปลี่ยนไปทุกๆ วินาที และ Digital Programmer เพื่อย้ายโปรแกรมลัญญาณบอกเวลา และเป็นเครื่องสำรองที่มีใช้อยู่เดิมแล้ว เป็นเงิน ๑๔๓,๐๐๐.- บาท

ปีงบประมาณ พ.ศ.๒๕๑๗ จัดซื้ออุปกรณ์ Digital Signal Generator ซึ่งสามารถส่งความถี่ได้ตั้งแต่ 300 HZ ถึง 32 MHZ เพื่อใช้ในการปรับแต่งความถี่ของเครื่องมือตรวจวัดต่างๆ และเครื่องมือที่ต้องการความถูกต้องในด้านความถี่สูงให้ถูกต้องแก่ หน่วยราชการต่างๆ เป็นเงิน ๑๕๔,๐๐๐.- บาท

ปีงบประมาณ พ.ศ.๒๕๑๘ จัดซื้อเครื่องควบคุมความถี่ (Frequency Controller) จำนวน ๒ เครื่อง เพื่อควบคุมความถี่ที่ผลิตได้ให้ตรงกับความถี่มาตรฐานของประเทศไทย เป็นเงิน ๑๔๘,๔๐๐.- บาท

ปีงบประมาณ พ.ศ.๒๕๖๗ จัดหาอุปกรณ์ผลิตความถี่มาตรฐานด้วยพลังงานประมาณจากธาตุซีเซียม (Caesium Frequency Standard) มาใช้แทนราตรีวูบเดียม ๔๗ เป็นเงิน ๔๑๘,๐๐๐.- บาท

ปีงบประมาณ พ.ศ.๒๕๖๙ ได้จัดซื้อเครื่องรับสัญญาณเวลา มาตรฐานลากลจากสัญญาณดาวเทียมระบบ GPS (G.P.S. Satellite Timing Receiver แบบ FTS.800) จำนวน ๑ เครื่อง เพื่อใช้เปรียบเทียบกับสัญญาณเวลา มาตรฐานประเทศไทย เป็นเงิน ๖๔๖,๐๐๐.- บาท

ปีงบประมาณ พ.ศ.๒๕๖๙ จัดซื้อนาฬิกาบอกเวลา (Speaking Clock) จำนวน ๑ เครื่อง เพื่อใช้ทดแทน นาฬิกาบอกเวลาเดิม เป็นเงิน ๖๔๖,๐๐๐.- บาท

รวมเป็นเงินงบประมาณที่ใช้จ่าย ตั้งแต่ปี พ.ศ.๒๕๖๔ ถึง ปี พ.ศ.๒๕๖๙ เป็นเงินทั้งสิ้น ๔,๙๙๙,๖๐๐.- บาท (สี่ล้านเก้าแสนเก้าหมื่นเก้าพันหกร้อยบาทถ้วน)

ปีงบประมาณ พ.ศ.๒๕๖๙ ดำเนินการย้ายอุปกรณ์รักษาเวลา มาตรฐานประเทศไทย จากห้องรักษาเวลาเดิม ซึ่งตั้งอยู่บริเวณแผนกการราศาสตร์ชั้นล่าง อาคาร ๒ มาไว้ที่ห้องเรว กรมอุทกศาสตร์เดิม ชั้นล่างอาคารหน้าห้อง แผนกเอกสารการเดินเรือ เหตุที่ย้ายเนื่องจากสภาพอาคาร ๒ ไม่ปลอดภัยในการใช้งาน ทำการย้ายเมื่อวันที่ ๒ - ๑๔ กุมภาพันธ์ พ.ศ.๒๕๖๙

ปีงบประมาณ พ.ศ. ๒๕๖๙ เดือนกรกฎาคม พ.ศ.๒๕๖๙ กรมอุทกศาสตร์ได้ลงนามทหาร จำนวน ๓ นาย มี นาวาโท ไชยวุฒิ นาวิกาญจนะ หัวหน้าแผนกการราศาสตร์ กองอุปกรณ์การเดินเรือ นาวาโท จักรกฤษ มะลิข่าว หัวหน้าแผนกจีอฟลิกส์ กองสำรวจแผนที่ และ นาวาตรี ชัยฤทธิ์ เกิดผล หัวหน้าแผนกเอกสารการเดินเรือ กอง อุปกรณ์การเดินเรือ ไปคุจานและฝึกอบรมเกี่ยวกับระบบอุปกรณ์รักษาเวลา มาตรฐาน ที่โรงงานบริษัท HEWLETT PACKARD และโรงงานบริษัท DATUM คลรัช California ประเทศสหรัฐอเมริกา และในปีเดียวกัน เมื่อวันที่ ๑ พฤษภาคม พ.ศ.๒๕๖๙ ได้จัดซื้อเครื่องผลิตความถี่มาตรฐานซีเซียม จากบริษัท HEWLETT PACKARD รุ่น HP 5071 A ราคา ๒๔๔,๔๐๐.- บาท ต่อมาได้จัดลงนามทหาร จำนวน ๒ นาย คือ นาวาโท ไชยวุฒิ นาวิกาญจนะ เสนารหิการหมวดอุทกศาสตร์ และ นาวาโท จักรกฤษ มะลิข่าว หัวหน้าแผนกสำรวจแผนที่ทะเล ไปศึกษาอบรม หลักสูตร Time & Frequency Standard ที่สถาบัน National Physical Laboratory เมือง Teddington ประเทศ อังกฤษ

ปีงบประมาณ พ.ศ.๒๕๖๐ ได้จัดซื้อเครื่องรับสัญญาณเวลา มาตรฐานลากลจากสัญญาณดาวเทียม ระบบ GPS (G.P.S. Satellite Timing Receiver) จากบริษัท DATUM INC. จำนวน ๑ เครื่อง เพื่อใช้เปรียบเทียบกับ สัญญาณเวลา มาตรฐานประเทศไทย เป็นเงิน ๔๙๖,๖๐๐.- บาท

ปีงบประมาณ พ.ศ.๒๕๖๑ จัดซื้อระบบรักษาเวลา มาตรฐานเพิ่มเติม จำนวน ๑ ระบบ เป็นเงิน ๔,๓๗๑,๔๔๖.- บาท เพื่อทดแทนระบบเดิมเกือบทั้งหมดที่เสื่อมสภาพ

• โครงการให้บริการเวลา มาตรฐานประเทศไทยผ่านระบบ Online

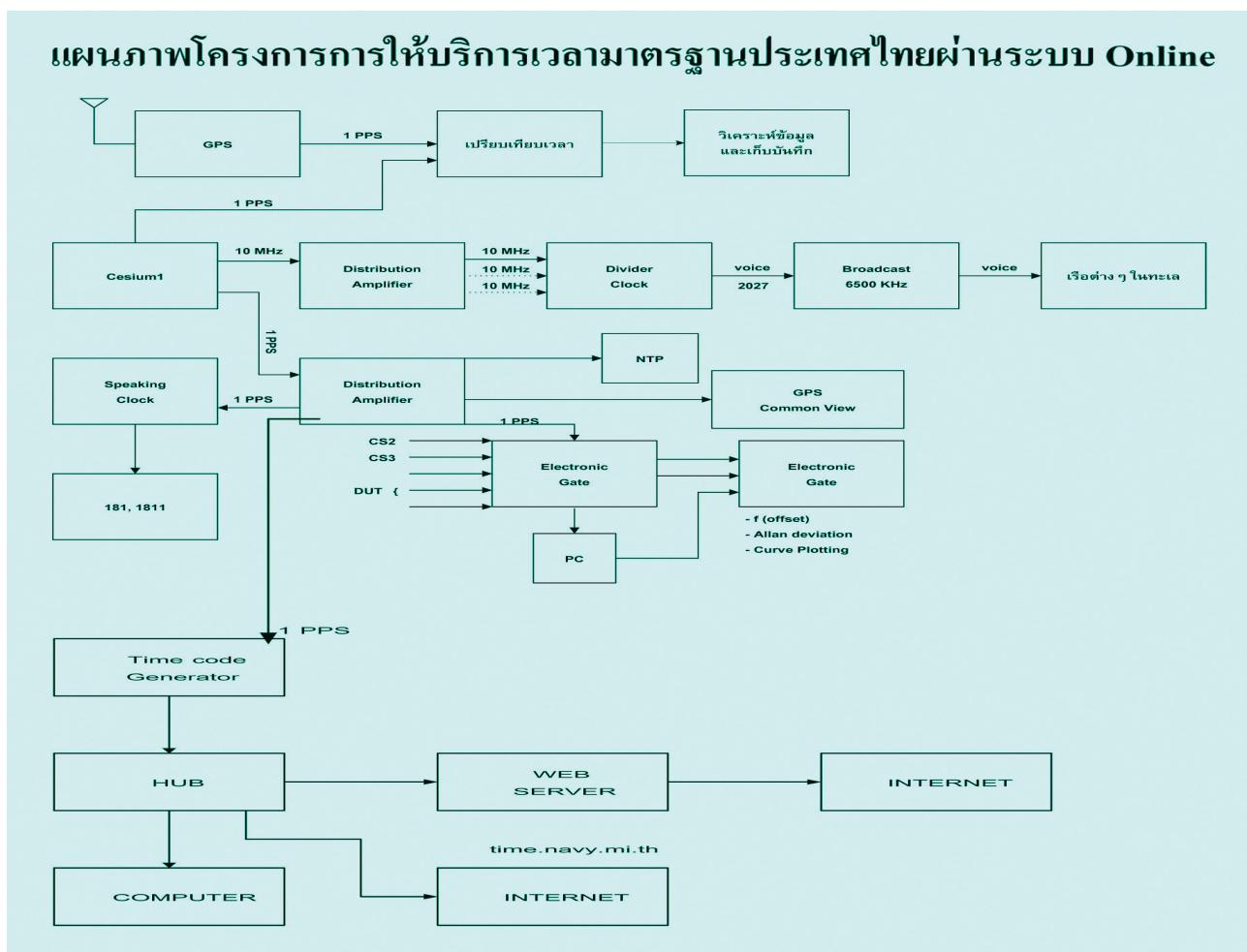
ระบบงานการให้บริการเวลาที่ผ่านมา กรมอุทกศาสตร์ได้ให้บริการเวลาทางโทรศัพท์ บอกเวลาทุกๆ ๑ วินาที โดยใช้เครื่องผลิตความถี่มาตรฐาน Frequency Time Standard (Caesium) ส่งสัญญาณเวลาไปควบคุม เครื่องบอกเวลาทางโทรศัพท์ (Speaking Clock) ทางกรมอุทกศาสตร์ได้ให้บริการเวลาทางโทรศัพท์ตั้งแต่ ปี พ.ศ. ๒๕๑๕ จนถึงปัจจุบัน ซึ่งไม่เพียงพอต่อความต้องการของหน่วยงานราชการ เอกชน และประชาชนที่ต้องการรับ เวลาระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ของตน ระบบฐานเวลาคอมพิวเตอร์อาศัยนาฬิกาความถี่ในตัวเครื่องเป็นตัวกำหนด เวลา ซึ่งมีอัตราผิด ๐.๐๑ วินาทีต่อวัน ทำให้การคำนวณที่มีเวลาตามเกี่ยวข้องผิดไป ส่วนนาฬิกาประมาณุชีเซียม ๑๓๓ เป็นตัวกำหนด ๑ วินาที มาตรฐานจะมีอัตราผิด $\pm 5 \times 10^{-12}$ วินาที ตลอดอายุการใช้งานของธาตุซีเซียมจะมีความ ถูกต้อง และเที่ยงตรงสูง แต่ราคาก่อนข้างแพงนับวันอัตราการใช้คอมพิวเตอร์มีจำนวนเพิ่มมากขึ้น ซึ่งจะเป็นการ

