



เวลามาตรฐานประเทศไทย

ที่ระลึกวันคล้ายวันสถาปนากรมอุทกศาสตร์
ครบรอบ ๘๙ ปี
วันที่ ๑๖ มกราคม พ.ศ.๒๕๕๓





พล.ร.อ.สมเด็จพระบรมโอรสาธิราชฯ สยามมกุฎราชกุมาร ขณะทรงพระยศเป็น
ร.ท.เจ้าฟ้ามหาวชิราลงกรณ์ เสด็จพระราชดำเนินทรงเป็นประธานในพิธีเปิด
เครื่องอุปกรณ์รักษาเวลามาตรฐานประเทศไทย ณ กรมอุทกศาสตร์
เมื่อวันที่ ๒๒ ธันวาคม พ.ศ.๒๕๑๕

สมเด็จพระเจ้าลูกเธอเจ้าฟ้าสิรินธรเทพรัตนสุทนต์กิติวัฒนาดุลโสภาคย์
เสด็จทรงเยี่ยมกรมอุทกศาสตร์ เมื่อ ๔ เมษายน พ.ศ. ๒๕๖๘



สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี เสด็จทรงทอดพระเนตร
เยี่ยมชมกิจการเวลามาตรฐานประเทศไทย ณ กรมอุทกศาสตร์
เมื่อวันที่ ๔ เมษายน ๒๕๖๘



พลเรือเอก กัรร พุ่มหิรัญ

ผู้บัญชาการทหารเรือ



พลเรือโท ศาสตราจารย์เกียรติคุณ นคร ทนวงษ์

เจ้ากรมอุทกศาสตร์



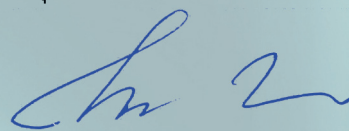
คำนำ

มนุษยมีวิถีชีวิตคู่กับธรรมชาติมาช้านาน ได้ยึดถือดวงอาทิตย์เป็นเครื่องบอกเวลา เช้า สาย เที่ยง บ่าย เย็น เช่นเดียวกับประเทศไทยได้มีการกำหนดเวลาให้สอดคล้องกับวิถีชีวิตประชาชน จารีตและราชประเพณี คติทางศาสนา พุทธ ศาสนาอื่นๆ และทางโหราศาสตร์ กล่าวคือ ในช่วงเริ่มต้นเวลาอย่างรุ่ง หรือเวลาที่ดวงอาทิตย์ขึ้น ประมาณเวลา ๐๖๐๐ และเวลาอย่างค่ำ หรือเวลาที่ดวงอาทิตย์ตก ประมาณเวลา ๑๘๐๐ ซึ่งเป็นจริงตามธรรมชาติมากที่สุด พระบาทสมเด็จพระมงกุฎเกล้าเจ้าอยู่หัวฯ ได้มีพระราชดำริฯ เพื่อให้ประเทศไทยได้มีการกำหนดเวลา เพื่อให้เป็นระบบสากลตามนานาอารยประเทศและประชาชนชาวไทยได้ใช้เวลาที่ตรงกันทั่วทั้งประเทศ จึงได้มีพระบรมราชโองการฯ ตั้งแต่ ๑ เมษายน พ.ศ.๒๔๖๓ ให้ใช้เวลาอัตรา ๗ ชั่วโมง ก่อนเมืองกรีนิช เป็นเวลาใช้ทั่วราชอาณาจักร และเพื่อรักษาเวลามาตรฐานของประเทศไทย และแจ้งสัญญาณเทียบเวลาให้แก่ประชาชน รัฐบาลได้มอบหมายให้เป็นหน้าที่ของทหารเรือเป็นผู้ดำเนินการรับผิดชอบ ปัจจุบันกองทัพเรือได้กำหนดให้เป็นหน้าที่ของกรมอุทกศาสตร์ ตั้งแต่ พ.ศ.๒๔๗๗ ระบบการรักษาเวลามาตรฐานได้มีการพัฒนาเจริญก้าวหน้าไปตามยุคสมัย กรมอุทกศาสตร์ได้ปรับปรุงระบบการรักษาเวลาให้ได้มาตรฐานสากล โดยการจัดหาอุปกรณ์รักษาเวลามาตรฐานด้วยอุปกรณ์ผลิตความถี่มาตรฐานจากพลังงานปรมาณูมาไว้ใช้ทางราชการ

พลเรือเอก สมเด็จพระบรมโอรสาธิราชฯ สยามมกุฎราชกุมาร ขณะทรงพระยศเป็น เรือโทเจ้าฟ้ามหาวชิราลงกรณ์ ได้เสด็จพระราชดำเนินมาทรงเป็นประธานในพิธีเปิดเครื่องอุปกรณ์รักษาเวลามาตรฐานแห่งประเทศไทย ณ กรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือ เมื่อวันที่ ๒๒ ธันวาคม พ.ศ.๒๕๑๕ นับเป็นพระมหากรุณาธิคุณอันใหญ่หลวง ยิ่งความปลาบปลื้มและภาคภูมิใจมาสู่ข้าราชการกองทัพเรือทุกนาย รวมทั้งอยู่ในความทรงจำของเหล่าข้าราชการกรมอุทกศาสตร์เสมอมา

ผมในฐานะหัวหน้าคณะทำงานจัดทำหนังสือเผยแพร่วิทยาการของกรมอุทกศาสตร์ ขอขอบคุณคณะทำงานทุกท่านที่ให้ความร่วมมือในการจัดทำหนังสือเวลามาตรฐานประเทศไทยจนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี หากมีความผิดพลาดประการใดขอความกรุณาแจ้งมาที่กรมอุทกศาสตร์ เพื่อการแก้ไขปรับปรุงต่อไป

พลเรือตรี


(ณรงค์ นาคธน)

หัวหน้าคณะทำงานจัดทำหนังสือเผยแพร่วิทยาการของกรมอุทกศาสตร์
และผู้ทรงคุณวุฒิกองทัพเรือ



คำปรารภ

ในระยะเวลาหลายปีที่ผ่านมา กรมอุทกศาสตร์ได้จัดทำหนังสือต่างๆ เพื่อมอบเป็นที่ระลึกในวันครบรอบวันสถาปนากรมอุทกศาสตร์ วันที่ ๑๖ มกราคม ของทุกปี ซึ่งกรมฯ ได้มุ่งหวังที่จะเผยแพร่วิชาการและความรู้ต่างๆ ที่เป็นงานของกรมฯ ที่ได้ดำเนินการปฏิบัติจนเป็นรูปธรรม ตั้งแต่ได้ยกฐานะขึ้นเป็นกรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือ วิชาการต่างๆ นั้นได้เริ่มและพัฒนาอย่างต่อเนื่อง จนแทบจะกล่าวได้ว่า ในเนื่องงานการอุทกศาสตร์นั้นมีความใกล้ชิดและเชื่อมโยงกับประชาชนและหน่วยงานต่างๆ ของประเทศไทยเป็นอันมาก มีงานบางอย่างในอดีตที่มีในกรมอุทกศาสตร์แต่เพียงแห่งเดียว งานบางอย่างกรมอุทกศาสตร์เป็นผู้ริเริ่มดำเนินการจนปัจจุบันเป็นที่แพร่หลายอยู่ทั่วไป

ในโอกาสครบรอบวันคล้ายวันสถาปนากรมอุทกศาสตร์ในปีนี้ ถือเป็นปีที่ ๘๙ กรมอุทกศาสตร์ได้พิจารณาแล้วเห็นว่างานทางด้านเวลามาตรฐานเป็นอีกงานหนึ่งที่กรมอุทกศาสตร์ได้เป็นผู้ดำเนินงานมา ตั้งแต่รัชสมัยพระเจ้าอยู่หัวรัชกาลที่ ๖ จนถึงปัจจุบัน และถือว่าเป็นงานที่ได้รับใช้กองทัพเรือ รวมทั้งประชาชนชาวไทย มาโดยตลอด และเวลาเป็นสิ่งที่ควบคู่กับชีวิตประจำวัน จึงได้จัดทำหนังสือเวลามาตรฐานประเทศไทย เพื่อมอบให้กับผู้ที่มาร่วมงานและหน่วยงานต่างๆ เพื่อเผยแพร่ความรู้และผลการดำเนินงานทางด้านเวลามาตรฐานประเทศไทย ของกรมอุทกศาสตร์ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน

หนังสือเวลามาตรฐานประเทศไทยฉบับนี้ได้อาศัยข้อมูลต่างๆ ตั้งแต่อดีตที่ผ่านมา รวมทั้งหาจากแหล่งข้อมูลต่างๆ นำมารวบรวมและเรียบเรียงขึ้นใหม่ หากข้อมูลจากแหล่งใดที่มีปรากฏในหนังสือเล่มนี้และมิได้กล่าวถึงที่มา กรมอุทกศาสตร์ต้องกราบขออภัยมา ณ ที่นี้ อย่างไรก็ตามขอกราบขอบคุณแหล่งข้อมูลต่างๆ ในส่วนรวม โดยหวังว่าการเผยแพร่ข้อมูลของกรมอุทกศาสตร์เพื่อเป็นวิทยาทาน และหลักฐานปรากฏไว้ในเบื้องหน้าเพื่อเป็นแหล่งค้นคว้าให้แก่อนุชนรุ่นหลังจะได้เสริมสร้างบุญบารมีให้แก่ผู้เกี่ยวข้องทั้งปวง

พลเรือโท ศาสตราจารย์เกียรติคุณ

(นคร ทุนวงศ์)

เจ้ากรมอุทกศาสตร์

สารบัญ

ชื่อเรื่อง	หน้าที่
คำปสรรณ	ก
คำนำ	ข
สารบัญ	ค
สารบัญภาพ	ง
สารบัญตาราง	ช
บทที่ ๑ บทนำ	๑
เวลาและความสำคัญของเวลา	๑
ความสัมพันธ์ของเวลากับชีวิตประจำวัน	๒
ขณะเวลาและช่วงเวลา (Epoch and Interval)	๓
เวลาและนาฬิกา	๔
นาฬิกาที่เที่ยงตรงที่สุดในโลก	๑๐
บทที่ ๒ ระบบเวลา (Time System)	๑๓
ประเภทของระบบเวลา	๑๓
ระบบเวลาที่อ้างอิงกับการหมุนรอบตัวเองของโลกของโลก	๑๓
ระบบเวลาที่อ้างอิงกับการโคจรรอบดวงอาทิตย์ของโลก	๓๐
ระบบเวลาอะตอม (Atomic Time System)	๓๔
ระบบเวลาอื่นๆ	๔๑
ภาพรวมความสัมพันธ์ของเวลาจากระบบเวลาต่างๆที่สำคัญ	๔๔
บทที่ ๓ การรักษามาตรฐานและการให้บริการเทียบเวลาสากล	๔๖
วิวัฒนาการของการรักษามาตรฐาน	๔๖
หน่วยงานที่ทำหน้าที่รักษามาตรฐาน	๔๘
บทสรุปของงานรักษามาตรฐานทั่วไป	๕๘
บทที่ ๔ ประวัติการรักษามาตรฐานของไทย	๖๐
ที่มาของการรักษามาตรฐานประเทศไทย	๖๐
การแจ้งสัญญาณเวลา	๖๓
งานรักษามาตรฐาน พ.ศ. ๒๕๗๖	๖๔
การจัดตั้งแพนดาราศาสตร์	๗๐
โครงการการให้บริการเวลามาตรฐานประเทศไทยผ่านระบบ Online	๗๓
บทที่ ๕ การรักษามาตรฐานและการให้บริการเวลามาตรฐานแห่งประเทศไทยโดยกรมมาตรวิทยา	๗๗
การรักษามาตรฐานของประเทศไทย	๗๗
หลักการทั่วไปในการรักษามาตรฐาน	๗๗
ความถูกต้องในการรักษามาตรฐานประเทศไทย	๗๘
การเทียบเวลาโดยใช้ GPS	๗๙
อุปกรณ์ในการรักษามาตรฐาน	๘๐
การให้บริการเทียบเวลาของกรมมาตรวิทยา	๘๑

ชื่อเรื่อง

- การให้บริการเทียบเวลาทางโทรศัพท์
- การให้บริการเทียบเวลาทางอินเทอร์เน็ต
- อุปกรณ์ให้บริการเทียบเวลา
- การพัฒนางานทางด้านเวลามาตรฐานของกรมอุตุนิยมวิทยาในอนาคต

ภาคผนวก

- ผนวก ก ประวัติของอุปกรณ์การเดินเรือ
- ผนวก ข ทำเนียบอดีตผู้บังคับบัญชาของอุปกรณ์การเดินเรือ
- ผนวก ค แผนที่เส้นแบ่งเขตเวลาโลก (Zone Time)
- ผนวก ง คำสั่งแต่งตั้งคณะกรรมการจัดทำหนังสือเผยแพร่วิทยาการของ อศ.

บรรณานุกรม

หน้าที่

- ๘๒
- ๘๒
- ๘๒
- ๘๔
- ๘๖
- ๘๙
- ๙๓
- ๙๗
- ๑๐๑



สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้าที่	
๑-๑	เซอร์ไอแซก นิวตัน	๑
๑-๒	อิมมานูเอล คานท์	๑
๑-๓	อัลเบิร์ต ไอน์สไตน์	๒
๑-๔	ฝูงค้างคาวออกหากินในตอนกลางคืน	๓
๑-๕	กล้องวัดดาว	๓
๑-๖	การแบ่งเส้นเมริเดียนออกเป็นเส้นละ ๑๕ องศา	๔
๑-๗	แผนที่แผนที่ดาว	๔
๑-๘	กราฟการโคจรของดาวเคราะห์	๕
๑-๙	นาฬิกาแดด	๕
๑-๑๐	นาฬิกาน้ำ	๖
๑-๑๑	นาฬิกาแดดของชาวอียิปต์	๖
๑-๑๒	แผนที่ Zone Time	๖
๑-๑๓	ฮิโรโดตัส	๗
๑-๑๔	อาคารที่ทำการของ Royal Observatory	๗
๑-๑๕	Cathedral of Strassburg	๘
๑-๑๖	นาฬิกาจากประเทศสวิตเซอร์แลนด์	๘
๑-๑๗	นาฬิกาแดด หน้าวัดนิเวศธรรมประวัติราชวรวิหาร	๙
๑-๑๘	พิพิธภัณฑสถานนาฬิกาโบราณ	๙
๑-๑๙	นาฬิกาปารีส	๙
๑-๒๐	นาฬิกาลอนดอน นาฬิกากระสือ	๑๐
๑-๒๑	การทำงานของอะตอมซีเซียม	๑๐
๑-๒๒	นาฬิกาโซลาน	๑๑
๑-๒๓	นาฬิกาอัตโนมัติ	๑๑
๑-๒๔	นาฬิกาดิจิตอล	๑๒
๑-๒๕	นาฬิกาควอตซ์	๑๒
๑-๒๖	นาฬิกา OMEGA รุ่น Speedmaster	๑๒
๒-๑	จุดเวอร์นอนลิกวินออกซ์	๑๔
๒-๒	ขนะเวลาดาราคติ	๑๔
๒-๓	วงโคจรรอบดวงอาทิตย์ของโลก	๑๗
๒-๔	รัศมี r ถาวงไปเป็นพื้นที่เท่ากันในเวลาที่เท่ากัน	๑๘
๒-๕	การเคลื่อนที่จริงของดวงอาทิตย์ (แบบที่ ๑)	๑๘
๒-๖	การเคลื่อนที่จริงของดวงอาทิตย์ (แบบที่ ๒)	๑๙
๒-๗	ขนะเวลาสุริยคติ	๒๐
๒-๘	การแบ่งเวลาประจำภาค	๒๓
๒-๙	การรถไฟของสหราชอาณาจักร	๒๕

ภาพที่

หน้าที่

๒-๑๐	Sir Sandford Fleming	๒๕
๒-๑๑	แสดงภาพรวมความสัมพันธ์ของเวลาจากระบบเวลาต่างๆ ที่สำคัญ	๔๔
๓-๑	การวัดวัตถุบนท้องฟ้าเพื่อหาตำบลที่เรือ	๔๖
๓-๒	แผนที่แสดงเวลาต่างกันเป็นชั่วโมงตามพื้นที่ต่างๆบนโลก โดยเทียบกับเส้นเมริเดียนที่ผ่านเมืองกรีนิช	๔๖
๓-๓	ลูกบอลสัญญาณบอกเวลาที่เมืองกรีนิช	๔๗
๓-๔	การยิงปืนบอกเวลาที่เที่ยงตรง ที่ประเทศฮ่องกง	๔๗
๓-๕	ที่ทำการ BIPM กรุงปารีส ประเทศฝรั่งเศส	๔๘
๓-๖	ที่ตั้งของห้องปฏิบัติการต่างๆที่ส่งข้อมูลเวลาให้ BIPM ใช้ในการคำนวณ TAI	๔๙
๓-๗	กราฟแสดงผลต่างการเทียบเวลาของนาฬิกาของหน่วยงานต่างๆ	๔๙
๓-๘	การใช้ระบบ GPS ในการเทียบเวลา UTC ระหว่างหน่วยงานที่รับผิดชอบเรื่องเวลา	๕๐
๓-๙	เครื่องเทียบเวลาผ่านระบบ GPS	๕๐
๓-๑๐	แผนผังการจัดองค์การของ NIST	๕๑
๓-๑๑	Riefler Clock	๕๒
๓-๑๒	Short Clock	๕๒
๓-๑๓	นาฬิกาอะตอม	๕๒
๓-๑๔	สถานีออกอากาศสัญญาณเวลาของ NIST	๕๓
๓-๑๕	ห้องปฏิบัติการ NIST เมือง Boulder มลรัฐโคโลราโด	๕๓
๓-๑๖	นาฬิกาปรมาณู	๕๔
๓-๑๗	The Official Seal of the USNO	๕๖
๓-๑๘	ภาพถ่ายทางอากาศของ USNO	๕๖
๓-๑๙	ไดอะแกรม GPS Time to UTC Time	๕๗
๓-๒๐	แสดงเวลาจาก GPS	๕๘
๔-๑	พระบาทสมเด็จพระจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว รัชกาลที่ ๔	๖๐
๔-๒	พระบาทสมเด็จพระจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว เสด็จทอดพระเนตรสุริยุปราคา ที่ ต.หว้ากอ จ.ประจวบคีรีขันธ์	๖๐
๔-๓	อุปราคาเต็มดวง	๖๑
๔-๔	อุปราคาเป็นเสี้ยว	๖๑
๔-๕	พระที่นั่งวุดลภภินิโย	๖๑
๔-๖	การเกิดสุริยุปราคา	๖๒
๔-๗	หอนาฬิกาภายในพระที่นั่งจักรี	๖๒
๔-๘	วัดพระเชตุพนวิมลมังคลารามราชวรมหาวิหาร	๖๓
๔-๙	การใช้เรือหลวงในการยิงปืน	๖๓
๔-๑๐	นาฬิกาลูกตุ้ม	๖๔
๔-๑๑	นาฬิกาโครโนเมตร	๖๔
๔-๑๒	เส้นแบ่งเขตเวลาโลกที่ Greenwich ประเทศอังกฤษ	๖๗
๔-๑๓	กล้องดูดาว	๖๘
๔-๑๔	ภายในท้องฟ้าจำลอง	๖๙
๔-๑๕	สมเด็จพระบรมโอรสาธิราชฯ สยามมกุฎราชกุมาร เสด็จทรงเปิดเวลามาตรฐานประเทศไทย ณ กรมอุตุนิยมวิทยา	๗๒
๔-๑๖	แผนภาพโครงการการให้บริการเวลามาตรฐานประเทศไทยผ่านระบบ Online	๗๕

ภาพที่

๕-๑	แสดงการเทียบเวลาโดยวิธี GPS CV	๗๘
๕-๒	นาฬิกาปรมาณูซีเซียม ๑๓๓ ตราอักษร HEWLETT PACKARD	๘๐
๕-๓	นาฬิกาปรมาณูซีเซียม ๑๓๓ ตราอักษร Agilent	๘๐
๕-๔	เครื่องรับสัญญาณเวลาด้วยดาวเทียม ระบบ GPS ตราอักษร MEINBERG	๘๐
๕-๕	เครื่องรับสัญญาณเวลาด้วยดาวเทียม ระบบ GPS ตราอักษร Symmetricom	๘๑
๕-๖	ระบบสอบเทียบเวลาระดับปฐมภูมิ (GPS Common View) ตราอักษร SOLUTIONS	๘๑
๕-๗	การให้บริการเทียบเวลาของกรมอุทกศาสตร์	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) ที่ตั้งอยู่ตรงกลาง	๘๔
๕-๑๔	เครื่องส่งสัญญาณแบบกึ่งตัวนำ (Semi-conductor) ขนาด 50 kW	๘๕
๕-๑๕	เครื่องผลิตสัญญาณเวลา	๘๕

หน้าที่

สารบัญตาราง

ตารางที่

๒-๑	ตัวอย่างเลขวันดาราคติกรีนิช (Greenwich Sideral Day Number) ระหว่างปี ค.ศ. ๑๙๕๐ - ๑๙๕๙	๑๖
๒-๒	แสดงความก้าวหน้าของความถูกต้องของเวลาต่อวันที่ได้จากนาฬิกาอะตอมและนาฬิกาอื่นๆ	๓๔
๒-๓	แสดงความนานของการเกิดอัตราพิศสม ๑ วินาทีของนาฬิกาอะตอมต่างๆ	๓๔
๒-๔	แสดงอัตราพิศสมของนาฬิกาซีเซียมที่มีผลต่ออัตราพิศของระยะการเดินทางของคลื่นแสง (อัตราพิศสมของเวลานี้อยู่บนสมมุติฐานที่ว่า นาฬิกามีความคงตัวคงที่)	๓๔
๕-๑	การ Trace Back ของนาฬิกาที่วัดไปยัง BIPM (เส้นทางที่ ๑)	๗๙
๕-๒	การ Trace Back ของนาฬิกาที่วัดไปยัง BIPM (เส้นทางที่ ๒)	๗๙

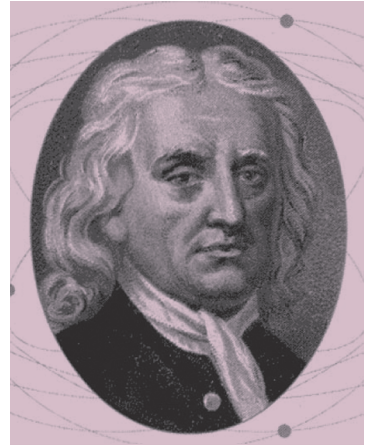
หน้าที่



ບຸກຄົນ ອຳນວຍການ
ບຸກຄົນ

- **เวลาและความสำคัญของเวลา**

เวลาคืออะไร เวลา ในมุมมองหนึ่งกล่าวว่า เวลาเป็นองค์ประกอบพื้นฐานหนึ่งของจักรวาล ให้เหตุการณ์ต่างๆ ดำเนินอยู่ในนั้น ซึ่งเป็นแนวคิดของเซอร์ไอแซก นิวตัน (Sir Isaac Newton) อีกมุมมองหนึ่งกล่าวว่า เวลาเป็นสิ่งสมมุติเช่นเดียวกับพื้นที่ (Space) และตัวเลข มีเหตุการณ์ต่างๆ เกิดขึ้นเป็นลำดับ แต่ไม่ได้หมายความว่าเวลากับเหตุการณ์เหล่านั้นจะรวมอยู่ด้วยกัน ซึ่งเป็นแนวคิดของอิมมานูเอล คานต์ (Immanuel Kant) และก๊อตต์ฟรีด วิลเฮล์ม ไลบ์นิซ (Gottfried Wilhelm Leibniz) บางทีมุมมองทั้ง ๒ ที่เกี่ยวกับเวลาก็ยังมีความสับสนและไม่ชัดเจนอยู่ จึงมีการนิยามความหมายของเวลาโดยการใช้ปฏิบัติแทนคำบรรยาย (Operational Definition) ซึ่งมักใช้การเคลื่อนที่ หรือการเปลี่ยนแปลงแบบเป็นคาบของวัตถุ เป็นตัววัดเวลา เช่น ดิถี (ข้างขึ้นข้างแรม) ของดวงจันทร์ การแกว่งของลูกตุ้ม การขึ้นและตกของดวงอาทิตย์



ภาพที่ ๑-๑ เซอร์ไอแซก นิวตัน



ภาพที่ ๑-๒ อิมมานูเอล คานต์

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



ภาพที่ ๑-๒ อิมมานูเอล คานต์

ตามพจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พุทธศักราช ๒๕๔๒ ได้ให้นิยามของเวลาว่า “ช่วงระยะเวลาที่มีอยู่ โดยนิยามกำหนดขึ้นเป็น ครุ คราว วัน เดือน ปี เป็นต้น” ส่วนในพระคัมภีร์เก่า (Old Testament) ชื่อ Ecclesiastes ซึ่งในอดีตเชื่อว่า เขียนโดยกษัตริย์โซโลมอน (King Solomon ๙๓๐-๙๑๔ ปีก่อนคริสตกาล) ได้เขียนเกี่ยวกับเวลาไว้ว่า “เวลา ถูกคาดหวังไว้สำหรับทุกสิ่งทุกอย่างที่อยู่ใต้ฟ้าล้วนเกี่ยวพันกับเวลาทั้งหมด เช่น เมื่อมีเวลาที่จะเกิดย่อมมีเวลาที่จะตาย เมื่อมีเวลาที่จะปลูกย่อมมีเวลาที่จะถอนสิ่งที่ปลูก เมื่อมีเวลาที่จะฆ่าย่อมมีเวลาที่จะเยียวยา เมื่อมีเวลาที่จะทำลายย่อมมีเวลาที่จะสร้างใหม่ เมื่อมีเวลาที่จะร้องไห้ย่อมมีเวลาที่จะหัวเราะ เมื่อมีเวลาที่จะไวทุกข์ ย่อมมีเวลาที่จะเด่นร่าอย่างมีความสุข เมื่อมีเวลาที่จะขว้างก้อนหินย่อมมีเวลาที่จะเก็บก้อนหิน เมื่อมีเวลาที่จะโอบกอดย่อมมีเวลาที่จะปฏิเสธการโอบกอด เมื่อมีเวลาที่จะค้นหาย่อมมีเวลาที่จะหยุดค้น เมื่อมีเวลาที่จะเก็บไว้ย่อมมีเวลาที่จะทิ้งขว้างมันไป เมื่อมีเวลาที่จะแยกย่อมมีเวลาที่จะรวม เมื่อมีเวลาที่จะเจ็บย่อมมีเวลาที่จะพูด เมื่อมีเวลาที่จะรัก ย่อมมีเวลาที่จะชัง และเมื่อมีเวลาที่จะมีศึกย่อมมีเวลาที่จะอยู่อย่างสงบ” (Ecclesiastes หน้า ๓ : ๑-๘)

จะเห็นได้ว่าการจะบอกว่าเวลาคืออะไรไม่ใช่เรื่องง่ายเลยทีเดียว ในขณะที่ตัวกันก็ไม่ใช่เรื่องยากนัก เพียงแต่มักเกิดความเข้าใจที่ไขว้เขว และการตีความที่แตกต่างกันของแต่ละสาขาวิชา ซึ่งสอดคล้องกับผู้มีความรู้ทั้งหลายที่กล่าวไว้ว่าทุกคนรู้ว่ามีเวลา แต่ยากที่จะอธิบายให้เข้าใจได้ในรูปแบบง่ายๆ ในทางพุทธศาสนา เวลา ก็เหมือนกับวัฏสงสาร การเวียนว่ายตายเกิด การมีอยู่ตลอดเวลาแต่ไม่สามารถจับต้องได้ นอกจากนี้สิ่งที่ชัดเจนเกี่ยวกับเวลา คือ เวลาไม่สามารถถูกทำให้หยุดได้ แต่การเคลื่อนไหวสามารถทำให้หยุดได้ เวลาเหมือนกับชีวิตที่ไม่มีวันดับ สรรพสิ่งล้วนมีเวลาเป็นของตนเอง บทจะเสีย บทจะพัง ยากที่จะกำหนด ไม่ว่าจะเป็นเรื่องของชีวิตหรือสิ่งของ ซึ่งเราก็พยายามจะกำหนดอายุการใช้งานของสิ่งต่างๆ แต่ก็เป็นเรื่องยากที่จะกำหนดได้ ของอย่างเดียวกันย่อมมาพร้อมกันอายุการใช้งาน

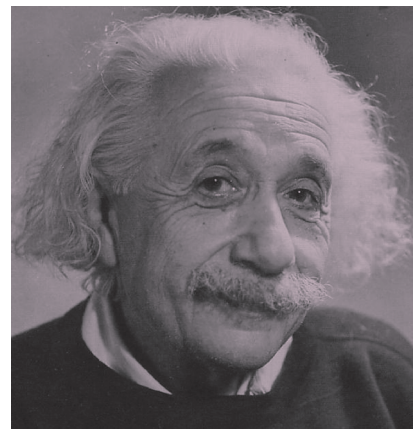
ส่วนใหญ่จะไม่เท่ากัน ท่านพอจะบอกได้หรือยังว่าเวลาคืออะไรและมีความสำคัญอย่างไร

ธรรมชาติของเวลา (The Nature of Time) เวลาที่ดีต้องมีคุณสมบัติสอดคล้องกับธรรมชาติ และไม่เปลี่ยนแปลง กล่าวคือ ตรงกับธรรมชาติ ในที่นี้หมายถึง การใช้ธรรมชาติอะไรเป็นหลักที่ตรงกับความเป็นอยู่ และความต้องการของมนุษย์และสังคม เช่น กลางวันก็ต้องการแสงสว่างในการประกอบกิจกรรมต่างๆ กลางคืนก็ต้องเป็นเวลามีแสงสว่างน้อยที่สุดเพื่อการพักผ่อน เวลาที่เหมาะสมที่สุดในที่นี้ คือ เวลาของดวงอาทิตย์สมมุติ ซึ่งต่อไปจะถือเป็นเวลาตามธรรมชาติ ส่วนการไม่เปลี่ยนแปลง หมายถึง มีคาบเวลาคงที่ ในสมัยก่อนถือว่า เวลาดวงอาทิตย์สมมุติ เป็นเวลาคงที่ที่สุด แต่จากอุปกรณ์รักษาเวลามาตรฐานที่มีคาบเวลาที่มีความคงที่ที่สุด หรือนาฬิกาที่เที่ยงตรงในปัจจุบัน ทำให้มนุษย์สามารถตรวจพบการเปลี่ยนแปลงคาบเวลาของดวงอาทิตย์จริง จึงส่งผลให้เวลาดวงอาทิตย์สมมุติเปลี่ยนแปลงไปด้วย เพราะเราใช้ดวงอาทิตย์สมมุติเป็นหลัก

ดังนั้น เวลาที่ดีที่สุดจะต้องตรงกับธรรมชาติ และจากอุปกรณ์รักษาเวลาที่คงที่และเที่ยงตรง ในปัจจุบันจึงต้องมีการปรับแต่งเวลา ทั้งนี้เพราะธรรมชาตินั้นเคลื่อนไหว แต่มาตรวัดจากอุปกรณ์รักษาเวลาในปัจจุบันมีความละเอียดถูกต้องสูง นอกจากนี้เวลา เป็นหนึ่งในปริมาณมูลฐานที่เล็กที่สุด ปริมาณมูลฐานเหล่านี้ไม่สามารถถูกนิยามได้จากปริมาณอื่นๆ ได้เพราะความเป็นพื้นฐานที่เล็กที่สุดแล้ว เพราะฉะนั้น จึงต้องวัดปริมาณเหล่านี้แทนการนิยาม ในอดีตประมาณ ๒๐๐๐ ปี ก่อนคริสตกาล อารยธรรมสุเมเรียนได้ใช้ระบบเลขฐานหกสิบ (Sexagesimal) เป็นหลักในการวัดเวลาในบางปริมาณ เช่น ๖๐ วินาที เท่ากับ ๑ นาที และ ๖๐ นาที เท่ากับ ๑ ชั่วโมง บางปริมาณก็ยึดเลข 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

● ความสัมพันธ์ของเวลากับชีวิตประจำวัน

เซอร์ไอแซก นิวตัน เชื่อว่า เวลาและพื้นที่ (Space) เป็นมิติสำหรับเหตุการณ์ต่างๆ ดังที่เขากล่าวว่า “ความสมบูรณ์ ความจริง และเวลาทางคณิตศาสตร์ โดยตัวมันเองและธรรมชาติของตัวมันนั้น ถ้าไม่คิดสิ่งอื่นใดภายนอกเลย มันไหลอย่างสม่ำเสมอ และเรียกการไหลนั้นว่า ระยะเวลา ความสัมพันธ์ ความเป็นจริงที่เห็นได้ เป็นการมองที่ภายนอกเท่านั้น คือมองว่าระยะเวลาเคลื่อนที่ได้ เช่น ชั่วโมง วัน เดือน และปี สิ่งเหล่านี้มักใช้แทนเวลาอันแท้จริง”