สอดคล้องในการปรับเวลาของเครือข่ายคอมพิวเตอร์ผ่านทางเครือข่าย Internet โดยทางผู้ขอใช้บริการร้องขอเวลาผ่านระบบให้เวลา Online โดยไม่ต้องโทรศัพท์สอบถามเวลาแล้วปรับเวลาเครือข่ายคอมพิวเตอร์ใหม่ กรมอุตุศาสตร์ได้รับการร้องขอให้เปิดบริการบอกเวลา Online จากหน่วยงานราชการ เอกชน และประชาชนเป็นจำนวนมาก ดังนั้นในปีงบประมาณ พ.ศ.๒๕๕๘ กรมอุตุศาสตร์ได้จัดทำโครงการให้บริการเวลามาตรฐานประเทศไทยผ่านระบบ Online เสนอต่อ กองทัพเรือ และกระทรวงกลาโหม เพื่อดำเนินการปรับปรุงระบบเวลา มาตรฐานและ การให้บริการเวลาให้ได้มาตรฐานสากล และได้รับอนุมัติให้บรรจุอยู่ในแผนแม่บทเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารของกระทรวงกลาโหม ในยุทธศาสตร์การพัฒนาพื้นฐานข้อมูลหลักในการบริหารงานและข้อมูลภูมิสารสนเทศให้สามารถร่วมกันใช้งาน การแลกเปลี่ยนและการบริหารข้อมูลได้ โดยรัฐมนตรีว่าการกระทรวงกลาโหมได้อนุมัติและให้ความเห็นชอบแผนแม่บท กระทรวงกลาโหมเมื่อ ๒ มิถุนายน พ.ศ.๒๕๕๘ งบประมาณ ๑๔,๐๕๐,๐๐๐.- บาท มีระยะเวลาในการดำเนินการ ๒ ปี ตั้งแต่ปีงบประมาณ พ.ศ.๒๕๕๘ - ๒๕๕๙ ในส่วนของ กองทัพเรือ ได้จัดทำแผนแม่บทเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารของ กองทัพเรือให้ลอดคล้องกับกระทรวงกลาโหมและแผนแม่บทแห่งชาติ และ กองทัพเรือได้ออนุมัติให้ใช้แผนแม่บทใหม่เมื่อ ๒๗ มิถุนายน พ.ศ.๒๕๕๘ และโครงการนี้ได้บรรจุอยู่ในแผนแม่บทของ กองทัพเรือด้วยเช่นกัน จะขอกล่าวถึงโครงการให้เวลา มาตรฐานประเทศไทยทางระบบออนไลน์นี้เพื่อความเข้าใจ พอดังนี้ โครงการนี้จัดทำขึ้น โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อขยายการให้บริการเวลา มาตรฐานประเทศไทยแก่ประชาชน และหน่วยงานต่างๆ ให้ครอบคลุมทั่วถึงทั่งประเทศ สามารถตอบเทียบกับได้โดยผ่านระบบโทรศัพท์และระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ (Internet) โดยใช้เครื่องผลิตความถี่มาตรฐาน Frequency Time Standard เป็นเครื่องอ้างอิงหลักกับระบบให้บริการเวลา โดยมีเป้าหมายดังนี้

๑. เป็นการกำหนดเวลาของประเทศไทยให้ใช้เวลาอันเที่ยงตรงทั่วประเทศ
๒. อำนวยความสะดวกแก่ประชาชนทั่วไปที่เข้ามาใช้บริการเวลาแบบ Internet Online
๓. อำนวยความสะดวกแก่นักเดินเรือและการบิน
๔. อำนวยความสะดวกในกิจการโทรคมนาคม ไปรษณีย์โทรเลข เช่น การคิดค่าบริการโทรศัพท์
๕. อำนวยความสะดวกในการตราคำสั่ง การสำรวจแผนที่ งานจีอฟลิกซ์ และกิจการอื่น ที่ต้องใช้ความแน่นอน และความละเอียดของเวลาอย่างสูง

ระบบที่ขอนุมัติเป็นระบบที่ให้บริการเวลาครอบคลุมทั่งทางโทรศัพท์ และระบบ Internet Online ซึ่งต้องมีห้องปฏิบัติการอยู่ในสภาวะเหมาะสมทั้งความชื้นและอุณหภูมิ มีเครื่องมือตรวจสอบความถูกต้องของเวลา มีอุปกรณ์สำรองพร้อมที่จะให้บริการเทียบเวลาตลอด ๒๔ ชั่วโมง ประกอบด้วยเครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ ดังนี้

๑. ระบบให้เวลาทางอินเตอร์เน็ต ๑ ระบบ
๒. เครื่องผลิตความถี่มาตรฐาน (Caesium) ๒ เครื่อง
๓. เครื่องรับสัญญาณเวลา GPS Satellite Timing Receiver ๒ เครื่อง
๔. เครื่องบอกเวลาทางโทรศัพท์ (Speaking Clock) ๒ ชุด
๕. เครื่องสอบเทียบเวลา rate ๑ ระบบ
๖. ห้องควบคุมอุณหภูมิ ความชื้นและสนามแม่เหล็ก ๑ ห้อง
๗. โปรแกรมควบคุมเวลา ๑ ชุด



รูปที่ ๔-๑๖ แผนภาพโครงการให้บริการเวลามาตรฐานประเทศไทยผ่านระบบ Online

การดำเนินการในปี งบประมาณ พ.ศ.๒๕๕๘ กองอุปกรณ์การเดินเรือได้ดำเนินการจัดหาอุปกรณ์พร้อมติดตั้งเพื่อให้ระบบมีความพร้อมในการให้บริการในระดับหนึ่ง ด้วยการจัดซื้อเครื่องมือและอุปกรณ์ดังนี้

๑. เครื่องผลิตความถี่มาตรฐาน (Caesium) ตราอักษร Agilent รุ่น 5071 A ราคา ๔,๓๕๒,๓๒๐ .- บาท รับมอบอุปกรณ์พร้อมติดตั้งเมื่อ ๑๒ เมษายน พ.ศ.๒๕๕๘

๒. ระบบให้เวลาทางอินเตอร์เน็ต ตราอักษร Elproma รุ่น NTS-๓๐๐ ราคา ๔๙๕,๐๐๐ .- บาท รับมอบ อุปกรณ์พร้อมติดตั้งเมื่อ ๑๒ เมษายน พ.ศ.๒๕๕๘

๓. เครื่องรับลัญญาณเวลา GPS Satellite Timing Receiver ตราอักษร Symmetricom รุ่น Exac Time ๒๐๐๐ ราคา ๔๙๑,๖๖๕ .- บาท รับมอบอุปกรณ์พร้อมติดตั้งเมื่อ ๑๒ เมษายน พ.ศ.๒๕๕๘

๔. เครื่องบอกเวลาทางโทรศัพท์ (Speaking Clock) ตราอักษร ATIS รุ่น IDAS ราคา ๒,๑๔๐,๐๐๐.- บาท รับมอบอุปกรณ์พร้อมติดตั้งเมื่อ ๓๐ สิงหาคม พ.ศ.๒๕๕๘

๕. เครื่องสอบเทียบเวลาตัวตั้งตัวรอง รวมถึงเอกสารที่ต้องการให้สามารถให้บริการเทียบเวลามาตรฐานผ่านระบบอินเตอร์เน็ต กองทัพเรือ แบบ Online ให้กับหน่วยงานภาครัฐต่างๆ รวมถึงเอกชนทั่วไปได้เต็มประสิทธิภาพตลอด ๒๔ ชั่วโมง ด้วยการจัดซื้อเครื่องมือและอุปกรณ์ดังนี้

การดำเนินการในปี งบประมาณ พ.ศ.๒๕๕๘ กองอุปกรณ์การเดินเรือได้ดำเนินการจัดหาอุปกรณ์พร้อมติดตั้งเพื่อขยายโครงการให้สามารถให้บริการเทียบเวลามาตรฐานผ่านระบบอินเตอร์เน็ต กองทัพเรือ แบบ Online ให้กับหน่วยงานภาครัฐต่างๆ รวมถึงเอกชนทั่วไปได้เต็มประสิทธิภาพตลอด ๒๔ ชั่วโมง ด้วยการจัดซื้อเครื่องมือและอุปกรณ์ดังนี้



๑. เครื่องบอกเวลาทางโทรศัพท์ (Speaking Clock) ตราอักษร ATIS UHER รุ่น IDAS ราคา ๒,๒๔๙,๙๖๕.- บาท รับมอบอุปกรณ์พร้อมติดตั้งเมื่อ ๒๓ มิถุนายน พ.ศ.๒๕๕๘

๒. ห้องควบคุมอุณหภูมิ ความชื้น และส nama แม่เหล็ก ๑ ห้อง ราคา ๒,๑๗๐,๑๐๓.๓๕.- บาท รับมอบ อุปกรณ์พร้อมติดตั้งเมื่อ ๒๓ มิถุนายน พ.ศ.๒๕๕๘

๓. โปรแกรมควบคุมเวลา ๑ ชุด ราคา ๖๙,๕๕๐.- บาท รับมอบอุปกรณ์พร้อมติดตั้งเมื่อ ๒๓ มิถุนายน พ.ศ.๒๕๕๘

๔. เครื่องรับสัญญาณเวลา GPS Satellite Timing Receiver ตราอักษร Symmetricom รุ่น Exac Time ๖๐๐๐ ราคา ๓๘๔,๖๖๕.- บาท รับมอบอุปกรณ์พร้อมติดตั้งเมื่อ ๒๓ มิถุนายน พ.ศ.๒๕๕๘

ในปีงบประมาณ ๒๕๕๐ กองอุปกรณ์การเดินเรือได้ดำเนินการจัดหา Network Time Server ตราอักษร Symmetricom รุ่น SyncServer S 250 ราคา ๔๕๔,๓๑๐.- บาท รับมอบอุปกรณ์พร้อมติดตั้งเมื่อ ๒๐ มีนาคม พ.ศ.๒๕๕๐ ไว้เป็นแม่ข่ายสำรอง ติดตั้งที่ห้องสารสนเทศ กรมสื่อสารและสารสนเทศ อาคาร สำนักงานปลัดบัญชี ทหารเว่อ พระราชวังเดิม เพื่อให้สามารถให้บริการเที่ยบเวลาตามมาตรฐานผ่านระบบอินเตอร์เน็ต กองทัพเรือ แบบ Online ให้กับหน่วยงานภาครัฐต่างๆ รวมถึงเอกชนทั่วไปได้เต็มประสิทธิภาพตลอด ๒๔ ชั่วโมง กรณีแม่ข่ายหลักที่ กรมอุทกศาสตร์ขัดข้อง

การให้บริการเวลาที่ผ่านมา กรมอุทกศาสตร์ได้ให้บริการเวลาทางโทรศัพท์ บอกเวลาทุกๆ ๑๐ วินาที โดยใช้ เครื่องผลิตความถี่มาตรฐาน Frequency Time Standard (Caesium) ส่งสัญญาณเวลาไปควบคุมเครื่องบอกเวลา ทางโทรศัพท์ (Speaking Clock) ซึ่งกรมอุทกศาสตร์ได้ให้บริการเวลาทางโทรศัพท์มาตั้งแต่ ปีพ.ศ.๒๕๑๕ จนถึง ปัจจุบัน ซึ่งไม่เพียงพอต่อความต้องการของหน่วยงานราชการเอกชนและประชาชน กรมอุทกศาสตร์ โดยกอง อุปกรณ์การเดินเรือ ได้ปรับปรุงและพัฒนาระบบการให้บริการเวลาให้มีความถูกต้องแม่นยำและรวดเร็วมากโดยตลอด เพราะได้ตระหนักรถึงภารกิจและความรับผิดชอบที่มี เดือนธันวาคม พ.ศ.๒๕๕๘ จึงได้เปิดให้บริการเวลาตามมาตรฐาน ประเทศไทยผ่านระบบ Online เป็นต้นมาทาง HYPERLINK “<http://www.navy.mi.th/hydro/time>” หรือทาง Protocal SNTP โดยใช้โปรแกรมเที่ยบเวลาผ่าน IP SERVER time.navy.mi.th ปัจจุบันกรมอุทกศาสตร์ มีห้องรักษาเวลาและระบบการให้บริการเวลาตามมาตรฐานประเทศไทยที่สมบูรณ์แบบได้มาตรฐานสากลสามารถให้บริการ ได้ทั่วโลกโทรศัพท์อัตโนมัติ และทางระบบ Internet Online ตลอด ๒๔ ชั่วโมง นับเป็นความภาคภูมิใจของกรม อุทกศาสตร์ ที่จะยืนหยัดด้วยความมุ่งมั่นและเอาใจใส่ เพื่อการให้บริการที่ดีแก่ประชาชน ในการทำหน้าที่รักษาเวลา มาตรฐานประเทศไทย



บทที่ ๕

การรักษาและให้บริการเวลามาตรฐานแห่งประเทศไทยโดยกรมอุตุนิยมวิทยา

• การรักษาเวลามาตรฐานประเทศไทย

กรมอุตุนิยมวิทยา กองทัพเรือ เป็นผู้ดำเนินการรักษาเวลาตามมาตรฐานของประเทศไทย ตามที่ได้รับมอบหมาย จากกองทัพเรือ โดยมีแผนกการค้าศาสตร์ กองอุปกรณ์การเดินเรือ กรมอุตุนิยมวิทยา เป็นหน่วยงานที่มีหน้าที่รับผิดชอบ โดยตรง ตามที่กำหนดไว้ในระเบียบกระทรวงกลาโหม ว่าด้วยการกำหนดหน้าที่ส่วนราชการในกองทัพเรือ พ.ศ.๒๕๐๑ นับแต่นั้นมา การรักษาเวลาตามมาตรฐานได้พัฒนามาตามลำดับจากองค์ความรู้และเทคโนโลยีที่เปลี่ยนไป เริ่มตั้งแต่การใช้กล้องวัดดาวร่วมกับนาฬิกาลูกศร และโคโรน่าเมตรอนีส์ พ.ศ.๒๕๐๕ มาเป็นการเทียบเวลาจากสถานีเทียบเวลา ของต่างประเทศเมื่อกล้องตรวจดาวเลื่อนสภาพ จนถึงการจัดทำอุปกรณ์รักษาเวลาตามมาตรฐานที่อาศัยนาฬิกาความถี่ ความถี่สูงและอุปกรณ์ประกอบในการเทียบเวลาในเวลาต่อมา หลังจากนั้นก็พัฒนามาเป็นการรักษาเวลาด้วยอุปกรณ์ผลิตความถี่มาตรฐานจากพลังงานประมาณูหรือนาฬิกาประมาณรูบี้เดียม ๘๓ ในระยะแรกเมื่อ พ.ศ.๒๕๑๔ ในปัจจุบัน กรมอุตุนิยมวิทยา ได้จัดทำนาฬิกาประมาณรูบี้เชียม ๑๓๓ ซึ่งมีความถูกต้องสูงกว่ารูบี้เดียม ๘๓ มาใช้ในงานรักษาเวลา มาตรฐาน ร่วมกับเครื่องรับัญญาณเวลาจากดาวเทียม GPS โดยมีการตรวจสอบความถูกต้องของการรักษาเวลา กับ สถาบันมาตรฐานวิทยาแห่งชาติและสถาบันมาตรฐานชั้นนำต่างประเทศ Bureau International des Poids et Mesures (BIPM)

ในการรักษาเวลาตามมาตรฐานต้องการความละเอียดถูกต้องสูง ซึ่งต้องใช้ทั้งวิธีการที่ถูกต้องทันสมัยรวมทั้ง อุปกรณ์รักษาเวลาที่มีความถูกต้องสูง เช่น นาฬิกาประมาณรูบี้เชียม ๑๓๓ โดยกรมอุตุนิยมวิทยาได้ดำเนินการอยู่ใน ปัจจุบัน

• หลักการทั่วไปในการรักษาเวลา

เมื่อกล่าวถึง “เวลา” เราจะคำนึงถึงคุณลักษณะ ๒ ประการ คือ ความถูกต้อง (Accuracy) และ ความเที่ยงตรง (Precision) ความถูกต้อง หมายถึง อุปกรณ์วัดเวลาที่สามารถบอกเวลาได้ถูกต้องเพียงพอ โดยมีความแตกต่างจากเวลาอ้างอิง (Reference Time) ไม่เกินเกณฑ์ที่กำหนด ความเที่ยงตรง หมายถึง เครื่องมือวัดเวลา สามารถวัดแบ่งช่วงเวลาได้ถูกต้องเพียงพอ โดยมีความแตกต่างจากช่วงเวลาอ้างอิงไม่เกินเกณฑ์ที่กำหนด ดังนั้น อุปกรณ์วัดเวลาจึงต้องมีความถูกต้อง และความเที่ยงตรงที่เหมาะสมกับจุดมุ่งหมายในการใช้งานของอุปกรณ์นั้นๆ

ในการนี้ใช้งานทั่วไป เราอาจมีนาฬิกาเรือนหนึ่งที่ตั้งเวลาตามประภาคระยะเลี้ยงจากสถานีวิทยุแห่งประเทศไทย โดย ณ เวลาที่เราตั้งนาฬิกาต่างจากเวลาอ้างอิง (วิทยุ) ๐.๑ วินาที หลังจากเวลาผ่านไป ๓ เดือน เวลาจากนาฬิกา บอกเวลาต่างจากสถานีวิทยุแห่งประเทศไทย ๑ นาทีเต็ม หรือ ๖๐ วินาที เราอาจล่าวได้ว่า นาฬิกาของเรามีความถูกต้องและมีความเที่ยงตรง หากเราใช้นาฬิกาเรือนนี้เป็นนาฬิกาบอกเวลาทั่วๆ ไปในห้องรับแขก แต่หากเราใช้ นาฬิกาเรือนนี้ประกอบการเปิด-ปิด ระบบบังลงที่ซับซ้อนของเครื่องข่ายโทรศัพท์มือถือ นาฬิกาเรือนนี้จะขาดทั้งความถูกต้องและความเที่ยงตรงทันที

กรมอุตุนิยมวิทยา เป็นหน่วยงานรักษาเวลาตามมาตรฐานแห่งประเทศไทย ดังนั้นอุปกรณ์วัดเวลาที่ใช้งานรักษาเวลาจะต้องมีทั้งความถูกต้อง และมีความเที่ยงตรงเพียงพอต่องานลักษณะเดียวกัน กล่าวคือ เวลาอ้างอิงของ อุปกรณ์วัดเวลา จะต้องสามารถเทียบกับเวลาตามมาตรฐานสากลซึ่งรักษาโดย BIPM ได้ และต้องมีนาฬิกาที่มีการเดินเที่ยงตรงพอ เช่น เมื่อตั้งเวลาตรงแล้ว จะเดินผิด ๑ วินาที ในหลายพันปี ขึ้นไปซึ่งเป็นคุณสมบัติของนาฬิกาประมาณ เช่น นาฬิกาซีเชียม เป็นต้น

• ความถูกต้องในการรักษาเวลาตามมาตรฐานประเทศไทย

เวลามาตรฐานประเทศไทยเทียบกับเวลามาตรฐานสากลซึ่งรักษาโดย BIPM ปัจจุบันกรมอุตุศาสตร์สามารถเทียบเวลา กับ BIPM ลงวิธี คือ GPS Common View ผ่านสถาบันมาตรฐานวิทยาแห่งชาติ และ One-way GPS กับเวลาอ้างอิงของระบบดาวเทียม GPS โดยตรง

GPS Common View GPS CV เป็นวิธีการที่เปรียบเทียบเวลาของนาฬิกา ๒ เรือนที่อยู่ ณ ตำบลที่ต่างกัน โดยการวัดเวลาเทียบกับดาวเทียม GPS ดวงเดียว กัน (Common View) เนื่องจากดาวเทียม GPS โคลจรในระดับ ๒๐,๕๐๐ กิโลเมตร ดังนั้นเรารู้ว่าอัตราพิจารณาลัญญาณเคลื่อนบรรยายกาศ และความคลาดเคลื่อนทางตำแหน่งของดาวเทียม มีผลต่อนาฬิกาทั้ง ๒ เรือนเท่าๆ กัน การเทียบเวลาแต่ละครั้งนาฬิกาทั้ง ๒ เรือนจะวัดเวลาเทียบกับดาวเทียมดวงเดียวกัน เป็นเวลา ๓๓ นาที โดยเป็นการวัดเวลา ๑๒.๕ นาที ส่วนเวลาที่เหลือเป็นเวลาที่ใช้ในการติดตามดาวเทียม และกระบวนการแยกตัวเลิกรับข้อมูลเวลา สำหรับดาวเทียม GPS BLOCK I สามารถเทียบเวลาได้ในระดับ ๓ - ๗๐ นาโนวินาที ขึ้นอยู่กับมัลติพาร์ทของลัญญาณ GPS ที่นาฬิกาแต่ละเรือนรับได้ กรณีที่วัดดาวเทียมหลายดวงพร้อมกัน (Multi-channel Common View) นาฬิกาทั้ง ๒ เรือนจะวัดเวลาเทียบกับดาวเทียมเดียวกัน เป็นเวลา ๑๖ นาที โดยเป็นการวัดเวลา ๓๓ นาที เช่นเดียวกับกรณีดาวเทียมดวงเดียว ช่วงเวลาที่สามารถวัดข้อมูลเวลาจะประมาณหน้า ๖ เดือน โดย BIPM



ภาพที่ ๕-๑ แสดงถึงการเทียบเวลาโดยวิธี GPS CV

เมื่อ	REF _A	คือ เวลาของ นาฬิกา A
	REF _B	คือ เวลาของ นาฬิกา B
	GPS	คือ เวลาของนาฬิกาบนดาวเทียม GPS ที่นาฬิกา A และ B เท็นร่วมกัน

(Common View)

การเทียบเวลา ของนาฬิกา A กับ B ซึ่งตั้งอยู่ห่างกันโดยมีความต้องการความถูกต้องสูง สามารถทำได้โดย

๑. นาฬิกา A วัดเวลา REF_A เทียบกับ นาฬิกาของดาวเทียม GPS ตามเวลาที่ให้ไว้ล่วงหน้าโดย BIPM
๒. ขณะเดียวกัน นาฬิกา B วัดเวลา REF_B เทียบกับ นาฬิกาของดาวเทียม GPS ดวงเดียวกับนาฬิกา A วัด (ช่วง ๓๓ นาที หรือ ๑๖ นาที เดียวกัน ขึ้นอยู่กับวัดดวงเดียวหรือหลายดวง)

๓. เมื่อเราคำนวณต่างระหว่าง นาฬิกา A กับ ดาวเทียม GPS ($\text{REF}_A - \text{GPS}$) นาฬิกา B กับ ดาวเทียม GPS ($\text{REF}_B - \text{GPS}$) เปรียบเทียบกัน เราจะทราบว่า เวลา ระหว่าง นาฬิกา A และ นาฬิกา B แตกต่างกันเท่าใดจาก สมการ

$$(\text{REF}_A - \text{REF}_B) = (\text{REF}_A - \text{GPS}) - (\text{REF}_B - \text{GPS})$$

การเทียบเวลาโดยวิธี GPS CV เป็นวิธีเทียบเวลามาตรฐานสากลในปัจจุบัน สำหรับกรมอุทกศาสตร์เทียบเวลา กับนาฬิกาป्रามາณของสถาบันมาตรฐานวิทยา ซึ่งเป็นหนึ่งในนาฬิกา จำนวน ๒๕๐ เรือน ที่ BIPM ใช้ในการคำนวณเวลา มาตรฐานสากล และคำนวณผลต่างระหว่างเวลา มาตรฐานสากล กับนาฬิกาของสถาบันมาตรฐานวิทยา ใน Circular - T เป็นประจำทุกเดือน โดยมีผลต่างจาก BIPM ระหว่าง +๒๐ ถึง -๔๔ นาโนวินาที

• การเทียบเวลาโดยใช้ GPS

ระบบดาวเทียม GPS เป็นระบบดาวเทียมที่สามารถเชื่อมโยงเวลาของดาวเทียมไปยังเวลา UTC ของ USNO ซึ่งเป็นหน่วยงานที่มีหน้าที่พัฒนา ดูแล รักษาระบบ GPS และเวลา UTC ของ USNO สามารถเทียบกับเวลา มาตรฐานสากล ที่ BIPM ได้ ดังนั้น หากเราสามารถวัดเวลา นาฬิกาเรือนใดๆ เทียบกับเวลา GPS ได้ เราจะสามารถเทียบเวลา ระหว่างนาฬิกาเรือนนั้น กับ BIPM ได้ ๒ เล่นทาง ดังตารางที่ ๕-๑ และ ตารางที่ ๕-๒

ตารางที่ ๕-๑ การ Trace Back จากนาฬิกาที่วัด ไปยัง BIPM

การเทียบเวลา	ผู้ดำเนินการ
BIPM (SI) – UTC (NIST)	กำหนดโดย BIPM เมฆแพร์ ใน Circular –T
UTC (NIST) – UTC (USNO)	กำหนดโดย NIST เมฆแพร์ที่ WEBSITE http://tf.nist.gov/timefreq/pubs/bulletin/nistusno.htm
UTC (USNO) – เวลาจาก GPS	กำหนดโดย USNO เมฆแพร์ที่ WEBSITE http://ftp://tycho.usno.navy.mil/pub/gps/utcgps30.dat
เวลาจาก GPS – เวลาจากเครื่องรับสัญญาณเวลา GPS	ผลจากการวัด
เวลาจากเครื่องรับสัญญาณเวลา GPS – นาฬิกาปرمາณชีเซียม	ผลจากการวัด

ตารางที่ ๕-๒ การ Trace Back จากนาฬิกาที่วัด ไปยัง BIPM

การเทียบเวลา	ผู้ดำเนินการ
BIPM (SI) – UTC (NIST)	กำหนดโดย BIPM เมฆแพร์ ใน Circular –T
UTC (NIST) – เวลาจาก GPS	กำหนดโดย NIST เมฆแพร์ที่ WEBSITE http://tf.nist.gov/timefreq/service/gpstrace.htm
เวลาจาก GPS – เวลาจากเครื่องรับสัญญาณเวลา GPS	ผลจากการวัด
เวลาจากเครื่องรับสัญญาณเวลา GPS – นาฬิกาปرمາณชีเซียม	ผลจากการวัด

การวัดเบรี่ยบเที่ยบระหว่างนาฬิกาชีเซียมของกรมอุตุศาสตร์ กับเครื่องรับสัญญาณเวลาจากดาวเทียม (GPS Time Receiver) มีผลต่างจาก BIPM ระหว่าง ๑๕ ถึง นาโนวินาที

• อุปกรณ์ในการรักษาเวลามาตรฐานประเทศไทย

ในปัจจุบันกรมอุตุศาสตร์มีอุปกรณ์รักษาเวลาที่สำคัญ ดังนี้

๑. นาฬิกาปรมาณูชีเซียม ๑๓๓ ตราอักษร HEWLETT PACKARD รุ่น 5071 A จัดทำเมื่อ ๑ พฤศจิกายน พ.ศ.๒๕๓๙ ปัจจุบันใช้เป็นเครื่องผลิตความถี่มาตรฐานปัจจุบัน ติดตั้งที่ห้องรักษาเวลา มาตรฐานประเทศไทย เป็นเครื่องผลิตความถี่มาตรฐาน (Primary Frequency Standard) โดยใช้หลอดผลิตความถี่จากธาตุชีเซียม สามารถผลิตความถี่เพื่อรักษาเวลา มาตรฐานได้ โดยหลอดผลิตความถี่ต้องเป็นแบบ High-performance Tube มี Frequency Outputs 5MHz, 10MHz, 1MHz, 100 kHz Accuracy 1×10^{-12} Stability 1×10^{-12} Long Term Stability 5×10^{-14} (ค่าเฉลี่ย ๕ วัน)