ภาพที่ ๑-๓ อัลเบิร์ต ไอน์สไตน์

อัลเบิร์ต ไอน์สไตน์ (Albert Einstein) เชื่อว่า เวลามีความสัมพันธ์ ผกผันกับความเร็วแสง กล่าวคือ หากแสงเดินทางช้าลงก็จะไปดึงเวลาให้เดินเร็วขึ้น เพื่อชดเชยกับความเร็วแสงที่สูญเสียไป ทำให้แสงเดินทางด้วยความเร็วคงที่อยู่ตลอดเวลา โดยปัจจัยที่ทำให้แสงเดินทางช้าลง เช่น แรงโน้มถ่วง คือ ในที่ๆ ไม่มีแรงโน้มถ่วง เวลาจะเดินเร็วกว่าในที่ที่มีแรงโน้มถ่วง ซึ่งจากทฤษฎีของไอน์สไตน์ทำให้พบว่า การส่งดาวเทียมขึ้นไปนอกโลก เพื่อรายงานผลกลับมายังพื้นโลกนั้น ต้องหักค่าความต่างของเวลาออกไป เพื่อให้ข้อมูลที่ส่งมาเป็นข้อมูลที่เป็นจริง

ทว่า ก๊อตต์ฟรีด วิลเฮล์ม ไลบ์นิซ เชื่อว่า เวลากับพื้นที่เป็นเพียงสิ่งสมมุติเท่านั้น ซึ่งใช้อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างเหตุการณ์ต่างๆ รอบตัวเรา

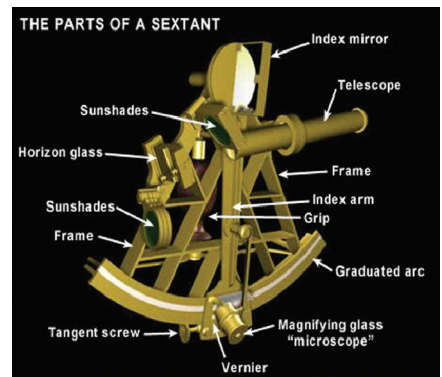
ในวิชาจิตวิทยา เชื่อว่า คนหลายๆ คน มีมุมมองต่อระยะเวลาที่แตกต่างกัน เช่น เวลาอันยาวนานอาจดูแสนสั้นเหลือเกินสำหรับบางคน แต่อาจยืดยาวเสียจนทนไม่ได้สำหรับคนบางคน เมื่อคนเราแก่ตัวมากขึ้น อาจมองว่าเวลาช่างผ่านไปเร็วเหลือเกิน แทนที่จะคิดว่าเวลาผ่านมานานแล้ว อัลเบิร์ต ไอน์สไตน์ เคยกล่าวว่า เมื่อเรานั่งใกล้

ผู้หญิงที่หน้าตาน่ารักสักชั่วโมง เราก็คิดว่านี่แค่นาทีเดียว ถ้าเราเอ็งมือใกล้เตาร้อนๆ สักนาที เราก็คิดว่านี่มันผ่านมา ๑ ชั่วโมงแล้ว



ภาพที่ ๑-๔ ฟุ้งค้างคาวออกหากินในตอนกลางคืน

เวลานั้นเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นตลอดพร้อมกับชีวิตประจำวัน ตั้งแต่การนอนต้องนอนเวลากลางคืน การตื่นต้องตื่นในตอนเช้า การรับประทานอาหารต้องเป็นมือๆตามเวลา การสั่งยาของหมอก็กำหนดเวลารับประทานให้คนไข้ ส่วนการดำรงชีวิตของสัตว์แต่ละชนิดแตกต่างกันไปตามเวลา บางชนิดออกหากินตอนกลางวัน บางชนิดออกหากินตอนกลางคืน บางชนิดต้องรอเวลาให้เหยื่อผ่านมาเพื่อจะจัดการ ชีวิตประจำวันจึงแยกไม่ออกจากเวลา เหมือนกับว่าเวลาได้ฝึกให้คนและสรรพสัตว์ มีตารางปฏิบัติให้สอดคล้องกับธรรมชาติ เวลาเป็นจุดเริ่มต้นของการกำหนดต่างๆ ในชีวิตประจำวันตั้งแต่กลางวัน กลางคืน ช้างขึ้น ช้างแรม วัน เดือน ปี ฤดูต่างๆ ซึ่งจะเป็นไปตามสภาพภูมิประเทศ ทรัพยากรธรรมชาติของบริเวณนั้น เช่น ในประเทศไทยที่มีภูมิประเทศเป็นที่ราบลุ่ม มีฝนและน้ำอุดมสมบูรณ์ มีฤดูกาล ๓ ฤดู มีอาชีพหลักคือเกษตรกรรม ดังนั้น เกษตรกรต้องเรียนรู้ว่า เวลาใดจะเริ่มปลูกพืชชนิดใด ผลผลิตจะเก็บเกี่ยวได้เมื่อไร ซึ่งแต่เดิมไม่มีปฏิทิน ไม่มีนาฬิกาที่ใช้ธรรมชาติช่วยในการกำหนดเวลา เป็นต้น ในปัจจุบันเวลาจึงเข้าไปเกี่ยวข้องกับทุกกิจกรรมของชีวิตประจำวันก็ว่าได้ ตั้งแต่ลืมตาจนกระทั่งหลับตา การกำหนดเวลา และการวัดเวลาจึงมีความจำเป็น จนทำให้นาฬิกาที่ใช้กันอยู่อย่างหลากหลายกลายเป็นแพ้นประกอบกับเครื่องแต่งกาย รวมทั้งกลายเป็นตัวบอกรสนิยมและฐานะของผู้ใช้นาฬิกามีตั้งแต่เที่ยงตรงที่สุด แพงที่สุด กลายเป็นสินค้าขายดี ขายได้ในทุกระดับ จนแทบจะเรียกได้ว่า คนเราเกิดมาพร้อมเวลาประจำตัวที่เรียกว่า **นาฬิกาชีวิต** ที่จะหยุด คือ ตายเท่านั้น



ภาพที่ ๑-๕ กล้องวัดดาว

• **ขณะเวลาและช่วงเวลา (Epoch and Interval)**

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

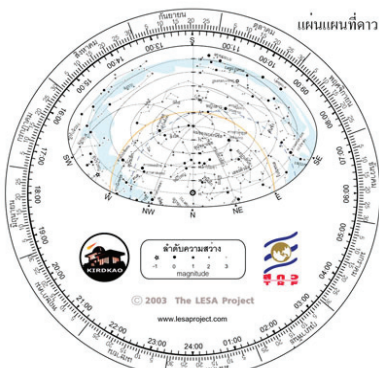
of, a distinctive historical period or era. On the geological time scale, a span of time smaller than a “period” and larger than an “age”. A phase in the development of the universe with distinctive properties during the Big Bang. Epoch (Astronomy) - a precise moment in time for which celestial coordinates 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 ความฉับพลันทันทีของเวลาที่ใกล้เคียงกับจุดกำเนิดของยุคที่จำเพาะเจาะจง ขณะเวลาจึงเป็นเหมือนจุดอ้างอิงของเวลาที่ถูกวัด หน่วยของการวัดเวลาจะวัดจากขณะเวลา ดังนั้นวันที่และเวลาของเหตุการณ์ต่างๆ สามารถถูกระบุเฉพาะเจาะจงได้

ส่วนช่วงเวลานั้นได้กล่าวไว้ให้มีความเทียบเคียงในทางสถิติที่เกี่ยวกับการวัดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ เปรียบได้กับ ความสำเร็จในการทำงานในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งที่ไม่เท่ากันหากมีตัวแปรภายนอกมาเข้าร่วมเช่น 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.”

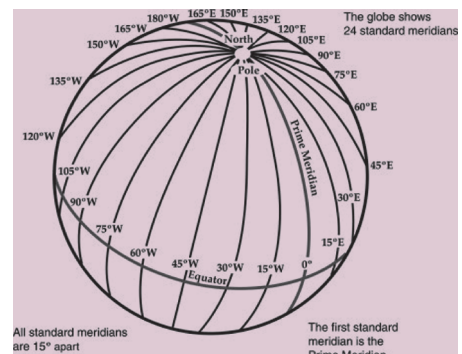
ความจำเป็นเบื้องต้นของระบบการวัดเวลาใดๆ คือ การตั้งความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยการวัดเวลาที่นำมาใช้ (ปี เดือน วัน ชั่วโมง นาที วินาที และเทคนิคของวินาที) และปรากฏการณ์ทางกายภาพที่รังวัดได้ซึ่งอาจเกิดซ้ำแล้วนับได้ หรือเกิดอย่างต่อเนื่องแล้ววัดได้ หรือทั้ง ๒ อย่าง ระบบเวลาใดซึ่งอ้างอิงกับปรากฏการณ์ทางดาราศาสตร์ที่รังวัดได้ เช่น การทรานสิท (Transit) ของดาว อุปราคา (Occultation) เป็นระบบเวลาดาราศาสตร์ ส่วนสำคัญที่สุดที่ต้องการในทางปฏิบัติสำหรับระบบเวลาทั้งหมด คือ ปรากฏการณ์ที่ใช้อ้างอิงของระบบเวลาควรเป็นอิสระ หรือสามารถทำให้เป็นอิสระจากคาบไม่ปกติสั้นๆ (Short Periodic Irregularities) เพื่อยินยอมให้มีการประมาณในช่วง (Interpolation) หรือการประมาณนอกช่วง (Extrapolation) โดยเครื่องมือรักษาเวลาที่มนุษย์สร้างขึ้นได้

สำหรับงานดาราศาสตร์ปฏิบัตินั้น มีการแบ่งระบบวัดเวลาออกเป็น ๓ ระบบ โดยแต่ละระบบต่างก็เกี่ยวข้องกับการปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่ทำการรังวัดได้ คือ

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



ภาพที่ ๑-๗ แผนที่ดาว



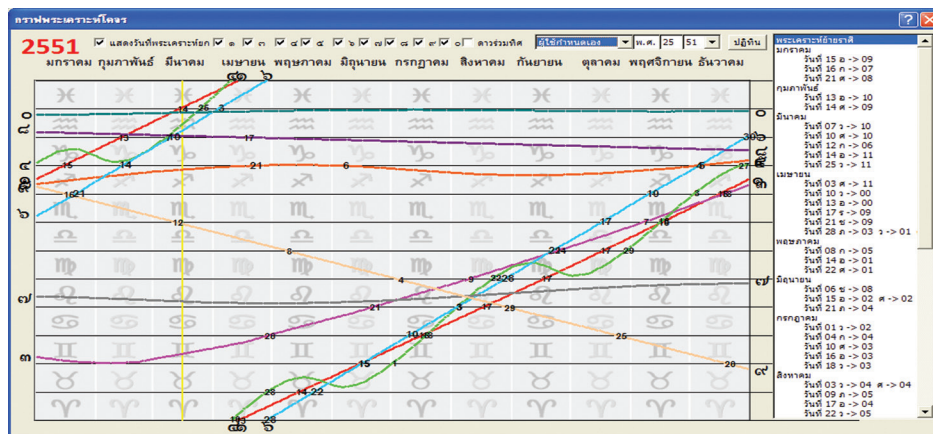
ภาพที่ ๑-๖ การแบ่งเส้นเมริเดียนออกเป็นเส้นละ ๑๕ องศา

- เวลาอีเฟเมอริส (Ephemeris) เป็นตัวแปรอิสระในสมการ การเคลื่อนที่ทางไดนามิกส์ (Motion of Dynamics) ของวงโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์
- เวลาอะตอม (Atomic) อาศัยพื้นฐานการแกว่งไกวของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดจาก การเปลี่ยนระดับควอนตัมของอะตอม

เวลาสากลและเวลาดาราคติมีรูปแบบที่เหมือนกันโดยสัมพันธ์ซึ่งกันและกันด้วยสูตรที่มั่นคง ดังนั้นเวลาอันหนึ่งบ่งบอกเวลาอีกอันหนึ่งด้วย การใช้เวลาอันหนึ่งแทนเวลาอีกอันหนึ่ง จึงเป็นเรื่องของความสะดวกเท่านั้น การค้นคว้าในหลายสาขาต่างก็ใช้ระบบเวลานี้ เช่น การหาตำแหน่งดาวเพื่อสร้างปฏิทินดาว

การหาตำแหน่งทางดาราศาสตร์ในงานจิวโอเดซี การสำรวจ และการเดินเรือ การหาการแปรเปลี่ยนในการหมุนรอบแกนของโลก ซึ่งรวมทั้งการแปรเปลี่ยนตำแหน่งของแกนหมุนและอัตราเร็วของการหมุน เวลาสากลหรือเวลาดาราคติหาได้จากการรังวัดดาว (โดยปกติตอนทราณลิต) และสามารถหย้อนกลับไปในอดีตได้ ตราบเท่าที่มีการรังวัดนั้นๆ เกิดขึ้น

เวลาอีเฟเมอร์ลิสและเวลาอะตอม เป็นระบบเวลาที่เป็นอิสระต่อกัน ส่วนมากใช้ในการรังวัด และการคำนวณ ซึ่งเกี่ยวข้องกับคาบเวลา หรือการเกิดซ้ำทางธรรมชาติ เมื่อความเที่ยงตรงของช่วงเวลามีบทบาทสำคัญ เช่น ใช้ร่วมกับ การรังวัดดาวเทียม กลศาสตร์วัตถุเทห์ฟ้า (Celestial Mechanics) และปฏิทินดาวพระเคราะห์ และดวงอาทิตย์ เวลาอีเฟเมอร์ลิสใช้เมื่อขณะเวลาและช่วงเวลาไม่ต้องการในขณะนั้น จะมีการนำสมการการเคลื่อนที่ของนิวตันเข้าสู่การพิจารณา เช่น กลศาสตร์เทห์ฟ้า เวลาอะตอมยังใช้ในกรณีอื่นอีก ส่วนมากใช้ในทางกายภาพประยุกต์ เมื่อต้องการเพิ่มความแม่นยำของการวัดช่วงเวลาลั้นๆ



ภาพที่ ๑-๘ กราฟการโคจรของดาวเคราะห์

สำหรับเวลาอีเฟเมอร์ลิสนั้น สามารถหาจากการรังวัดวัตถุท้องฟ้าในระบบสุริยจักรวาล (โดยปกติใช้ดวงจันทร์ สุริยุปราคาและอุปราคาในอดีต หรือ กล้องรังวัดดวงจันทร์ในปัจจุบัน) และสามารถหย้อนกลับไปในอดีตได้ตราบเท่าที่มีการรังวัดนั้นๆ (ศตวรรษที่ ๑๗) เฉพาะเวลาการหมุน (เวลาสากลและเวลาดาราคติ) และเวลาอีเฟเมอร์ลิสเท่านั้นที่เป็นระบบดาราศาสตร์

มาตรเวลาการหมุน (Rotational Time Scales) มีอัตราเปลี่ยนแปลง เมื่อเทียบกับเวลาอีเฟเมอร์ลิสและเวลาอะตอม เพราะการแปรเปลี่ยนในอัตราเร็วของการหมุนของโลกนั้น ไม่สามารถทำนายถึงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาสากลและเวลาอีเฟเมอร์ลิสหรือเวลาอะตอมได้ ดังนั้นจึงต้องหาความสัมพันธ์โดยการรังวัดในปัจจุบัน มาตรเวลาของเวลาอีเฟเมอร์ลิสและเวลาอะตอม อาจถือว่าเท่ากันในทางปฏิบัติ

ระบบเวลาบางชนิดที่จะอธิบายในหัวข้อแตกต่างในความหมายจากอดีต ข้อกำหนดบางอย่างในปัจจุบันนั้น ไม่เคยมีใช้ และบางอย่างไม่ปรากฏในการใช้ทั่วไปอีกเลย มีการเปลี่ยนแปลงครั้งสำคัญและเป็นที่ยอมรับของนานาชาติในปี ค.ศ.๑๙๒๕ และอีกครั้งหนึ่งในปี ค.ศ.๑๙๖๐ ดังนั้น ถ้ามีการอ้างอิงหรือ ทำงานที่เกี่ยวข้องกับส่วนที่มีก่อนเวลาข้างต้นแล้ว ควรใช้ความระมัดระวังเป็นพิเศษ และศึกษาหนังสืออ้างอิงที่ถูกต้อง เช่นหนังสือ Nautical Almanac Offices, ๑๙๖๑, หน้า ๘๘ – ๙๕



ภาพที่ ๑-๙ นาฬิกาแดด

• เวลาและนาฬิกา

ในอดีตมีการใช้นาฬิกาแดด ซึ่งประกอบด้วยแท่งวัตถุรูปสามเหลี่ยม (Gnomon) ซึ่งจะทำให้เกิดเงาบนขีดที่ขีดไว้บนแท่นของนาฬิกาแดด แต่นาฬิกาแดดต้องอาศัยการปรับเทียบกับละติจูด จึงจะสามารถบอกเวลาที่องถึ้นได้ถูก

ต้อง นักเขียนในอดีตนามว่า ไกลุส ไพลินุส เซกันดูล (Gaius Plinius Secundus) ชาวโรมัน บันทึกว่านาฬิกาแดดเรือนแรกในกรุงโรมถูกปล้นมาจากเมืองกาตาเนีย (Catania) ที่เกาะซิซิลี (Sicily) ทางตอนใต้ของอิตาลี เมื่อ ๒๖๔ ปีก่อนคริสตกาล แต่ให้เวลาไม่ถูกต้อง จนกระทั่งมีการปรับเทียบกับละติจูดของกรุงโรมเมื่อ ๑๖๔ ปี ก่อนคริสตกาล จากนั้น จึงมีการยึดเวลาเที่ยงตรง คือ เวลาที่เงาของนาฬิกาแดดสั้นที่สุดเป็นเวลาเปิดศาลสถิตยุติธรรมในกรุงโรม



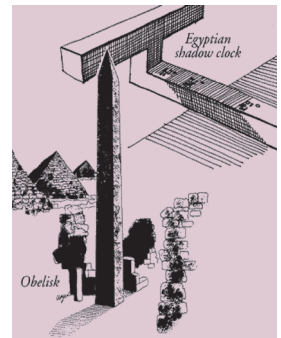
ภาพที่ ๑-๑๐ นาฬิกาน้ำ

เครื่องมือวัดเวลาอีกชนิดหนึ่งที่แม่นยำก็คือ นาฬิกาน้ำ ซึ่งคิดค้นครั้งแรกในอียิปต์ ต่อมาก็เป็นที่แพร่หลายเนื่องจากสามารถใช้วัดเวลาในตอนกลางคืนได้ ทว่าต้องมีการรักษาระดับน้ำในถังให้คงที่เสมอ กล่าวกันว่า เพลโต (Plato) ได้ประดิษฐ์นาฬิกาน้ำสำหรับปลูกนักเรียนของเขาให้ตื่นขึ้น โดยอาศัยหลักการเติมน้ำลงในภาชนะทรงกระบอก โดยในภาชนะนั้นจะมีภาชนะใส่ลูกตะกั่วหลายๆ ลูก ซึ่งถ้าน้ำมีมากจนล้น ลูกตะกั่วก็จะตกลงใส่ถาดทองแดง เกิดเสียงดังขึ้นเครื่องมือวัดเวลาอีกชนิดหนึ่งคือ นาฬิกาทราย นิยมใช้ในการสำรวจเป็นระยะทางไกลๆ เพราะพกพาง่าย ไม่คลาดเคลื่อน เฟอร์ดินานด์ มาเจลลัน (Ferdinand Magellan) นักสำรวจชาวโปรตุเกส ได้ใช้นาฬิกาชนิดนี้ในการสำรวจของเขา

มาแล้ว รูป หรือเขียน สามารถที่จะใช้เป็นนาฬิกาได้ โดยเฉพาะก่อนที่จะมีนาฬิกาที่มีกลไกที่ชัดเจนดังเช่นในปัจจุบัน ตามที่ได้กล่าวมาข้างต้นก็ไม่มีหลักฐานใดยืนยันว่าในสมัยโบราณใช้อะไรวัดเวลาเป็นสิ่งแรก หรือนาฬิกาเรือนแรกใช้วิธีการใด

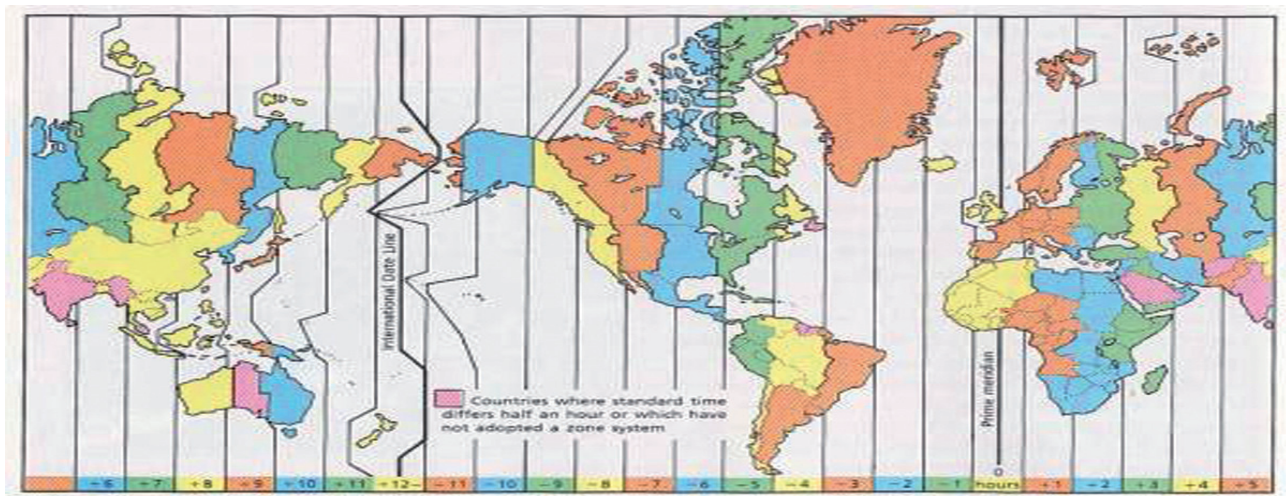
นาฬิกาแดด เป็นนาฬิกาที่ใช้บอกเวลารุ่นแรกสุด ชาวสุเมเรียนเป็นชนเผ่าหนึ่งที่ใช้นาฬิกาชนิดนี้ โดยจะแบ่งช่วงเวลากลางวันเป็น ๑๒ ช่วงในหนึ่งวัน ซึ่งแต่ละช่วงจะกินเวลาประมาณ ๒ ชั่วโมง โดยใช้วิธีวัดความยาวแสงเงาเป็นมาตรฐานในการวัดระยะเวลา

ด้านชาวอียิปต์ แบ่งเวลากลางวันเป็น ๑๒ ช่วงเช่นกัน โดยดูเวลาจากเสาหินแกรนิตที่เรียกว่า “Cleopatra Needles” การดูเวลาจะสังเกตจากความยาว และตำแหน่งเงาที่แสงอาทิตย์ตกกระทบบนพื้นที่กำกับขีดทั้ง ๑๒ ช่วงเวลาที่แบ่งไว้ เพื่อจะได้รู้ว่าช่วงกลางวันเหลือเวลาที่เท่าไร



ภาพที่ ๑-๑๑ นาฬิกาแดดของชาวอียิปต์

ส่วนชาวโรมัน แบ่งเวลากลางวันเป็นช่วงกลางวันและกลางคืน คอยมีเจ้าหน้าที่ประกาศเท่านั้น ขณะที่ชาวกรีก ประดิษฐ์นาฬิกาน้ำ โดยใช้ถ้วยเจาะรูจมลงในอ่าง เรียกว่า “Clepsydra” ดูการจมของถ้วยเทียบระยะเวลา ชาวกรีกใช้นาฬิกาชนิดนี้ในศาล ต่อมาในปี ๒๕๐ ก่อนคริสต์ศักราช นักปราชญ์อาร์คิมิดีส (Archimedes) พัฒนานาฬิกาน้ำชนิดเดียวกันนี้ขึ้น แต่ได้ทำการปรับปรุงโดยการเพิ่มตัวควบคุมความเร็วเข้าไปด้วย เขาปรับปรุงนาฬิกาชนิดนี้เพื่อใช้งานทางดาราศาสตร์



ภาพที่ ๑-๑๒ แผนที่ Zone Time

โลกถูกแบ่งออกเป็นเขตเวลาต่างๆ โดยกำหนดให้โดยเฉลี่ย ๑ เขต กินเนื้อที่ ๑๕ องศาลองจิจูด (แต่อาจจะปรับได้ตามเขตแดนของแต่ละรัฐ หรือประเทศ เช่น ประเทศสหรัฐอเมริกามีการแบ่งเขตเวลาออกเป็น ๔ เขตเวลา ในขณะที่ประเทศจีนซึ่งมีขนาดใกล้เคียงกันมีเพียง ๑ เขตเวลาเท่านั้น) แต่ละเขตเวลามีเวลามาตรฐานจากการบวกหรือลบชั่วโมง ตามลองจิจูดที่อยู่ออกจากเวลามาตรฐานกรีนิช บางทีอาจจะบวกเวลาออมแสง (Daylight Saving Time) ได้ตามความเหมาะสม สำหรับประเทศที่อยู่ในละติจูดสูงๆ เนื่องจากในฤดูร้อนพระอาทิตย์จะขึ้นเร็วแต่ตกช้า ในขณะที่ฤดูหนาวพระอาทิตย์ขึ้นช้าแต่ตกเร็ว ในบางกรณีที่ต้องการปรับแก้เวลาให้ตรงกับเวลาสุริยคติเฉลี่ยก็สามารถบวกอธิกวินาที (Leap Second) ได้ กล่าวได้ว่า เวลาก็คือธรรมชาติที่คงที่ในตัวของมันเอง เช่น เวลาในฤดูต่างๆ ที่แตกต่างกันในความรู้สึกของมนุษย์ว่ากลางวันสั้นบ้าง ยาวบ้าง บางประเทศมีอาทิตย์เที่ยงคืน แต่แท้จริงแล้ว เวลาเดินตามปกติอยู่ตลอดเวลาควบคู่ไปกับธรรมชาติในช่วงขณะหนึ่ง เสมือนหนึ่งว่าธรรมชาติเปลี่ยนเวลาในขณะที่เดียวกันเวลาก็เปลี่ยนธรรมชาติ ซึ่งสิ่งนี้ ณ ปัจจุบันอยู่นอกเหนือการบังคับของมนุษย์ มนุษย์จึงพยายามที่จะกำหนดเวลาให้สามารถวัดได้

ในสมัยโบราณมนุษย์ยังไม่มีนาฬิกาใช้ การดำเนินชีวิตขึ้นอยู่กับธรรมชาติ ดวงอาทิตย์จึงเป็นนาฬิกาเรือนแรกที่มีมนุษย์รู้จัก นักประวัติศาสตร์ชื่อ ฮีโรโดตัส (Herodotus) ได้บันทึกไว้ว่า ประมาณ ๓,๕๐๐ ปีก่อน มนุษย์รู้จักใช้ นาฬิกาแดด (Sundial) ซึ่งนับว่าเป็นนาฬิกาเรือนแรกของโลก โดยสามารถอ่านเวลาได้จากเงาที่ตกทอดลงบนขีดเครื่องหมาย นาฬิกาแดดเป็นเครื่องบอกเวลาและเครื่องมือวัดเวลาวิธีธรรมชาติแบบหนึ่ง ที่มีใช้มาตั้งแต่สมัยโบราณจนถึงปัจจุบันโดยอาศัยการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ที่ปรากฏในแต่ละวันเป็นหลัก สมัยโบราณก่อนที่จะเริ่มมีนาฬิกาจักรกล หรือนาฬิกาอิเล็กทรอนิกส์ไว้ใช้บอกเวลาเช่น ในปัจจุบันมนุษย์ใช้ประโยชน์จากปรากฏการณ์ธรรมชาติ การสังเกตการเปลี่ยนแปลงต่างๆ จากธรรมชาติ เพื่อกำหนดเวลาโดยเฉพาะใช้ดวงอาทิตย์เป็นเครื่องชี้บอกเวลาธรรมชาติที่สำคัญที่สุด เช่น เวลาเข้าดวงอาทิตย์ขึ้น เวลาเที่ยงดวงอาทิตย์อยู่ตรงศีรษะ เวลาเย็นจนถึงค่ำดวงอาทิตย์ตกกลับจากขอบฟ้า ส่วนเวลากลางวันในช่วง



ภาพที่ ๑-๑๓ ฮีโรโดตัส



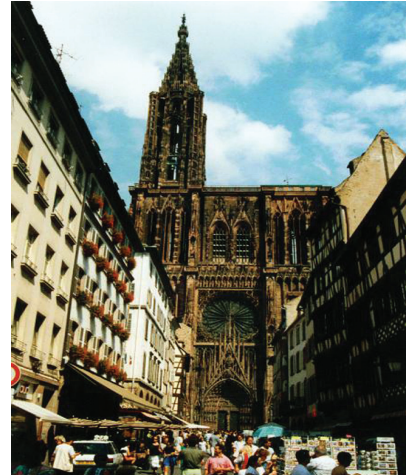
ภาพที่ ๑-๑๔ อาคารที่ทำการของ Royal Observatory

เวลาอื่น ก็อาศัยสังเกตดูจากการทอดเงาของวัตถุใดวัตถุหนึ่งที่กำหนดให้เป็นเครื่องบอกเวลาของคนในท้องถิ่นนั้น ซึ่งอาจไม่มีความเที่ยงตรง แต่ก็ยอมรับได้มาใช้กำหนดเวลาด้วยหลักการตามที่กล่าวมา

มนุษย์ในระยะแรกจึงได้ประดิษฐ์คิดค้นนาฬิกาแดดให้มีรูปทรงที่เหมาะสมขึ้นมา ใช้งานเป็นเครื่องบอกเวลาอย่างง่าย นาฬิกาแดดคิดค้นขึ้นครั้งแรกเมื่อใดไม่ปรากฏ แต่ถ้าเข้าใจหลักการของนาฬิกาแดดแล้วนำค่าเวลามาแก้ไข เวลาที่ได้จะมีความถูกต้องพอสมควรที่เป็นเช่นนี้เพราะนาฬิกาแดดนั้น แสดงเวลาธรรมชาติที่ควรจะเป็น ซึ่งต่างจากเวลาของนาฬิกาข้อมือหรือนาฬิกาทั่วไปที่ใช้อยู่ปัจจุบัน ซึ่งทำหน้าที่ในการวัดและแสดงเวลาที่ต้องการให้เป็น หมายความว่า เวลาที่แสดงจากนาฬิกาแดดนั้นเป็นเวลาที่เราเรียกว่า เวลาดวงอาทิตย์ ณ ตำบลที่นั้นอยู่เป็นประจำ ไม่ใช่เวลาท้องถิ่นสมมุติ

หรือ เวลาที่ต้องการให้เป็น ต่อมาชาวกรีกโบราณรู้จักพัฒนานาฬิกาน้ำ ที่สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพยิ่งกว่านาฬิกาแดด เรียกว่า “Clepsydra” (คำนี้เป็นคำสนธิที่มีรากศัพท์มาจากคำว่า Clep ซึ่งแปลว่า ชโมย และคำ Sydra ที่แปลว่า น้ำ) เพราะนาฬิกานี้ทำงานโดยอาศัยหลักที่ว่า “ภาชนะดินเผาที่มีน้ำบรรจุเต็ม เมื่อถูกเจาะที่ก้น น้ำจะไหลออกจากภาชนะทีละน้อยๆ เหมือนการชโมยน้ำ” ดังนั้นชาวกรีกโบราณจึงได้กำหนดระยะเวลาที่น้ำไหลออกจนหมดภาชนะว่า 1 Clepsydra แต่นาฬิกานี้จำเป็นต้องมีการเติมน้ำใหม่ทุกครั้งที่หมดเวลา 1 Clepsydra และในฤดูหนาวน้ำจะแข็งตัวทำให้ไม่สามารถใช้นาฬิกาได้

สำหรับนาฬิกายุคใหม่พัฒนาขึ้นช่วง ค.ศ.๑๐๐ - ๑๓๐๐ ในยุโรปและในจีน คำว่า “Clock” ในภาษาฝรั่งเศสแปลว่า ระฆัง อาศัยหลักการดึงตุ้มนกไก้ให้เกิดน้ำหนักที่จะเคลื่อนคันบังคับ ซึ่งจะทำให้เข็มนาฬิกาเคลื่อนที่ หอนาฬิกาแห่งแรกในโลกติดตั้งที่มหาวิหารสตรัสบวร์ก ในเยอรมัน ในปี ค.ศ.๑๓๕๒ - ๑๓๕๔ และปัจจุบันยังใช้งานได้อยู่ ข้อมูลบางแหล่งกล่าวว่า นาฬิกาที่เก่าที่สุด และยังคงสภาพอยู่ที่ประเทศอังกฤษ เป็นนาฬิกาขนาดใหญ่ของโบสถ์ Salisbury (ค.ศ.๑๓๘๖) วิธีการทำงานของนาฬิกาตามหอนาฬิกาในยุคแรกใช้มือหมุนลานที่เชื่อมกับลวดสลิงผ่านฟันเฟืองจักร ซึ่งอยู่ที่ปลายของลวดถ่วง ด้วยตุ้มน้ำหนัก การไขลาน จะทำให้ตุ้มน้ำหนักถูกดึงขึ้นไปอยู่บริเวณสูงสุดของหอคอย แล้วกลไกจะค่อยๆ ปล่อยตุ้มน้ำหนักลงมาเรื่อยๆ จนสุด นาฬิกาจึงหยุดเดิน