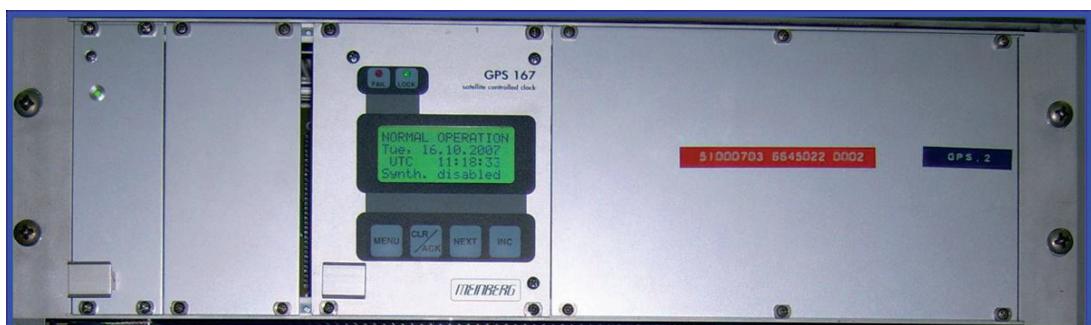
ภาพที่ ๕-๒ นาฬิกาปรมาณูชีเซียม ๑๓๓ ตราอักษร HEWLETT PACKARD

๒. นาฬิกาปรมาณูชีเซียม ๑๓๓ ตราอักษร Agilent รุ่น 5071 A จัดทำเมื่อ ๑๗ เมษายน พ.ศ.๒๕๔๘ เป็นเครื่องผลิตความถี่มาตรฐานปัจจุบัน ติดตั้งที่ห้องรักษาเวลา มาตรฐานประเทศไทยรายละเอียดเช่นเดียวกับข้อ ๑



ภาพที่ ๕-๓ นาฬิกาปรมาณูชีเซียม ๑๓๓ ตราอักษร Agilent

๓. เครื่องรับสัญญาณเวลาด้วยดาวเทียม ระบบ GPS ตราอักษร MEINBERG รุ่น GPS 167 จัดทำเมื่อ ๑๖ ลิงหาคม พ.ศ.๒๕๔๗ ปัจจุบันใช้เป็นเครื่องรักษาเวลา มาตรฐาน ติดตั้งที่ห้องรักษาเวลา มาตรฐานประเทศไทย เป็นเครื่องรับสัญญาณเวลาด้วยดาวเทียมระบบ GPS เพื่อใช้ส่งข้อมูลเวลาให้เครื่องบอกเวลา(SPEAKING CLOCK) ตราอักษร UHER



ภาพที่ ๕-๔ เครื่องรับสัญญาณเวลาด้วยดาวเทียม ระบบ GPS ตราอักษร MEINBERG

๔. เครื่องรับสัญญาณเวลาด้วยดาวเทียม ระบบ GPS ตราอักษร Symmetricom รุ่น Exactime จัดทำเมื่อ ๑๒ เมษายน พ.ศ.๒๕๔๘ ปัจจุบันใช้เป็นเครื่องผลิตความถี่มาตรฐานทำงานร่วมกับนาฬิกาปรมาณูซึ่งเชื่อมติดตั้งที่ห้องรักษาเวลามาตรฐานประเทศไทย เป็นเครื่องรับสัญญาณเวลาด้วยดาวเทียมระบบ GPS เพื่อใช้เปรียบเวลามาตรฐานและความถี่ โดย Oscillator ใช้ Rubidium หรือ Quartz Oscillator Aging 1×10^{-7}



ภาพที่ ๕-๕ เครื่องรับสัญญาณเวลาด้วยดาวเทียม ระบบ GPS ตราอักษร Symmetricom

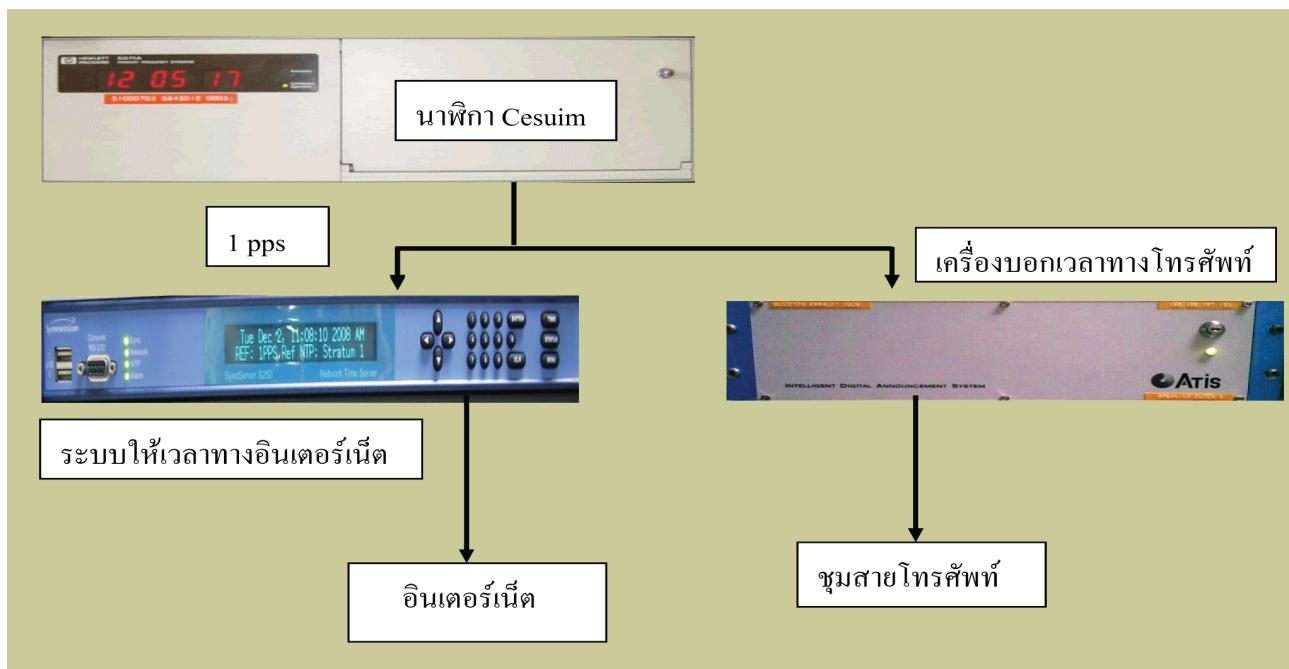
๕. ระบบสอบเที่ยบเวลาระดับ Primary (GPS Common View) ตราอักษร SOLUTIONS จัดทำเมื่อ ๑๒ เมษายน พ.ศ.๒๕๔๘ ปัจจุบันใช้เป็นระบบตรวจสอบความละเอียดถูกต้องของเวลา ติดตั้งที่ห้องรักษาเวลามาตรฐานประเทศไทย เป็นชุดเครื่องมือที่ใช้เปรียบเที่ยบเวลาระดับปัจจุบัน ที่ตั้งอยู่ต่างพื้นที่กัน (เช่น สถาบันมาตรฐานวิทยาแห่งชาติ และกรมอุทกศาสตร์) โดยใช้ดาวเทียม GPS อาศัยหลักการ Common View Technique โดยให้ผลลัพธ์ออกมากในรูป GGTTS (Group on GPS Time Transfer Standards) Format File ที่พัฒนาโดย BIPM และระบบสามารถทำงานในลักษณะ Stand-alone GPS Time Measurement ได้



ภาพที่ ๕-๖ ระบบสอบเที่ยบเวลาระดับ Primary (GPS Common View) ตราอักษร SOLUTIONS

• การให้บริการเกี่ยวกับเวลาของกรมอุทกศาสตร์

เวลาเป็นสิ่งที่สำคัญกับ เศรษฐกิจ ลัษณะ และ การศึกษาทางวิชาการในสาขาต่างๆ การประยุกต์ใช้เวลาในแต่ละสาขาวิชามีความต่างกันอย่างมากดังที่กล่าวมานี้ในเบื้องต้นแล้ว หากเราต้องการกำหนดเวลาปลูกพืช เราอาจสามารถลงกล้าเร็ว หรือ ช้ากว่าเวลาที่กำหนดหลายวัน ก็อาจไม่ได้สร้างปัญหาใดๆ เมื่อเรานัดหมายกับเพื่อน เราอาจผิดเวลาได้ หลายนาที หรือชั่วโมง แต่หากเราจะวัดเวลาเพื่อจัดเวลาการเปิด-ปิดวงจรการทำงานของระบบลีอฟาร์ คมนากม ที่สำคัญ เช่น ระบบโทรศัพท์มือถือ ระบบลีอฟาร์ผ่านดาวเทียม เราต้องการระบบที่รักษาเวลาได้ระดับ ไม่น้อยกว่า มิลลิวินาที หรือ ไมโครวินาที แต่หากต้องการศึกษาทางดาราศาสตร์ หรือฟิสิกส์ อาจต้องการการวัดเวลาระดับนาโนวินาที หรือ พิโควินาที ดังนั้น กรมอุทกศาสตร์จึงมีการให้บริการที่สามารถตอบสนองต่อความต้องการประยุกต์ใช้งานโดยทั่วไปได้โดย สำหรับการใช้งานในการดำรงชีวิตประจำวัน สามารถใช้บริการผ่านทางโทรศัพท์ และหากต้องการรับบริการประยุกต์ใช้กับการลีอฟาร์ โทรคมนาคม และการรักษาความปลอดภัย สามารถใช้บริการผ่านระบบอินเตอร์เน็ต



ภาพที่ ๕-๗ การให้บริการเทียบเวลาของกรมอุทกศาสตร์

• การให้บริการเทียบเวลาทางโทรศัพท์

ให้บริการเวลาแก่หน่วยงานราชการ เอกชน และประชาชนทั่วไป ตลอด ๒๔ ชั่วโมง โดยไม่คิดค่าบริการ ใช้นาฬิกาปรมาณูซีเซียม ๑๓๓ เป็นฐานเวลาอ้างอิงแก่เครื่องที่ให้บริการเวลาเพื่อให้การถ่ายทอดค่าเวลาที่ถูกต้องไปยังผู้ใช้บริการ บริการเทียบเวลาทางโทรศัพท์จะบอกเวลาทุก ๑๐ วินาที ตลอด ๒๔ ชั่วโมง ทางหมายเลขโทรศัพท์ ๐๘๑ ๕๙๗๖๗๑ และ ๕๔๐๐๔ โดยลัญญาณเวลาจะถูกส่งผ่านจากนาฬิกาปรมาณูซีเซียม หรือเครื่องรับลัญญาณเวลาดาวเทียม GPS มาสู่เครื่องบอกร่วมเวลาทางโทรศัพท์ ซึ่งจะแปลงลัญญาณเวลามาเป็นลัญญาณไฟฟ้าผ่านสายโทรศัพท์ไปยังชุมสายโทรศัพท์ขององค์กรโทรศัพท์ทั่วประเทศ (กทช.) เพื่อให้บริการเทียบเวลาแก่ผู้ที่ต้องการใช้บริการ และในการเทียบเวลาต่างประเทศ สามารถใช้บริการทางหมายเลขโทรศัพท์ ๐๒ ๓๖๓ ๓๕๓๗ ได้ตลอด ๒๔ ชั่วโมง เช่นกัน

• การให้บริการเทียบเวลาทางอินเทอร์เน็ต

ผู้ที่ต้องการเทียบเวลา กับ กรมอุทกศาสตร์ทางระบบอินเทอร์เน็ต สามารถใช้บริการได้ที่เว็บไซต์ time.navy.mi.th ได้ตลอด ๒๔ ชั่วโมง โดยมีความถูกต้องสูงกว่าเกณฑ์ตามประกาศของกระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร เรื่องหลักเกณฑ์การเก็บรักษาข้อมูลจราจรทางคอมพิวเตอร์ของผู้ใช้บริการ พ.ศ.๒๕๕๐ ให้ถูกต้องแม่นยำตามหลักสากล โดยมีผลบังคับใช้ในวันที่ ๒๓ สิงหาคม พ.ศ.๒๕๕๑ กำหนดให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องต้องดำเนินการเทียบเวลามาตรฐาน ตามระบบสากล เช่น หน่วยงานราชการ สถานศึกษา องค์กร ร้านค้า ร้านอินเทอร์เน็ตคาเฟ่ ยกเว้นผู้ใช้อินเทอร์เน็ตภายในบ้าน โดยผิดพลาดไม่เกิน ๑๐ มิลลิวินาที หากหน่วยงานใดไม่ดำเนินการตามกฎหมาย จะต้องรับผิดชอบโดยมีโทษปรับไม่เกิน ๕๐๐,๐๐๐ บาท

• อุปกรณ์ให้บริการเทียบเวลา

นอกเหนือจากอุปกรณ์รักษาระยะเวลาแล้ว ในปัจจุบันกรมอุทกศาสตร์มีอุปกรณ์ให้บริการเทียบเวลาทางโทรศัพท์ และ อินเทอร์เน็ต (Network Time Protocol; NTP) ที่สำคัญ ดังนี้

๑. เครื่องบอกเวลา (Speaking Clock) ตราอักษร UHER รุ่น PCMA 44 จัดทำเมื่อ ๑๖ สิงหาคม พ.ศ. ๒๕๔๗ ปัจจุบันใช้เป็นเครื่องบอกลัญญาณเวลาทางโทรศัพท์ ติดตั้งที่ห้องรักษาเวลามาตรฐานประเทศไทย เป็นเครื่องบอกเวลาโดยบอกเวลาทุก ๑๐ วินาที ใช้เวลาฐาน Meinberg Standard Time String จาก GPS เป็นตัวกำหนดในการบอกเวลา



ภาพที่ ๕-๔ เครื่องบอกเวลา (Speaking Clock) ตราอักษร UHER

๒. เครื่องบอกเวลาทางโทรศัพท์ (Speaking Clock) ตราอักษร ATIS รุ่น IDAS จัดทำเมื่อ ๓๐ สิงหาคม พ.ศ. ๒๕๔๘ ปัจจุบันใช้เป็นเครื่องบอกลัญญาณเวลาทางโทรศัพท์ ติดตั้งที่ห้องรักษาเวลามาตรฐานประเทศไทย เป็นเครื่องบอกเวลาโดยบอกเวลาทุก ๑๐ วินาที รับลัญญาณ 1 PPS (Time Synchronization) ระดับ TTL จากนาฬิกาอะตอม (Master Clock)



ภาพที่ ๕-๕ เครื่องบอกเวลาทางโทรศัพท์ (Speaking Clock) ตราอักษร ATIS

๓. เครื่องบอกเวลาทางโทรศัพท์ (Speaking Clock) ตราอักษร ATIS UHER รุ่น IDAS จัดทำเมื่อ ๒๓ มิถุนายน พ.ศ. ๒๕๔๙ ปัจจุบันใช้เป็นเครื่องบอกลัญญาณเวลาทางโทรศัพท์ ติดตั้งที่ห้องรักษาเวลามาตรฐานประเทศไทย เป็นเครื่องบอกเวลาโดยบอกเวลาทุก ๑๐ วินาที ใช้เวลา ๑ วินาที (1PPS) จากนาฬิกาอะตอม (Master Clock) หรือใช้เวลาจาก GPS เป็นตัวกำหนดในการบอกเวลา



ภาพที่ ๕-๖ เครื่องบอกเวลาทางโทรศัพท์ (Speaking Clock) ตราอักษร ATIS UHER

๔. Network Time Server ตราอักษร ELPROMA รุ่น NTS-300 จัดทำเมื่อ ๑๒ เมษายน พ.ศ. ๒๕๔๘ ปัจจุบันใช้เป็นแม่ข่ายให้บริการเทียบเวลาทางอินเตอร์เน็ต ติดตั้งที่ห้องรักษาเวลามาตรฐานประเทศไทย เป็นตัวแจกลจัยเวลาให้กับเครื่องที่ต้องการเทียบเวลาทางระบบ Internet แม่ข่ายประสานเวลาสามารถรับลัญญาณเวลา ๑ วินาที (1PPS ระดับ TTL ภายใน ๕๐ 毫秒) จากนาฬิกาซีซีเมค ตราอักษร AGILENT รุ่น 5071 A หรือรับลัญญาณเวลาจากเครื่องรับลัญญาณดาวเทียม GPS ตราอักษร Symmetricom รุ่น Exac Time 6000 สำหรับใช้เป็นฐานเวลาอ้างอิง



ภาพที่ ๕-๗ Network Time Server ตราอักษร ELPROMA

๕. Network Time Server ตราอักษร Datum รุ่น TymServer 2100 จัดทำเมื่อ ๓ เมษายน พ.ศ.๒๕๔๙ ปัจจุบันใช้เป็นแม่ข่ายให้บริการเทียบเวลาทางอินเตอร์เน็ต ติดตั้งที่ห้องรักษาเวลามาตรฐานประเทศไทย เป็นตัวแจ้งจ่ายเวลาให้กับเครื่องที่ต้องการเทียบเวลาทางระบบอินเตอร์เน็ต



ภาพที่ ๕-๑๒ Network Time Server ตราอักษร Datum

๖. Network Time Server ตราอักษร Symmetricom รุ่น SyncServer S 250 จัดทำเมื่อ ๒๐ มีนาคม พ.ศ. ๒๕๔๐ ปัจจุบันใช้เป็นแม่ข่ายสำรองให้บริการเทียบเวลาทางอินเตอร์เน็ต ติดตั้งที่ห้องสารสนเทศ กรมสื่อสาร และสารสนเทศ อาคาร สปช.ทร. พระราชวังเดิม หน้าที่แขกจ่ายเวลาให้กับเครื่องที่ต้องการเทียบเวลาทางระบบอินเตอร์เน็ตภายในกองทัพเรือ และภายนอกกองทัพเรือกรณีแม่ข่ายที่กรมอุทกศาสตร์ชำรุดข้อง

นอกจากนี้ยังมีการติดตั้งนาฬิกาดิจิตอลภายในส่วนบัญชาการและพื้นที่สำคัญภายในกองทัพเรือ จำนวน ๑๑ เรือน ซึ่งรับลัญญาณเวลาจากดาวเทียม GPS เช่น อาคารสำนักงานเสนาธิการทหารเรือ ห้องคุนย์ปฏิบัติการกองทัพเรือ (๓ เรือน) ห้องผู้บัญชาการทหารเรือ ห้องรับรองผู้บัญชาการทหารเรือ อาคารสำนักงานกรมการเงินทหารเรือ ห้องประชุมกองบัญชาการกองทัพเรือ และห้องประชุมใหญ่กองทัพเรือ

● การพัฒนางานทางด้านเวลาตามมาตรฐานของกรมอุทกศาสตร์ในอนาคต

การพัฒนาระบบรักษา และให้บริการเวลามาตรฐานของประเทศไทย เพื่อให้การบริการเวลามาตรฐานประเทศไทยครอบคลุมทั่วประเทศ และเป็นทางเลือกให้ประชาชน กรมอุทกศาสตร์มีแผนพัฒนาการให้บริการเวลาด้วยระบบวิทยุ ซึ่งใน ญี่ปุ่น อเมริกา สหพัน จีน เกาหลี มีให้บริการแล้ว สถานีของเยอรมันมีรัศมีทำการส่งได้ไกล ๑,๑๐๐ กิโลเมตร ระบบบริการเวลาด้วยระบบประกอบด้วย

๗. สถานีลงลัญญาณวิทยุ (ในภาพต่างๆ เหล่านี้เป็นภาพของสถานีให้บริการเวลาทางวิทยุ DCF 77 ของเยอรมัน ซึ่งตั้งอยู่ที่ศูนย์วันออกนิยงได้ห่างจากเมืองแฟรงก์เฟิร์ตประมาณ ๒๕ กิโลเมตร)



ภาพที่ ๕-๑๓ แสดงถึงอาคารติดตั้งสายอากาศ (Antenna House) และสายอากาศ (Antenna) ที่ตั้งอยู่ตรงกลาง

๓.๑ สายอากาศส่งสัญญาณเวลา

๓.๒ เครื่องส่งสัญญาณ เป็นเครื่องส่งสัญญาณแบบกึ่งตัวนำ (Semi - conductor) ขนาด 50 kW ซึ่งจะผลิตสัญญาณให้แก่สถานี DCF77



ภาพที่ ๕-๑๔ เครื่องส่งสัญญาณแบบกึ่งตัวนำ (Semi-conductor) ขนาด 50 kW

๓.๓ เครื่องผลิตสัญญาณเวลา

ติดตั้งใช้งานในปลายเดือน ตุลาคม พ.ศ.๒๕๕๘ ชุดเครื่องผลิตสัญญาณติดตั้งในห้องปรับอากาศ มีนาฬิกาปرمานู ๓ เครื่องผลิตความถี่มาตรฐาน และมีคลื่น파ห์ความถี่ 77.5 kHz รวมทั้งผลิตรหัสเวลา (Time Code) ส่งออกไปด้วยกัน



ภาพที่ ๕-๑๕ เครื่องผลิตสัญญาณเวลา

๒. นาฬิกาวับสัญญาณเวลาวิทยุ ที่รับบริการการเทียบเวลาจากสถานีบริการเทียบเวลาทางวิทยุ DCF77 สำหรับผู้ใช้บริการส่วนบุคคลจะสามารถรับการส่งสัญญาณรหัสเวลา (Time Code) มาใช้งาน (ในภาพเป็นเวลา ก่อนเที่ยง (AM))



นอกจากนี้ กรมอุตสาหกรรม ร่วมกับสถานีมาตรฐานไทย แห่งชาติ มีความเห็นร่วมกันในการให้บริการเวลาผ่านระบบวิทยุ FM ในอนาคตอีกด้วย โดยสามารถให้บริการผ่านการ放送สัญญาณเวลาทางคลื่นวิทยุ FM ซึ่งกรมลือสารทหารเรือมีการให้บริการในหลายพื้นที่ เพื่อให้นาฬิกาซึ่งมีอุปกรณ์รับและถอดสัญญาณสามารถปรับเวลาได้โดยอัตโนมัติ และล้มพังรักษ์เวลามาตรฐานประเทศไทย



ประวัติงานอุปกรณ์การเดินเรือ

กรมอุทกค่าสต์มีภารกิจที่สำคัญประการหนึ่ง คือ การให้บริการการเดินเรือ โดยการจัดหาจัดทำ แจกจ่าย และจำหน่ายเอกสาร บรรณสาร เครื่องมือเดินเรือ อุกประภากชาวนเรือ ประสานงานกับหน่วยงานต่างๆ ทั้งในและต่างประเทศ เพื่อให้บริรุถึงจุดหมายของงานให้บริการดังกล่าว กองที่ทำหน้าที่นี้คือ กองอุปกรณ์การเดินเรือ

ประวัติของงานด้านนี้ เริ่มขึ้นจากการออกประกาศชาวเรือก่อน ซึ่งก็มีขึ้นหลังจากที่เริ่มมีการสำรวจแผนที่ทะเลใน่านน้ำไทยได้ไม่นานนัก ลันนิษฐานว่าจะเริ่มโดยกับต้นลอฟต์ล ซึ่งเคยปฏิบัติงานอยู่ในกรมอุทกค่าสต์ ของประเทศไทยอังกฤษ จึงน่าจะเป็นผู้นำธรรมเนียมปฏิบัตินี้มาใช้ในประเทศไทยด้วย ประกาศชาวเรือฉบับแรกของไทยจะเริ่มออกในวันเดือนปีใด ยังคันหลักฐานไม่พบ หลักฐานที่ปรากฏมีบันทึกไว้อยู่ใน พ.ศ.๒๕๑๘ หลังจากที่ท่านได้สำรวจแผนที่ท่าเรือเกาะสีชังแล้ว ก็ได้ออกประกาศชาวเรือแจ้งตำแหน่งเรือกำปั่นอเมริกันjm ในร่องทางเรือเดินเข้าอ่าวท่าเรือกรุงเทพฯ และกล่าวถึงตำแหน่งของหินล้มประจำด้วย โดยลงนามกำกับและลงตำแหน่งเป็นผู้ทำแผนที่ของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว ในขณะนั้นกับต้นลอฟต์ลังกัดในการท่ากลาง จึงนับได้ว่างงานด้านนี้ ถือกำเนิดขึ้นที่กรมเจ้าท่าก่อนที่จะเปลี่ยนมาอยู่ในความรับผิดชอบของกรมอุทกค่าสต์ในระยะหลัง หลักฐานอีกชิ้นหนึ่งที่ยืนยันในเรื่องนี้ คือ ทำเนียบไฟและเรือทุนไฟ ออกโดยกรมเจ้าท่าใน พ.ศ.๒๕๔๔ มีประกาศชาวเรือพิมพ์รวมอยู่ในเล่มด้วย

เมื่อประเทศไทยเข้าเป็นสมาชิกก่อตั้งของสภาคากลอุทกนิยมใน พ.ศ.๒๕๑๒ มติที่ประชุมข้อหนึ่งที่เราต้องรับมาปฏิบัติก็คือ การออกประกาศชาวเรือโดยหน่วยงานอุทกค่าสต์ของประเทศไทยสมาชิก ประกอบกับในปัจจุบันพระบาทสมเด็จพระมหาภูมิพลอดุลยเดชมหาราช บรมนาถบพิตร ให้โอนกิจการกระโจมไฟและทุนไฟให้กระทรวงทหารเรือรับผิดชอบ ซึ่งจะต้องออกประกาศชาวเรือแจ้งให้ชาวเรือทราบความเป็นไปและความเปลี่ยนแปลงของกระโจมไฟและทุนไฟใหม่ จึงเป็นการประจวบเหมาะที่จะได้ร่วมงานออกประกาศชาวเรือไว้ในหน่วยเดียว งานนี้จึงโอนมาให้ห้ามตราทำด้วย เมื่อเริ่มตั้งหน่วยงานนั้นกองนี้มีชื่อว่า กองประกาศชาวเรือ ประกาศชาวเรือฉบับแรก ออกเมื่อเดือน เมษายน พ.ศ.๒๕๑๓