ภาพที่ ๑-๑๕ Cathedral of Strassburg

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

ในราวคริสต์ศตวรรษที่ ๑๖ เมืองผลิตนาฬิกาที่สำคัญ คือ เจนีวา โลหะเป็นวัสดุหลักที่ใช้ในการผลิตนาฬิกายุคนี้ ทั้งชิ้นส่วนในเครื่องและตัวเรือน ส่วนใหญ่ใช้ทองเหลืองและเหล็ก ในยุคนี้นาลูกตุ้มมาใช้ในฮอลแลนด์ จึงมีการทำตัวเรือนด้วยไม้ โดยเริ่มจากกล่องไม้ธรรมดา ช่างนาฬิกาชาวอังกฤษมีส่วนอย่างมากในการปรับปรุงรูปโฉมให้สวยงาม โดยนำรูปแบบการตกแต่งสถาปัตยกรรมมาใช้ ไม้ที่นิยมใช้ เช่น ไม้โอ๊ค วอลนัท และมะฮอกกานี บางเรือนมีการประดับประดาด้วยการฝังโลหะเป็นลวดลาย การขลิบทอง การลงยา และนำวัสดุอื่นมาใช้ เช่น หินอ่อนที่มีลวดลายสวยงาม ทำให้นาฬิกาในยุคนี้จำนวนไม่น้อยเป็นงานฝีมือที่เปี่ยมด้วยคุณค่าทางศิลปะ จนเป็นหนึ่งในของสะสมของพิพิธภัณฑ์ทั่วโลก



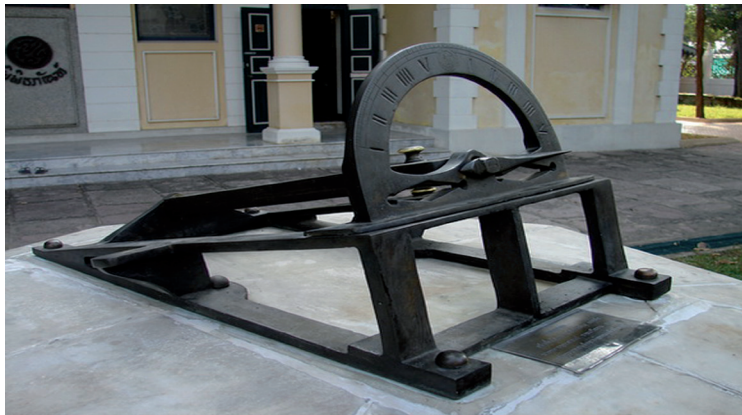
ภาพที่ ๑-๑๖ นาฬิกาจากประเทศสวิตเซอร์แลนด์

ต่อเนืองมาในคริสต์ศตวรรษที่ ๑๗ ได้มีการนำมอเตอร์ไฟฟ้ามาใช้ในการไขลานแทนแรงงานคน ความคิดที่นำพลังงานจากการแกว่งกลับไปกลับมาของลูกตุ้ม (Pendulum) มาใช้กับนาฬิกา ซึ่งเป็นแนวความคิดของกาลิเลโอ (Galileo) แต่ผู้ที่นำพลังงานดังกล่าวมาใช้ควบคุมการทำงานของนาฬิกาอย่างเป็นผลสำเร็จเป็นชาวฮอลันดา คริสเตียน ฮอยเก้น (Christian Huygens) วิธีนี้ควรใช้กับนาฬิกาที่อยู่ติดที่ เช่น นาฬิกาตั้งพื้นและนาฬิกาติดผนัง เพราะความสม่ำเสมอในการแกว่งของลูกตุ้มมีผลต่อความเที่ยงตรงของนาฬิกา ซึ่งวิธีการดังกล่าวส่วนใหญ่มักจะแกว่ง ๑ ครั้งต่อ ๑ วินาที และมีการติบอกเวลาแต่ละชั่วโมง บางเรือนติบอกทุก ๑๕ นาทีด้วย ในยุคนีการผลิตนาฬิกาไม่ว่าจะเป็นชิ้นส่วนและการประกอบจะทำด้วยมือ

คริสต์ศตวรรษที่ ๑๘ เป็นยุครุ่งเรืองของอุตสาหกรรมการผลิตนาฬิกาในประเทศอังกฤษ สำหรับประเทศสวิตเซอร์แลนด์มีชื่อเสียงด้านการผลิตนาฬิกาขนาดเล็ก (Watch)

ในราวคริสต์ศตวรรษที่ ๒๐ มีการผลิตชิ้นส่วนในโรงงาน ประเทศที่มีการผลิตนาฬิกาได้แก่ อังกฤษ ฝรั่งเศส เยอรมัน และ ฮอลแลนด์ นาฬิกาที่ได้รับความนิยมแพร่หลาย คือ นาฬิกาตั้งพื้น (Grandfather Clock) ลักษณะเป็นตู้ไม้ทรงสูง มีหน้าปัดด้านบน ส่วนล่างเป็นพื้นที่สำหรับลูกตุ้ม ส่วนนาฬิกาพก ประดิษฐ์ขึ้นโดย นาย ปีเตอร์ เฮนเลียน (Peter Henlien) ชาวเมืองนูเรมเบิร์ก ในปี ค.ศ.๑๙๒๙ วอร์เรน มอริสัน (Warren Morrison) ได้ประดิษฐ์นาฬิกาควอตซ์ขึ้นเฉพาะที่เป็นนาฬิกาข้อมือ นาฬิกาประเภทนี้เที่ยงตรงมาก จากนั้นในปี ค.ศ.๑๙๖๒ มีการประดิษฐ์นาฬิกาเชิงอะตอมซีเซียม ใช้ในหอดูดาวกรีนวิช ประเทศอังกฤษ ซึ่งถือว่าเป็นนาฬิกาจับเวลาที่มีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด และในปี ค.ศ.๑๙๘๐ เป็นช่วงเวลาที่เริ่มนำเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์เข้ามาใช้ มีการประดิษฐ์นาฬิกาโดยใช้ชิป (Chip) เป็นส่วนประกอบเพิ่มเติมในกลไกของนาฬิกา ซึ่งนอกจากจะบอกเวลาแล้วยังสามารถเก็บข้อมูลที่จำเป็น และสามารถใช้เป็นเครื่องคำนวณอิเล็กทรอนิกส์ได้ด้วย

หลังจากนั้นเทคโนโลยีในด้านการประดิษฐ์นาฬิกาได้ก้าวหน้าเรื่อยมา จนกระทั่งทุกวันนี้มีการนำนาฬิกาคอมพิวเตอร์มาใช้ในการบอกเวลา สำหรับประเทศไทย คนไทยประดิษฐ์เครื่องบอกเวลาใช้เองเมื่อร้อยปีมาแล้ว คือ ในรัชสมัยพระบาทสมเด็จพระจุลจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว โดยทรงมีวลีที่กำชับกับข้าราชการผู้ใกล้ชิด มีความว่า “สยามจะอยู่รอด รักษาความเป็นไทยไม่เป็นข้าฝรั่ง จะต้องทำให้คนไทยเชื่อมั่น และต่างชาติเชื่อว่าคนไทยนี้เก่ง” จึงทรงพระกรุณาโปรดเกล้าฯ ให้จัดทำ นาฬิกาแดด ไว้เป็นเครื่องกำหนดหมายบอกเวลา แล้วทรงพระกรุณาโปรดเกล้าฯ ให้ประดิษฐ์นาฬิกาไว้ที่ลานหน้าพระอุโบสถวัดนิเวศธรรมประวัติราชวรวิหาร อำเภอบางปะอิน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา จนถึงทุกวันนี้



ภาพที่ ๑-๑๗ นาฬิกาแดด หน้าวัดนิเวศธรรมประวัติราชวรวิหาร



ภาพที่ ๑-๑๘ พิพิธภัณฑ์นาฬิกาโบราณ

ตัวอย่างของนาฬิกาแบบโบราณสไตล์ยุโรปในยุคที่กล่าวข้างต้น สามารถชมได้ที่พิพิธภัณฑ์นาฬิกาโบราณ อยู่บนชั้น ๓ อาคารเลอคองคอร์ด พลาซ่า นาฬิกาที่จัดแสดงในพิพิธภัณฑ์แห่งนี้เป็นของที่ได้สะสมไว้ของ คุณดิลก มหาดำรงกุล ประธานกลุ่มบริษัทศรีทองพาณิชย์ ซึ่งสมัยยังหนุ่มมีอาชีพเป็นช่างซ่อมนาฬิกา จำนวนนาฬิกาที่สะสมไว้มีมากกว่า ๘๐๐ เรือน แต่เนื่องจากเนื้อที่จำกัดจึงจัดแสดงประมาณ ๓๐๐ - ๔๐๐ เรือน โดยมีการหมุนเวียนปีละ ๑ - ๒ ครั้ง เรือนที่เก่าที่สุดอายุราว ๒๐๐ กว่าปี นาฬิกาส่วนใหญ่ไม่มีข้อมูลว่าผลิตขึ้นเมื่อใดและมาจากไหน การออกแบบจัดวางวัตถุจึงดูจากความสวยงามเหมาะสม และมีป้ายอธิบายอยู่ตามข้อมูลเท่าที่จะหาได้

คนไทยมักตั้งชื่อสำหรับใช้เรียกนาฬิกาในแต่ละรูปแบบเอง บางชื่อมาจากแหล่งที่มา บางชื่อมาจากลักษณะเด่น เช่น เรียกนาฬิกาตั้งพื้น ตัวเรือนทำ



ภาพที่ ๑-๑๙ นาฬิกาปารีส

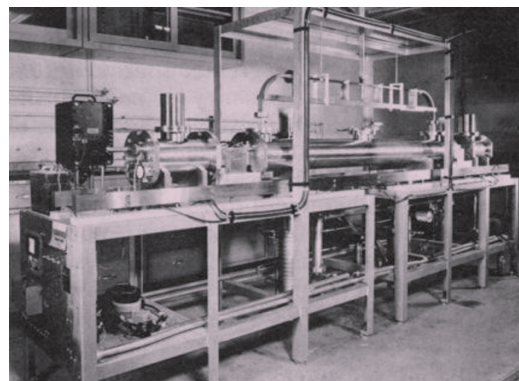
ด้วยไม้ที่ฝรั่งเรียกว่านาฬิกาคุณปู่ (Grandfather Clock) ว่า “นาฬิกาปารีส” ส่วนนาฬิกาขนาดย่อมลงมาที่ใช้แขวนติดผนังตัวเรือนทำจากไม้ และมีการทำงานคล้ายกัน คนไทยเรียกว่า “นาฬิกาลอนดอน” แม้ว่าความจริงจะมีการผลิตในประเทศอื่นๆ ในยุโรปด้วยก็ตาม นาฬิกาแบบหลัง บางครั้งจะมีรูปสัตว์ประดับด้านบน ถ้าเป็นม้าแสดงว่าเป็นของอังกฤษ ถ้าเป็นนกอินทรีแสดงว่ามาจากเยอรมัน ต่อมาภายหลังมีการทำเลียนแบบจากจีนหรือญี่ปุ่น ทำให้ระบุได้ยาก มีนาฬิกาอีกแบบหนึ่งที่หน้าตาคล้าย “นาฬิกาลอนดอน” แต่ราคาแพงกว่ามาก คนไทยเรียกว่า “นาฬิกาไหมซอ” เพราะสายถ่วงใช้วัสดุชนิดเดียวกับสายซอ นาฬิกาชนิดนี้โซลานหนึ่งครั้งสามารถทำงานได้ ๗ วัน การนำเข้าบางครั้งต้องสั่งตัวเรือนนาฬิกาจากต่างประเทศ แต่ตัวเรือนไม้ทำขึ้นในไทยหรือประเทศอื่นที่เป็นผู้นำเข้า เช่น จีนหรือพม่า นาฬิกาส่วนใหญ่อาจมีการนำเข้ามาในราชสมัยรัชกาลที่ ๕ และเป็นนาฬิกาเรือนไม้ โดยเฉพาะนาฬิกาตั้งพื้น และนาฬิกาแขวนผนัง นาฬิกาที่ทำจากวัสดุอื่น เช่น โลหะ และหินก็มีบ้าง แต่มักเป็นนาฬิกาตั้งโต๊ะที่มีการสลักและประดับประดาอย่างสวยงามราวกับเป็นงานศิลปะ บางเรือนฝังลวดลายเป็นเส้นโลหะลงในหิน บางเรือนใช้เทคนิคการลงยาทำให้มีสีสันสดใส บ้างก็มีรูปผู้หญิงสาวและสัตว์ต่างๆ ประดับ นาฬิกาบางเรือนชื้อออกจะน่ากลัวแต่แฝงด้วยอารมณ์ขันแบบไทยๆ เช่น “นาฬิกากระสือ” คือ นาฬิกาติดผนังแบบนาฬิกาลอนดอน แต่ส่วนล่างที่ตุ้มห้อยลงจะไม่มีการปิด เข้าใจว่าส่วนบนเปรียบเป็นหัว ส่วนตุ้มที่ห้อยลงมาเป็นไส้ที่แกว่งไปมา อีกแบบหนึ่งคือ “นาฬิกาตาเหลือก” ซึ่งเป็นแบบนาฬิกาแขวนผนัง แตกต่างตรงที่ส่วนตุ้มเป็นรูปพระอาทิตย์มีตาที่เหลือกขึ้นลงได้ตามการแกว่งของตุ้ม นาฬิกาติดผนังของจีนเรือนหนึ่งทำด้วยโลหะ มีภาพตัวละครในเรื่องไซอิ๋วขยับไปมาได้อยู่ส่วนบน นาฬิกาแปลกๆ หรือที่มีคุณสมบัติพิเศษอยู่หลายเรือน เช่น



ภาพที่ ๑-๒๐ นาฬิกาลอนดอน นาฬิกากระสือ

“นาฬิกาตาเหลือก” ตั้งพื้นเรือนใหญ่เรือนหนึ่งมาจากฝรั่งเศส (ค.ศ.๑๙๒๔) สามารถช่วยบอกเวลาคนตาบอดได้จากการตี คือตีทุก ๑๕ นาทีแล้วต่อด้วยการตีบอกชั่วโมง สังเกตได้จากมีลูกตุ้มถ่วงอยู่ ๓ ลูก นาฬิกาบางเรือนโซลานครั้งเดียวอยู่ได้ถึง ๔๐๐ วัน นาฬิกาที่ออกแบบให้ตุ้มอยู่ด้านบนแทนที่จะอยู่

ด้านล่างก็มี นอกจากนั้นก็มีนาฬิกาที่มีตราแผ่นดิน นาฬิกาที่มีหน้าปัดเป็นเลขไทย แสดงว่ามีการสั่งทำ นาฬิกาบางเรือนมีหน้าปัดเป็นสีฟ้าแทนที่จะเป็นสีขาว ส่วนนาฬิกาขนาดเล็กก็มีนาฬิกาพกอยู่หลายเรือน บางเรือนตัวเรือนเป็นทอง 18 K หน้าปัดเป็นกระเบื้อง เรือนหนึ่งมีพระบรมฉายาลักษณ์ด้านข้างของรัชกาลที่ ๗ และสมเด็จพระนางเจ้ารำไพพรรณี ในสมัยนั้นนาฬิกาพก คงเป็นของฝากอย่างหนึ่งที่พระราชทานแก่บรรดาเหล่าข้าราชการ



ภาพที่ ๑-๒๑ การทำงานของอะตอมซีเซียม

นาฬิกาที่เที่ยงตรงที่สุดในโลก

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

นาฬิกาอะตอมชนิดใหม่นี้ ทำงานด้วยหลักการพื้นฐานเดียวกับนาฬิกาอะตอมซีเซียมที่มีขึ้น ตั้งแต่ทศวรรษ ๑๙๕๐ แต่มีความเที่ยงตรงมากกว่า ๑๐๐ - ๑,๐๐๐ เท่า การพัฒนานาฬิกาให้มีความแม่นยำมากขึ้นนี้ส่งผลต่ออย่างมหาศาลต่อเทคโนโลยีหลายรูปแบบ นับจากนาฬิกาแดด และนาฬิกาน้ำ นาฬิกาถูกพัฒนาเรื่อยมาจนถึงนาฬิกาอะตอมที่มาจากควอตซ์โดยละเอียดของ การแผ่ไมโครเวฟของอะตอมซีเซียม เทคโนโลยีของนาฬิกาอะตอม ทำให้นักวิทยาศาสตร์สามารถกำหนดได้ว่า ๑ วินาที เท่ากับการแผ่รังสี ๙,๑๙๒,๖๓๑,๗๗๐ รอบ ที่มาจากการเปลี่ยนระดับพลังงานกลับไปมาที่สถานะพื้นของอะตอมซีเซียม-๑๓๓

นาฬิกาอะตอมแบบใหม่นี้ มาจากความรู้ของไอออนเดี่ยวของปรอทที่ถูกทำให้เย็นลงเชื่อมกับเลเซอร์ที่แกว่งแบบเพนดูลัม เพื่อทำให้เกิดสัญญาณนาฬิกา พัฒนาการของนาฬิกาที่เกิดขึ้นนี้มีประโยชน์ในชีวิตประจำวัน เช่น การส่งผ่านข้อมูลความเร็วสูง การคำนวณการเงินของธนาคาร และการส่งจดหมายอิเล็กทรอนิกส์ นอกจากนี้ยังส่งผลดีต่อเทคโนโลยีด้านอวกาศ เช่น วงโคจรของดาวเทียมที่มีความแม่นยำขึ้น การนำร่องในห้วงอวกาศ และการส่งสัญญาณติดต่อดูระหว่างยาน

เวลาแต่ละวินาทีที่ผ่านไป ล้วนมีเรื่องราวที่น่าสนใจอยู่ในตัวเอง และสิ่งหนึ่งที่จะช่วยบอกคุณค่า ของเวลาที่ผ่านไปได้ดีก็คือ นาฬิกา นาฬิกาที่ปรากฏอยู่บนข้อมือ นาฬิกาตั้งโต๊ะ หรือนาฬิกาแขวนผนัง ย่อมมีหน้าที่โดยตรงในการบอกเวลาที่ถูกต้องแม่นยำ นาฬิกาเป็นสมบัติที่จะเพิ่มมูลค่าได้ก็ต่อเมื่อมีคุณสมบัติที่น่าสนใจ ไม่ว่าจะเป็นเรื่องความสวยงามหรือกลไก เพราะเสน่ห์ที่แตกต่างเมื่อวันเวลาผ่านไป จึงเกิดกลุ่มผู้สนใจและสะสมนาฬิกาเป็นจำนวนมาก ในทางการค้าและการสะสมนาฬิกาได้พัฒนารูปแบบไปมากมายหลายอย่างทั้งในทางแฟชั่นที่ล้ำสมัย ความสวยงามที่น่าสะสม เครื่องมือที่ใช้บอกเวลาจึงกลายเป็นวัตถุมีค่าขึ้นมาตามวัสดุที่ใช้หรือความโดดเด่นในการออกแบบ รวมทั้งความเป็นเอกลักษณ์ในตัวเองอีกด้วย

การแบ่งประเภทนาฬิกาตามกลไก โดยทั่วไปแบ่งออกเป็น ๒ ประเภท คือ

๑. นาฬิกากลไกจักรกล (Mechanical Watch) ที่อาศัยการเคลื่อนไหวของฟันเฟืองต่างๆ ภายในชุดกลไกที่ได้รับแรงขับเคลื่อนจากลานสปริงมาทำให้นาฬิกาเดินได้ นาฬิกาจักรกลได้รับการคิดค้นมานานหลายร้อยปี ซึ่งประมาณกันว่า มีการคิดประดิษฐ์ขึ้นราวศตวรรษที่ ๑๖ ปัจจุบันแบ่งออกเป็น ๒ กลุ่ม คือ

- นาฬิกาไขลานหรือไขลานด้วยมือ Manual Winding Watch ซึ่งเป็นนาฬิกาที่มีใช้กันมาแต่ดั้งเดิม โดยอาศัยการไขลานเพื่อดึงให้สปริงขึ้น และเมื่อสปริงลานตัวนี้คลายตัว ก็เสมือนการถ่ายโอนพลังงานที่ใช้ในการขับเคลื่อนฟันเฟืองต่างๆ ของกลไกและทำให้นาฬิกาทำงาน



ภาพที่ ๑-๒๒ นาฬิกาไขลาน



ภาพที่ ๑-๒๓ นาฬิกาอัตโนมัติ

- นาฬิกาอัตโนมัติ หรือ นาฬิกาไขลานอัตโนมัติ (Automatic Winding Watch) หรือ (Self-winding Watch) หรือเรียกง่ายๆ ว่า ไขลานและทำงานได้ด้วยตัวเอง นาฬิกาในกลุ่มนี้จะมีตัวโรเตอร์ (Rotor) คอยเหวี่ยงขึ้นลานให้ ขณะที่เราสวมใส่นาฬิกาไว้บนข้อมือตลอด หรือ อยู่ในเครื่องหมุนหรือตู้ไขลานนาฬิกา (Watch Winder) ซึ่งแรงเหวี่ยงจากข้อมือ และตู้ไขลานจะช่วยให้โรเตอร์ทำงานตลอด ส่งผลให้เกิดมีการขึ้นลานตลอดเวลา จึงทำให้นาฬิกาสามารถเดินได้ตลอดเวลา และจุดสังเกตของนาฬิกาในกลุ่มนี้อีกอย่างก็คือ เมื่อลั่นตัวเรือนเบาๆ ก็จะมีเสียงคลิกของนาฬิกา

ได้ยินเสียงโรเตอร์ลั่นและหมุนดังเป็นเสียงกึกเบาๆ

๒. นาฬิกาควอตซ์ (Quartz Watch) ที่เรียกกันว่า นาฬิกาอิเล็กทรอนิกส์ คือ นาฬิกาที่ต้องใช้แบตเตอรี่ หรือถ่านช่วยในการทำงานนั่นเอง นาฬิกาในกลุ่มนี้ใช้พลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่เป็นตัวหมุนเข็มนาฬิกาให้เดินบอกเวลาหรือแสดงเวลาผ่านระบบตัวเลขดิจิตอลบนหน้าปัดแบบ LCD หรือ LED ซึ่งจะใช้พลังงานไฟฟ้าบางส่วนส่งผ่านผลึกควอตซ์ แล้วรับสัญญาณความถี่ออกมา ให้ไมโครโปรเซสเซอร์ทำการประเมินผลออกมาเป็นเวลา และควบคุมการเดินของเข็มอีกทอดหนึ่ง นาฬิกาควอตซ์นั้นมีความเที่ยงตรงสูงและราคาไม่แพง สะดวกต่อการใช้งาน แต่ว่าไม่นิยมในหมู่นักเล่นนาฬิกาเท่าไร



ภาพที่ ๑-๒๔ นาฬิกาดิจิตอล



ภาพที่ ๑-๒๕ นาฬิกาควอตซ์



ภาพที่ ๑-๒๖

นาฬิกา OMEGA รุ่น Speedmaster

นาฬิกายังได้แบ่งออกตามลักษณะการใช้งานอีกด้วย เช่นประเภท Diver ทำขึ้นสำหรับนักดำน้ำ ตัวเรือนสามารถกันน้ำได้ลึกในระดับ ๑๐๐ เมตร หน้าปัดสามารถมองเห็นได้อย่างชัดเจน และอาจมีเครื่องวัดความดัน หรือระบบจับเวลาในการดำน้ำได้ ประเภท Tachymeter นิยมใช้กับนักขับรถแข่งที่มีความสามารถในการจับความเร็วในการขับขี่ได้ ถ้าเป็นชนิดที่ตีมากก็จะมีระบบที่เรียกว่า Chronograph ด้วย ประเภท Day-date สามารถบอกวันและวันที่ได้ บ้างก็บอกเวลาทางจันทรคติโดยแสดงเป็นส่วนของดวงจันทร์บนหน้าปัด ประเภท World Time นักเดินทางท่องเที่ยวจะนิยมใช้ เพราะสามารถบอกเวลาประเทศต่างๆ ตามโซนได้ ส่วนรุ่นที่สร้างชื่อเสียงให้กับ Omega ก็คือ Omega Speedmaster ในเวลานั้น NASA กำลังดำเนินโครงการอวกาศ MERCURY และกำลังจะเริ่มต้นโครงการ GEMINI หรือการส่งคนหนึ่งคู่ ออกไปโคจรรอบโลกซึ่งโครงการ MERCURY ที่ NASA กำลังดำเนินอยู่นั้นเป็นการปฏิบัติการกึ่งภายในยาน โดยนักบินถูกส่งไปโคจรรอบโลก ส่วนภารกิจ GEMINI นั้น จะมีการส่งคนออกไปนอกยานเพื่อล่องลอยมา และทำการทดลองต่างๆ ดังนั้น NASA จึงเกิดความต้องการที่จะจัดหานาฬิกาเพื่อใช้ในโครงการอวกาศ โดยนาฬิกาที่จะต้องมียระบบจับเวลาเพื่อถูกใช้สำรองในกรณีที่ระบบเวลาหลักล้มเหลว นาฬิกาที่จะต้องทนต่อทุกสภาวะ ทั้งความกดดันอากาศ สภาพสุญญากาศ อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงจากติดลบไปเป็น ๑๐๐ องศา เพียงเคลื่อนข้อมาจากใต้เงาไปสู่แสงแดด



บทที่ ๒

ระบบเวลา (Time Systems)

๒.๑ ประเภทของระบบเวลา

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

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

๑.๑ ระบบเวลาดาวหรือระบบเวลาดาราคติ (Sidereal Time System)

๑.๒ ระบบเวลาดวงอาทิตย์หรือระบบเวลาสุริยคติหรือระบบเวลาสากล (Solar Time System or Universal Time System)

๒. ระบบเวลาที่อ้างอิงกับการโคจรรอบดวงอาทิตย์ของโลก ซึ่งแบ่งย่อยออกเป็นอีก ๒ ระบบ คือ

๒.๑ ระบบเวลาอีเฟเมอริส (Ephemeris Time System)

๒.๒ ระบบเวลาไดนามิก (Dynamic Time System)

๓. ระบบเวลาอะตอม (Atomic Time System) เป็นระบบเวลาที่อ้างอิงกับความถี่ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของอะตอมของธาตุที่ใช้ควบคุมการเดินหรือการทำงานนาฬิกา

แต่ละระบบเวลาจะกล่าวถึง เวลา ช่วงเวลา และปฏิทิน ที่มีการกำหนดใช้ในระบบเวลานั้นๆ ในที่นี้จึงขอแนะนำความหมายของ ๓ คำนี้ ให้เข้าใจก่อน

ช่วงเวลา (Epoch) หมายถึง เวลา ณ ขณะใดๆ หรือเวลาเมื่อมีสิ่งหนึ่งสิ่งใดเกิดขึ้น วัตถุประสงค์ของช่วงเวลาคือให้บอกว่าอะไรเกิดขึ้นเมื่อไร เช่น ตีบนอนเวลา ๐๕.๓๐ น. ดวงอาทิตย์ขึ้นเวลา ๐๖.๐๐ น. ขั้วรถถึงที่ทำงานเวลา ๐๗.๕๐ น. เวลาเหล่านี้คือ ช่วงเวลาทั้งสิ้น ช่วงเวลาบางครั้งเรียกเวลาเฉยๆ

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

ช่วงเวลา ต่างจาก คาบเวลา (Period) คาบเวลาใช้กับสิ่งหนึ่งสิ่งใดที่เกิดขึ้นซ้ำๆ และมีความนานเท่ากัน เช่น เรือนวันละ ๔ คาบ คาบละ ๕๐ นาที เป็นต้น

ปฏิทิน (Calendar) หมายถึง การนับเวลาอย่างต่อเนื่อง เป็นวงรอบตามหลักการที่กำหนดของแต่ละระบบเวลา

ต่อไปจะกล่าวถึงรายละเอียดของแต่ละระบบเวลา โดยในแต่ละระบบเวลาจะกล่าวเรียงตามลำดับจากช่วงเวลา ช่วงเวลา และปฏิทิน แต่ละระบบเวลา

๒.๒ ระบบเวลาที่อ้างอิงกับการหมุนรอบตัวเองของโลก

๒.๒.๑ **ระบบเวลาดาราคติ (Sidereal Time System)** ตามศัพท์หมายถึง ระบบเวลาที่ใช้ดาวฤกษ์ (Star) เป็นสิ่งอ้างอิงในการนับเวลา แต่ในทางปฏิบัติระบบเวลานี้ใช้จุดเวอร์นอลลิกวินอกซ์ (Vernal Equinox) เป็นสิ่งอ้างอิงในการนับเวลา

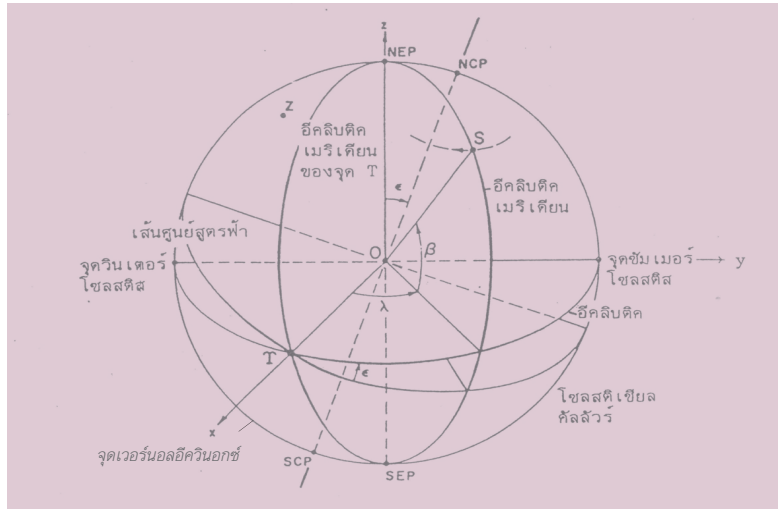
๒.๒.๑.๑ **ช่วงเวลาดาราคติ (Sidereal Epoch)**

ช่วงเวลาดาราคติ (Sidereal Time) คือ มุมชั่วโมงของจุดเวอร์นอลลิกวินอกซ์

จุดเวอร์นอลลิกวินอกซ์ (Vernal Equinox : γ) หรือจุดราศีเมษ คือ จุดตัดของวงอิกลิปติก กับ

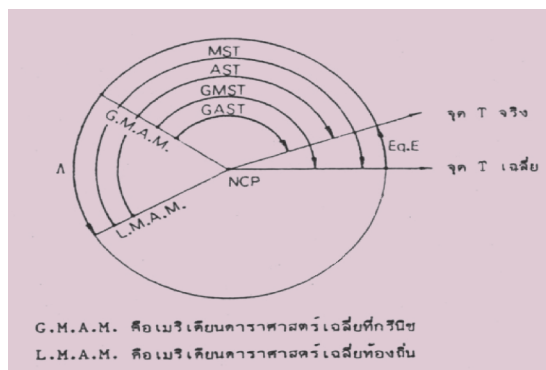
เส้นศูนย์สูตรฟ้า (Celestial Equator) และเป็นตำแหน่งที่ดวงอาทิตย์อยู่ ก่อนที่จะโคจรข้ามซีกโลกใต้ไปซีกโลกเหนือ (ภาพที่ ๒-๑) ซึ่งจะตรงกับประมาณ ๒๑ มีนาคม ของทุกปี จุดนี้มีชื่ออื่นด้วยคือ First of Aries และ First Point of Aries

ตำแหน่งของจุดเวอร์นอนลิกวินอกซ์นั้นไม่คงที่ แต่จะเปลี่ยนไปตลอดเวลาในขอบเขตหนึ่ง ตำแหน่งของจุดเวอร์นอนลิกวินอกซ์ในขณะใดขณะหนึ่ง เรียกว่า “จุดเวอร์นอนลิกวินอกซ์จริง (True y)” ส่วนตำแหน่งของจุดเวอร์นอนลิกวินอกซ์ที่ได้จากการหาค่าเฉลี่ย เรียกว่า “จุดเวอร์นอนลิกวินอกซ์เฉลี่ย (Mean y)”



ภาพที่ ๒-๑ จุดเวอร์นอนลิกวินอกซ์

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



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

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

ภาพที่ ๒-๒ ขณะเวลาดาราคติ

- เวลาดาราคติปรากฏ (Apparent Sidereal Time : AST) คือ มุมชั่วโมงของจุดเวอร์นอนลิกวินอกซ์จริง ที่นับตามเข็มนาฬิกา จากเมริเดียนดาราศาสตร์เฉลี่ยท้องถิ่น (Local Mean Astronomic Meridian : L.M.A.M.)

- เวลาดาราคติปรากฏที่กรีนิช (Greenwich Apparent Sidereal Time : GAST) คือ มุมชั่วโมงของจุดเวอร์นอนลิกวินอกซ์จริง ที่นับตามเข็มนาฬิกาจากเมริเดียนดาราศาสตร์เฉลี่ยที่กรีนิช (Greenwich Mean Astronomic Meridian : G.M.A.M.)

- เวลาดาราคติเฉลี่ย (Mean Sidereal Time : MST) คือ มุมชั่วโมงของจุดเวอร์นอล อีควินอกซ์เฉลี่ย ที่นับตามเข็มนาฬิกาจากเมริเดียนดาราศาสตร์เฉลี่ยท้องถิ่น

- เวลาดาราคติเฉลี่ยที่กรีนิช (Greenwich Mean Sidereal Time : GMST) คือ มุมชั่วโมงของจุดเวอร์นอลอีควินอกซ์เฉลี่ย ที่นับตามเข็มนาฬิกาจากเมริเดียนดาราศาสตร์เฉลี่ยที่กรีนิช

สิ่งที่ควรทราบเพิ่มเติมจากภาพที่ ๒-๒ คือ Λ และ Eq.E

Λ (Reduced Astronomic Longitude คือ ค่าลองจิจูดดาราศาสตร์ ที่มีเครื่องหมายบวก เมื่อคิดทวนเข็มนาฬิกาจากเมริเดียนดาราศาสตร์เฉลี่ยที่กรีนิช จากภาพที่ ๒-๒ จะได้ว่า

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

Eq.E ย่อมาจาก Equation of Equinox (**สมการอีควินอกซ์**) หมายถึง ผลต่างระหว่างเวลาดาราคติปรากฏกับเวลาดาราคติเฉลี่ย นั่นคือ

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

๒.๒.๑.๒ ช่วงเวลาดาราคติ (Sidereal Interval)

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

๑ วันดาราคติเฉลี่ย คือ ช่วงเวลาระหว่างการอยู่บนเมริเดียนด้านบน (ทรานสิทบน) ของเมริเดียนใดๆ ๒ ครั้งติดกัน ของจุดเวอร์นอลอีควินอกซ์เฉลี่ย กล่าวคือ เมื่อจุดเวอร์นอลอีควินอกซ์เฉลี่ยอยู่บนเมริเดียนด้านบนของเมริเดียนใดเมริเดียนหนึ่ง ซึ่งขณะเวลานี้ เรียกว่า “เวลาเที่ยงดาราคติ (Sidereal Noon)” ก็เริ่มจับเวลาจนกระทั่งจุดเวอร์นอลอีควินอกซ์เฉลี่ยนั้น กลับมาอยู่บนเมริเดียนด้านบนของเมริเดียนนั้นอีกครั้งหนึ่ง ก็ถือเป็น ๑ วันดาราคติเฉลี่ย

ช่วงเวลาไม่ว่าในระบบเวลาใด จะมีการแบ่ง ดังนี้

$$\begin{aligned}
 ๑ \text{ วัน (d)} &= ๒๔ \text{ ชั่วโมง (h)} \\
 ๑ \text{ ชั่วโมง (h)} &= ๖๐ \text{ นาที (m)} \\
 ๑ \text{ นาที (m)} &= ๖๐ \text{ วินาที (s)}
 \end{aligned}$$

สำหรับระบบเวลาดาราคติ ทุกหน่วยของช่วงเวลาดาราคติ จะต้องต่อท้ายด้วย “(S)” เพื่อไม่ให้สับสนกับช่วงเวลาของระบบเวลาอื่นที่จะกล่าวต่อไป ดังนั้นช่วงเวลาดาราคติจะมีการแบ่ง ดังนี้

$$\begin{aligned}
 1^{\text{d}} \text{ (S)} &= 24^{\text{h}} \text{ (S)} \\
 1^{\text{h}} \text{ (S)} &= 60^{\text{m}} \text{ (S)} \\
 1^{\text{m}} \text{ (S)} &= 60^{\text{s}} \text{ (S)}
 \end{aligned}$$

เนื่องจากอิทธิพลของการแกว่งของแกนหมุนของโลก ซึ่งเรียกว่า “**พรีเซสชัน (Precession)**” ทำให้จุดเวอร์นอลอีควินอกซ์เฉลี่ย เคลื่อนไปทางตะวันตกเล็กน้อยทุกวัน ทำให้ ๑ วันดาราคติสั้นกว่า ๑ วันจริงๆ หรือเวลาที่โลกหมุนรอบตัวเองครบ ๑ รอบจริงๆ อยู่ประมาณ $0^{\circ}.0084$ สูตรโดยละเอียดของวันดาราคติ คือ

$$1^{\text{d}} \text{ (S)} = \{0.999999902907 - 59 \times 10^{-12} t\} \times \text{คาบของการหมุนรอบตัวเองของโลก} \quad (2-3)$$

หรือ

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

เมื่อ t = จำนวนศตวรรษอีเฟเมอร์ิส (Ephemeris Century) = 36525 วันอีเฟเมอร์ิส (จะกล่าวต่อไป)

๒.๒.๑.๓ ปฏิทินดาราคติ (Sidereal Calendar)

เพื่อความสะดวกในการทำปฏิทินดาราคติ หรือนับเวลาดาราคติต่อเนื่อง รวมทั้งการนำไปใช้งาน จึงมีการบัญญัติศัพท์เฉพาะขึ้น ๒ คำ คือ วันดาราคติกรีนิช และเลขวันดาราคติกรีนิช

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

เลขวันดาราคติกรีนิช (Greenwich Sidereal Day Number) คือ ตัวเลขส่วนที่เป็นจำนวนเต็มของ GSD

การกำหนด บันทึกลง หรือแจ้งการเกิดของปรากฏการณ์บางอย่างด้วยวันดาราคติกรีนิช จะมีประโยชน์คือ ช่วยให้ทราบชัดว่าปรากฏการณ์นั้นๆ เกิดห่างจากขณะเวลามูลฐานหนึ่งในประวัติศาสตร์มากน้อยเท่าไร และอะไรเกิดขึ้นก่อน หรือเกิดหลังมากน้อยเพียงใด ได้มีการพิมพ์เลขวันดาราคติกรีนิชของวันดาราคติแรกของทุกเดือนไว้เป็นตารางในหนังสือ Nautical Almanac Offices ทุก ๑๐๐ ปี เช่น จากปี ค.ศ.๑๙๐๐ - ๑๙๙๙ และจากปี ค.ศ.๒๐๐๐ - ๒๐๙๙ 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	3 2	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 ตัวอย่างเลขวันดาราคติกรีนิช (Greenwich Sidereal Day Number) ระหว่างปี ค.ศ.๑๙๕๐ - ๑๙๕๙

๒.๒.๒ ระบบเวลาลูริยคติหรือระบบเวลาสากล (Solar Time System or Universal Time System)

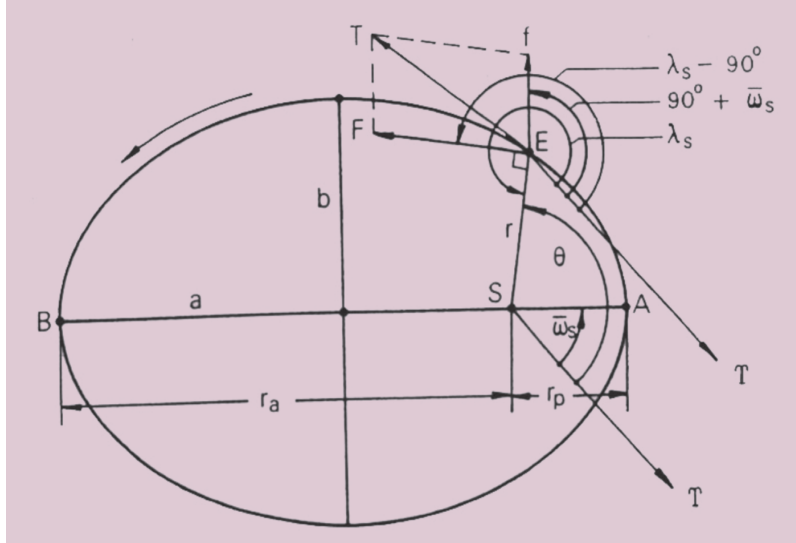
ระบบเวลาลูริยคติหรือระบบเวลาสากลคือระบบเวลาที่ใช้ดวงอาทิตย์เป็นอ้างอิงในการนับเวลา เช่น เมื่อดวงอาทิตย์อยู่ตรงศีรษะของเราหรืออยู่บนเมริเดียนที่เราอยู่ เราก็เริ่มนับเวลา จนกระทั่งดวงอาทิตย์มาอยู่ตรงศีรษะของเราหรืออยู่บนเมริเดียนที่เราอยู่อีกครั้งหนึ่ง ก็ถือเป็นหนึ่งวันตามระบบเวลาลูริยคติ ก่อนที่จะกล่าวถึงระยะเวลา และปฏิทินตามระบบเวลาลูริยคติ หรือระบบเวลาสากลโดยละเอียด จะขอกล่าวถึงธรรมชาติ หรือหลักการที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่รอบดวงอาทิตย์ของโลก หรือการเคลื่อนที่รอบโลกของดวงอาทิตย์ (เมื่อพิจารณาให้โลกอยู่กับที่ และให้ดวงอาทิตย์เป็นฝ่ายเคลื่อนที่) ให้ทราบเป็นพื้นฐานดังนี้

การเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์

การเคลื่อนที่จริงๆ ของดวงอาทิตย์ จากการสังเกตของผู้สังเกตที่อยู่บนพื้นโลก จะพบว่าส่วนหนึ่งเกิดจากการโคจรรอบดวงอาทิตย์ของโลกในรอบปี และอีกส่วนหนึ่งเกิดจากการหมุนรอบตัวเองของโลกในรอบวัน

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

กฎข้อที่ ๑ ของเคปเลอร์ กล่าวว่า วงโคจรของดาวเคราะห์รอบดวงอาทิตย์เป็นวงรี โดยมีดวงอาทิตย์อยู่ที่จุดโฟกัสจุดหนึ่งของวงรี (ภาพที่ ๒-๓)



ภาพที่ ๒-๓ วงโคจรรอบดวงอาทิตย์ของโลก

จากภาพที่ ๒-๓

- วงรีวางตัวอยู่ในแนววงอิกลิปติก
- E คือ ตำแหน่งของโลกที่เวลาใดเวลาหนึ่ง
- ตำแหน่งของโลก กำหนดด้วย รัศมี (radius vector) r และมุม θ
($\theta = \lambda_s - 180^\circ$, เมื่อ $\lambda_s =$ 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)

$$e = \left(\frac{a^2 - b^2}{a^2} \right)^{1/2} \cong 0.016726 \quad (2-7)$$

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

b = ครึ่งหนึ่งของแกนสั้นของวงรี $\cong 149.58 \times 10^6$ กม.

ϖ_s = ลองจิจูดของจุด Perihelion (จุด A ซึ่งเป็นจุดที่โลกโคจรเข้ามาใกล้ดวงอาทิตย์มาก

ที่สุด) $\cong 102^\circ$

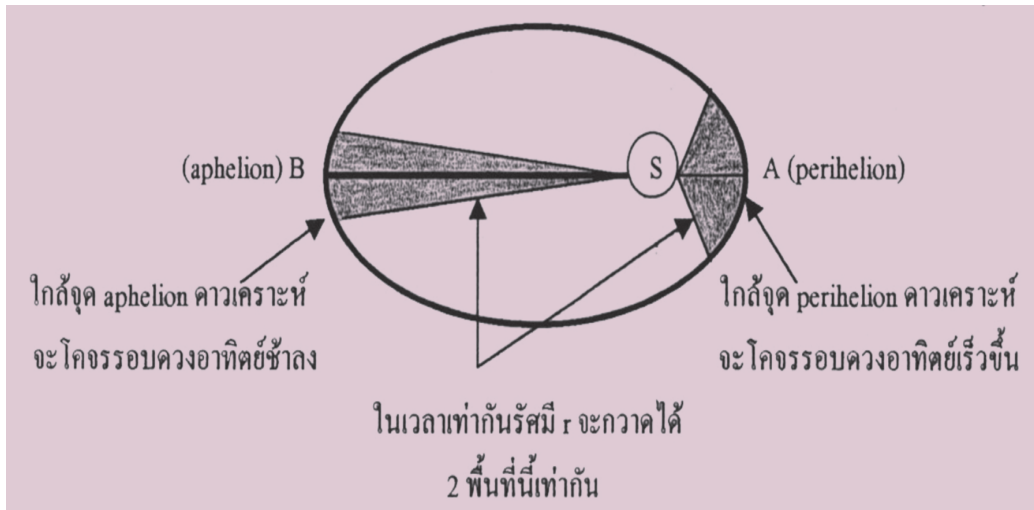
เมื่อ $\theta = \varpi_s$ (เมื่อโลกอยู่ที่จุด Perihelion หรือจุด A) จาก (2-5) จะได้ว่า

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

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

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

กฎข้อที่ ๒ ของเคปเลอร์ กล่าวว่า รัศมี r จะกวาดไปเป็นพื้นที่เท่ากันในเวลาเท่ากัน (ภาพที่ ๒-๔)

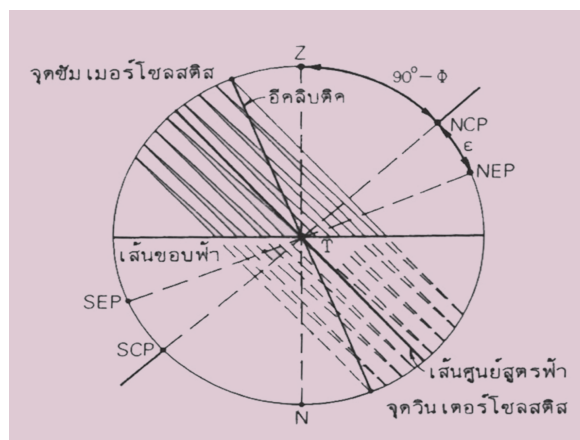


ภาพที่ ๒-๔ รัศมี r กวาดไปเป็นพื้นที่เท่ากันในเวลาเท่ากัน

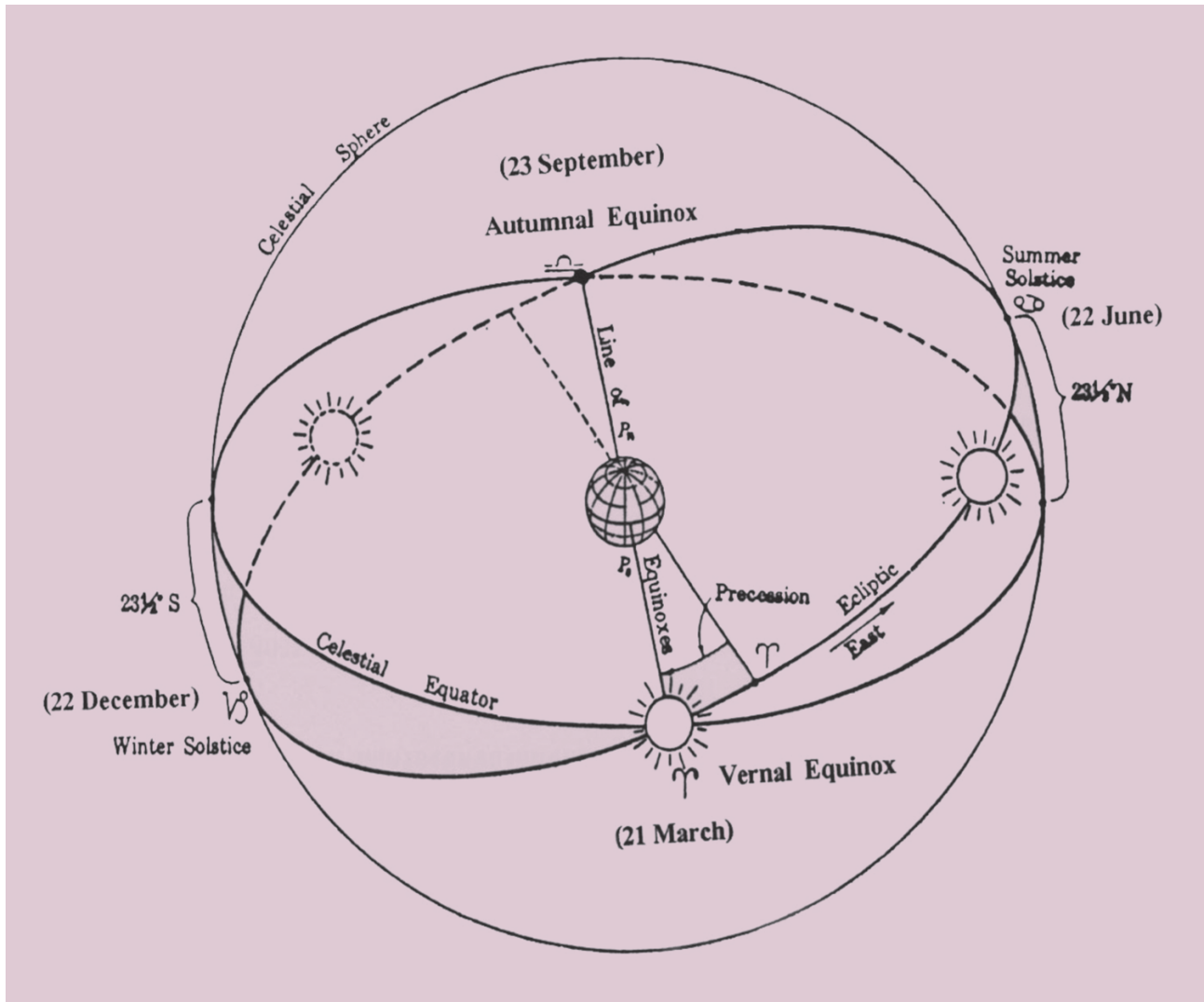
จากภาพที่ ๒-๔ เมื่อโลกอยู่บริเวณจุด Perihelion จะได้รับแรงดึงดูดจากดวงอาทิตย์มาก จึงโคจรเร็ว รัศมี r จึงกวาดไปเป็นมุมใหญ่ เมื่อโลกอยู่บริเวณจุด Aphelion จะได้รับแรงดึงดูดจากดวงอาทิตย์น้อย จึงโคจรช้า รัศมี r จึงกวาดไปเป็นมุมเล็ก แต่ในเวลาเท่ากันจะได้พื้นที่ (ที่แรเงา) เท่ากัน

การเคลื่อนที่จริงๆ ในรอบวันของดวงอาทิตย์ ถูกควบคุมด้วยการหมุนรอบตัวเอง (รอบแกนหมุน) ของโลก ดังนั้นจึงอาจเปรียบดวงอาทิตย์ได้กับดาวฤกษ์ต่างๆ ไป ซึ่งเคลื่อนที่ไปด้วยความเร็วสม่ำเสมอ ไปตามวงขนานท้องฟ้าต่างๆ (Celestial Parallels)

การเคลื่อนที่จริงๆ ของดวงอาทิตย์ เป็นการผสมกันระหว่าง การเคลื่อนที่ในรอบปีด้วยความเร็วไม่สม่ำเสมอ บนวงอีลิปติก กับการเคลื่อนที่ในรอบวัน ด้วยความเร็วเกือบสม่ำเสมอบนวงขนานท้องฟ้า ซึ่งส่งผลให้ดวงอาทิตย์มีการเคลื่อนที่ในลักษณะขดเป็นวง (Spiral - like Motion) ด้วยความเร็วไม่สม่ำเสมอ ดังปรากฏในภาพที่ ๒-๕ และ ๒-๖



ภาพที่ ๒-๕ การเคลื่อนที่จริงของดวงอาทิตย์ (แบบที่ ๑)



ภาพที่ ๒-๖ การเคลื่อนที่จริงของดวงอาทิตย์ (แบบที่ ๒)

ดวงอาทิตย์จริงและดวงอาทิตย์สมมติ

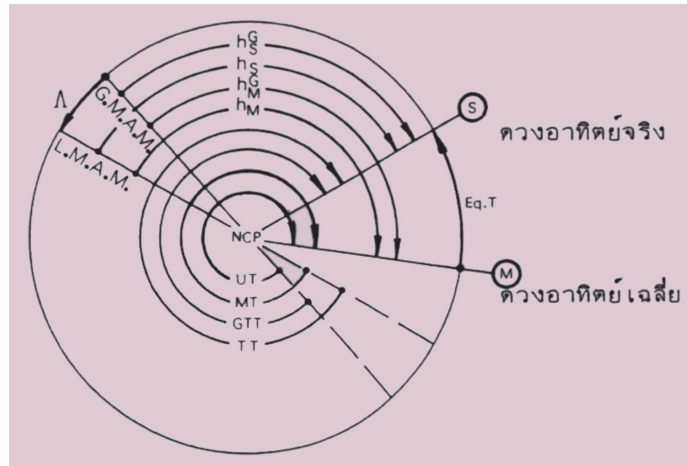
กฎข้อที่ ๒ ของเคปเลอร์ แสดงนัยให้เห็นว่า การเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์จริง (True Sun) นั้นไม่สม่ำเสมอ (ใกล้จุด Perihelion เคลื่อนที่เร็ว ใกล้จุด Aphelion เคลื่อนที่ช้า) จากเหตุนี้ส่วนหนึ่ง และจากความจริงที่ว่า ดวงอาทิตย์จริงไม่ได้เคลื่อนตามแนวอิกัวเตอร์ท้องฟ้าอีกส่วนหนึ่ง ทำให้มุมชั่วโมง (วัดบนพื้นอิกัวเตอร์ท้องฟ้า) ของดวงอาทิตย์จริงไม่ได้เพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอ ด้วยความไม่สม่ำเสมอนี้เอง ดวงอาทิตย์จริงจึงไม่ถูกนำมาใช้ในการรักษาเวลา โดยเฉพาะอย่างยิ่งเวลาที่ต้องการความละเอียดสูง

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

- เคลื่อนที่ตามแนวอิกัวเตอร์ท้องฟ้าอย่างสม่ำเสมอ ด้วยอัตราเร็วที่ต่างจากอัตราเร็วในการเคลื่อนที่ในรอบปีของดวงอาทิตย์จริงบนวงอิกลิปติกเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

- ที่เมริเดียนใดๆ ดวงอาทิตย์สมมุติจะมีการเคลื่อนที่ในรอบวันในรูปของมุมชั่วโมง ที่ถือได้ว่าเท่ากับค่าเฉลี่ยในการเคลื่อนที่ในรอบวันของดวงอาทิตย์จริง เพราะมีความแตกต่างกันน้อยมาก เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของ Local Meridian และอัตราเร็วในการหมุนรอบตัวเองของโลก

๒.๒.๒.๑ ช่วงเวลาสุริยคติ (Solar Epoch)



G.M.A.M. (Greenwich Mean Astronomic Meridian) คือ เจริญดาราศาสตร์เฉลี่ยที่กรีนิช
 L.M.A.M. (Local Mean Astronomic Meridian) คือ เจริญดาราศาสตร์เฉลี่ยท้องถิ่น

ภาพที่ ๒-๗ ช่วงเวลาสุริยคติ

ช่วงเวลาสุริยคติต่างจากเวลาดาราคติคือ เวลาดาราคตินับจากเมริเดียนเบื้องบนของ G.M.A.M. และ L.M.A.M. แต่ช่วงเวลาสุริยคตินับจากเมริเดียนเบื้องล่างของ G.M.A.M. และ L.M.A.M. ทั้งนี้ เพื่อให้การสิ้นสุดวันและเริ่มวันใหม่ตามระบบเวลาสุริยคติที่ประชาชนทั่วโลกใช้ในการดำเนินชีวิตนั้น เกิดขึ้นตอนกลางคืน จะได้ไม่มีผลกระทบต่อการดำเนินชีวิตของคน การเปลี่ยนจากเมริเดียนเบื้องบนเป็นเมริเดียนเบื้องล่าง ทำได้ด้วยการบวกด้วย ๑๒ ชั่วโมง ดังนั้นในภาพที่ ๒-๗ จะเห็นว่าในภาพรวมของช่วงเวลาสุริยคตินั้น แบ่งออกเป็น ๒ ส่วน คือ ส่วนที่เป็นมุมชั่วโมงของดวงอาทิตย์ และส่วนที่เป็นช่วงเวลาดวงอาทิตย์หรือช่วงเวลาสุริยคติ

มุมชั่วโมงของดวงอาทิตย์นับจากเมริเดียนเบื้องบนของ G.M.A.M. และ L.M.A.M. แบ่งออกเป็น ๔ อย่างตามจุดที่เริ่มนับและจุดที่นับไปถึง คือ

- h_s^G คือ มุมชั่วโมงของดวงอาทิตย์จริง ที่นับจากเมริเดียนเบื้องบนของ G.M.A.M.
- h_m^G คือ มุมชั่วโมงของดวงอาทิตย์สมมุติ ที่นับจากเมริเดียนเบื้องบนของ G.M.A.M.
- h_s^L คือ มุมชั่วโมงของดวงอาทิตย์จริง ที่นับจากเมริเดียนเบื้องบนของ L.M.A.M.
- h_m^L คือ มุมชั่วโมงของดวงอาทิตย์สมมุติ ที่นับจากเมริเดียนเบื้องบนของ L.M.A.M.

ช่วงเวลาสุริยคติ คือ มุมชั่วโมงของดวงอาทิตย์ นับจากเมริเดียนเบื้องล่างของ G.M.A.M. และ L.M.A.M. แบ่งออกเป็น ๔ อย่าง ตามจุดที่เริ่มนับและจุดที่นับไปถึง คือ

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

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

เวลาสุริยคติเฉลี่ย (Mean Solar Time : MT) คือ เวลาที่ได้จากมุมชั่วโมงของดวงอาทิตย์สมมุติ หรือดวงอาทิตย์เฉลี่ย (h_m) ที่วัดจากเมริเดียนเบื้องล่างของผู้ตรวจ นั่นคือ

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

(ในตำราเดินเรือดาราศาสตร์ใช้ LMT (Local Mean Time) แทน MT)

เวลาสุริยคติจริงที่กรีนิช (Greenwich True Solar Time : GTT) คือ เวลาที่ได้จากมุมชั่วโมงของดวงอาทิตย์จริง ที่วัดจากเมริเดียนเบื้องล่างของกรีนิช (G.M.A.M.) นั่นคือ

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

เวลาสากลหรือเวลาสุริยคติเฉลี่ยที่กรีนิช (Universal Time : UT) คือ เวลาที่ได้จากมุมชั่วโมงของดวงอาทิตย์สมมุติ หรือดวงอาทิตย์เฉลี่ยที่วัดจากเมริเดียนเบื้องล่างของกรีนิชนั่นคือ

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

(ในตำราเดินเรือดาราศาสตร์ใช้ GMT (Greenwich Mean Time) แทน UT)

จากภาพที่ ๒-๗ จะเห็นได้ชัดว่า

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

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

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

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

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

เมื่อ Λ คือ Reduced Astronomic Longitude (มีค่าเป็น + เมื่อวัดทวนเข็มนาฬิกา)

ไรต์แอสเซนชันของดวงอาทิตย์สมมุติ(α_M) หาได้จากสูตร (Newcomb; 1895)

$$\alpha_M = 18^h 38^m 45^s.836 + 8,640,184^s.542 t_M + 0^s.0929t_M^2 \quad (2-19)$$

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

จากภาพที่ ๒-๗ ผลต่างระหว่างเวลาดวงอาทิตย์จริงกับเวลาดวงอาทิตย์สมมุติที่เวลาใดๆ เรียกว่า “สมการเวลา (Equation of Time : Eq.T)” ซึ่งจะได้ว่า

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

เนื่องจากดวงอาทิตย์สมมุติไม่มีอยู่จริงในธรรมชาติ และไม่สามารถวัดได้จริงๆ ดังนั้นในทางปฏิบัตินักเดินเรือและนักสำรวจ จึงหาเวลาดวงอาทิตย์สมมุติ (Mean Solar Time) โดยการหาเวลาดวงอาทิตย์จริง (True Solar Time) ด้วยการวัดดวงอาทิตย์จริง แล้วหักแก้ด้วยค่า Eq.T ซึ่งหาได้จากสูตรความสัมพันธ์ ดังนี้

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

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

๒.๒.๒.๒ ช่วงเวลาสุริยคติ (Solar Interval)

ทุกหน่วยของช่วงเวลาสุริยคติ ต้องต่อท้ายด้วย (M) เพื่อให้ทราบว่าเป็นช่วงเวลาสุริยคติ ซึ่งที่สำคัญมีดังนี้

วันสุริยคติเฉลี่ย (Mean Solar Day: 1^d (M)) คือ ช่วงเวลาระหว่างการอยู่บนเมริเดียนเดียวกันของดวงอาทิตย์สมมุติ ๒ ครั้งติดกัน แบ่งย่อยออกเป็น ชั่วโมง นาที วินาที ดังนี้

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

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

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

ปีทรอปิคอลหรือปีสุริยคติเฉลี่ย (Tropical Year or Mean Solar Year) คือ ช่วงเวลาที่ดวงอาทิตย์สมมุติผ่านจุดเวอร์นอนอลิควินอกซ์เฉลี่ย (Mean γ) ๒ ครั้งติดกัน หรือช่วงเวลาเฉลี่ยที่ดวงอาทิตย์จริงผ่านจุดเวอร์นอนอลิควินอกซ์จริง (True γ) ๒ ครั้งติดกัน

ปีดาราคติ (Sidereal Year) คือ ช่วงเวลาที่ดวงอาทิตย์สมมุติโคจรครบรอบอิกัวเตอร์ หรือช่วงเวลาเฉลี่ยที่ดวงอาทิตย์จริงโคจรครบรอบวงอิกลิปติก

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

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

ช่วงเวลาหรือความนานของปีทรอปิคอลและปีดาราคติ เปลี่ยนไปประมาณ $-0^{\text{s}}.53 \text{ (M)}$ และ $+0^{\text{s}}.01 \text{ (M)}$ ต่อศตวรรษตามลำดับ

เนื่องจากทั้งปีทรอปิคอลและปีดาราคติ แสดงจำนวนวันสุริยคติเฉลี่ยเป็นเศษอย่างละเอียด ทำให้เมื่อครบศตวรรษก็ยังมีเศษวันสุริยคติเฉลี่ยอยู่ ไม่เหมาะที่จะใช้สำหรับการทำปฏิทินทางพลเรือน (Civil Calendar) ดังนั้นเพื่อวัตถุประสงค์ในการทำปฏิทินทางพลเรือน จึงได้มีการกำหนด**ปีจูเลียน (Julian Year)** ขึ้น โดยการตัดเศษเล็กๆ ของปีดาราคติออก นั่นคือ

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

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

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

๒.๒.๒.๓ ปฏิทินสุริยคติ (Solar Calendars)

ในที่นี้จะขอแนะนำทั้งหมดที่ใช้ในอดีตและปัจจุบัน แต่จะขอแนะนำเพียง ๒ อย่าง คือ ปฏิทินจูเลียน (Julian Calendar) และปฏิทินเกรกอเรียน (Gregorian Calendar) ซึ่งแต่ละอย่างมีรายละเอียดโดยสังเขปดังนี้

ปฏิทินจูเลียน ถูกคิดขึ้นในอาณาจักรโรมัน โดย Julius Caesar ในปีที่ ๔๖ ก่อน ค.ศ. และได้รับการพัฒนาเรื่อยมาจนถึงแบบฟอร์มสุดท้ายในประมาณปี ค.ศ. ๘ ถูกใช้เรื่อยมาในตะวันตกจนถึงปี ค.ศ.๑๕๘๒ จึงได้มีการปรับปรุงใหม่เป็นปฏิทินเกรกอเรียน ซึ่งได้รับความนิยมนำมาใช้อย่างกว้างขวางเกือบทั่วโลกในงานทางพลเรือนต่างๆ

ปฏิทินเกรกอเรียน มีหลักการดังนี้

๑) อ้างอิงกับปีจูเลียน (365.25 Mean Solar Days) และมีการปรับตามปีจูเลียน โดยการเพิ่มวันทีเกินเข้าไปในเดือนกุมภาพันธ์ ทุก ๔ ปี ทำให้ปีที่เพิ่มวันเข้าไป (Leap Year) มี ๓๖๖ วัน ส่วนอีก ๓ ปีระหว่างนั้นจะมี ๓๖๕ วัน และในปีหนึ่งจะแบ่งเป็น ๑๒ เดือน แต่ละเดือนมี ๓๐ วัน และ ๓๑ วัน ยกเว้นเดือนกุมภาพันธ์ จะมี ๒๘ วัน และทุก ๔ ปี จะมี ๒๙ วัน (ปี ค.ศ. ที่หารด้วยเลข ๔ ลงตัว เช่น ปี ค.ศ.๑๙๙๒)

๒) เมื่อเทียบ (2-23) กับ (2-25) ถึงทศนิยมตำแหน่งที่ ๓ จะพบว่าปีทรอปิคอล สั้นกว่าปีจูเลียน ประมาณ $0^{\text{d}}.008 \text{ (M)}$ ดังนั้นปฏิทินจูเลียน (ซึ่งอ้างอิงกับปีจูเลียน) จะได้วันเพิ่มขึ้น ๑ วัน ทุกๆ ๑๒๕ ปี ความจริงอัตราผิดนี้ถูกตรวจพบในปี ค.ศ.๑๕๘๒ Pope Gregory XIII จึงเสนอกฎให้งดเพิ่มวันเข้าไปในปีที่ควรเพิ่ม (Leap year) ๓ ปี ทุก ๔ ศตวรรษ โดยงด Leap Year ในปีแรกของศตวรรษที่หารด้วย ๔๐๐ ไม่ลงตัว ดังนั้นในปี ค.ศ. ๑๗๐๐, ๑๘๐๐ และ ๑๙๐๐ จึงไม่ใช่ Leap Year (ไม่มีการเพิ่มวัน) แต่ปี ค.ศ.๒๐๐๐ จะเป็น Leap Year

๓) ตามปฏิทินเกรกอเรียน ในอดีตมีการข้ามหรือตัดวันทั้ง ๑๐ วัน กล่าวคือ มีการกำหนดให้ วันที่ถัดจากวันที่ ๔ ตุลาคม ค.ศ.๑๕๘๒ ให้เป็นวันที่ ๑๕ ตุลาคม ค.ศ.๑๕๘๒