พ.ศ.๒๕๑๔ กองอุทกค่าสต์ทหารเรือ ได้รับการยกฐานะเป็น กรมอุทกค่าสต์ทหารเรือขึ้นตรงต่อกระทรวงทหารเรือ ได้จัดส่วนราชการแบ่งออกเป็น ๖ กอง คือ กองแผนที่ทะเลที่ ๑, กองแผนที่ทะเลที่ ๒, กองช่างแผนที่, กองโรงพิมพ์, กองเครื่องหมายทางเรือ และ กองประกาศชาวเรือ ซึ่งขณะนั้น เรือโท พงษ์ อาศนະเสน (พล.ร.อ.หลวงชลธารพุฒิไกร) เป็นแม่กองประกาศชาวเรือ

พ.ศ.๒๕๑๗ เจ้ากรมอุทกค่าสต์ (น.อ.พระยาณิยมุTHONAWI) ได้เห็นความสำคัญของงาน ในกองประกาศชาวเรือ จึงได้ให้แม่กองประกาศชาวเรือ (ร.อ.หลวงรามฤทธิ์ไกร) ร่างระเบียบการ กองประกาศชาวเรือเพื่อใช้เป็นระเบียบปฏิบัติราชการในกองให้มีความก้าวหน้ายิ่งขึ้น พอสรุประยุณะเอียดได้ ดังนี้

กองประกาศชาวเรือ มีหน้าที่ในการจัดเตรียม เก็บรักษา เอกสารการเดินเรือ เครื่องมือเดินเรือ ตรวจค้นวิชาชาระเรือ ทำการทดสอบที่ตัวเรือ ให้ได้ตามกำหนด ดำเนินการต่อไป

ย่อมเป็นที่ทราบกันอยู่ทั่วไปในหมู่ชาวเรือว่า ในการเดินเรือนั้นมีแผนที่เดินเรืออย่างเดียวไม่เพียงพอที่จะทำให้เกิดความลับเฉพาะในการเดินเรือ จำเป็นต้องมีเครื่องมือเดินเรือและเอกสารการเดินเรือที่เกี่ยวข้องกับแผนที่เดินเรือนั้น เช่น ประกาศชาวเรือ ทำเนียบไฟและทุน หนังสือสำรอง เป็นต้น นอกจากนั้น ยังจำเป็นต้องมีการค้นคว้า ติดตามความก้าวหน้า ศึกษาวิธีการเดินเรือใหม่ๆ เพื่อการจัดทำเอกสารบรรณาธิการเดินเรือของกองนี้ ทำให้เกิดความจำเป็นที่จะต้องมีโรงพิมพ์อยู่ในความดูแลของกองประกาศชาวเรือนี้ด้วย แต่เป็นเครื่องพิมพ์สำหรับใช้พิมพ์หนังสือเท่านั้น เมืองงานกองนี้ขยายขอบเขตกว้างขวางออกไป ในปี พ.ศ.๒๕๑๖ ทางราชการจึงเปลี่ยนชื่อ

เป็น กองอุปกรณ์การเดินเรือ ในขณะนี้มี ๓ หมวด คือ หมวดเอกสารการเดินเรือ หมวดเครื่องมือเดินเรือ และ หมวดตรวจสอบค้นวิชาช้าเรือ โดยกำหนดหน้าที่รับผิดชอบ ดังนี้

หมวดเอกสารการเดินเรือ ประกอบด้วย

แผนประภาสชาเรือ มีหน้าที่ ออประภาสชาเรือของประเทศไทยเป็นภาษาไทย และอังกฤษ ที่อยู่ภายในเขตเหล่านี้ คือ เกาะลังกา, อ่าวเบงกอล, ทะเลอันดามัน, หมู่เกาะนิโคบา, ซ่องแคมมะลากา, เกาะสุมาตรา, สิงคโปร์, หมู่เกาะชั้นดาน, พาลawan, ฟิลิปปินส์, พาราเซล, อ่องกง, เชียงไฮ, ทะเลจีน, อ่าวตังเกีย, อ่าวไทย ให้ชาวเรือ หน่วยต่างๆ ภายในประเทศไทยและนอกประเทศไทย ตลอดจนประจำข่าวทางวิทยุ วิทยุโทรเลขทหารเรือ และหนังสือพิมพ์ไทยและหนังสือพิมพ์อังกฤษ

แผนหนังสือและแผนที่เดินเรือ มีหน้าที่เก็บรักษา ซื้อ ขาย และแจกจ่ายหนังสือที่เกี่ยวข้องกับการเดินเรือ และแผนที่เดินเรือทั่วโลกในและภายนอกประเทศไทย รวมทั้งแก้ไขแผนที่เดินเรือตามประภาสชาเรือ ให้ทันสมัย

แผนโรงพิมพ์ พิมพ์งานต่างๆ เกี่ยวกับเอกสารการเดินเรือ และนอกจากนั้น โรงพิมพ์ ต้องช่วยทำงานให้กกรม กอง ภายในกองทัพเรืออีกหลายอย่างด้วยกัน เช่น การพิมพ์หนังสือนาวิกศาสตร์ เป็นต้น

หมวดเครื่องมือเดินเรือ มีหน้าที่

เก็บรักษา ซ้อมทำเครื่องมือเดินเรือ ให้คงคลังเพียงพอสำหรับที่จะใช้ราชการได้ตลอดเวลาซื้อขายเครื่องมือเดินเรือแก่บุคคลทั่วไป รวมทั้งรักษาเวลานาฬิกาต่างๆ

ตรวจความผิดของนาฬิกาเรือนเกณฑ์ ตรวจความผิดของนาฬิกาลูกตุ้มเรือนเกณฑ์ มีกำหนดลับปดาห์ละ ๑ ครั้ง ถ้าวันใดมีราชการอื่นที่จำเป็นต้องปฏิบัติหรืออากาศไม่ปลอดภัย เช่น เมฆพยับหรือฝนตก ซึ่งทำให้ไม่เห็นดวงอาทิตย์ ก็เลื่อนไปทำการตรวจในวันต่อๆ ไป วิธีตรวจใช้วัดสูงเท่าของ ดวงอาทิตย์ด้วยเครื่องวัดแดด (Sextant) จดเวลาด้วยนาฬิกาໂครโนเมตร แล้วนำไปเทียบกับนาฬิกาเรือนเกณฑ์อีกครั้งหนึ่ง ความผิดของนาฬิกาคำนวนทศนิยม ๓ ตำแหน่งของวินาที ส่วนอัตราเปลี่ยนประจำวันก็ใช้ทศนิยม ๓ ตำแหน่งเช่นกัน

ตรวจความผิดของนาฬิกาໂครโนเมตร จะทำการตรวจโดยวิธีเทียบกับนาฬิกาเรือนเกณฑ์ ภายหลังที่ได้ตรวจความผิดของนาฬิกาเรือนเกณฑ์แล้วทุกครั้ง การคำนวนความผิดและอัตราเปลี่ยนประจำวันใช้ทศนิยม ๓ ตำแหน่ง ของวินาที เช่นเดียวกับนาฬิกาเรือนเกณฑ์ เมื่อจะจ่ายนาฬิกาໂครโนเมตร จากคลังเครื่องมือเดินเรือไปใช้ราชการตามเรือหรือกรมกองต่างๆ ให้เจ้าหน้าที่จัดการเทียบหากความผิด และอัตราเปลี่ยนประจำวันให้ก่อนทุกครั้ง

ตรวจความผิดนาฬิกาของสถานที่ราชการ เจ้าหน้าที่จะทำการเทียบนาฬิกาและจดรายการรับรองความผิดของนาฬิกาขณะเทียบให้เป็นหลักฐานแก่ผู้มาขอเทียบนาฬิกา ตามปกติจะมีผู้มาขอเทียบหากความผิดของนาฬิกาหรือตั้งเวลาเป็นประจำ คือ บรรดาเรือหลวงที่มีนาฬิกาໂครโนเมตรประจำเรือลับปดาห์ละ ๒ ครั้ง กรมอุทธรรเรือลับปดาห์ละ ๒ ครั้ง กรมไปรษณีย์โทรเลขแผนกวิทยุกระจายเสียงเทียบไปตั้งบอกรเวลา ๒๐๐๐ ทางวิทยุกระจายเสียงลับปดาห์ละ ๓ ครั้ง

ตรวจและซ่อมเครื่องมือเดินเรือที่อยู่ในความรับผิดชอบ เช่น เครื่องวัดแดด เครื่องวัดมุม เครื่องหยิ่งน้ำเข็มทิศแม่เหล็ก เป็นต้น

หมวดตรวจค้นวิชาช้าเรือ มีหน้าที่

ตรวจและจำหน่ายเรื่องที่รับจากต่างประเทศ ลงให้เจ้าหน้าที่กองต่างๆ ภายในกรมอุทกศาสตร์ ได้แก่ หนังสือ Hydrographic Review, หนังสือ Hydrographic Bulletin, หนังสือ U.S. Hydrographic Bulletin แปลและเรียบเรียงบทความและบรรณสารจากหนังสือต่างประเทศ

ในปีต่อๆ มา กรมอุทกศาสตร์ ได้พัฒนาการวัดดาวตรวจสอบหาเวลาตามมาตรฐานประเทศไทย โดยการจัดทำกล้องตรวจดาวผ่านเมริดีเยนและอุปกรณ์ประกอบต่างๆ ใหม่ (ดูรายละเอียดเรื่องประวัติ การรักษาเวลาตามมาตรฐานประเทศไทย)

พ.ศ.๒๕๔๔ กองอุปกรณ์การเดินเรือ ได้รับการจัดให้มีโดยยกแผนกร่องพื้นเป็น หมวดโรงพิมพ์ และแยกหมวดตรวจค้นวิชาช้าเรือออกไปแล้วยกฐานะขึ้นเป็นกองตรวจค้นวิชาช้าเรือ

พ.ศ.๒๕๔๘ กรมอุทกศาสตร์ เป็นกรมอิสระในส่วนกิจการพิเศษ ขึ้นตรงต่อหัวหน้าทัพเรือตามพระราชบัญญัติฯ จัดวางระเบียบราชการในกระทรวงลาภใหม พ.ศ.๒๕๔๙ ได้แบ่งส่วนราชการของ กรมอุทกศาสตร์ใหม่ โดยให้กองอุปกรณ์การเดินเรือ มีหน้าที่ จัดหา เก็บรักษา ตรวจสอบ แก้ไข และจำหน่ายแผนที่ สิ่งอุปกรณ์และบรรณสารเอกสารเกี่ยวกับการเดินเรือ จัดทำและออกประกาศช้าเรือ คำนวณ ตรวจสอบและรักษาเวลา ศึกษาและวิจัยเกี่ยวกับงานดราศาสตร์ แบ่งส่วนราชการออกเป็น ๓ แผนก คือ แผนกเอกสารการเดินเรือ, แผนกเครื่องมือเดินเรือ และแผนกดราศาสตร์ และได้เริ่มแบ่งส่วนราชการจริงๆ เมื่อ พ.ศ.๒๕๐๑ โดยตั้งแผนกดราศาสตร์ขึ้นใหม่แล้วนำเอกสารตรวจนักเวลาที่อยู่ในความรับผิดชอบของหมวดเครื่องมือเดินเรือในลักษณะนั้น มาอยู่ในความดูแลของแผนกดราศาสตร์ในปัจจุบัน ซึ่งเป็นไปตามโครงการพัฒนาดราศาสตร์ที่ พล.ร.อ.หลวงชลธารพุทธิไกร อดีตเจ้ากรมอุทกศาสตร์ได้วางแนวทางไว้ การจัดหน่วยในกองอุปกรณ์การเดินเรือได้改成อยู่เช่นนี้จนถึงปัจจุบัน

ในปี พ.ศ.๒๕๐๐ กองอุปกรณ์การเดินเรือ ได้รับอนุมัติให้จัดตั้งแผนกดราศาสตร์ขึ้นใหม่ เพื่อรับผิดชอบงานรักษาเวลาตามมาตรฐานประเทศไทย และงานด้านดราศาสตร์ ผู้ดำรงตำแหน่งหัวหน้าแผนกดราศาสตร์คนแรกคือ น.ท.สมชาย ชั้นสุวรรณ (รักษาราชการ) ขณะนั้นดำรงตำแหน่งหัวหน้ากองอุปกรณ์การเดินเรือด้วย