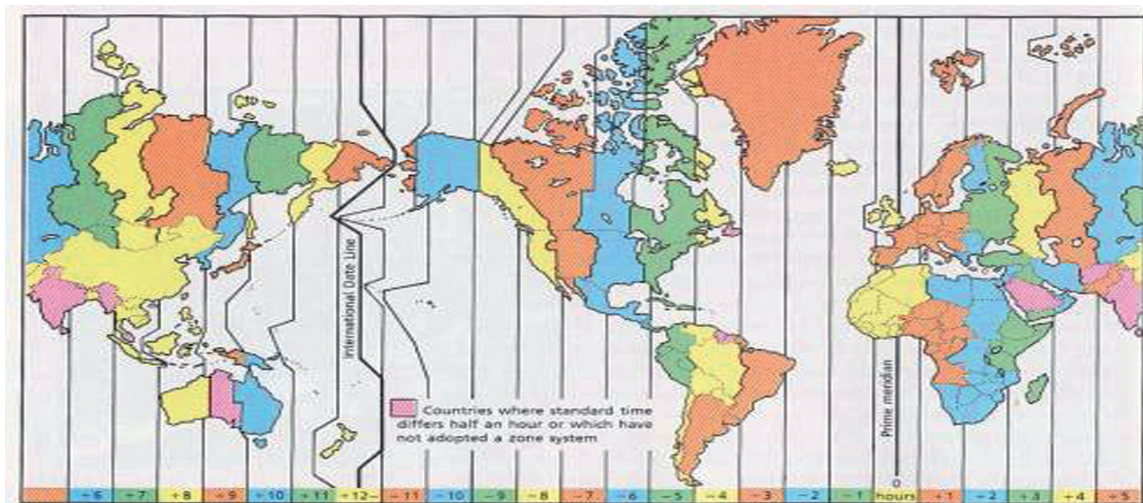
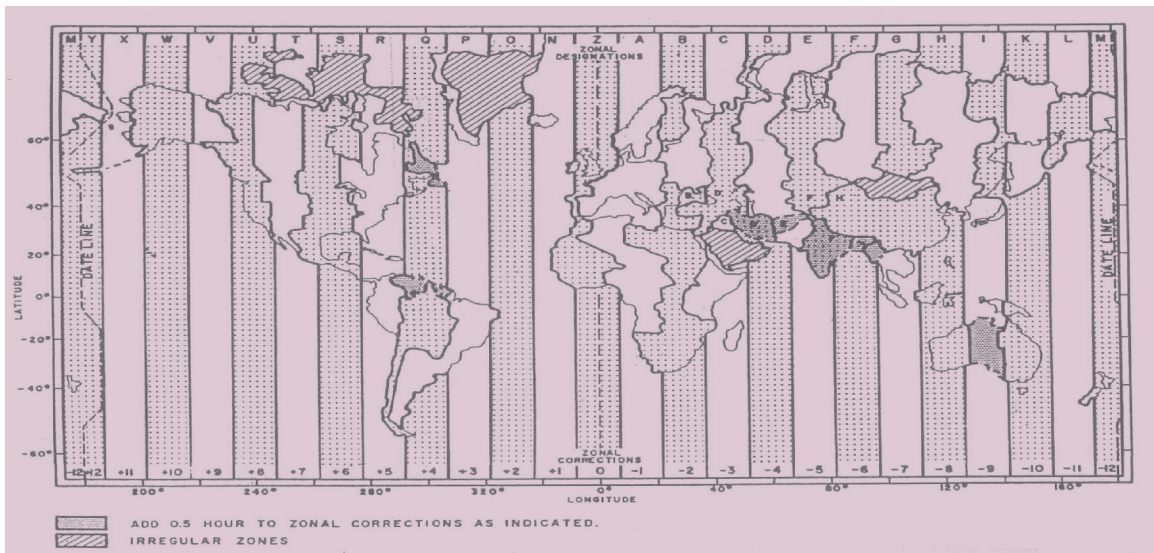
๔) ความยาวเฉลี่ยของปีตามปฏิทินเกรกอเรียน คือ 365.2425 Mean Solar Days ทำให้เมื่อครบรอบ ๔๐๐ ปีอย่างสมบูรณ์ จะมีผลต่างสะสม เมื่อเทียบกับปีโทรปีคอล (ปีที่คิดอ้างอิงกับระบบเวลาดวงอาทิตย์อย่างเคร่งครัด) เพียงแค่ $2^h 52^m$ (M) นั่นคือ ปฏิทินเกรกอเรียนจะได้วันเพิ่ม ๑ วัน ประมาณทุก ๓,๓๐๐ ปี ซึ่งสามารถแก้ไขได้โดยการตัดวันทิ้ง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

๒.๒.๒.๔ เวลาประจำภาค (Zone Time : ZT)

เนื่องจากเวลาสุริยคติเฉลี่ย (Mean Solar Time : MT) หรือเวลาเฉลี่ยท้องถิ่น (Local Mean Time : LMT) เป็นเวลาที่ใช้เมริเดียนที่แต่ละคนอยู่เป็นเมริเดียนอ้างอิง หรือเป็นหลักในการนับเวลาอย่างเคร่งครัดในกรณีนี้ แม้แต่ละคนจะอยู่ใกล้กัน แต่เมริเดียนที่ผ่านแต่ละคนจะต่างกัน ทำให้ ณ ขณะเวลาเดียวกันจะไม่มี MT หรือ LMT ของผู้ใดตรงกันเลย แต่จะต่างกันไปตามค่าเมริเดียนที่ผ่านแต่ละคน

ในการรักษาเวลาทางพลเรือน ความสับสนจะเกิดขึ้นถ้าหากใช้ MT กล่าวคือถ้าหากใช้ MT ในการตกลงนัดหมายใดๆ จะไม่มีผู้ใดสามารถปฏิบัติได้เพราะไม่ทราบเวลาใด เนื่องจาก MT ของแต่ละคนต่างกันดังที่กล่าวมา

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



ภาพที่ ๒-๔ การแบ่งเวลาประจำภาค

- ๑) แบ่งโลกออกเป็น ๒๔ ภาคหรือโซน (Zone) ๆ ละ ๑๕ องศาองจุต (เท่ากับ ๑ ชั่วโมง)
- ๒) แต่ละโซนมีเมริเดียนกึ่งกลางโซน เป็นเมริเดียนมาตรฐาน (Standard Meridian) ของโซนและใช้เวลามาตรฐานเดียวกันทั้งโซน

- ๓) ใช้เมริเดียนของกรีนิชเป็นศูนย์กลางของระบบเวลาประจำภาค และเป็นศูนย์กลางของโซนศูนย์
- ๔) ให้ ΔZ เป็นค่าแก้ของโซนหรือหมายเลขของโซน (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)

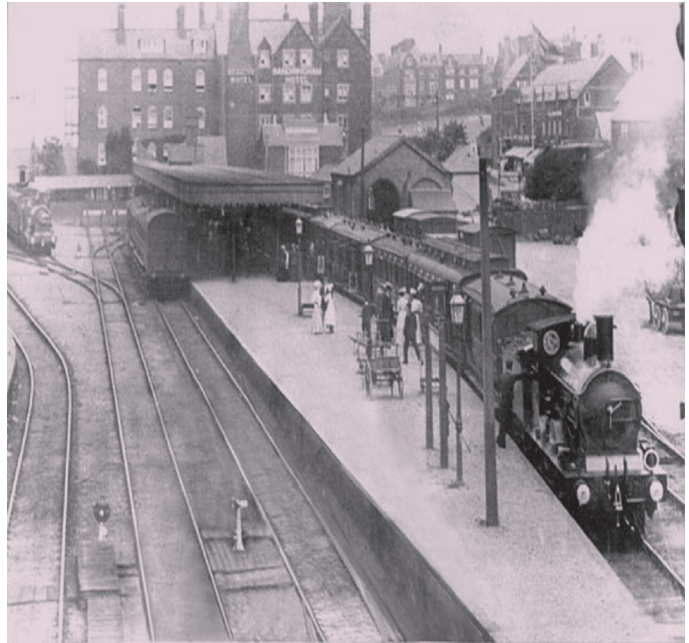
ZT = เวลาประจำภาค

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

- จาก (2-27) จะเห็นว่า ΔZ ก็คือจำนวนชั่วโมงที่ต้องนำไปบวกกับ ZT เพื่อให้ได้ UT นั่นเอง
- โซนที่ ๑๒ ถูกแบ่งออกเป็น ๒ ส่วน โดยเส้นที่เรียกว่า เส้นแบ่งวัน (Date Line) ส่วนที่อยู่ทางด้านตะวันออก ΔZ มีค่าเท่ากับ -12 ส่วนที่อยู่ทางด้านตะวันตก ΔZ มีค่าเท่ากับ $+12$
- ในโซนที่ ๑๒ เมื่อข้ามเส้นแบ่งวันจากทางตะวันตกไปทางตะวันออก เวลาจะเร็วขึ้น ๑ วัน ในทางตรงกันข้าม เมื่อข้ามเส้นแบ่งวันจากตะวันออกไปตะวันตก เวลาจะช้าลง ๑ วัน
- การใช้ระบบเวลาประจำภาค ทำให้แต่ละโซนใช้เวลาเดียวกันทั้งบนบกและในทะเล และในแต่ละโซนเวลาจะต่างกันเฉพาะชั่วโมง ส่วนนาทีและวินาทียังคงเดิม อย่างไรก็ตามเพื่อความสะดวกและเหตุผลเฉพาะของแต่ละประเทศ บางประเทศอาจปรับและกำหนดเวลาในประเทศของตนต่างไปจากหลักการของเวลาประจำภาคบ้าง เช่น บางประเทศกำหนดเวลาประจำภาคต่างกันจากโซนข้างๆ เป็น ๐.๕ ชั่วโมง หรือ ๑.๕ ชั่วโมง (อิหร่าน, อินเดีย, เวเนซุเอลา) นอกจากนี้ยังมีบางประเทศประกาศใช้เวลามาตรฐานของประเทศ ต่างไปจากเวลาประจำภาคที่กำหนดตามหลักสากลตามที่กล่าวข้างต้น เช่น มาเลเซีย และสิงคโปร์ ประกาศใช้เวลามาตรฐานของประเทศเป็น $+๘$ ชั่วโมงจากเวลาสากล (UT หรือ GMT) ทั้งๆ ที่ถ้ายึดตามหลักของการกำหนดเวลาประจำภาค เวลามาตรฐานของมาเลเซียและสิงคโปร์ จะต้องเป็น $+๗$ ชั่วโมง เช่นเดียวกับประเทศไทย ดังนั้นการใช้คำว่าเวลามาตรฐาน (Standard Time) จึงต้องระบุให้ชัดเจนว่าเป็นเวลามาตรฐานตามหลักสากลของการกำหนดเวลาประจำภาค หรือเป็นเวลามาตรฐานตามที่ใช้ในประเทศประกาศใช้

๒.๒.๒.๕ ประวัติการรักษาเวลามาตรฐาน

ระบบเวลามาตรฐานได้เริ่มมีใช้ครั้งแรกโดยการรถไฟของสหราชอาณาจักร (British Railways) เมื่อวันที่ ๑๑ ธันวาคม ค.ศ. ๑๘๔๗ เมื่อมีการเปลี่ยนเวลาจากเวลาท้องถิ่นเฉลี่ยเป็น เวลาเฉลี่ยกรีนิช (Greenwich Mean Time : GMT) โดยเรียกกันว่าเวลารถไฟ (Railway Time) สะท้อนให้เห็นถึงความสำคัญถึงบทบาทของเวลามาตรฐานที่บริษัทรถไฟได้นำเข้ามาเกี่ยวข้อง หลังจากนั้นนาฬิกาสาธารณะส่วนใหญ่ในเครือจักรภพ ได้มีการตั้งให้เท่ากับเวลา GMT ตั้งแต่ปี ค.ศ. ๑๘๕๕



ภาพที่ ๒-๙ การรถไฟของสหราชอาณาจักร

ขณะที่ในทวีปอเมริกาเหนือ ในช่วงก่อนปี ค.ศ. ๑๘๘๓ เวลาท้องถิ่นเฉลี่ยที่ใช้กันมีอยู่หลายค่ามีผลทำให้ตารางเวลารถไฟของภูมิภาคและของประเทศมีความยุ่งยากซับซ้อน Sir Sandford Fleming ชาวแคนาดาเสนอให้ใช้เวลามาตรฐาน ในที่ประชุมของ

The Royal Canadian Institute เมื่อวันที่ ๘ กุมภาพันธ์ ค.ศ. ๑๘๗๙ โดยแบ่งเวลาของโลกออกเป็น ๒๔ โซนเวลา (Time Zone) แต่ละโซนจะครอบคลุมพื้นที่ ๑๕ องศา ลองจิจูด นาฬิกาทั้งหมดที่อยู่โซนใดให้ถือเวลาตามโซนนั้นแต่



ภาพที่ ๒-๑๐ Sir Sandford Fleming

มีความแตกต่างจากโซนข้างเคียง ๑ ชั่วโมง เวลาท้องถิ่นที่ The Royal Greenwich Observatory เมืองกรีนิช ประเทศอังกฤษ ได้ถูกเลือกให้เป็นเวลามาตรฐาน ในปี ค.ศ. ๑๘๘๔ จากที่ประชุม International Meridian Conference ที่กรีนิชได้รับเลือกให้เป็นจุดเริ่มต้น (เมริเดียน 0) ก็เพราะว่าในช่วงปี ค.ศ. ๑๘๘๔ แผนที่ต่างๆ ทั้งแผนที่เดินเรือและแผนที่บก จำนวน ๒ ใน ๓ ของทั้งหมดใช้แนวนี้เป็นเมริเดียนตั้งต้น (Prime Meridian) ต่อมาในวันที่ ๑๑ ตุลาคม ค.ศ. ๑๘๘๓ ผู้นำของสายการเดินรถไฟหลักได้มีการประชุมกันที่ โรงแรมแกรนด์แปซิฟิก ในชิคาโก ยอมรับระบบเวลามาตรฐาน (The Standard Time System) ระบบเวลาใหม่นี้ได้รับการยอมรับจากรัฐส่วนใหญ่เกือบจะทันที หลังจากการยอมรับของบริษัทรถไฟ และสุดท้ายการยอมรับอย่างเป็นทางการของรัฐบาลสหรัฐฯ เกิดขึ้นในอีกเกือบ ๕๐ ปีต่อมา ในปี ค.ศ. ๑๙๒๙ ประเทศต่างๆ ได้เริ่มยอมรับโซนเวลามาตรฐานนี้

๒.๒.๒.๖ เวลาสากล UT0, UT1, UT2 และ UT1R

เนื่องจากระบบเวลาดาราคติและระบบเวลาสุริยคติอ้างอิงอยู่กับการหมุนรอบตัวเองของโลก 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) การเปลี่ยนแปลงความเร็วตามฤดูกาลหรือตามคาบเวลา (Seasonal or Periodic Variation) เกิดขึ้นได้ซ้ำๆ ในลักษณะเดิมโดยประมาณทุกปี แต่อาจจะมากบ้างน้อยบ้างแตกต่างกันไป สาเหตุของการเปลี่ยนแปลงนี้คือสภาพทางอุตุนิยมวิทยา และ Earth Tides (การเคลื่อนตัวของเปลือกโลกเนื่องจากได้รับอิทธิพลจากแรงดึงดูดของดวงอาทิตย์และดวงจันทร์)

๒.๒) การลดลงของความเร็วในระยะยาว (Secular Decrease) โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่มีสาเหตุมาจาก dissipative tidal forces

๒.๓) การเปลี่ยนแปลงความเร็วแบบไม่แน่นอน (Irregular Fluctuations) ซึ่งเป็นผลสืบเนื่องมาจากปรากฏการณ์ต่างๆ ของดวงอาทิตย์

ผลกระทบของการเคลื่อนตัวของขั้วโลกที่มีต่อเวลาสากล (UT) หาได้จากการรังวัด (observations) หรือการเฝ้าตรวจ ซึ่งดำเนินการและวิเคราะห์โดย “สำนักงานชั่ง ตวง วัด สากล (Bureau International de l' Heure : BIH)” ผลกระทบของการเคลื่อนตัวของขั้วโลกที่มีต่อเวลา (ลองจิจูด) ใช้สัญลักษณ์เป็น “ $\Delta\Lambda_p$ ”

เนื่องจากความไม่สม่ำเสมอในการหมุนรอบตัวเองของโลก ซึ่งมีผลกระทบต่อระบบเวลาที่อ้างอิงกับการหมุนรอบตัวเองของโลก 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-อาร์)

$UT1 - UT1R < 0.0025$ 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 แสดงถึงระยะทางเชิงมุมในการหมุนรอบตัวเองของโลกที่ถูกต้องตามความเป็นจริง

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

เนื่องจาก UT1 แสดงถึงการหมุนรอบตัวเองจริงๆ ของโลก จึงมีความสำคัญมากในงานทางจีโอดีซี (Geodesy) ที่จำเป็นต้องอ้างอิงการรังวัดกับขณะเวลาใดขณะเวลาหนึ่ง ส่วน UT2 เนื่องจากเป็นเวลาที่สม่ำเสมอ จึงเหมาะที่จะใช้กับงานที่ต้องการรังวัดที่ค่อนข้างสม่ำเสมอ

เนื่องจากความไม่สม่ำเสมอในการหมุนรอบตัวเองของโลกมีผลต่อเวลา UT จึงถือว่ามีอิทธิพลต่อเวลา MT, MST และ GMST ด้วย ในทำนองเดียวกันเราจึงสามารถจำแนกเวลาเหล่านี้ออกเป็น MT0, MT1, MT2, MST0, MST1, NST2, GSMT0, GSMT1, GSMT2 (2-28) ได้เช่นกัน 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 เหมือนงานดาราศาสตร์ซึ่งเป็นงานทางวิทยาศาสตร์ 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 บางท่านสับสนเนื่องจากมีชื่อและใช้อักษรย่อคล้ายๆ กัน Universal Time หมายถึง เวลาสากล (UT) ซึ่งเป็นช่วงเวลาอย่างหนึ่งของช่วงเวลาสุริยคติเท่านั้น ในขณะที่ Universal Time System นั้นหมายถึง ระบบเวลาสากลหรือระบบเวลาสุริยคติทั้งระบบ

๒.๒.๒.๗ การแปลงระหว่างระบบเวลาดาราคติกับระบบเวลาสุริยคติ

เวลาดาราคติกับเวลาสุริยคติ สามารถแปลงกลับไปกลับมาระหว่างกันได้ ด้วยสูตรความสัมพันธ์ต่อไปนี้

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

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

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 = Mean Solar Time (เวลาสุริยคติเฉลี่ย)

MST = Mean Sidereal Time (เวลาดาราคติเฉลี่ย)

ช่วงเวลาดาราคติกับช่วงเวลาสุริยคติ สามารถแปลงกลับไปกลับมาระหว่างกันได้ ด้วยสูตรความสัมพันธ์ต่อไปนี้

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

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

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

$$\begin{aligned}
 1^d(S) &= 23^h 56^m 04^s.09054 (M) & 1^d(M) &= 24^h 03^m 56^s.55536 (S) \\
 1^h(S) &= 59^m 50^s.17044 (M) & 1^h(M) &= 1^h 00^m 09^s.85647 (S) \\
 1^m(S) &= 59^s.83617 (M) & 1^m(M) &= 1^m 00^s.16427 (S) \\
 1^s(S) &= 0^s.99727 (M) & 1^s(M) &= 1^s.00273 (S)
 \end{aligned}$$

ตัวอย่างตัวเลขการคำนวณ การแปลงระหว่างขณะเวลาดาราคติกับขณะเวลาสุริยคติ และการแปลงระหว่างช่วงเวลาดาราคติกับช่วงเวลาสุริยคติ ได้แสดงไว้ ๔ ตัวอย่างดังต่อไปนี้

ตัวอย่าง

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

1	TT	15 ^h 33 ^m 19 ^s .000	December 14, 1966
2	Λ	-5 32 09.303	
3	GTT = TT - Λ	21 05 28.303	
4	Eq. T at 0 ^h UT	05 41.970	From U. S. Naval Obs. Circular No. 97
5	Approximate UT (first)	20 59 46.333	(3) - (4)
6	Δ (Eq. T) for approximate UT (first)	-25.090	From U. S. Naval Obs. Circular No. 97
7	Approximate UT (second)	21 00 11.423	(5) - (6)
8	Δ (Eq. T) for approximate UT (second)	-25.099	From U. S. Naval Obs. Circular No. 97
9	UT = GTT - Eq. T	21 00 11.432	(3) - (4) - (8)
10	JD at 1966 Dec. 14, 21 ^h 00 ^m 11 ^s .432 UT	2439474.375132	From AENA, 1966, p. 17
11	JD at 1900 January 0 ^h 5 UT	2415020.0	Fundamental epoch of UT
12	t_m (mean solar days)	24454.375132	(10) - (11)
13	t_m (Julian centuries)	0.6695243020	(12)/36525
14	(GMST) ₀ = 6 ^h 38 ^m 45 ^s .836 + 8640184 ^s .542 t_m + 0 ^s .09296 t_m^2	6 ^h 38 ^m 45 ^s .836 22 53 33.525 0.042	(GMST) ₀ = GMST at 0 ^h UT, from equation (5.41)
15	GMST = UT + (GMST) ₀	26 32 30.835	
16	Eq. E	-0.732	From AENA, 1966, p. 17
17	GAST = GMST + Eq. E	26 32 30.103	
18	Λ	-5 32 09.303	
19	AST = GAST + Λ	21 ^h 00 ^m 20 ^s .800	December 14, 1966

AENA ย่อมาจาก American Ephemeris and Nautical Almanac

ตัวอย่าง

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

1	TT	15 ^h 33 ^m 19 ^s .000	December 14, 1966
2	Λ	-5 32 09.303	
3	GTT = TT - Λ	21 05 28.303	
4	Eq. T at 0 ^h UT	05 41.970	From U. S. Naval Obs. Circular No. 97
5	Approximate UT (first)	20 59 46.333	(3) - (4)
6	Δ (Eq. T) for approx. UT (first)	-25.090	From U. S. Naval Obs. Circular No. 97
7	Approximate UT (second)	21 00 11.423	(5) - (6)
8	Δ (Eq. T) for approx. UT (second)	-25.099	From U. S. Naval Obs. Circular No. 97
9	UT = GTT - Eq. T	21 00 11.432	(3) - (4) - (8)
10	GAST at 1966 Dec. 14, 0 ^h UT	5 28 51.646	From AENA, 1966, p. 17
11	21 ^h (S) - 21 ^h (M) 11 ^h 432(S) - 11 ^h 432(M)	3 26.986 0.031	Conversion of mean solar to mean sidereal interval
12	Δ (Eq. E) for UT	0.008	From AENA, 1966, p. 17
13	GAST	26 32 30.103	(9) + (10) + (11) + (12)
14	Λ	-5 32 09.303	
15	AST = GAST + Λ	21 ^h 00 ^m 20 ^s .800	December 14, 1966

ตัวอย่าง

การแปลงเวลาดาราคติจริง (Apparent Sidereal Time : AST) เป็นเวลาสุริยคติจริง
(True Solar Time : TT) โดยไม่ใช้ตารางในการแปลง

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 GMST	2446154.105913	
7	JD = 0.9972695664 × GSD -0.669	2439475.044133	Equation (5.43)
	=	2439474.375133	
8	JD at 1900 January 0 ^h 5 UT	2415020.0	
9	t_m (mean solar days)	24454.375133	(7) - (8)
10	t_m (Julian centuries)	0.6695243020	(9)/36525
11	(UT) ₀ = -6 ^h 38 ^m 45 ^s .836 -8640184 ^s .542 t_m -0 ^s .0929 t_m^2	-6 ^h 38 ^m 45 ^s .836 -22 53 33.525 -0.042	(UT) ₀ = UT at 0 ^h GMST, from equation (5.40)
12	UT = GMST + (UT) ₀	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

การแปลงเวลาดาราคติจริง (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

ระบบเวลาดวงอาทิตย์หรือระบบเวลาสุริยคติหรือระบบเวลาสากลที่กล่าวมาทั้งหมดนั้น มีข้อสังเกตที่ควร
จดจำดังนี้

๑) ระบบเวลาดวงอาทิตย์หรือระบบเวลาสุริยคติ มีชื่อเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า **“ระบบเวลาสากล”**
นั้น เนื่องจากคนทั่วโลกใช้ดวงอาทิตย์เป็นสิ่งอ้างอิงในการกำหนดเวลา สำหรับการดำเนินชีวิตเหมือนกันหมด

๒) อย่างไรก็ตามคนทั่วโลกไม่ได้ใช้ดวงอาทิตย์จริงโดยตรงในการกำหนดเวลาเพื่อการดำเนินชีวิต
แต่มีการปรับหรือประยุกต์การใช้องศาอาทิตย์จริงอีกหลายขั้นตอน จนมาเป็นเวลาบนนาฬิกาข้อมือหรือนาฬิกาติดผนัง
ที่เราใช้กันอยู่ทุกวันนี้ โดยสรุปขั้นตอนการประยุกต์ใช้ดวงอาทิตย์จริงมีดังนี้

๒.๑) ปรับจากการใช้ดวงอาทิตย์จริงมาเป็นดวงอาทิตย์สมมุติ

๒.๒) ปรับจากการใช้เวลาจากดวงอาทิตย์สมมุติที่เมริเดียนเบื้องล่างของแต่ละคน มาเป็น
เวลาประจำภาค

๒.๓) บางประเทศปรับและประกาศใช้เวลามาตรฐานของประเทศ ให้ต่างจากเวลามาตรฐาน

ตามหลักสากลของการกำหนดเวลาประจำภาค อย่างเช่น มาเลเซียและสิงคโปร์ ดังที่กล่าวมาแล้ว

๒.๔) เวลาที่นาฬิกาข้อมือหรือนาฬิกาติดผนังของแต่ละคน ก็คือเวลามาตรฐานของประเทศของตน ซึ่งอาจตรงกับหรือต่างจากเวลามาตรฐานตามหลักสากลของการกำหนดเวลาประจำภาคก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับ การตัดสินใจและประกาศใช้ของประเทศของตน สำหรับประเทศไทยเวลามาตรฐานของประเทศตรงกับเวลา มาตรฐานตามหลักสากลของการกำหนดเวลาประจำภาค นั่นคือ เวลามาตรฐานของประเทศไทย เท่ากับ +๗ ชั่วโมง จาก GMT

๒.๓ ระบบเวลาที่อ้างอิงกับการโคจรรอบดวงอาทิตย์ของโลก

๒.๓.๑ ระบบเวลาอีเฟเมอริส (Ephemeris Time System)

ระบบเวลาอีเฟเมอริส เป็นระบบเวลาที่เป็นอิสระของการเปลี่ยนแปลงตามทฤษฎีว่าด้วยแรงโน้มถ่วงของดวงอาทิตย์ ดวงจันทร์ และดาวเคราะห์อื่นๆ ในระบบสุริยะ

จากความไม่สม่ำเสมอของระบบเวลาที่อ้างอิงกับการหมุนรอบตัวเองของโลก (ระบบเวลาดาราคติและระบบเวลาสุริยคติ) ทำให้ระบบเวลาที่อ้างอิงกับการหมุนรอบตัวเองของโลกไม่สามารถใช้ได้กับงานทางดาราศาสตร์ นักดาราศาสตร์ซึ่งเป็นนักวิทยาศาสตร์สาขาหนึ่งจึงต้องหาระบบเวลาใหม่ที่ไม่เกี่ยวข้องกับการหมุนรอบแกนของโลก มาใช้ทำงาน โดยระบบเวลาใหม่นี้ต้องกำหนดด้วยการเคลื่อนที่ตามแรงโน้มถ่วงของวัตถุท้องฟ้าในระบบสุริยะเท่านั้น และเนื่องจากการเคลื่อนที่ปรากฏของวัตถุท้องฟ้าทั้งหมดในระบบสุริยะเป็นผลรวมของการเคลื่อนที่ของโลกกับของ วัตถุท้องฟ้า นั้น จึงพิจารณาใช้การเคลื่อนที่ปรากฏของดวงอาทิตย์เองโดยเฉพาะอย่างยิ่งการเปลี่ยนแปลงค่า Geometric Longitude ของดวงอาทิตย์เป็นพื้นฐานของระบบเวลาใหม่ และเนื่องจากทฤษฎีหรือสูตรการเปลี่ยนแปลงค่าพิกัด ของดวงอาทิตย์ของนิวคอมบ์ (Newcomb) ได้รับความนิยมกว้างขวางที่สุด จึงถูกนำมาใช้ในการกำหนดระบบเวลา ใหม่ ระบบเวลาใหม่ที่ได้เรียกว่า **“ระบบเวลาอีเฟเมอริส (Ephemeris Time System)”**

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

ตามหลักการนักดาราศาสตร์หาเวลาอีเฟเมอริส ณ ขณะใดๆ ได้จากการรังวัดตำแหน่งของดวงอาทิตย์ หรือ ดวงจันทร์ หรือดาวเคราะห์ แล้วนำไปเทียบกับ**อีเฟเมอริสหรือปฏิทินดาราศาสตร์** (บรรณสารให้ข้อมูลการคำนวณ ตำแหน่งของวัตถุท้องฟ้าต่างๆ ในแต่ละวันตลอดปี ด้วยสูตรของนิวคอมบ์) ของดวงอาทิตย์ หรือดวงจันทร์ หรือดาวเคราะห์นั้น ก็จะได้เวลาอีเฟเมอริส ซึ่งเป็นตัวแปรอิสระในสูตรแสดงตำแหน่งของวัตถุท้องฟ้า นั้นๆ ของนิวคอมบ์ออกมา และเมื่อนักดาราศาสตร์จดเวลาสากล (UT) ขณะทำการรังวัดตำแหน่งของดวงอาทิตย์ หรือดวงจันทร์ หรือดาวเคราะห์ไว้ด้วย นักดาราศาสตร์จะได้ผลต่างของ ET กับ UT ที่อยู่ในรูปของ ΔT มาทำเป็นตารางให้คนทั่วไปใช้หา ET ได้ต่อไป โดยสูตรของ ΔT คือ

$$\Delta T = ET - UT$$

ในทางปฏิบัติวัตถุท้องฟ้าที่นักดาราศาสตร์นิยมทำการรังวัดตำแหน่งเพื่อหา ET คือ ดวงจันทร์ เนื่องจากดวงจันทร์มีการเคลื่อนที่รอบจุดศูนย์กลางของโลก (Geocentric Motion) ที่มากกว่าหรือชัดเจนกว่าวัตถุท้องฟ้าอื่น

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

๒.๓.๑.๑ ขณะเวลาอีเฟเมอริส (Ephemeris Epoch)

ขณะเวลามาตรฐาน (Standard Epoch) ของเวลาอีเฟเมอริสหรือขณะเวลาเริ่มต้นเวลาอีเฟเมอริส

กำหนดเป็น 1900 January 0^d.5 ET ณ ขณะเวลานี้ Geometric Mean Longitude ของดวงอาทิตย์มีค่าเท่ากับ 279° 41' 48^{''}.04 (มติที่ประชุม IAU ครั้งที่ ๑๐ ณ กรุงมอสโก ปี ค.ศ.๑๙๕๘)

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 = จำนวนศตวรรษอีเฟเมอร์ลิส

๒.๓.๑.๒ ช่วงเวลาอีเฟเมอร์ลิส (Ephemeris Interval)

ช่วงเวลาอีเฟเมอร์ลิสต้องต่อท้ายด้วย “(E)” และหน่วยหลักของช่วงเวลาอีเฟเมอร์ลิสคือ ความนานของศตวรรษทรอปิคอล (Tropical Century) ณ ขณะเวลามาตรฐาน (Standard Epoch) ของเวลาอีเฟเมอร์ลิส ($t_E = 0$) ซึ่งแบ่งย่อยออกได้ ดังนี้

$$1 \text{ Ephemeris century} = 36525 \text{ Ephemeris days}$$

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

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

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

๒.๓.๑.๓ ปฏิทินอีเฟเมอร์ลิส (Ephemeris Calendars)

ในการทำปฏิทินอีเฟเมอร์ลิสมีการกำหนดคัพพ์ โดยประยุกต์ตาม Julian Date (JD) และ Julian Day Number ขึ้น ๒ คำ คือ

๑) **วันจูเลียนอีเฟเมอร์ลิส (Julian Ephemeris Date : JED)** คือ จำนวนวันอีเฟเมอร์ลิสทั้งหมด (ทั้งจำนวนเต็มและเศษของวัน) ที่ผ่านไปตั้งแต่เวลา ๑๒ นาฬิกา ตามเวลาอีเฟเมอร์ลิส ของวันที่ ๑ มกราคม ปี ๔๗๑๓ ก่อนคริสต์ศักราช (12^h ET Jan.1, 4713 B.C.) ถึงช่วงเวลาใดๆ ที่ต้องการ

๒) **เลขวันจูเลียนอีเฟเมอร์ลิส (Julian Ephemeris Day Number)** คือ ส่วนที่เป็นจำนวนเต็มของ JED

ดังนั้นค่า JED ของขณะเวลามาตรฐาน (Standard Epoch) ของเวลาอีเฟเมอร์ลิส (1900 Jan. 0^d.5 ET) ก็คือ