ພນວກ ບ

ກໍານົຟບພູ້ບັັງຄັບບັງຫາ ກອງອຸປະກອນກໍາຮັດເດີແຮ້ວ



ນ.ກ.ສມຫຍາ ຂັ້ນສຸວຽນ
១ ພ.ມ.០០ - ១៥ ຕ.ມ.០៦



ນ.ກ.ສຸຍໂກເຂມ ລ ລຳປາງ
១៦ ຕ.ມ.០៦ - ១៩៥ ຕ.ມ.០៣



ນ.ກ.ກນອມ ນາຄຣນ
១៩៥ ຕ.ມ.០៣ - ៥ ຕ.ມ.០៨



ນ.ກ.ຈົດ ກັດກະພົງເຈ
៥ ຕ.ມ.០៨ - ១៥ ຮ.ມ.០៨



ນ.ອ.ສຸຍໂກເຂມ ລ ລຳປາງ
១៦ ຮ.ມ.០៨ - ៣០ ປ.ຢ.០៩



ນ.ອ.ກນອມ ນາຄຣນ
១ ຕ.ມ.០៩ - ១៩០ ວ.ຢ.១០



ນ.ອ.ສົງ ສອັງກອງ
១៩១ ວ.ຢ.១០ - ១៩១ ພ.ຢ.១៥



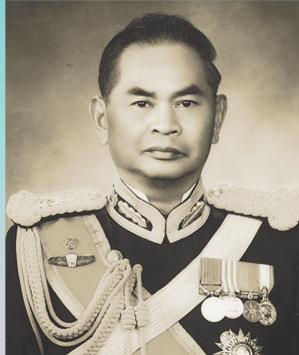
ນ.ອ.ບອຮັຈ ທຣັພຍ໌ແສນດີ
១៩២ ພ.ຢ.១៥ - ១៩៤ ພ.ຢ.១៥



ນ.ອ.ປະເວັດ ໂກຫນສມບູຮນ
១ ມ.ຄ.១២០ - ៣០ ປ.ຢ.១៩១



ນ.ອ.ເພີ່ມສັກດີ ເວັບຫານຸມຄຣາທ
ດ ຕ.ຄ.ໜ້າທ - ຖ ດ.ຢ.ໜ້າທ



ນ.ອ.ລະເອີຍດ ສັ້ນຫຼາມ
ດ ຕ.ຄ.ໜ້າທ - ຖ ດ.ຢ.ໜ້າທ



ນ.ອ.ກົດຍ ສາສຕ່າຮສຸຂ
ດ ຕ.ຄ.ໜ້າທ - ຖ ດ.ຢ.ໜ້າທ



ນ.ອ.ຈີດ ສີລາ
ດ ຕ.ຄ.ໜ້າທ - ຖ ດ.ຢ.ໜ້າທ



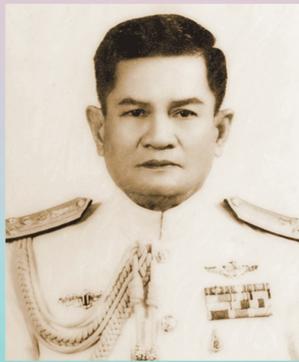
ນ.ອ.ປະນວລ ຊຣນສຸວරະນ
ດ ຕ.ຄ.ໜ້າທ - ຖ ດ.ຢ.ໜ້າທ



ນ.ອ.ອົກ ໂຮຈະສມືຕ
ດ ຕ.ຄ.ໜ້າທ - ຖ ດ.ຢ.ໜ້າທ



ນ.ອ.ວັຈຍ ຈັນທອງແກນ
ດ ຕ.ຄ.ໜ້າທ - ຖ ມີ.ຄ.ໜ້າທ



ນ.ອ.ສົມບາຍ ມ່ວງມຶ່ງສຸຂ
ດ ໃບ.ຢ.ໜ້າທ - ຖ ດ.ຢ.ໜ້າທ



ນ.ອ.ເສນໍ ສູນທຽມຄລ
ດ ຕ.ຄ.ໜ້າທ - ຖ ມີ.ຄ.ໜ້າທ



น.อ.นคร กนกุวงศ์
๑ ใบ.ย.๓๔ - ๓๐ ใบ.ย.๓๕



น.อ.สมาน อ้วนจันทร์
๑ ต.ค.๓๔ - ๓๐ ต.ย.๓๘



น.อ.ธัช ว. ว่องษ์วงศ์
๑ ต.ค.๓๗ - ๓๐ ต.ย.๓๙



น.อ.จรินทร์ บุญเหมือน
๑ ต.ค.๓๙ - ๓๐ ต.ย.๔๐



น.อ.ไชยวัฒน์ นาวิกากุญจน์
๑ ต.ค.๔๐ - ๓๐ ต.ย.๔๑



น.อ.รุ่นพล วิชัยลักษณา
๑ ต.ค.๔๑ - ๓๐ ต.ย.๔๓



น.อ.ปริชา สมสุขเจริญ
๑ ต.ค.๔๓ - ๓๑ มี.ค.๔๕



น.อ.กุวดล สว่างแสง
๑ ใบ.ย.๔๕ - ๓๐ ต.ย.๔๘



น.อ.ปัชุมพจน์ แก่นจันทร์
๑ ต.ค.๔๘ - ๓๑ มี.ค.๕๐



บ.อ.คมสัน กลิ่นสุกนร
๑ ม.ย.๕๐ - ๓๐ ก.ย.๕๗



บ.อ.ยอดรัก ศิลปดุริยางค
๑ ต.ค.๕๗ - ปัจจุบัน



ພາຍໃຕ

ພບທີ່ແສດງເບຕເລາກ້ວໄລ

World Time

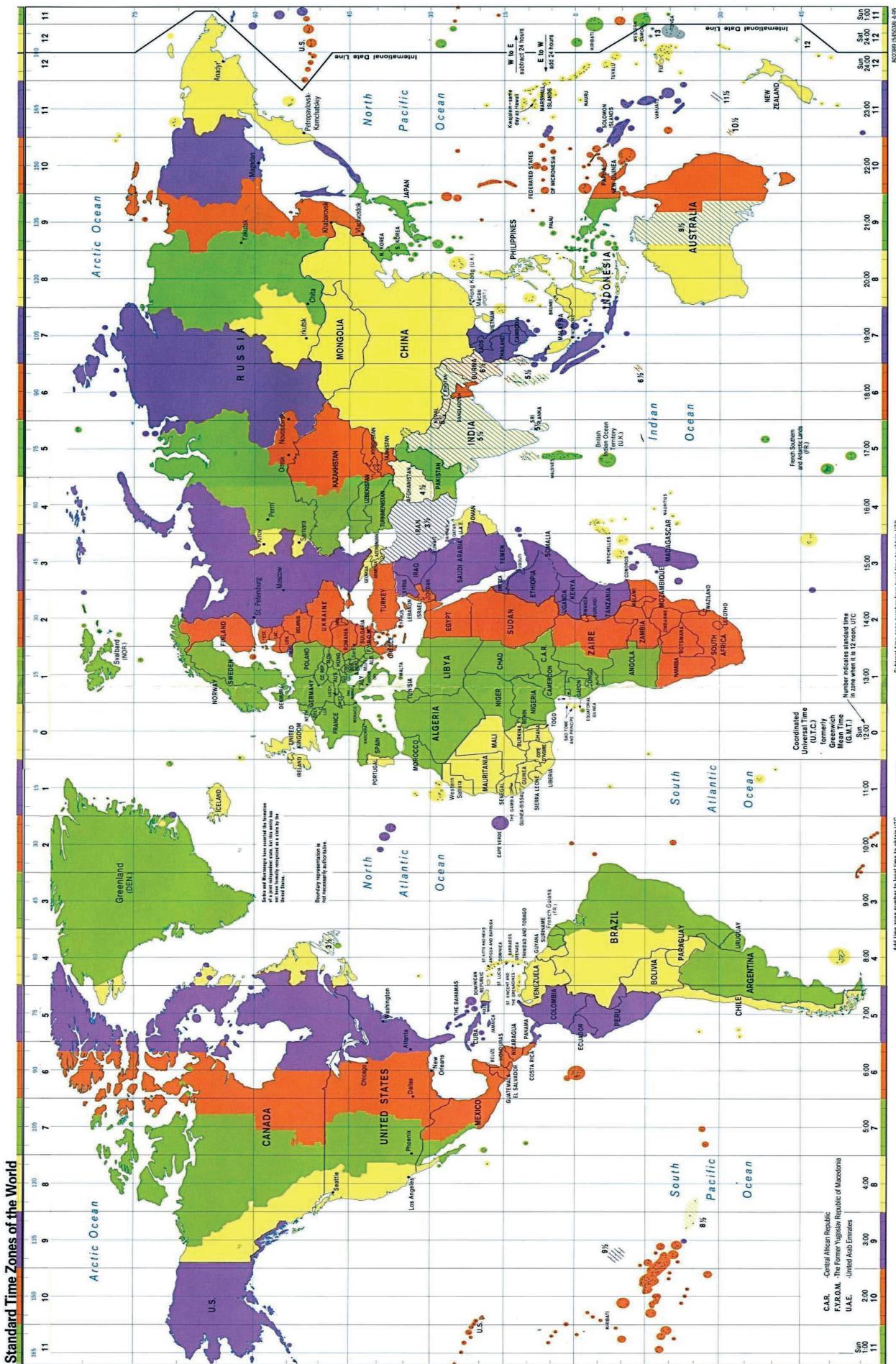


World standard times at noon Greenwich mean time

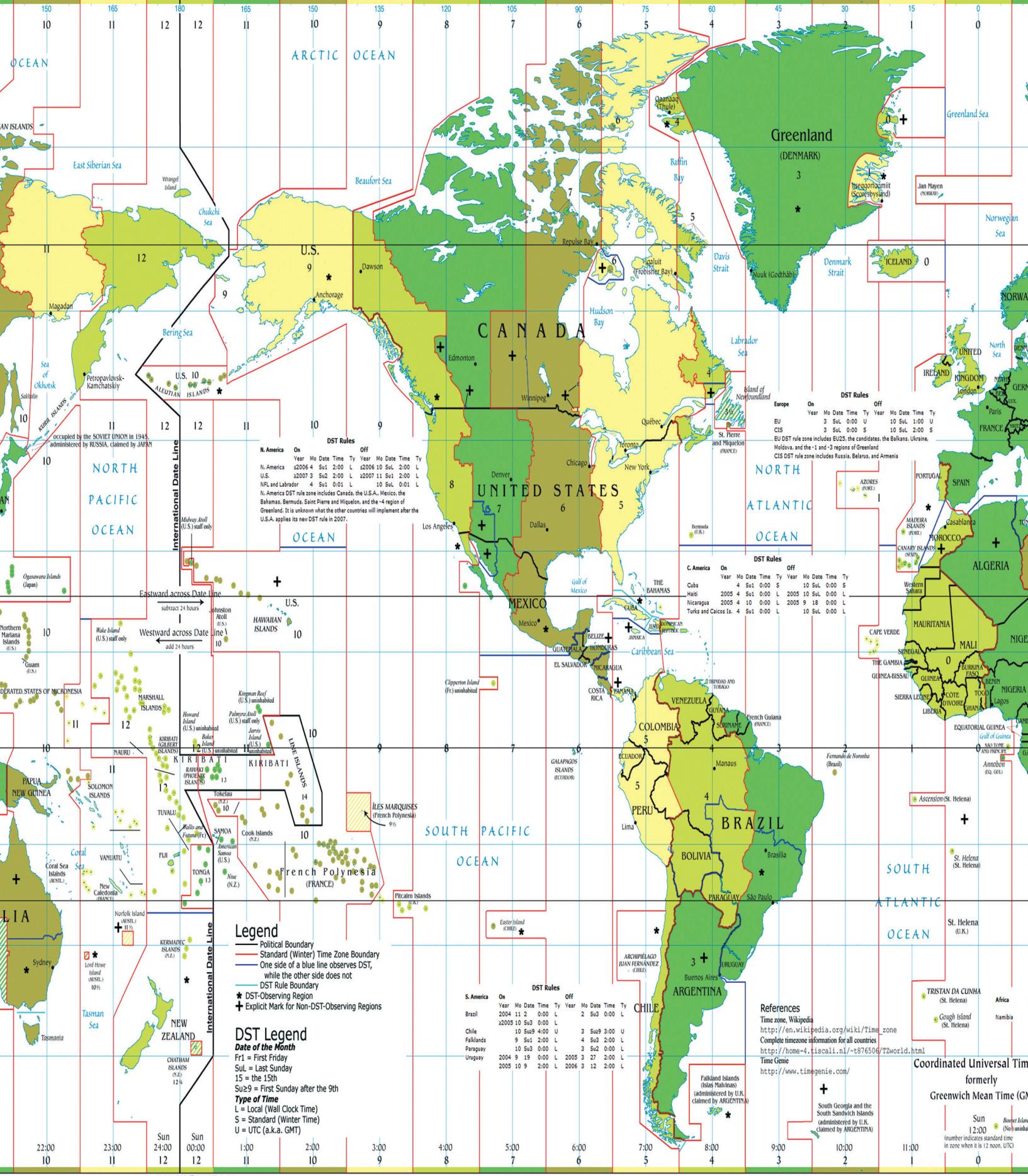
Accra	Noon	Darwin	9.30 pm	Panama	7.00 am
Adelaide	9.30 pm	Delhi	5.30 pm	Paris	1.00 pm
Algiers	1.00 pm	Dublin	Noon	Peking	8.00 pm
Amman	2.00 pm	Gibraltar	1.00 pm	Perth	8.00 pm
Amsterdam	1.00 pm	Helsinki	2.00 pm	Prague	1.00 pm
Ankara	2.00 pm	Hobart	10.00 pm	Quebec	7.00 am
Athens	2.00 pm	Hong Kong	8.00 pm	Rangoon	6.30 pm
Auckland	Midnight	Istanbul	2.00 pm	Rawalpindi	5.00 pm
Baghdad	3.00 pm	Jakarta	8.00 pm	Reykjavik	Noon
Bangkok	7.00 pm	Jerusalem	2.00 pm	Rio de Janeiro	9.00 am
Beirut	2.00 pm	Karachi	5.00 pm	Rome	1.00 pm
Belgrade	1.00 pm	Kuala Lumpur	7.30 pm	San Francisco	4.00 am
Berlin	1.00 pm	Lagos	1.00 pm	Santiago	8.00 am
Berne	1.00 pm	Leningrad	3.00 pm	Singapore	7.30 pm
Bombay	5.30 pm	Lima	7.00 pm	Sofia	2.00 pm
Bonn	1.00 pm	Lisbon	1.00 pm	Stockholm	1.00 pm
Brisbane	10.00 pm	Luxembourg	1.00 pm	Sydney	10.00 pm
Bucharest	2.00 pm	Madras	5.30 pm	Tehran	3.30 pm
Budapest	1.00 pm	Madrid	1.00 pm	Tokyo	9.00 pm
Buenos Aires	9.00 pm	Melbourne	10.00 pm	Toronto	7.00 am
Cairo	2.00 pm	Mexico City	6.00 pm	Tunis	1.00 pm
Calcutta	5.30 pm	Montevideo	8.30 pm	Vancouver	4.00 am
Canberra	10.00 pm	Moscow	3.00 pm	Vienna	1.00 pm
Cape Town	2.00 pm	Nairobi	3.00 pm	Warsaw	1.00 pm
Caracas	8.00 am	New York	7.00 pm	Washington	7.00 am
Chicago	6.00 am	Nicosia	2.00 pm	Wellington	Midnight
Copenhagen	1.00 pm	Oslo	1.00 pm	Winnipeg	6.00 am
Damascus	2.00 pm	Ottawa	7.00 am		