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

โดยทั่วไปจะได้ว่า

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

จุดเริ่มวันของ วันจูเลียนอีเฟเมอร์ลิส คล้ายกับของวันจูเลียน กล่าวคือ

วันจูเลียนอีเฟเมอร์ลิส เริ่มที่ 12^h ET

วันจูเลียน เริ่มที่ 12^h UT

ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาอีเฟเมอร์ลิสกับเวลาสากล

เวลาอีเฟเมอร์ลิส (ET) กับเวลาสากล (UT or GMT) มีความเกี่ยวข้องกันอย่างใกล้ชิด ทั้งๆ ที่เป็นเวลาคนละระบบ เนื่องจากสามารถแปลงเวลาสากลให้เป็นเวลาอีเฟเมอร์ลิสได้ ถ้าทราบค่าความต่างของเวลาทั้งสองนี้ ซึ่งอยู่ในรูปของ ΔT ที่หาและพิมพ์แจกจ่ายไปทั่วโลกโดยหอดูดาวสำคัญๆ ของโลก

จากการศึกษาข้อมูลความต่างย้อนหลังไปถึงปี ค.ศ.๑๖๒๑ เวลาอีเฟเมอร์ลิสเร็วกว่าเวลาสากล ๙๘ วินาที หลังจากปีนั้นเป็นต้นมาเวลาอีเฟเมอร์ลิสเร็วและช้ากว่าเวลาสากลสลับกัน และตั้งแต่ปี ค.ศ.๑๙๐๓ จนถึงปี ค.ศ.๑๙๘๓ เวลาอีเฟเมอร์ลิสเริ่มกลับมาเร็วกว่าเวลาสากลอีก กล่าวคือในปี ค.ศ.๑๙๐๓ เวลาอีเฟเมอร์ลิสเริ่มกลับมาเร็วกว่าเวลาสากล ๐.๓๑ วินาที และเร็วมากขึ้นทุกปีจนถึงปี ค.ศ.๑๙๘๓ เวลาอีเฟเมอร์ลิสเร็วกว่าเวลาสากล ๕๓.๓๕ วินาที และใน มกราคม ค.ศ.๑๙๘๔ เวลาอีเฟเมอร์ลิสเร็วกว่าเวลาสากลถึง ๕๓.๙ วินาที ค่าความต่างของเวลาทั้งสองนี้ใน ปฏิทินดาวหรือ Astronomical Almanac (บรรณสารให้ข้อมูลค่าพิกัดท้องฟ้าที่ออกตามเวลาเหมือนอีเฟเมอร์ลิส แต่มีข้อมูลน้อยกว่าและหยากกว่าของอีเฟเมอร์ลิส) ให้ไว้ในรูปของ ΔT โดยที่

$$\Delta T = ET - UT$$

ปัจจุบันเวลาอีเฟเมอร์ลิสไม่ได้รับการยอมรับให้นำมาใช้ทำ*อีเฟเมอร์ลิสหรือปฏิทินดาราศาสตร์* (บรรณสารที่ให้ข้อมูลการคำนวณตำแหน่งของวัตถุท้องฟ้าต่างๆ ในแต่ละวันตลอดปี) อีกต่อไป เนื่องจากเหตุผล ๒ ประการ คือ

๑) ปัญหาทางปฏิบัติในการรังวัดและคำนวณหาเวลาอีเฟเมอร์ลิส

ในการรังวัดและคำนวณหาเวลาอีเฟเมอร์ลิสแต่ละครั้ง ปกติต้องใช้เวลามากกว่า ๑ ปี จึงจะได้ผลลัพธ์ออกมาใช้ ทั้งนี้เนื่องจากต้องทำการหักแก้ผลการรังวัดมากและมีข้อมูลจำนวนมากที่ต้องวิเคราะห์ นอกจากนี้ในช่วงของการรังวัดดวงจันทร์ ก็ยังพบปัญหาว่าดวงจันทร์ไม่ใช่ทรงกลมที่สมบูรณ์ และดวงจันทร์จะไม่ปรากฏด้านเดิมทุกครั้งที่ทำการรังวัด (เรียกว่า Moon's Vibration)

๒) ปัญหาทางทฤษฎีเกี่ยวกับคำจำกัดความของเวลาอีเฟเมอร์ลิส ซึ่งมี ๒ ประการคือ

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

๒.๒) ความเร็วในการโคจรรอบโลกของดวงจันทร์ไม่เท่ากับความเร็วในการหมุนรอบตัวเองของโลก จากปัญหาของเวลาอีเฟเมอร์ลิสดังที่กล่าวมา 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 และในอีเฟเมอร์ลิสของวัตถุท้องฟ้าในระบบสุริยะ (The Astronomical Almanac, 1984, Supplement)

๒.๓.๒ ระบบเวลาไดนามิก (Dynamic Time System)

ระบบเวลาไดนามิกเป็นระบบเวลาที่อ้างอิงกับปรากฏการณ์ทางไดนามิก (Dynamic Phenomena) ซึ่งได้แก่การเคลื่อนที่ของดาวเคราะห์ในระบบสุริยะ เป็นระบบเวลาที่ใช้ทำ*อีเฟเมอร์ลิสแทนเวลาอีเฟเมอร์ลิส* เนื่องจากเหตุผลดังต่อไปนี้

- ๑) เป็นระบบเวลาที่เข้าถึงได้ง่ายกว่าเวลาอีเฟเมอร์ลิส
- ๒) เป็นระบบเวลาที่กำหนดอย่างละเอียดด้วยสิ่งหรือปริมาณที่น่าเชื่อถือ
- ๓) เป็นระบบเวลาที่กำหนดด้วยสิ่งหรือปริมาณที่รักษาความสม่ำเสมอในระยะยาว (Long Term Uniformity)
- ๔) เป็นระบบเวลาที่กำหนดด้วยสิ่งหรือปริมาณที่มีความคงตัว (Stability) ในระดับเดียวกับเวลาอีเฟเมอร์ลิส

(IAU) ได้กำหนดนิยามศัพท์หรือระบบเวลาอยู่ในระบบเวลาไดนามิก ขึ้น ๒ อย่าง คือ

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

๒) **Barycentric Dynamical Time (TDB)** เป็นระบบเวลา หรือมาตรวัดเวลาสำหรับใช้กับ Equation of Motion ของวัตถุท้องฟ้าที่คิดอ้างอิงกับจุดศูนย์กลางของระบบสุริยะ (Barycenter)

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

๒.๓.๒.๑ ช่วงเวลาและช่วงเวลา TDT (TDT Epoch and Time Interval)

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

- ความนานของวินาทีของนาฬิกาอะตอมที่วัดที่ระดับทะเลปานกลาง จะต่างจากความนานของวินาทีของนาฬิกาอะตอมที่วัดที่อื่น ทั้งนี้เนื่องจากอิทธิพลของแรงโน้มถ่วง (Gravity)

- Standard epoch ของ TDT คือ

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

- ฉะนั้นจะได้ว่า

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

- ช่วงเวลาของ TDT เท่ากับช่วงเวลาของ ET เพราะว่า

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

- จะเห็นว่า TDT ก็คือ ET นั่นเอง ในทางปฏิบัติจึงสามารถใช้ TDT แทน ET ได้ทุกวัตถุประสงค์

- ก่อนปี ค.ศ.๑๙๕๕ 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 ซึ่งใช้สัญลักษณ์ว่า ΔT ได้แสดงไว้เป็นตารางใน Astronomical Almanac's Section B การคำนวณได้จากสูตร

$$\Delta T = \text{ET} - \text{UT} \quad (\text{ก่อนปี ค.ศ.๑๙๘๔})$$

$$\Delta T = \text{TDT} - \text{UT} \quad (\text{ตั้งแต่ปี ค.ศ.๑๙๘๔ เป็นต้นมา})$$

- การแปลงตำแหน่ง (δ, α) ของวัตถุท้องฟ้าจากอีเฟเมอริส ซึ่งอ้างอิงอยู่กับ TDB ให้มาอ้างอิงกับ UT (หรือ

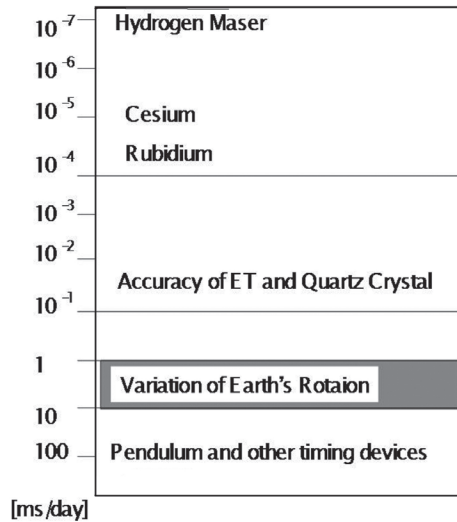


FIGURE 2.8 Illustration of progress in timing accuracy per day.
GPS surveying possible.

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}	3,000,000 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 แสดงอัตราผิดสะสมของนาฬิกาซีเซียมที่มีผลต่ออัตราผิดของระยะทางการเดินทางของคลื่นแสง (อัตราผิดสะสมของเวลานี้อยู่บนสมมุติฐานที่ว่า นาฬิกามีความคงตัวคงที่)

GMT) ทำตามขั้นตอนดังนี้

๑) หา δ , α (TDB) จาก Ephemeris

๒) แปลง TDB เป็น TDT โดยใช้สูตร

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

๓) แปลง TDT เป็น TAI โดยใช้สูตร

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

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

๒.๔ ระบบเวลาอะตอม (Atomic Time System)

ระบบเวลาอะตอม หรือบางตำราเรียกว่า ระบบเวลาปรมาณู เป็นระบบเวลาที่อ้างอิงกับความถี่ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของอะตอมของธาตุที่ใช้ควบคุมการเดินหรือการทำงานของนาฬิกา

เวลาอะตอม (Atomic Time : AT) คือเวลาที่ได้จากนาฬิกาอะตอม ซึ่งได้แก่ นาฬิกาที่ใช้ธาตุ อย่างเช่น ควอตซ์ (Quartz) รูบิเดียม-๘๗ (Rubidium-87) ซีเซียม-๑๓๓ (Cesium-133) ไฮโดรเจน เมเซอร์ (Hydrogen Maser) ควบคุมการเดินหรือการทำงานของนาฬิกา

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

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

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

จากตารางที่ ๒-๔ จะเห็นว่าถ้าใช้นาฬิกาซีเซียมจับเวลาเพื่อคำนวณหาระยะทางการเดินทางของแสง จะพบว่าการที่ระยะทางการเดินทางของแสงจะผิดไป ๓๐๐ เมตร นาฬิกาซีเซียมต้องมีอัตราผิด 1,000 nsec (nanosecond = 10^{-9} วินาที) และการที่นาฬิกาซีเซียมจะมีอัตราผิดสะสมรวม 1,000 nsec นาฬิกาซีเซียมต้องใช้เวลานานถึง 10^{-7} วินาที

ธาตุที่นิยมนำมาใช้ควบคุมการทำงานของนาฬิกาอะตอมมีหลายอย่างดังที่กล่าวมา ธาตุแต่ละอย่างมีความถี่ต่างกัน เมื่อนำมาใช้ควบคุมการทำงานของนาฬิกาอะตอม ย่อมให้ความละเอียด ถูกต้อง และความคงที่ของเวลาต่างกัน หลักการพื้นฐานของระบบเวลาอะตอมก็คือ ต้องยอมรับความถี่ของอะตอมของธาตุใดธาตุหนึ่งเป็นมาตรฐานซึ่งเรียกว่า มาตรฐานอะตอม (Atomic Standard) เพื่อให้เวลาที่ได้จากนาฬิกาอะตอมที่ใช้ธาตุต่างกันสามารถเทียบกันได้

สากลยอมรับความถี่ของอะตอมของธาตุซีเซียมหรือซีเซียม-๑๓๓ เป็นมาตรฐานอะตอม กล่าวคือ ที่ประชุมของคณะกรรมการชั่ง ตวง วัด สากล (International Committee of Weights and Measures : CGPM) ครั้งที่ ๑๓ เมื่อ ตุลาคม ค.ศ.๑๙๖๗ 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 คือความนานที่เกิดจากการแกว่งของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของอะตอมของธาตุซีเซียม-๑๓๓ จำนวน ๙,๑๙๒,๖๓๑,๗๗๐ รอบหรือไซเคิล ในระหว่างการเปลี่ยนสถานะของอะตอมของธาตุซีเซียม-๑๓๓ จากระดับพลังงาน ๔ สนามแม่เหล็ก ๐ เป็นระดับพลังงาน ๓ สนามแม่เหล็ก ๐ โดยไม่ถูกรบกวนจากสนามแม่เหล็กภายนอก

ถึงแม้มาตรฐานอะตอมที่เป็นที่ยอมรับกันเป็นสากล ในปี ค.ศ.๑๙๖๗ คือมาตรฐานอะตอมซีเซียม-๑๓๓ แต่การใช้ซีเซียม-๑๓๓ เป็นมาตรฐานในการรักษาเวลายังแบ่งออกได้เป็น 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 ไม่เหมาะที่จะใช้เป็นมาตรวัดเวลาหรือรักษาเวลามาตรฐานอย่างต่อเนื่องในระยะยาว

มาตรฐานซีเซียมเชิงพาณิชย์ ถึงแม้ว่าความถี่อาจจะต่างจากวินาทีสากลเล็กน้อย แต่ก็มีความถี่ที่เที่ยงตรง เชื่อถือได้ และมีอยู่พร้อมที่จะใช้ได้ทันที

ปัจจุบันมีหลายหน่วยงานที่ดำเนินการมาตรฐานซีเซียมเชิงพาณิชย์ เวลาอะตอมที่ได้จากมาตรฐานซีเซียมเชิงพาณิชย์ของแต่ละหน่วย จะถือเป็นเวลาอะตอมแต่ละระบบ ดังนั้นปัจจุบันในโลกจึงมีเวลาอะตอมอยู่หลายระบบ แต่ระบบที่สำคัญและควรทราบมีดังนี้

เวลาอะตอม A.1

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

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

เวลาอะตอม NBS-A

เป็นเวลาอะตอมที่ได้จากการดำเนินการของ U.S. National Bureau of Standards ที่ Boulder, Colorado เป็นเวลาอะตอมที่อ้างอิงกันหรือได้จาก Caesium Beam Standard แบบ NBS-III ซึ่งเป็นแบบที่ใช้ในห้องทดลอง การรักษาเวลาอะตอมระบบนี้ใช้ Atomic Oscillator จำนวน ๕ เครื่อง ซึ่งความถี่ของทั้ง ๕ เครื่องจะเปรียบเทียบกับความถี่ของเครื่อง NBS-III เป็นประจำ

เวลาอะตอม A3

เป็นเวลาอะตอมที่ได้จากการดำเนินงานของ Bureau International de l'Heure (BIH) กรุงปารีส ประเทศฝรั่งเศส เวลาอะตอมระบบนี้ได้จากค่าเฉลี่ยตามการกำหนดน้ำหนัก (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

ในทางปฏิบัติเวลาอะตอมมาตรฐานได้จากการรวบรวมเวลาอะตอมจากมาตรฐานซีเซียมเชิงพาณิชย์ จากหลายห้องปฏิบัติการหรือจากหลายหน่วย ซึ่งแต่ละหน่วยก็ได้คำนวณหาเวลาอะตอมเฉลี่ย (Mean Atomic Time) ของตนเองไว้แล้วขั้นหนึ่ง แล้วพิมพ์ออกมาในรูปของค่าแก้ ซึ่งเรียกว่า “Paper Clock” หรืออาจจะใช้กับนาฬิกาหลัก (Master Clock) อีกเรือนหนึ่งแยกต่างหาก เพื่อแสดงเวลาอะตอมเฉลี่ยโดยตรง

๒.๔.๑ ขณะเวลาอะตอม (Atomic Time Epoch)

ขณะเวลาหลักหรือขณะเวลามาตรฐาน (Fundamental or Standard Epoch) ของระบบเวลาอะตอม คือ ขณะเวลาเริ่มเดินนาฬิกาอะตอมหรืออ่านเวลาครั้งแรกจากนาฬิกาอะตอม (Initial Reading) จึงแตกต่างกันไปตามแต่ละห้องปฏิบัติการเวลาหรือแต่ละระบบเวลาอะตอม และเนื่องจากวัตถุประสงค์หลักของเวลาอะตอมในทางปฏิบัติ ก็คือเพื่อใช้วัดช่วงเวลา ดังนั้นขณะเวลาหลักหรือขณะเวลามาตรฐานในระบบเวลาอะตอมจึงไม่มีความสำคัญและไม่มีความจำเป็นต้องกำหนด

๒.๔.๒ ช่วงเวลาอะตอม (Atomic Time Interval)

หน่วยหลักของช่วงเวลาอะตอม คือ วินาที (Second) ตามที่ที่ประชุมของคณะกรรมการชั่ง ตวง วัดสากล (International Committee of Weights and Measures : CGPM) ครั้งที่ ๑๓ เมื่อ ตุลาคม ค.ศ.๑๙๖๗ ณ กรุงปารีส ได้ประกาศยอมรับนำมาใช้ตามที่กล่าวแล้ว

คำนิยามของวินาทีที่กล่าวมานี้ เป็นผลมาจากหรือได้จากการทดลองร่วมกันระหว่าง U.S. Naval Observatory กับ National Physical Laboratory (ที่ Teddington, ประเทศอังกฤษ)

จากการทดลองร่วมกันดังกล่าวพบว่าความถี่ของ Caesium-133 ที่สนามแม่เหล็กเท่ากับ 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) ในที่นี้มีการอ้างอิงช่วงเวลาปี 1957.0 ด้วย เนื่องจาก Atomic Time และ Ephemeris Time (Gravitational Time) อาจแตกต่างกันเนื่องจากสาเหตุทางทฤษฎีต่างๆ ของจักรวาล (Cosmic causes)

หน่วยของช่วงเวลาอะตอมอื่นๆ จะได้จากวินาทีอะตอมตามคำนิยามที่กล่าวมา ในการเขียนช่วงเวลาอะตอมใดๆ จะต้องต่อท้ายด้วย “(A)” เสมอ โดยสรุปได้ว่า

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

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

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

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

๒.๔.๓ ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาอะตอมกับเวลาอีเฟเมอริส

ความแตกต่างระหว่างเวลาอะตอม (AT) และเวลาอีเฟเมอริส (ET) ได้จากการเปรียบเทียบ ET กับ AT

- ET ได้จากการรังวัดหาตำแหน่ง (α, δ) ของดวงจันทร์ แล้วนำไปเปรียบเทียบกับอีเฟเมอริสของดวงจันทร์ ซึ่งได้แก่ ตำแหน่งของดวงจันทร์ตามสูตรของนิวคอมบ์ ซึ่งมี ET เป็นตัวแปรอิสระอยู่ในสูตร และทำการแก้สมการ จะได้ ET ออกมา

- ส่วน AT ได้จากการบันทึก AT ขณะที่ทำการรังวัดดวงจันทร์เพื่อหา ET

- ความสัมพันธ์ระหว่าง AT กับ ET เป็นไปตามสูตรต่อไปนี้ (Markowitz, 1959)

$$AT - ET = a + bt + ct^2$$

เมื่อ t = เวลา ณ ขณะเวลาที่ $AT = ET + a$

a = ขณะเวลาของ AT ที่สัมพันธ์กับ ET

b = อัตราส่วนการหาร (Division ratio) ที่ยอมรับนำมาใช้สำหรับ Atomic resonator

c = cosmic constant ซึ่งอาจจะเท่ากับ 0 หรือ $0^s.001$ ต่อปี

ขนาดความต่างของ $1^m (A)$ กับ $1^m (E)$ จะขึ้นอยู่กับความถูกต้องของ b เป็นหลัก ซึ่ง b ก็ขึ้นอยู่กับความถี่ของซีเซียมที่ยอมรับนำมาใช้กันนั่นเอง ส่วน c ปัจจุบันก็มีข้อสงสัยกันว่ามีผลกระทบมากหรือไม่และจะตัดทิ้งไม่มาพิจารณาได้หรือไม่

ปัจจุบัน $1^s (A)$ จะตรงกับ $1^s (E)$ ในระดับ 2×10^{-9} กล่าวอีกอย่างก็คือขนาดความต่างของ $1^s (A)$ กับ $1^s (E)$ จะอยู่ในระดับ 2×10^{-9} ซึ่งจะเห็นว่าเป็นค่าที่น้อยมาก ดังนั้นในงานหลายอย่างในทางปฏิบัติจึงใช้ช่วงเวลาอะตอมแทนช่วงเวลาอีเฟเมอริส

ข้อได้เปรียบหรือข้อดีที่สำคัญของเวลาอะตอม ก็คือเวลาอะตอมสามารถหาได้ทันทีจากสัญญาณเวลา และประกาศค่าแก้ (Correction Bulletins)

๒.๔.๔ เวลาอะตอมสากล (International Atomic Time : TAI)

ความแตกต่างระหว่างเวลาอะตอมและเวลาอีเฟเมอริส รวมทั้งวิธีการเทียบเวลาระยะไกลสมัยใหม่ อย่าง

เช่น LORAN-C, ดาวเทียม, นาฬิกาเคลื่อนที่ และโทรศัพท์ ได้ก่อให้เกิดมาตรวัดเวลาสากล (International Time Scales) ขึ้น โดยการหาค่าเฉลี่ยของเวลาอะตอมที่ได้จากประเทศต่างๆ

ค่าเฉลี่ยของเวลาอะตอมที่ได้จากนาฬิกาอะตอมจากห้องปฏิบัติการเวลาทั่วโลก เรียกว่า เวลาอะตอมสากล (International Atomic Time : TAI) ซึ่งหาและรักษาโดยสำนักงานชั่ง ตวง วัดสากล (Bureau International de l'Heure : BIH, ปัจจุบันคือ Bureau International des Poids et Mesures : BIPM) ซึ่งมีที่ตั้งอยู่ ณ กรุง ปารีส ประเทศฝรั่งเศส

UTC เป็นระบบเวลาที่อ้างอิงกับ Atomic Second และเดิมได้รับการรักษาให้ต่างจากเวลา UT2 ไม่เกิน 0.9 วินาที อยู่ตลอดเวลา โดยมีการลดหรือเพิ่มจำนวนวินาทีให้กับ UTC ตามระยะเวลาที่เหมาะสม

ประวัติการหาและรักษาเวลาอะตอมสากลของ BIH

- ตั้งแต่ปี ค.ศ. ๑๙๕๘ - ๑๙๖๘ BIH หาและรักษาเวลาอะตอมสากล โดยการวัดเฟสของสัญญาณความถี่ต่ำ (Low Frequency : LF) และสัญญาณความถี่ต่ำมาก (Very Low Frequency : VLF) จากห้องปฏิบัติการเวลาที่ติดตั้งนาฬิกาอะตอม และจากนาฬิกามาตรฐานของ Paris Observatory ซึ่งเรียกว่าเวลา A3

- ในปี ค.ศ. ๑๙๖๙ เวลาอะตอม ได้ถูกสร้างขึ้นให้มีขนาดต่อเนื่องกับเวลา A3 ทั้งนี้โดยการใช้การเปรียบเทียบเวลากับ LORAN-C

- ในวันที่ ๑ มกราคม ค.ศ. ๑๙๗๒ BIH ได้เริ่มใช้เวลาอะตอมสากลอย่างเป็นทางการ โดยกำหนดให้เป็นเวลาอะตอมที่ต่อเนื่อง และมีวัตถุประสงค์ในการรักษาค่าของวินาทีสากล (SI second) ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง

- ตั้งแต่ปี ค.ศ. ๑๙๗๓ เป็นต้นมา BIH คำนวณหาเวลาอะตอมสากลจากเวลาอะตอมที่ได้จากห้องปฏิบัติการเวลาทั่วโลก โดยใช้หลักการให้น้ำหนัก (Weighted mean) แก่นาฬิกาอะตอมแต่ละเรือน น้ำหนักที่ให้นาฬิกาอะตอมแต่ละเรือนจะเป็นสัดส่วนผกผันกับ Variance ของอัตราเร็วของนาฬิกาเรือนนั้นๆ ก่อนปี ค.ศ. ๑๙๗๓ การคำนวณเวลาอะตอมสากลก็ใช้หลักการให้น้ำหนักแก่นาฬิกาอะตอมของแต่ละหน่วยเหมือนกัน แต่การให้น้ำหนักในช่วงนั้นไม่เหมาะสม

- ในต้นปี ค.ศ. ๑๙๘๓ เวลาอะตอมสากลได้ถูกปรับให้เป็นระบบเวลาที่อ้างอิงกับนาฬิกาอะตอม ๑๓๐ เรือน จาก ๒๘ ห้องปฏิบัติการเวลาในอเมริกาเหนือ ยุโรป และแอฟริกาเหนือ

จุดมุ่งหมายของเวลาอะตอมสากล ก็คือต้องการให้ได้ความนานของวินาทีอะตอม เป็นไปตามนิยามของวินาทีสากล (SI Second) ซึ่งมีการกำหนดว่าจะต้องเป็นค่าที่ระดับทะเลปานกลาง ดังนั้นจึงมีการเปรียบเทียบและปรับเวลาอะตอมสากลกับความถี่หลักมาตรฐานที่ NBS, NRC และ PTB ในการเปรียบเทียบและปรับแก้จะมีการหักแก้ลงสู่ระดับทะเลปานกลางด้วย เพื่อแก้ผลกระทบของแรงดึงดูด (Gravitation) ที่มีการเปลี่ยนแปลงไปตามค่าความสูง ผลจากการเปรียบเทียบและปรับแก้ดังกล่าวนี้ตั้งแต่ ปี ๑๙๗๐ - ๑๙๗๖ ทำให้ BIH ประกาศยึดความนานของวินาทีของเวลาอะตอมสากล (TAI second) ออกไปอีก 10×10^{-13} วินาที ใน January 1, 1977 ณ เวลา $0^h 0^m 0^s$ เวลาอะตอมสากล การยึดความนานของวินาทีของเวลาอะตอมสากล (TAI second) ในครั้งนี้ทำให้ Epoch หลักหรือ Epoch เริ่มต้นของเวลาอะตอม A3 (0h UT2 January 1, 1958) เลื่อนไป 600 microsecond แต่ไม่ได้มีการเริ่มใหม่ (Reset) หรือกำหนดใหม่

ปัจจุบัน BIPM รวบรวมข้อมูลเวลาอะตอมจากนาฬิกาอะตอมประมาณ ๒๐๐ เรือน จากประมาณ ๕๐ ห้องปฏิบัติการเวลา จากประมาณ ๓๐ ประเทศทั่วโลก เพื่อคำนวณหาเวลาอะตอม สากลเดือนละ ๑ ครั้ง แล้วออกเป็นหนังสือเวียน เรียกว่า “Circular T” แจ้งผลต่างระหว่างเวลาอะตอมสากล (TAI) ที่ BIPM คำนวณได้กับเวลาอะตอมที่ได้รับจากแต่ละห้องปฏิบัติการเวลา ให้แต่ละห้องปฏิบัติการเวลาราย โดยในหนังสือเวียนดังกล่าวจะมีข้อมูลแจ้งว่าเวลาอะตอมสากลที่คำนวณได้ในเดือนนั้นๆ ได้ข้อมูลเวลาอะตอมจากนาฬิกาอะตอม รวมทั้งหมดก็

เรือน จากห้องปฏิบัติการเวลาใดบ้าง และมีการให้น้ำหนักเวลาอะตอมของแต่ละห้องปฏิบัติการเวลา หรือของนาฬิกาอะตอมแต่ละเรือนอย่างไร

เวลาอะตอมสากล เป็นเวลาที่คงที่สม่ำเสมอ (Uniform and Stable) โดยจะไม่ช้าหรือเร็วเกิน ๐.๐๐๐๐๐๐๑ วินาทีต่อปี เป็นเวลาที่ไม่มีการปรับจึงไม่สอดคล้องกับการหมุนรอบตัวเองของโลกซึ่งมีช้ามีเร็ว

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

เวลาอะตอมสากลที่ BIPM คำนวณได้ในแต่ละเดือนนั้น มีความละเอียด ถูกต้อง และเที่ยงตรงสูงมาก กล่าวอีกอย่างก็คือ เวลาอะตอมสากลไม่มีการช้าหรือเร็วตามการหมุนรอบตัวเองของโลกเหมือนเวลาจากดวงอาทิตย์หรือเวลาสุริยคติ ที่คนทั่วโลกใช้ในการดำเนินชีวิต เวลาอะตอมสากลจึงไม่สามารถนำไปใช้กับการดำเนินชีวิตของคนทั่วโลกได้โดยตรง ทั่วโลกจึงได้คิดหาเวลาใหม่ที่มีพื้นฐานมาจากเวลาอะตอม แต่ตรงหรือสอดคล้องกับเวลาที่ได้จากดวงอาทิตย์หรือเวลาสุริยคติ เพื่อนำมาใช้ในการดำเนินชีวิตของคนทั่วโลกแทนเวลาจากระบบเวลาสุริยคติ เพราะสะดวกง่าย และสอดคล้องกันทั่วโลก

เวลาใหม่ที่มีพื้นฐานมาจากเวลาอะตอม แต่ตรงหรือสอดคล้องกับเวลาที่ได้จากดวงอาทิตย์หรือเวลาสุริยคติ และสามารถนำมาใช้ในการดำเนินชีวิตของคนทั่วโลกแทนเวลาจากระบบเวลาสุริยคติได้ ก็คือเวลา UTC

BIH ได้พัฒนาเวลา UTC ขึ้นครั้งแรกในปี ค.ศ.๑๙๖๑ โดยพัฒนาจากเวลาอะตอมสากล ทั้งนี้เพื่อนำข้อดีของ UTC ในเรื่องความเที่ยงตรง ความสามารถในการทำนายเวลา และความสามารถในการทราบหรือรู้กาลเวลาได้เกือบทันที มาใช้ในการแพร่หรือกระจายสัญญาณเวลาที่มีความใกล้เคียง และมีสูตรความสัมพันธ์แน่นอนกับเวลา UT2 เวลา UTC ได้รับการนำมาใช้เมื่อวันที่ ๑ มกราคม ค.ศ.๑๙๗๒

สูตรความสัมพันธ์ระหว่าง TAI กับ UTC คือ

$$TAI = UTC = b + s (t - t_0)$$

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

s = ความถี่ต่าง (a frequency offset)

BIH เป็นหน่วยที่หาค่าสัมประสิทธิ์ b และ s และแจกจ่ายให้กับห้องปฏิบัติการเวลาทั่วโลก เป็นการล่วงหน้าเพื่อให้ห้องปฏิบัติการเวลาทั่วโลกนำไปใช้ปรับการส่งสัญญาณเวลา (Time signal transmissions) ของแต่ละห้องปฏิบัติการเวลา

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

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

๑) การเปลี่ยน b จะกระทำเฉพาะในวันแรกของเดือน ที่ เวลา 0^h UT และค่าของ b ที่เปลี่ยนจะเท่ากับ ๐.๑

๒) การเปลี่ยน s จะกระทำเฉพาะในวันแรกของเดือนมกราคมที่ เวลา 0^h UT และค่าของ s ที่เปลี่ยนจะเท่ากับ $5 \times n \times 10^{-9}$ 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 0

๓) [UT1 – UTC] < 0.9 วินาที

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

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

หน่วยงานชื่อ “The International Earth Rotation Service : IERS” ซึ่งเป็นหน่วยงานที่รับผิดชอบคำนวณหาเวลา 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 และที่สำคัญที่ต้องจำก็คือปัจจุบันผลต่างของ TAI กับ UTC หรือ (TAI - UTC) จะมีค่าเป็นจำนวนเต็มของวินาทีเท่านั้น (ไม่มีเศษของวินาทีรวมอยู่ด้วย)

ปัจจุบัน UTC เป็นเวลาที่ใช้เป็นพื้นฐานในการกระจาย (Distribution) สัญญาณเวลาของห้องปฏิบัติการเวลาทั่วโลก

๒.๕ ระบบเวลาอื่นๆ

๒.๕.๑ ระบบเวลาจีพีเอส (GPS Time System)

ระบบดาวเทียมจีพีเอส (Global Positioning System : GPS) เป็นระบบหาดำบลที่ทางการทหารของกระทรวงกลาโหมสหรัฐอเมริกา เป็นระบบที่ใช้คลื่นวิทยุในการหาดำบลที่ โดยใช้ดาวเทียมเป็นฐานลอยฟ้าในการส่งคลื่นวิทยุ

ระบบเวลาจีพีเอส เป็นระบบเวลาที่ใช้กับระบบการทำงานทั้งหมดของระบบดาวเทียมจีพีเอส ตั้งแต่การควบคุมดาวเทียมให้อยู่ในตำแหน่งในวงโคจร การควบคุมการส่งสัญญาณดาวเทียมมายังพื้นโลก และอื่นๆ

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

ลักษณะสำคัญของดาวเทียมจีพีเอสแต่ละดวง มีดังนี้



- | | | |
|---|------|-------|
| - อายุการใช้งาน | ๓๗.๕ | ปี |
| - น้ำหนักในวงโคจร | ๔๗๕ | กก. |
| - มีแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์รวมพื้นที่ | ๓๗.๒ | ตร.ม. |
| - มีแบตเตอรี่เก็บพลังงานแสงอาทิตย์แบบ Nickle-Cadmium | ๓ | ลูก |
| - มีนาฬิกาอะตอม (รูบิเดียม ๒ เรือน และ ซีเซียม ๒ เรือน) | ๔ | เรือน |
| - มีสายอากาศส่งสัญญาณย่านความถี่วิทยุมายังโลก | | |

ลักษณะวงโคจรของระบบดาวเทียมจีพีเอส มีดังนี้



- | | | |
|---|--------|---------|
| - วงโคจรสูง | ๒๐,๒๐๐ | กม. |
| - เดิมมีดาวเทียมทั้งหมด (ปัจจุบันมีมากกว่า ๒๔ ดวง) | ๒๔ | ดวง |
| - มีดาวเทียมวงโคจรละ (ปัจจุบันแต่ละวงโคจรมีมากกว่า ๔ ดวง) | ๔ | ดวง |
| - เวลาโคจรรอบโลกของดาวเทียมแต่ละดวง | ๑๒ | ชั่วโมง |
| - มุมเอียงของพื้นวงโคจรแต่ละวงกับพื้นศูนย์สูตรของโลก | ๕๕ | องศา |

สัญญาณหลักที่ดาวเทียมจีพีเอสแต่ละดวงส่งมายังโลก ประกอบด้วย

- คลื่นพาห์ L1 ความถี่ 1575.42 MHz ความยาวคลื่น 19 ซม.
- คลื่นพาห์ 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) ด้านการสำรวจแผนที่หรือด้านจีโอเดซี
- ๓) ด้านการเทียบเวลามาตรฐาน

การใช้ระบบดาวเทียมจีพีเอสด้านการเทียบเวลามาตรฐาน

ดาวเทียมจีพีเอสทุกดวงในวงโคจรมีนาฬิกาอะตอม ๔ เรือน ดังที่กล่าวมาแล้ว นาฬิกาอะตอมเหล่านี้จะถูกละเมิดความแม่นยำพื้นดินของระบบดาวเทียมจีพีเอส ตั้ง (Set) ให้ตรงกับเวลาอะตอมของหอดูดาวของกองทัพเรือสหรัฐฯ (U.S. Naval Observatory : USNO) อยู่ตลอดเวลา เมื่อดาวเทียมส่งสัญญาณมายังพื้นโลก จะมีข้อมูลเวลา ณ เวลาที่สัญญาณถูกส่งออกจากดาวเทียมมาที่สัญญาณดาวเทียม มายังเครื่องรับของผู้ใช้บนพื้นโลกด้วย เมื่อเราใช้เครื่องรับสัญญาณเวลาจากดาวเทียมจีพีเอส (GPS Time Receiver) ตั้ง ณ จุดที่ทราบค่าพิกัดแน่นอนแล้ว แล้วเปิดเครื่องรับรับสัญญาณจากดาวเทียมจีพีเอสอย่างน้อย ๔ ดวงในเวลาเดียวกัน เครื่องจะรับสัญญาณ คำนวณ และแสดงเวลาอะตอมตามระบบเวลาจีพีเอสพร้อมด้วยเวลา UTC ของประเทศไทยให้เราทราบทุก ๑ วินาที หรือเร็วกว่าด้วยความถูกต้องระดับ 1,000 nsec (10^{-9} วินาที)

เดิมห้องปฏิบัติการเวลาของประเทศใดประเทศหนึ่ง จะเทียบเวลาได้กับห้องปฏิบัติการเวลาของประเทศข้างเคียงเท่านั้น และเทียบได้เฉพาะตามเวลาที่กำหนด แต่ปัจจุบันระบบดาวเทียมจีพีเอสทำให้สามารถเทียบเวลากันได้ทั่วโลกหรือทุกจุดของโลก และเทียบเวลากันได้ทุกเวลาที่ต้องการ รวมทั้งได้ความถูกต้องสูงมาก ปัจจุบันการเทียบเวลาด้วยดาวเทียมระบบจีพีเอสจึงได้รับความนิยมมากที่สุด และกลายเป็นระบบเทียบเวลามาตรฐานของโลกไปแล้ว

๒.๕.๒ ระบบเวลาจันทรคติ

ระบบเวลาจันทรคติใช้ดวงจันทร์เป็นสิ่งที่อ้างอิงในการนับเวลา ซึ่งมีการพัฒนาสืบเนื่องมาตั้งแต่สมัยโบราณ คนในสมัยก่อนจะสังเกตดวงจันทร์มืดและสว่างไม่เท่ากัน จะเปลี่ยนแปลงไปเรื่อยๆ จนครบ ๑ รอบ ประมาณ ๒๙ - ๓๐ วัน ก็จะเหมือนเดิมอีกครั้งหนึ่ง จึงเริ่มต้นนับช่วงเวลาตั้งแต่ดวงจันทร์เริ่มสว่างขึ้น เป็น ขึ้น ๑ ค่ำ ขึ้น ๒ ค่ำ ขึ้น ๓ ค่ำ และสว่างเต็มดวงเมื่อขึ้น ๑๕ ค่ำ (วันเพ็ญ) จากนั้นดวงจันทร์จะค่อยๆ มืดลงเป็นแรม ๑ ค่ำ แรม ๒ ค่ำ แรม ๓ ค่ำ และดวงจันทร์จะมีตลันท์เมื่อแรม ๑๔ - ๑๕ ค่ำ (วันเดือนดับ) แล้วก็เริ่มค่อยๆ สว่างขึ้นอีก เริ่มต้นนับขึ้น ๑ ค่ำต่อไปเช่นนี้เรื่อยๆ

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

การนับเดือนทางจันทรคติ เริ่มตั้งแต่เดือน ๕ หรือ เมษายน เป็นเดือนแรก เพราะถือเป็นเดือนขึ้นต้นปีใหม่ มีประเพณีสงกรานต์ เมื่อสิ้นสุดสงกรานต์แล้วก็เถลิงศกขึ้นปีใหม่ มีการลำดับหมายเลขเดือนและชื่อเดือนดังนี้

เดือนห้า	เรียกว่า จิตรมาส	ตรงกับ เมษายน
เดือนหก	เรียกว่า วิสาขมาส	ตรงกับ พฤษภาคม
เดือนเจ็ด	เรียกว่า เชษฐมาส	ตรงกับ มิถุนายน
เดือนแปด	เรียกว่า บุรพาสมาส	ตรงกับ กรกฎาคม
เดือนแปดสองแปด หรือ เดือนแปดหลัง	เรียกว่า อุตราชมาส	ตรงกับ กรกฎาคม
เดือนเก้า	เรียกว่า สวณมาส	ตรงกับ สิงหาคม
เดือนสิบ	เรียกว่า ภัทรพาสมาส	ตรงกับ กันยายน

เดือนสิบเอ็ด	เรียกว่า อัษฎมาส	ตรงกับ ตุลาคม
เดือนสิบสอง	เรียกว่า กติกมาส	ตรงกับ พฤศจิกายน
เดือนอ้าย (หนึ่ง)	เรียกว่า มิคสิรมาส	ตรงกับ ธันวาคม
เดือนยี่ (สอง)	เรียกว่า ปุษยมาส	ตรงกับ มกราคม
เดือนสาม	เรียกว่า มาคมมาส	ตรงกับ กุมภาพันธ์
เดือนสี่	เรียกว่า ผกุนมาส	ตรงกับ มีนาคม

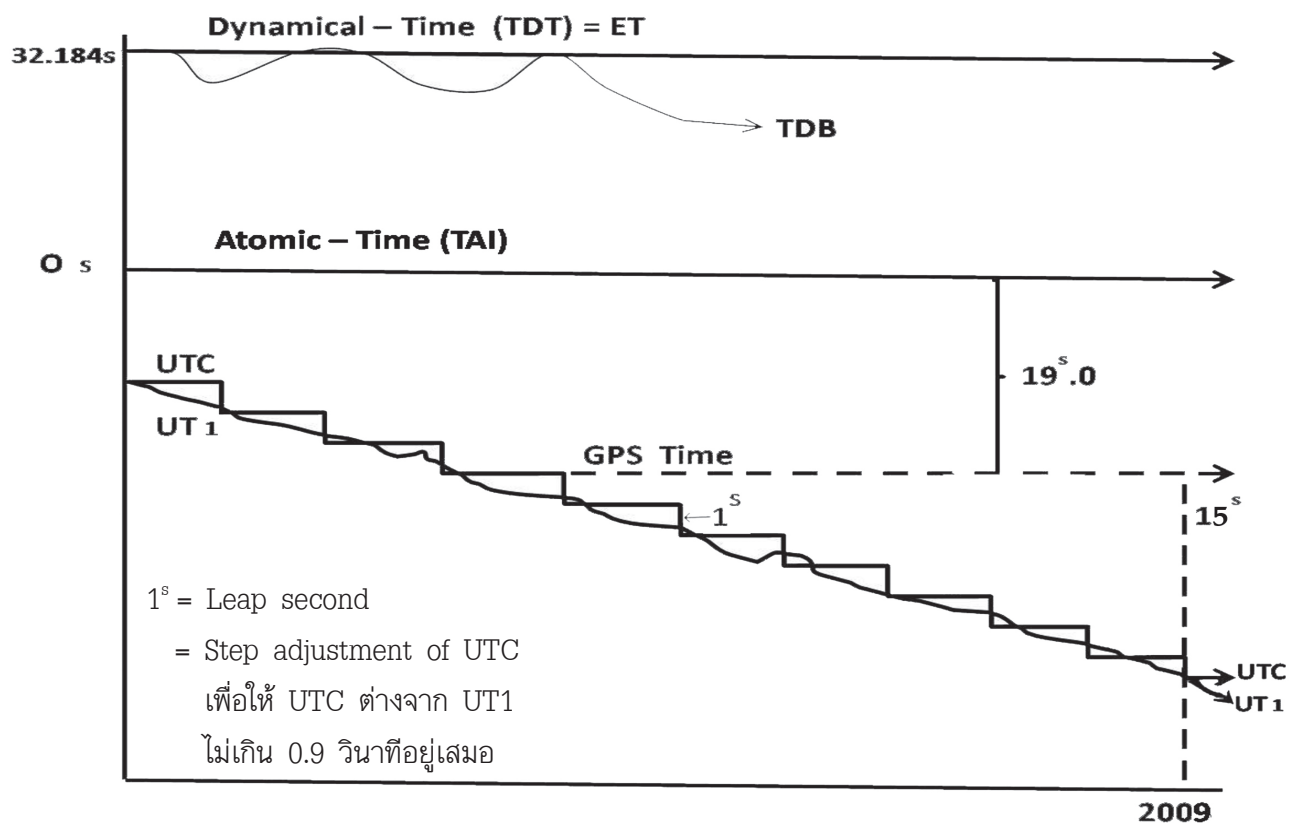
ส่วนจำนวนวันในแต่ละเดือนตามสุริยคติมี ๒๘, ๒๙, ๓๐, ๓๑ วัน คือเดือนกุมภาพันธ์ โดยปกติมี ๒๘ วัน (ในปีที่ ๔ หรือปี ค.ศ. ที่หารด้วย ๔ ลงตัว เดือนกุมภาพันธ์มี ๒๙ วัน และเรียกปีนี้ว่า “ปีอธิกสุรทิน”) เดือนที่ลงท้ายด้วย “ยน” มี ๓๐ วัน เดือนที่ลงท้ายด้วย “คม” มี ๓๑ วัน จำนวนวันใน ๑ ปีทางสุริยคติจึงมี ๓๖๕ หรือ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

การที่จำนวนวันใน ๑ ปีทางจันทรคติมีน้อยกว่าสุริยคติปีละ ๑๑ วัน (๓๖๕ - ๓๕๔) ทำให้วันทางจันทรคติและสุริยคติคลาดเคลื่อนไปเรื่อยๆ ดังนั้นเพื่อให้ปีทางจันทรคติเทียบกับปีทางสุริยคติได้ ภายใน ๓ ปี จึงต้องเพิ่มเดือนทางจันทรคติอีก ๑ เดือน โดยเพิ่มขึ้นหลังเดือนที่ ๘ เรียกว่า “เดือน ๘ หลัง” ทำให้ปีทางจันทรคติในปีนั้นมี ๑๓ เดือน เรียกว่า “ปีอธิกมาส” (อ่านว่า อะ-ทิ-กะ-มาด) และในปีอธิกมาสนั้นจะมีจำนวนวันรวม ๓๕๔ วัน

ปฏิทินในปี พ.ศ. ๒๕๔๗ เป็นปีที่มีเดือนจันทรคติ ๑๓ เดือน คือมีเดือน ๘ สองหน และยังเป็นปีที่เดือนกุมภาพันธ์มี ๒๙ วันด้วย ทำให้ปี พ.ศ. ๒๕๔๗ เป็นทั้งปีอธิกสุรทิน (ปีที่มีเดือนกุมภาพันธ์มี ๒๙ วัน) และปีอธิกมาส (ปีที่มีเดือน ๘ สองหน)

วันเวลาทางจันทรคติมักจะใช้ในการกำหนดวันทางศาสนา และความเชื่อเกี่ยวกับฤกษ์ยามดี เพื่อประกอบพิธีกรรมต่างๆ เช่น วันแต่งงาน วันขึ้นบ้านใหม่ เป็นต้น

๒.๖ ภาพรวมความสัมพันธ์ของเวลาจากระบบเวลาต่างๆ ที่สำคัญ



ภาพที่ ๒-๑๑ แสดงภาพรวมความสัมพันธ์ของเวลาจากระบบเวลาต่างๆ ที่สำคัญ

จากภาพที่ ๒- ๕ จะเห็นว่า

- TDT เป็นเวลาในระบบเวลาไดนามิก ถูกใช้แทน ET และต่างจาก TAI เท่ากับ $32^s.184$ (A) คงที่ ในขณะที่ TDB เป็นเวลาที่ไม่คงที่
- TAI เป็นเวลาอะตอมที่ถูกต้องเที่ยงตรงสูงสุด ถูกใช้เป็นมาตรฐานสากล เพื่อเป็นเวลาอ้างอิงหลักของเวลาในระบบเวลาอื่นๆ
- UTC เป็นตัวแทนของ TAI ที่นำมาใช้ในการดำเนินชีวิตของคนทั่วโลก โดยปรับครั้งละ ๑ วินาที เพื่อให้ต่างจาก UT1 หรือ GMT1 ซึ่งเป็นเวลาสากลที่ได้จากระบบเวลาดวงอาทิตย์ และใช้ในการดำเนินชีวิตของคน ไม่เกิน ๐.๙ วินาทีอยู่ตลอดเวลา UTC ได้รับการปรับ Step เวลาครั้งล่าสุด เมื่อวันที่ ๑ มกราคม พ.ศ.๒๕๕๒ (ค.ศ.๒๐๐๙) ให้ต่างจาก TAI 34 วินาที (๑๙ วินาที + ๑๕ วินาที)
- GPS Time เป็นเวลาอะตอมที่ใช้ในการทำงานของระบบดาวเทียมนิเวศน์ ถูกรักษาให้ต่างจาก TAI 19 วินาทีเสมอ ตั้งแต่วันที่ ๑ มกราคม พ.ศ. ๒๕๕๒ (ค.ศ.๒๐๐๙) ถึงปัจจุบัน (๓๑ ธันวาคม พ.ศ.๒๕๕๒) GPS Time ต่างจาก UTC 15 วินาที
- UT1 หรือ GMT1 ต่างจาก UTC ไม่เกิน ๐.๙ วินาที ที่สำคัญ UT1 หรือ GMT1 หรือ GMT ที่คนทั่วไปเรียกนั้น เป็นคนละสิ่งกับ UTC ตามความเป็นมาที่กล่าวมาแล้ว



บทที่ ๓

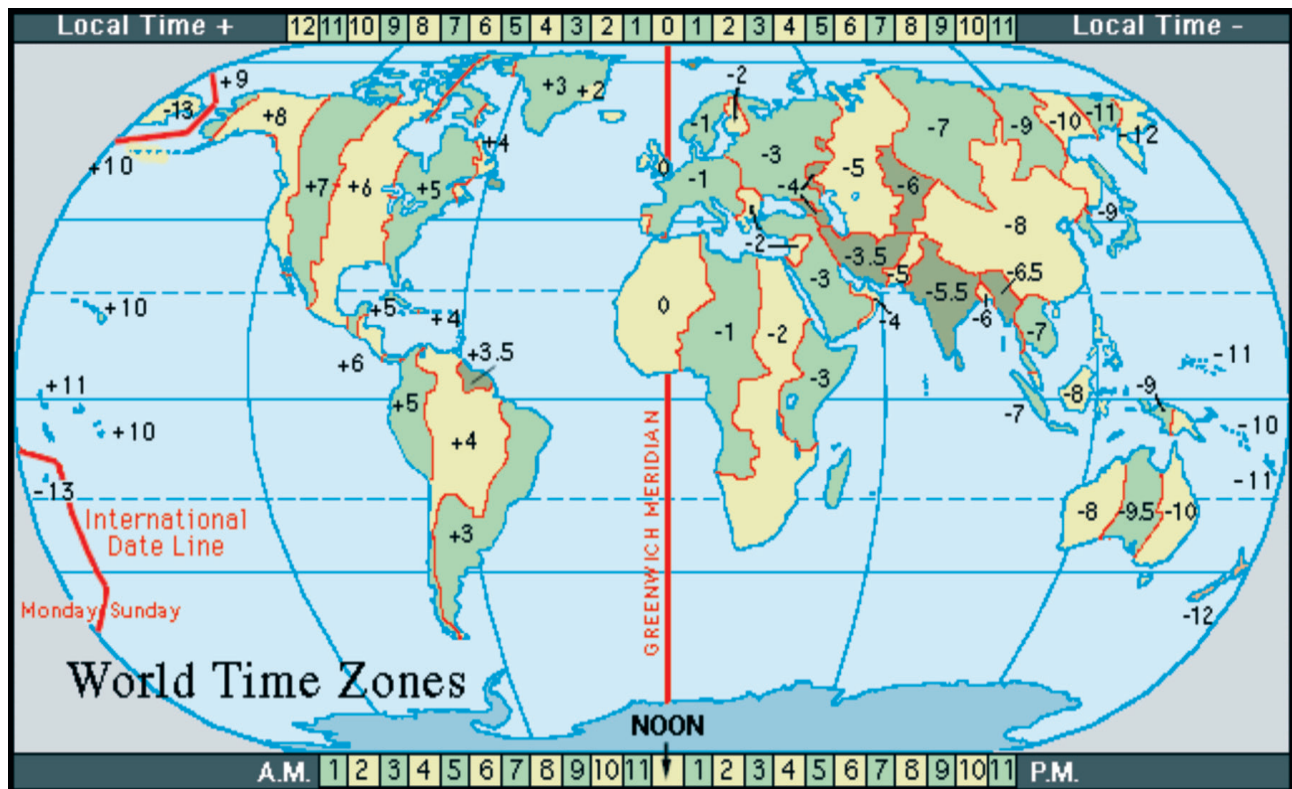
การรักษาเวลาและการให้บริการเทียบเวลา



ภาพที่ ๓-๑ การวัดด้วยวงเวียนท้องฟ้าเพื่อหาดำบลที่เรือ

• วิวัฒนาการของการรักษาเวลา

ตั้งแต่การปฏิวัติอุตสาหกรรม และยุคการล่าอาณานิคมของมหาอำนาจ ทำให้การเดินทางเรือ มีความสำคัญมาก ศาสตร์แห่งการเดินทางเรือ มีหัวใจที่สำคัญคือ การรู้ตัวของเราเองว่าเราอยู่ที่ไหนบนโลก (ตำบลที่เรือ) และทิศทางที่จะไปยังที่หมายได้อย่างปลอดภัย และรวดเร็ว ดังนั้นการหาดำบลที่ของเรือ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเรือที่อยู่ในกลางทะเล ที่ไม่สามารถมองเห็นชายฝั่งได้เลย จึงมีความจำเป็นต้องใช้วงเวียนท้องฟ้า ซึ่งได้แก่ ดวงอาทิตย์ ดวงจันทร์ ตลอดจนดวงดาวต่างๆ เป็นที่หมายในการเดินทาง และส่วนประกอบที่สำคัญในการหาดำแหน่งของผู้ตรวจคือเวลา ณ ตำบลที่นั้น ซึ่งสามารถจะหาเวลา ณ ที่เรือนั้นๆได้ โดยการหาเวลา (Origin Time) สัมพันธ์กับเวลา (Destination Time) ณ ท่าเรือต้นทางที่เรือเดินทางออกมาก ความแตกต่างของเวลา ณ ของตำบลที่นั้น สามารถกำหนดเป็นค่าลองจิจูดที่ต่างกัน เวลาต่างกัน ๑ ชั่วโมง เทียบได้เท่ากับค่าลองจิจูดต่างกัน ๑๕ องศา



ภาพที่ ๓-๒ แผนที่แสดงเวลาต่างกันเป็นชั่วโมงตามพื้นที่ต่าง ๆ บนโลกโดยเทียบกับเส้นเมริเดียนที่ผ่านเมืองกรีนิช

ดังนั้น ในเรื่องของเวลาที่จะต้องสัมพันธ์กับวัตถุบนท้องฟ้าจึงมาเกี่ยวข้อง พร้อมกับการเทียบเวลาของเรือต่างๆ ให้ตรงกันกับเวลาที่ท่าเรือนั้น เพื่อการหาเวลาที่สัมพันธ์ดังกล่าวจึงจำเป็นต้องมีหน่วยงานที่รับผิดชอบในการรักษาเวลาให้เที่ยงตรงและสัมพันธ์กับปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ คือการหมุนรอบตัวเองของโลก โดยการตั้งเวลาให้ตรงกับที่ทำการตรวจจากดวงดาว และแจ้งเวลาที่เที่ยงตรงดังกล่าวให้นักเดินเรือต่างๆ ได้เทียบเวลา โดยใช้ นาฬิกาที่มีความเที่ยงตรงสูง ที่เรียกว่าโครโนเมตรเป็นตัวเทียบเวลาและการเทียบเวลาดังกล่าวมักจะทำกันที่บริเวณท่าเรือที่เรือนั้นจะแล่นออกไปหรือแล่นผ่าน ซึ่งมักจะให้บริการการเทียบเวลากันในตอนเที่ยงตรง หรือบ่ายโมงตรง ด้วยการประกาศหรือแสดงทางทัศนสัญญาณด้วยการส่งทัศนสัญญาณเทียบเวลาด้วย ลูกบอล (Time Balls) หรือ



ด้วยสัญญาณเสียงด้วยการยิงปืนใหญ่ (Time Guns) ดังเช่น การแจ้งเวลาบ่ายโมงตรง ที่เมืองกรีนวิช ประเทศอังกฤษ ด้วยลูกบอล หรือการยิงปืนใหญ่บอกเวลา ที่เมืองท่าฮองกง เป็นต้น

ภาพที่ ๓-๓ ลูกบอลสัญญาณบอกเวลาที่เมืองกรีนวิช

ภาพที่ ๓-๔ การยิงปืนบอกเวลาเที่ยงตรงที่ประเทศฮ่องกง



ต่อมาเมื่อระบบวิทยุสื่อสารซึ่งสามารถส่งคลื่นวิทยุไปได้ในระยะไกลๆ การเทียบเวลาให้เที่ยงตรงกับการหมุนของโลก สำหรับใช้ในการหาตำแหน่งที่เรือทางดาราศาสตร์ก็สามารถทำได้ง่ายด้วย โดยการเทียบนาฬิกาเรือกับสัญญาณเวลาที่ส่งมาทางคลื่นวิทยุ ดังนั้นสถานที่ส่งคลื่นเทียบเวลาก็จำเป็นต้องตรวจวัดเวลาให้เที่ยงตรงกับการหมุนของโลกใน ๑ รอบ ด้วยการตรวจวัดดาวหรือดวงอาทิตย์ที่ท่ามุมสูงสุดหรือผ่านเมริเดียน แล้วจึงทำการปรับตั้งเวลาให้ตรงหลังจากตั้งเวลาให้ตรงแล้วก็ส่งสัญญาณเวลากระจายออกไปยังเรือต่างๆ เพื่อทำการเทียบเวลาได้ การดำเนินการเช่นนี้ประเทศมหาอำนาจทางทะเลจึงได้จัดตั้งหน่วยงานรับผิดชอบการรักษาเวลาและการให้เทียบเวลาขึ้น

จวบจนปัจจุบัน การเทียบเวลา เพื่อให้ตรงกับเวลาธรรมชาติ ตลอดจนการใช้เวลาในการกำหนดการต่างๆ ที่มีความจำเป็นต้องให้พร้อมเพรียงกัน ยังมีความสำคัญอย่างสูง และมีวิวัฒนาการด้านเทคโนโลยีในการรักษาเวลา

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

● หน่วยงานที่ทำหน้าที่รักษาเวลามาตรฐาน

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

BIPM ถูกตั้งขึ้นมาจากอนุสัญญาว่าด้วยการวัด (The Metre Convention) โดยมีประเทศเข้าร่วมลงนามจำนวน ๕๑ ประเทศ เมื่อ ๒๐ พฤษภาคม พ.ศ.๒๔๑๔ ซึ่งได้มีมติให้จัดตั้งองค์กรขึ้น ๓ องค์กร สำหรับรับผิดชอบในการรักษามาตรฐานซึ่ง ตวง วัด ต่างๆ ในระบบเมตริก และเป็นที่รู้จักในเวลานั้นว่า La Convention du Metre หรือ The Treaty of the Meter ต่อมาในปี พ.ศ.๒๔๖๔ มีการปรับปรุงอนุสัญญานี้ จนถึงปี พ.ศ.๒๕๐๓ ระบบการซึ่ง ตวง วัด โดยใช้หน่วยในการวัดด้วยระบบเมตริกได้เป็นที่ยอมรับทั่วไป และได้กำหนดชื่อใหม่เป็น International System of Units (Le Systeme International D'unites ในภาษาฝรั่งเศส) หรือที่เราเรียกกันดีในปัจจุบันในนามระบบ SI นั่นเอง 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 ของสถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ ของชาติสมาชิกทั่วโลก ซึ่งเวลามาตรฐานสากลก็เป็นมาตรการวัดตัวหนึ่งที่ BIPM ที่รับผิดชอบรักษาเวลาของโลกให้ถูกต้องสอดคล้องกัน โดยต้องมีความสอดคล้องกัน ๒ เรื่องคือ ความสอดคล้องกันของการอ้างอิงเวลา และความสอดคล้องกันของหน่วยเวลา (ความยาวนานของเวลาที่เท่ากันในหน่วยที่ได้กำหนดนั้น)



ภาพที่ ๓-๕ ที่ทำการ BIPM กรุงปารีส ประเทศฝรั่งเศส

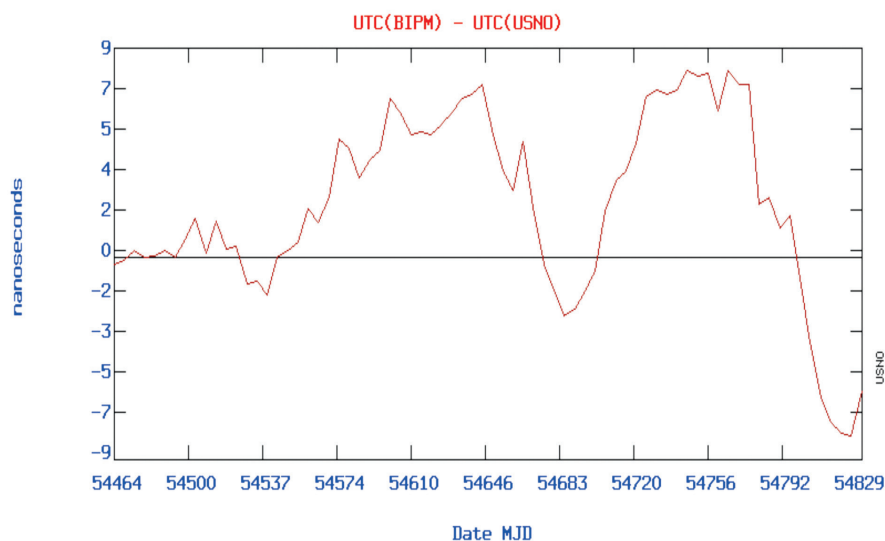
การรักษาเวลามาตรฐานของ BIPM

การอ้างอิงเวลาจะใช้ International Atomic Time (TAI) เวลา TAI จะวัดจากนาฬิกาต่างๆ จำนวน ๒๕๐ เรือน จากห้องปฏิบัติการ ๕๐ แห่งทั่วโลก TAI เป็นเวลาที่เดินอย่างสม่ำเสมอจากนาฬิกาปรมาณู ซึ่งขาดความสอดคล้องกันกับเวลาที่ใช้งานในชีวิตประจำวัน ซึ่งอ้างอิงจากการหมุนรอบตัวเองของโลก นาฬิกาที่ใช้ในการคำนวณ TAI ส่วนใหญ่เป็นนาฬิกาซีเซียมที่ใช้ในเชิงพาณิชย์ซึ่งมีความเที่ยงตรงสูงพอสำหรับการประยุกต์ใช้งานโดยทั่วไป อย่างไรก็ตาม นาฬิกาซีเซียมบางเรือน มีความไม่แน่นอนในการวัดอยู่ที่ไม่กี่พิโกวินาที นาฬิกาปรมาณูรุ่นต่อไป จะยิ่งมีความเที่ยงตรงดีกว่าปัจจุบันมาก สำหรับความเที่ยงตรงของหน่วยเวลาจะวัดจากห้องปฏิบัติการบางแห่งที่มีนาฬิกาซีเซียมปฐมภูมิที่มีมาตรฐานสูงมากเท่านั้น

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



ภาพที่ ๓-๖ ที่ตั้งของห้องปฏิบัติการต่างๆ ที่ส่งข้อมูลเวลาให้ BIPM ใช้ในการคำนวณ TAI

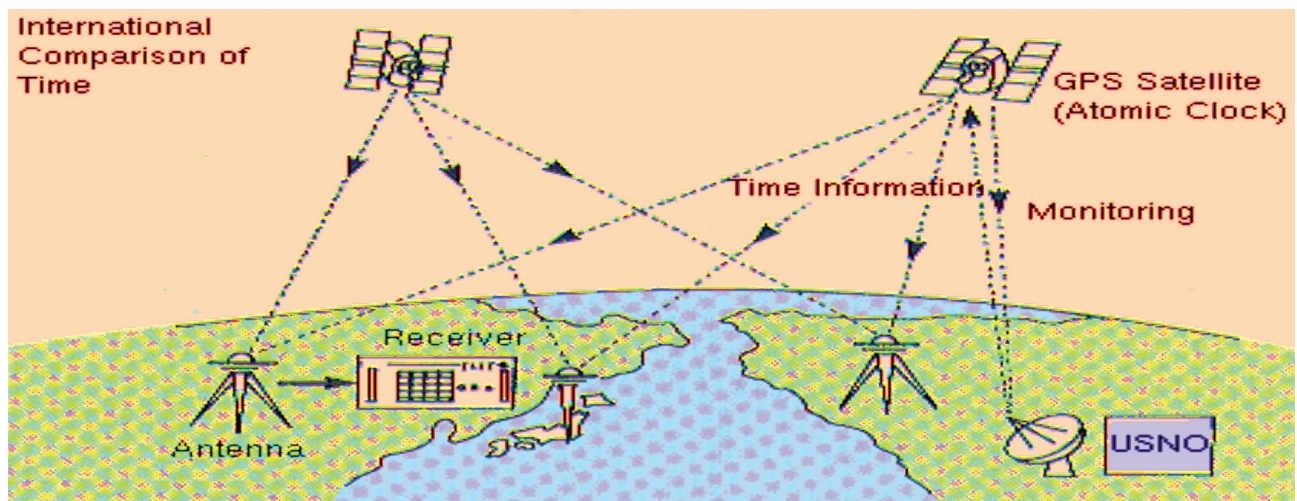


ภาพที่ ๓-๗ กราฟแสดงผลต่างจากการเทียบเวลาของนาฬิกาของหน่วยงานต่างๆ

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

การเทียบเวลาของ BIPM

การเทียบเวลาระหว่างนาฬิกาปรมาณูเพื่อนำมาเป็นข้อมูลในการคำนวณ 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 ร่วมกับการประดิษฐ์นาฬิกาซีเซียมราคาไม่สูงมากนัก ส่งผลให้ความเที่ยงตรงของการรักษาเวลามาตรฐานสากล สูงกว่าเมื่อ ๒๐ ปีที่ผ่านมาเกือบ ๑๐๐ เท่าและจะยิ่งดีขึ้นเมื่อ Multichannel GPS-CV เป็นที่แพร่หลายมากขึ้น



ภาพที่ ๓-๘ การใช้ระบบ GPS ในการเทียบเวลา UTC ระหว่างหน่วยงานที่รับผิดชอบเรื่องเวลา