เวลาทั่วโลก

(Standard Time Zones of the World)



STANDARD TIME ZONES OF THE WORLD



เวลาตามเขตเวลาทั่วโลก

(ที่สืบทอดกันมาต่อจากมาตรฐานเวลาของสหภาพโซเวียต คราวน์ชั่วคราว บี บี ซี ที่ ๑๕ มกราคม พ.ศ.๒๕๖๗)



Subtract time zone number from local time to obtain UTC.
Add date zone number to UTC to obtain local time.

803058AI (R02183) 3-04

ພາວກ ຈ
ຄໍາສັ່ງແຜ່ຕົ້ນຄະນະກອບການຈັດທໍາໜັງສືວ



ຄໍາສັ່ງກອບອຸທກສາສຕຣີ

(ເຄພາະ)

ທີ ໧໭ /ໄຂແຂ້ມຕ

ເຮືອງ ແຕ່ງຕັ້ງຄະນະທຳມະນຸດຈັດທໍາໜັງສື່ອໝາຍແພຣວິທາກາຮອງ ອສ.

ເພື່ອໃຫ້ການດຳນິນການຈັດທໍາໜັງສື່ອໝາຍແພຣວິທາກາຮອງ ອສ.ເປັນໄປດ້ວຍຄວາມເຮັດວຽກ
ຈຶ່ງໃຫ້ປົງປັດຕິດັ່ງນີ້

๑. ໄກສູນມີຮ່ອງຕ່ອງໄປນີ້ເປັນຄະນະທຳມະນຸດຈັດທໍາໜັງສື່ອໝາຍແພຣວິທາກາຮອງ ອສ.

๑.๑	ພລເວືອຕຣີ ມນຮົງຄໍ ນາຄຮນ	ໜ້າຫ້າຄະນະທຳມະນຸດ
๑.๒	ນ.ອ.ວິຫຼຸງຮີ ຕ້ອນທິກຸດ	ຮອງໜ້າຫ້າຄະນະທຳມະນຸດ
๑.๓	ນ.ອ.ຮນພລ ວິຊຍລັກຂ່ານາ	ເຈົ້າໜ້າທີ່ຄະນະທຳມະນຸດ
๑.๔	ນ.ອ.ປຣີຈາ ສມສຸຂເຈົ້າ	ເຈົ້າໜ້າທີ່ຄະນະທຳມະນຸດ
๑.๕	ນ.ອ. ຈັກຮກຖະ ມະລິຂາວ	ເຈົ້າໜ້າທີ່ຄະນະທຳມະນຸດ
๑.๖	ນ.ອ.ໄໝຍງຸດີ ນາວິກາຄູຈະ	ເຈົ້າໜ້າທີ່ຄະນະທຳມະນຸດ
๑.๗	ນ.ອ.ຄີຣີໜັງ ເນຍທອງ	ເຈົ້າໜ້າທີ່ຄະນະທຳມະນຸດ
๑.๘	ນ.ອ.ມນຕີເດັ່ນ ພັວໄພນູລີ	ເຈົ້າໜ້າທີ່ຄະນະທຳມະນຸດ
๑.๙	ນ.ອ.ໜູ້ງົງ ພຣະນະຍາ ເຊື້ອພິນູລີ	ເຈົ້າໜ້າທີ່ຄະນະທຳມະນຸດ
๑.๑๐	ນ.ອ. ກູວດລ ສວ່າງແສງ	ເຈົ້າໜ້າທີ່ຄະນະທຳມະນຸດ
๑.๑๑	ນ.ອ.ຄມສັນ ກລິ່ນສຸຄນ໌	ເຈົ້າໜ້າທີ່ຄະນະທຳມະນຸດແລະເລຂານຸກາຮ
๑.๑๒	ນ.ອ.ບົງກ່າຍ ສໄມສຣ	ເຈົ້າໜ້າທີ່ຄະນະທຳມະນຸດ
๑.๑๓	ນ.ທ.ໜູ້ງົງ ອຣນຸ່ງ ພຣແດງ	ເຈົ້າໜ້າທີ່ຄະນະທຳມະນຸດ
๑.๑๔	ນ.ທ.ພັນຫຼຸ້ນາຄ ນາຄບູປັພາ	ເຈົ້າໜ້າທີ່ຄະນະທຳມະນຸດແລະຜູ້ໜ້າເລຂານຸກາຮ
๑.๑๕	ນ.ທ.ໜູ້ງົງ ອິນທີຣາ ແນຕຣມູກດາ	ເຈົ້າໜ້າທີ່ຄະນະທຳມະນຸດ
๑.๑๖	ນ.ຕ.ສມານ ໄດ້ຮາຍຮັມຍີ	ເຈົ້າໜ້າທີ່ຄະນະທຳມະນຸດແລະຜູ້ໜ້າເລຂານຸກາຮ

๒. คณะทำงานฯ มีหน้าที่ ดังนี้

๒.๑ พิจารณาวางแผนงาน งบประมาณ กำหนดกรอบและระยะเวลาการดำเนินงานจัดทำหนังสือเผยแพร่วิทยาการของ อศ. รวมทั้งรายงานความก้าวหน้าให้ อศ.ทราบตามช่วงระยะเวลาที่เหมาะสม จนกว่าการดำเนินงานจะแล้วเสร็จ

๒.๒ พิจารณารูปแบบการ จัดทำหนังสือเผยแพร่วิทยาการของ อศ.

๒.๓ คณะทำงานฯ สามารถแต่งตั้งอนุกรรมการเพิ่มเติมได้ตามความจำเป็น

๓. ให้ นขต.อศ. ให้การสนับสนุนตามที่คณะทำงานฯ ร้องขอ

ทั้งนี้ ตั้งแต่บัดนี้เป็นต้นไป

สั่ง ณ วันที่ ๓๗ มกราคม ๒๕๕๗

พ.ร.ท.ศ.

(นคร ทนุวงศ์)

จก.อศ.



คำสั่งกรมอุทกศาสตร์

(เฉพาะ)

ที่ ๕๙๐ /๒๕๕๒

เรื่อง แต่งตั้งคณะทำงานจัดทำหนังสือเผยแพร่วิทยาการของ อศ.

เพื่อให้การดำเนินการจัดทำหนังสือเผยแพร่วิทยาการของ อศ. เป็นไปด้วยความเรียบร้อยจึงให้ปฏิบัติ

ดังนี้

๑. ยกเลิกคำสั่ง อศ. (เฉพาะ) ที่ ๖๑/๒๕๕๒ ลง ๒๗ ม.ค.๕๒ เรื่องแต่งตั้งคณะทำงานจัดทำหนังสือเผยแพร่วิทยาการของ อศ.

๒. ให้ผู้มีรายชื่อต่อไปนี้เป็นคณะทำงานจัดทำหนังสือเผยแพร่วิทยาการของ อศ.

๒.๑ พล.ร.ต. ณรงค์ นาครธน	หัวหน้าคณะทำงาน
๒.๒ พล.ร.ต.สุรพล ตาปนานนท์	รองหัวหน้าคณะทำงาน
๒.๓ น.อ.ธนพล วิชัยลักษณา	เจ้าหน้าที่คณะทำงาน
๒.๔ น.อ.ปรีชา สมสุขเจริญ	เจ้าหน้าที่คณะทำงาน
๒.๕ น.อ.จักรกฤษ มะลิขาว	เจ้าหน้าที่คณะทำงาน
๒.๖ น.อ.ไชยวุฒิ นารวิกาญจนะ	เจ้าหน้าที่คณะทำงาน
๒.๗ น.อ.ศิริชัย เนยทอง	เจ้าหน้าที่คณะทำงาน
๒.๘ น.อ.มนต์เดช พ้าไฟบุญลย์	เจ้าหน้าที่คณะทำงาน
๒.๙ น.อ.หญูง พรมราษ เซื้อพินูลย์	เจ้าหน้าที่คณะทำงาน
๒.๑๐ น.อ.ภวุคดล สว่างแสง	เจ้าหน้าที่คณะทำงานและเลขานุการ
๒.๑๑ น.อ.ปฐุมพจน์ แก่นจันทร์	เจ้าหน้าที่คณะทำงาน
๒.๑๒ น.อ.ชัยฤทธิ์ เกิดผล	เจ้าหน้าที่คณะทำงาน
๒.๑๓ น.อ.ยอดรัก ศิลปดุริยางก์	เจ้าหน้าที่คณะทำงานและผู้ช่วยเลขานุการ
๒.๑๔ น.อ.บางกษ สมอสาร	เจ้าหน้าที่คณะทำงาน
๒.๑๕ น.ท.หญูง อรอนุช พรแแดง	เจ้าหน้าที่คณะทำงาน
๒.๑๖ น.ท.พันธุ์นาดา นาคบุปผา	เจ้าหน้าที่คณะทำงานและผู้ช่วยเลขานุการ

- ๒.๓๗ น.ท.หญิง อินธิรา เนตรนุกดา เจ้าหน้าที่คณะทำงาน
๒.๓๘ ร.ท.ณรงค์ ใจป้ำ เจ้าหน้าที่คณะทำงานและผู้ช่วยเลขานุการ
๓. คณะทำงานฯ มีหน้าที่ดังนี้

๓.๑ พิจารณาวางแผน งบประมาณ กำหนดกรอบและระยะเวลาการดำเนินงานจัดทำหนังสือเผยแพร่วิทยาการของ อศ. รวมทั้งรายงานความก้าวหน้าให้ อศ. ทราบตามช่วงระยะเวลาที่เหมาะสมจนกว่าการดำเนินงานจะแล้วเสร็จ

๓.๒ พิจารณาฐานแบบการจัดทำหนังสือเผยแพร่วิทยาการของ อศ.

๓.๓ คณะทำงานฯ สามารถแต่งตั้งอนุกรรมการเพิ่มเติมได้ตามความจำเป็น

๔. ให้ นขต.อศ. ให้การสนับสนุนตามที่คณะทำงานฯ ร้องขอ

ทั้งนี้ ตั้งแต่ปัจจุบัน

ถึง ณ วันที่ ๑๓ ตุลาคม พ.ศ.๒๕๕๗

พล.ร.ท. ศ.
(นคธ ทนุวงศ์)

จก.อศ.

บรรณาธิกรน

๑. วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี
๒. กรุงเทพวันอาทิตย์ ปีที่ ๑๖ ฉบับที่ ๕๙๕๙
๓. Wikipedia, the free encyclopedia
๔. หนังสือ GM Watch
๕. หนังสือ Nautical Almanac Offices, 1961
๖. ประวัติย่อของงานอุทกศาสตร์ สิงหาคม ๒๕๔๘
๗. กิจกรรมรวมอุทกศาสตร์ พฤศจิกายน ๒๕๔๘
๘. วารสารศูนย์บริภัณฑ์เพื่อการศึกษา ๓๐๐ ปี ดาวาศาสตร์ไทย เมษายน – มิถุนายน ๒๕๓๑