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



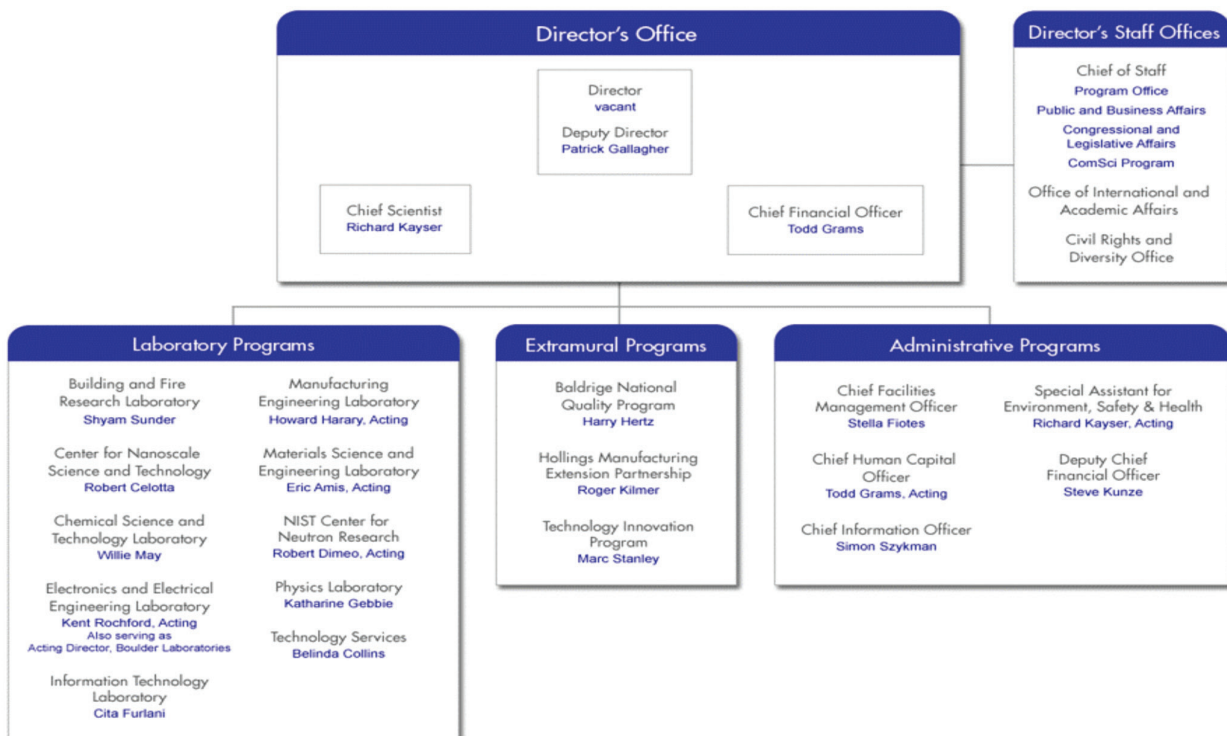
ภาพที่ ๓-๙ เครื่อง
เทียบเวลาผ่านระบบ
GPS

National Institute of Standards and Technology (NIST)

National Institute of Standards and Technology (NIST) แต่เดิมเรียกว่า National Bureau of Standards (NBS) ตั้งขึ้นเมื่อ พ.ศ.๒๔๔๔ 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 เวลามาตรฐาน
- ร่วมกับหน่วยงานรักษามาตรฐานอื่นๆ ของโลกในงานด้านมาตรฐานความถี่
- ให้บริการด้านความถี่และเวลามาตรฐานของสหรัฐอเมริกา
- ดำเนินการวิจัยเพื่อพัฒนางานด้านมาตรฐานและการบริการ



ภาพที่ ๓-๑๐ แผนผังการจัดองค์กรของ NIST

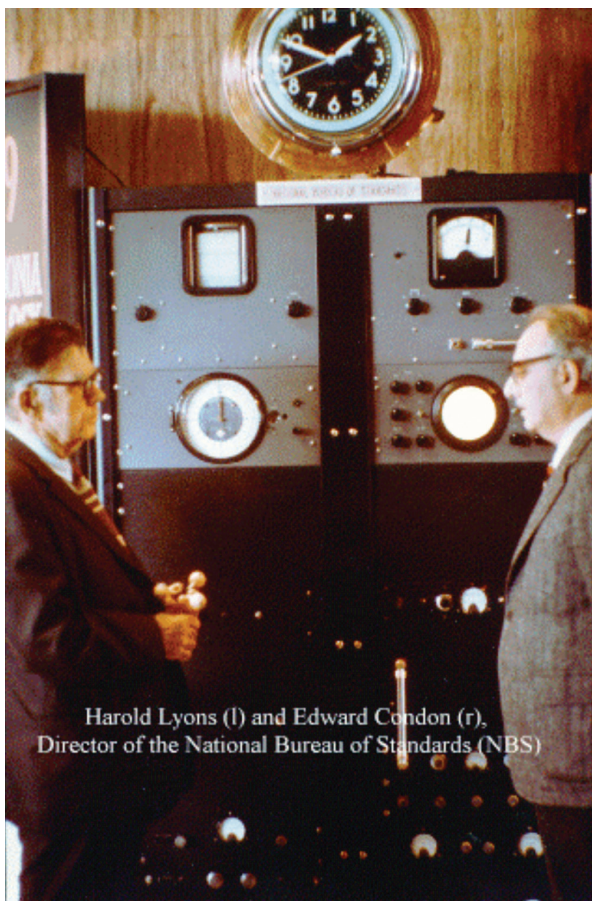
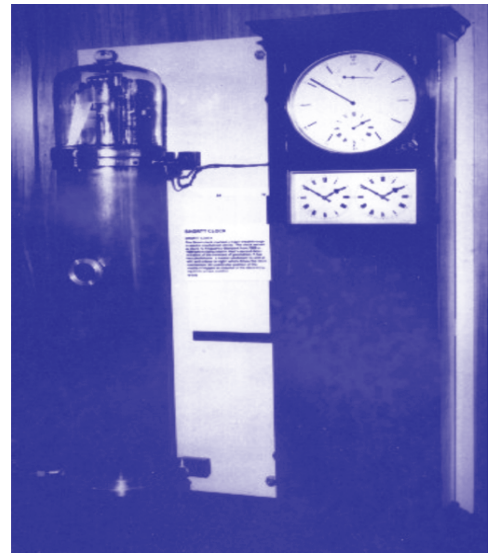
งานรักษาเวลามาตรฐานของ NIST

เมื่อ NIST เริ่มงานด้านเวลาและความถี่ โดย Weights and Measures Section ใน Washington ภารกิจแรกคือ การทดสอบนาฬิกา และ เครื่องมือรักษาเวลาอื่นๆ จึงได้มีการจัดหานาฬิกา Riefler Clock จาก Clemens Riefler ซึ่งเป็นนาฬิกาแบบเพนดูลัมที่มีความเสถียรสูงจากประเทศเยอรมันในปี พ.ศ.๒๔๔๗ นาฬิกา Riefler Clock เป็นนาฬิกามาตรฐานในการรักษาเวลาถึง พ.ศ.๒๔๗๒ จึงเปลี่ยนไปใช้นาฬิกา Short Clock ซึ่งเป็นเพนดูลัมคู่ พัฒนาโดย Edinburgh Observatory and Fabricated ตั้งอยู่ในกรุงลอนดอน ประเทศอังกฤษ และใช้สปีนเองจนเปลี่ยนเป็นนาฬิกาแบบอิเล็กทรอนิกส์ เหตุที่ NIST เริ่มเกี่ยวข้องกับวิธีการวัดเวลาและความถี่ทางอิเล็กทรอนิกส์ มาจากปัญหาในการกระจายสัญญาณวิทยุ



ภาพที่ ๓-๑๑ Riefler Clock

ภาพที่ ๓-๑๒ Short Clock



ภาพที่ ๓-๑๓ นาฬิกาอะตอม

ในยุคแรกๆ ของสหรัฐฯ การออกอากาศทางพาณิชย์ในยุคนั้นมักประสบปัญหา การออกอากาศให้ตรงกับความต้องการ เนื่องจากยังขาดมาตรฐานทางด้านความถี่ ซึ่งผลักดันให้ NBS พัฒนา Inductance-capacitance Wavemeters และ มาตรฐาน Quartz-Crystal Frequency Standards ในเวลาต่อมา เพื่อให้สามารถตอบสนองต่อความต้องการทางพาณิชย์ได้ NIST จึงออกอากาศสัญญาณความถี่ทางวิทยุ ในพ.ศ.๒๔๖๖ ซึ่งยังคงดำเนินการต่อเนื่องมาจนถึงปัจจุบัน

การแพร่ความถี่ทางวิทยุเริ่มจากสถานีทางฝั่งตะวันออก และในภายหลังดำเนินการที่ มลรัฐโคโลราโด ต่อมาใน พ.ศ. ๒๔๙๓ สภาองเกรส ตระหนักถึงความสำคัญของกิจกรรมนี้ จึงกำหนดภารกิจกระจายสัญญาณวิทยุในงานความถี่มาตรฐานให้ NIST ด้วย



ภาพที่ ๓-๑๔ สถานีออกอากาศสัญญาณเวลาของ NIST

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

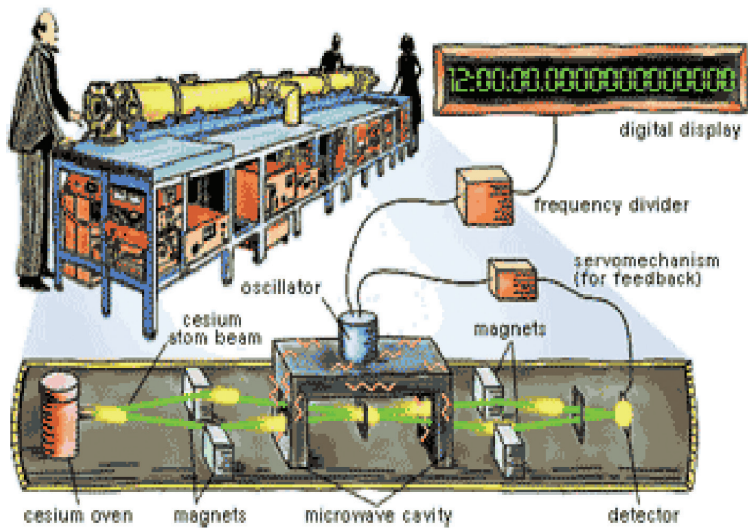
จากความก้าวหน้าทางเทคนิคและความเจริญเติบโตของงานด้านมาตรฐานความถี่และเวลา เป็นเวลาหลายปี NIST จึงมีการปรับโครงสร้างโดยย้ายงานด้านนี้จากเดิม ที่ Weights and Measures Section ภายใต้การกำกับดูแลของ Electricity Division ย้ายไปยัง Radio Laboratory ในกรุงวอชิงตันดีซี และในที่สุด พ.ศ.๒๕๔๗ ย้ายไปยัง Boulder Laboratories มลรัฐโคโลราโด ภายใต้การกำกับดูแลของ Time and Frequency Section of the Radio Standards Laboratory จึงยกระดับเป็น Time and Frequency Division ใน พ.ศ.๒๕๕๐ เป็นต้นมา



ภาพที่ ๓-๑๕ ห้องปฏิบัติการ NIST เมือง Boulder มลรัฐโคโลราโด

นาฬิกาปรมาณู

เมื่อกล่าวถึง นาฬิกา พึงตระหนักว่า เวลา และความถี่ เป็นเรื่องการวัดสิ่งที่สัมพันธ์กันอย่างแยกกันไม่ได้ เดิมเราใช้การแกว่งของตุ้มเพนดูลัมบอกเวลาในนาฬิกาเพนดูลัม ในทำนองเดียวกัน เราใช้การแกว่งของตุ้มเพนดูลัม กำหนดความถี่เครื่องรักษาความถี่เพนดูลัม งานหนึ่งที่ NIST มีส่วนอย่างมาก และ เป็นพัฒนาการที่สำคัญในการ รักษาเวลามาตรฐานสมัยใหม่คือ การพัฒนานาฬิกาปรมาณูเรือนแรกๆ ในปี พ.ศ.๒๔๙๒ เป็นที่เชื่อว่า นาฬิกาซีเซียม ที่ใช้พื้นฐานการกำเนิดความถี่โดยอาศัยบีบของอะตอมซีเซียม เป็นเทคนิคที่ดีที่สุดในการสร้างนาฬิกาปรมาณู ดังนั้น เครื่องกำเนิดความถี่มาตรฐานปรมาณู ๗ เครื่องแรก ของ NIST จึงอาศัยหลักการนี้



ภาพที่ ๓-๑๖ นาฬิกาปรมาณู

จากพัฒนาการที่เป็นไปในทางเดียวกัน ของห้องปฏิบัติการมาตรฐานด้านเวลาและความถี่ที่ก้าวหน้าหลายแห่ง ได้ข้อสรุปที่ คล้ายคลึงกัน ส่งผลให้มีการกำหนดนิยาม ของวินาทีใหม่ โดยการใช้การเปลี่ยนสถานะของ อะตอมซีเซียมเป็นหลัก หลังจากนั้นเป็นเวลา ประมาณ ๕๐ ปี ความเที่ยงตรงของงานเวลา มาตรฐานพัฒนาอย่างรวดเร็วโดยมีความเที่ยง ตรงดีขึ้น ๑๐ เท่าทุกๆ ๑๐ ปี โดยประมาณ สำหรับมาตรฐานปัจจุบัน NIST-F1 มีความ เที่ยงตรงดีกว่า ๑ วินาที ต่อ ๓๐ ล้านปี หรือ ๑ ใน พันล้านๆส่วน นอกจากนี้ NIST อยู่ ระหว่างการพัฒนาอุปกรณ์กำเนิดความถี่ โดย

ใช้สนามแม่เหล็กกักไอออนที่อุณหภูมิใกล้ศูนย์สัมบูรณ์ร่วมกับการกระตุ้นสถานะ และการเคลื่อนที่ของอะตอมด้วยแสง เลเซอร์ ซึ่งมีศักยภาพในการให้ความเที่ยงตรงดีกว่าเทคนิคที่ใช้ในปัจจุบันถึง ๑.๐๐๐ เท่า

การเทียบเวลาของ NIST

พัฒนาการที่ NIST ดำเนินการควบคู่กับการรักษาความเที่ยงตรงของเวลา คือการเทียบเวลาระหว่างเครื่อง รักษาความถี่มาตรฐาน หรือนาฬิกา ๒ เรือนที่ตั้งอยู่ในสถานที่ซึ่งห่างกันมาก โดยยังสามารถคงความถูกต้องไว้ได้ หากปราศจากความสามารถดังกล่าว การรักษาเวลามาตรฐานจะไม่มีความหมาย เนื่องจากขาดความสามารถในการ กำหนดเวลาสากลร่วมกันได้ NIST พัฒนาการเทียบเวลาที่มีความเที่ยงตรงสูงผ่านดาวเทียมได้สำเร็จเป็นครั้งแรกใน ราวทศวรรษที่ ๑๙๘๐ เทคนิคดังกล่าวเป็นที่รู้จักกันดีในนาม GPS Common-View Time Transfer ซึ่งเป็นวิธี การเทียบเวลามาตรฐานในปัจจุบัน นอกจากนี้ NIST ยังใช้วิธีการเทียบเวลาที่เที่ยงตรงกว่าอีก ๒ วิธีคือ Two-Way Satellite Time Transfer และ Carrier-Phase GPS Measurements อีกด้วย

NIST ยังให้บริการปรับเวลาอัตโนมัติผ่านระบบ Automated Computer Time Service (ACTS) และ ระบบ Internet Time Service ซึ่งกำลังได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ โดยมีการใช้บริการเทียบเวลาทางอินเทอร์เน็ต ๒๕๐๐ ล้านครั้งต่อวันในปัจจุบัน

International Earth Rotation and Reference Systems Service (IERS)

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

การรักษาเวลาของโลก และกรอบอ้างอิงทางเวลาที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนตัวของโลกซึ่งไม่สม่ำเสมอ ต่างจากเวลาที่อ้างอิงจากนาฬิกาปรมาณูที่เที่ยงตรงมากกว่ามาก 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.๒๔๔๒ เรื่อยมาจนถึงปี พ.ศ.๒๕๖๒ ได้ตั้งหน่วยงานที่รับผิดชอบเกี่ยวกับการกำหนด Coordinate of Universal Time (UT) เรียกว่า Bureau International de l'Heure (BIH) และในปี พ.ศ.๒๔๙๘ BIH ได้จัดตั้งหน่วยงานชื่อ Service International Rapid (SIR) ซึ่งเป็นหน่วยงานที่รวมงานประเมินการเคลื่อนตัวของขั้วโลกเข้าไว้ด้วย จนถึง พ.ศ.๒๕๐๕ ได้มีการจัดหน่วยงานขึ้นใหม่แทน ILS เรียกว่า International Polar Motion Service (IPMS) และเพิ่มงานสถานีสังเกตการณ์ต่างๆไว้ใน IPMS ด้วย จนถึงปี พ.ศ.๒๕๒๓ ได้มีการจัดตั้งโครงการ MERIT (Motion Earth Rotation and Intercompare the Techniques of Observation and Analysis) ขึ้นระหว่างการประชุม MERIT ในปี พ.ศ.๒๕๒๓ 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.๒๕๔๖ ได้เปลี่ยนชื่อจาก International Earth Rotation Service เป็น International Earth Rotation and Reference Systems Service ส่วนชื่อย่อ นั้นยังคงใช้ IERS ดังเดิม

งานเวลามาตรฐานของ IERS

เนื่องจาก IERS มีหน่วยงานกระจายอยู่หลายแห่งทั้งใน สหรัฐอเมริกา 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 เมื่อเวลามาตรฐานของโลกต่างจากเวลาที่ใช้จากการตรวจวัดการหมุนรอบตัวเองของโลก ซึ่งเป็นไปอย่างไม่สม่ำเสมอต่างกันจนถึง ๐.๙ วินาทีแล้ว 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.๒๕๒๐ อาจมากขึ้นถึง ๒๐ ไมโครวินาทีในปัจจุบัน ซึ่งสามารถละได้ในการคำนวณตำแหน่งทางราบ แต่ต้องนำมาประกอบในการคำนวณมุมการหมุนรอบตัวเองของโลก และเวลา UT1 ด้วย

The United States Naval Observatory (USNO)

เป็นหน่วยงานทางวิทยาศาสตร์ที่เก่าแก่ที่สุดหน่วยงานหนึ่งของสหรัฐอเมริกา ตั้งอยู่ทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือของกรุงวอชิงตัน ดีซี และเป็นหนึ่งในหอดูดาวทางดาราศาสตร์ไม่กี่แห่ง ที่ตั้งอยู่ในเขตเมืองซึ่งมีมลภาวะทางแสง เนื่องจากสมัยที่ตั้ง USNO นั้น ศูนย์กลางเมืองมีขนาดเล็กและไม่มีแสงรบกวนมากเช่นในปัจจุบัน



ภาพที่ ๓-๑๗ The Official Seal of the USNO



ภาพที่ ๓-๑๘ ภาพถ่ายทางอากาศของ USNO

ประวัติ USNO

USNO เริ่มขึ้นจากประเทศสหรัฐอเมริกา ได้ตั้งหน่วยงานชื่อ The Depot of Charts and Instruments ในปี พ.ศ. ๒๓๗๓ และได้มีการออกกฎหมายจากรัฐบาลกลาง ให้ตั้งเป็น หอสังเกตการณ์แห่งชาติ ในปี พ.ศ. ๒๓๘๕ โดยมี James Melville Gilliss เป็นผู้รับผิดชอบโครงการ มีภารกิจหลักคือ รับผิดชอบ นาฬิกาโครโนเมตร แผนที่เดินเรือ และอุปกรณ์การเดินเรือต่างๆ ของ กองทัพเรือสหรัฐอเมริกา

งานที่สำคัญอีกงานหนึ่งคือ การสอบเทียบนาฬิกาโครโนเมตร โดยการวัดดาวผ่านเส้นเมริเดียน โดยมีหอดูดาว 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 เป็นผู้กำหนดคุณลักษณะของลูกบอลบอกเวลา (Timeball) ทำโดยยางสังเคราะห์ ผลิตโดย Charles Goodyear สำหรับใช้งานใน U.S. Observatory ซึ่งถือว่าเป็น ลูกบอลบอกเวลาลูกแรก ของสหรัฐอเมริกา และ ลูกที่ ๑๒ ของโลก แต่เป็นลูกแรกที่ทำด้วยยางในขณะที่ลูกอื่นๆ มักทำด้วยไม้

จากที่กล่าวมาแล้วข้างต้นในสมัยที่ยังไม่มีอุปกรณ์สื่อสารที่ทันสมัย การบอกเวลาจะใช้การสังเกตสัญลักษณ์ หอดูดาวทางดาราศาสตร์ ซึ่งเทียบเวลาจากการวัดวัตถุบนท้องฟ้า หรือ สถานที่ที่สามารถสื่อสารกับหอดูดาวทางดาราศาสตร์ได้ เมื่อถึงเวลาเที่ยงหรือบ่ายโมง ลูกบอลจะถูกปล่อยและธงจะถูกยกโดยระบบจักรกลหรือผู้ที่ต้องการตั้งเวลานาฬิกาจะสามารถตั้งเวลาได้อย่างถูกต้องโดย นับเวลา ณ ธงเริ่มขึ้น หรือลูกบอลถูกปล่อย ไม่ใช่ ณ เวลาที่ตกถึงพื้น ต่อมาหลังจากการประดิษฐ์โทรเลข การรักษาเวลาจึงไม่ได้ทำเฉพาะพื้นที่ กรุงวอชิงตัน ดีซี เท่านั้น แต่สามารถเทียบเวลาได้ในทุกรัฐทั่วประเทศ นอกจากนั้น มีการ “ขายเวลา” ให้กับผู้ดำเนินการรถไฟร่วมกับ นาฬิกาโครโนเมตร ของงานรถไฟเพื่อกำหนดเวลาการเดินทางในสหรัฐฯ จนถึงต้นคริสต์ศตวรรษที่ ๒๐ การให้บริการเวลาจึงให้ Arlington Time Signal ให้บริการผ่านระบบวิทยุแทน แต่แรกที่ประธานาธิบดี John Quincy Adams ผู้ลงนามอนุมัติกฎหมายการตั้ง National Observatory ก่อนพันวาระเล็กน้อยนั้น ท่านมีความประสงค์ให้ใช้ชื่อ National Observatory เพราะท่านเป็นผู้ที่สนใจและใช้เวลาในยามค่ำคืนสังเกต และทำแผนที่

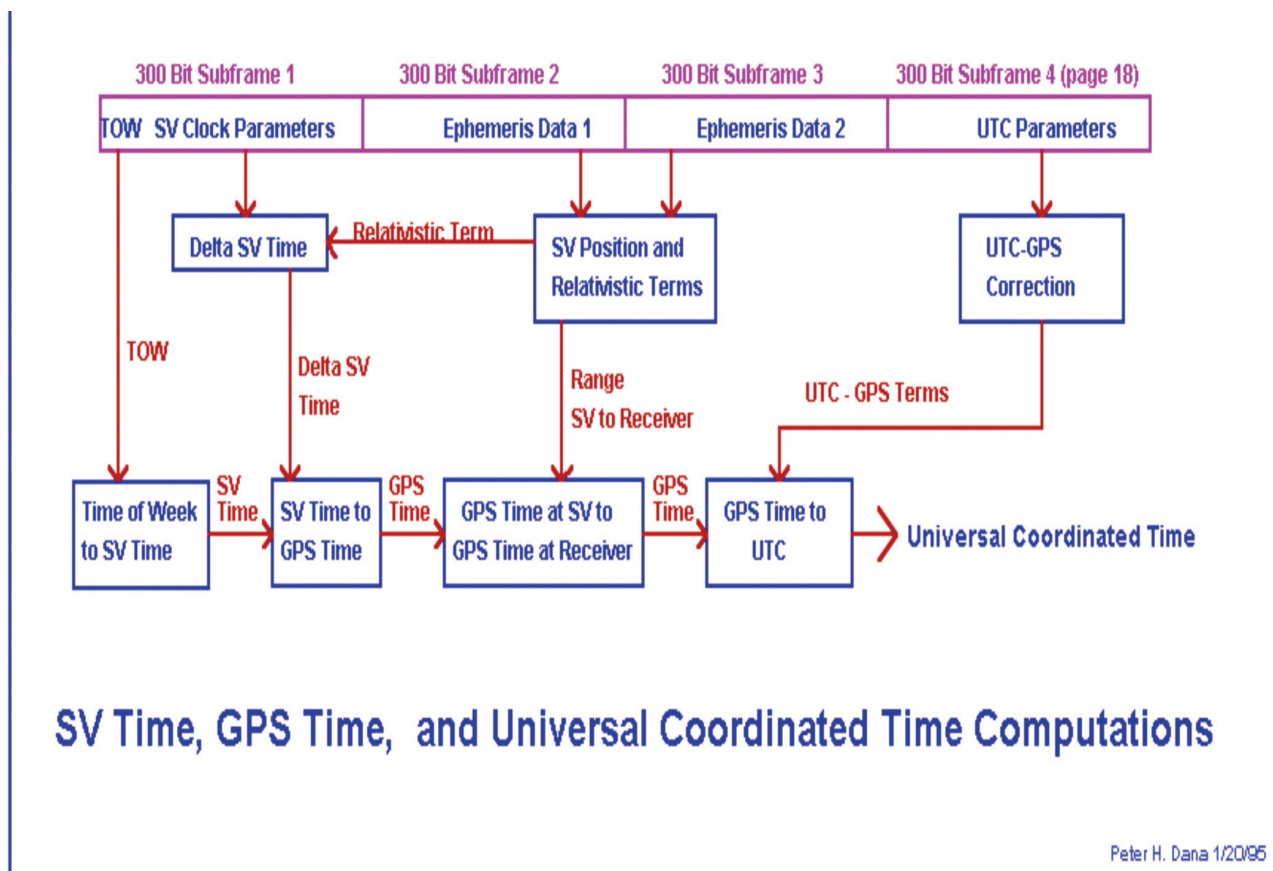
ดวงดาวที่หอดาราศาสตร์ กับ Maury เสมอๆ ซึ่งเป็นที่ทราบกันว่าการกระทำของท่าน เป็นหนึ่งในงานอดิเรกที่ท่าน ได้กระทำเสมอ และ National Observatory กับ Naval Observatory จึงเป็นชื่อที่ใช้เรียกสลับคู่กันประมาณ ๑๐ ปี จึงได้มีการกำหนดให้ใช้ Naval Observatory เพียงชื่อเดียว

ในเดือน พฤศจิกายน พ.ศ.๒๔๕๖ The Paris Observatory ส่งสัญญาณวิทยุโดยใช้หอ Eiffel Tower เป็นเสาอากาศ มายัง United States Naval Observatory ซึ่งใช้เสาอากาศที่ Arlington, Virginia เพื่อหาผลต่างทางลองจิจูดของทั้ง ๒ สถาบันอย่างละเอียด

ปัจจุบัน USNO เป็นหน่วยงานหลักในการรักษาเวลาและ การตรวจวัดวัตถุท้องฟ้า โดยคำนวณเวลา และ ข้อมูลทางดาราศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการเดินเรือ และ งานพื้นฐานทางดาราศาสตร์ร่วมกับ Rutherford Appleton Laboratory และเผยแพร่ในบรรณสาร Astronomical Almanac

USNO GPS Time Transfer

USNO เป็นผู้รับผิดชอบการปฏิบัติงานของระบบ GPS ซึ่งนอกเหนือจากการเป็นเครื่องมือในการหาพิกัดและ ยังเป็นเครื่องมือสำคัญในการเทียบเวลาอีกด้วย 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



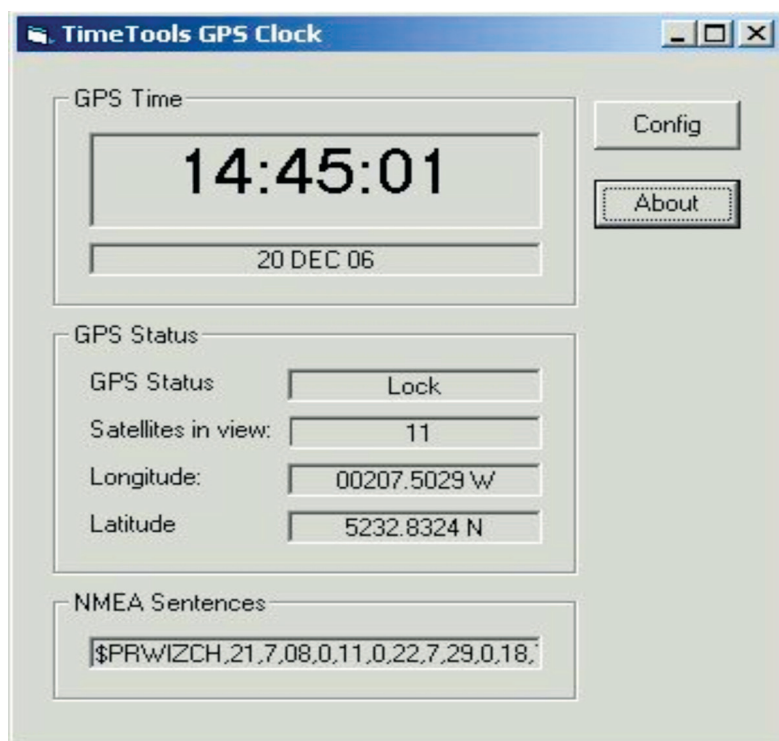
ภาพที่ ๓-๑๙ ไดอะแกรม GPS Time to UTC Time

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

เดียว และสลับจากสถานีหนึ่งไปเป็นสถานีอื่นๆ ตามความต้องการ เวลา GPS เริ่มต้น ณ 0000 UT ของวันที่ ๖ มกราคม พ.ศ.๒๕๒๓ เวลา GPS ไม่ได้ปรับ Leap Seconds จึงต่างจาก UTC เป็นจำนวนเต็มวินาที หลังจากมีการ ประกาศ Leap Seconds ครั้งแรก หลัง ปีพ.ศ. ๒๕๒๓ โดยปัจจุบัน เวลา GPS นำเวลาของ UTC อยู่ ๑๕ วินาที ตั้งแต่วันที่ ๑ มกราคม พ.ศ.๒๕๕๒

นอกเหนือจาก Leap Seconds เวลา GPS แล้ว ยังมีการปรับแก้จากข้อมูลใน NAV Message ซึ่งอ้างอิงเวลาจาก Master Clock (MC) ของ USNO และ กำกับโดย UTC (USNO) ซึ่งจะปรับแก้ให้ต่างกันไม่เกิน ๑ ไมโครวินาที แต่อย่างไรก็ตาม เวลา GPS ในระยะหลายๆ ปีที่ผ่านมาจะต่างจาก UTC (USNO) เพียงไม่กี่ร้อยนาโนวินาที เท่านั้น สำหรับเวลา UTC (USNO,MC) จะรักษาให้ใกล้เคียงกับเวลามาตรฐานสากล UTC ซึ่งรักษาโดย BIPM ให้มากที่สุด ผู้ใช้สามารถเทียบเวลากับ UTC(USNO) ภายใน ๔๐ นาโนวินาที

ดาวเทียม GPS ทุกดวงจะถูกเฝ้าตรวจโดย USNO และรวบรวมข้อมูลเวลา เป็นช่วงๆ ละ ๓๘๐ วินาที ข้อมูลแต่ละดวงจะเป็นข้อมูลที่คำนวณ ณ กลางช่วงเวลา ความยาว ๑๓ นาทีเป็นเวลาที่ครอบคลุม ข่าวสาร NAV message ทั้งหมดซึ่งมีการส่งทุกๆ ๑๒.๕ นาที รวมทั้ง ข้อมูลชั้น ionosphere and UTC และบอกความแตกต่างระหว่าง เวลาของดาวเทียมแต่ละดวง (GPS CC) กับ USNO MC สำหรับดาวเทียม GPS Block II สามารถให้ความถูกต้องของเวลาได้ ระดับ ๒-๒๐ นาโนวินาที RMS ค่าเฉลี่ยตลอดวันระหว่าง USNO MC กับ GPS CC ให้ความถูกต้องที่ ๔-๑๐ นาโนวินาที



ภาพที่ ๓-๒๐ แสดงเวลาจาก GPS

• บทสรุปของการรักษาเวลาที่ไป

เวลาเริ่มมีการใช้มากขึ้นเนื่องจากเวลามีความสัมพันธ์กับการหาตำแหน่งบนพื้นโลก ขณะเดียวกันเวลาก็สัมพันธ์อย่างยิ่งกับการหมุนรอบตัวเองของโลก เป็นที่ทราบว่าการหมุนรอบตัวเองของโลกใช้เวลา ๑ วัน หรือ ๒๔ ชั่วโมง การจะตรวจว่าโลกจะหมุนรอบตัวเองครบ ๑ รอบ ณ ตำแหน่งที่นั้นๆ ได้จึงต้องใช้วัตถุบนท้องฟ้าเป็นหลัก ซึ่งนั่นก็คือ ดวงดาว ดังนั้นการกำหนดเรื่องเวลาตลอดจนการเทียบเวลาส่วนใหญ่จึงมาจากหอดูดาว หรือหอดูดาวนั่นเอง ขณะเดียวกันมนุษย์ก็ได้สร้างเครื่องจักรที่วัดและแบ่งระยะเวลาของความยาวนาน ซึ่งก็คือนาฬิกา และแบ่ง

ความนานนั้นออกเป็นส่วนๆ ย่อยเป็น ชั่วโมง นาที และวินาที ดังนั้น เมื่อหอดูดาวตรวจการหมุนรอบตัวเองของโลกครบ ๑ รอบ ก็จะประกาศหรือแสดงสัญญาณให้รับหรือตั้งเวลาให้ตรงกับการหมุนของโลกใหม่ เรียกว่า **การเทียบเวลา**

ต่อมาได้มีการสร้างนาฬิกาที่สามารถแบ่งความยาวนานได้เที่ยงตรงและละเอียดขึ้น จามนาฬิกาที่เป็นลูกตุ้มจนปัจจุบันเป็นนาฬิกาที่ใช้วัดความถี่ออกมาและนับจำนวนความถี่ที่ออกมาได้ว่ามีความถี่เท่าไรถึงจะเท่ากับความนาน ๑ วินาที เรียกว่า **นาฬิกาอะตอม** ซึ่งแต่ละหน่วยงานที่รักษาเวลาจะใช้นาฬิกาอะตอมเป็นหลัก ขณะเดียวกันการหมุนของโลกก็ยังไม่เท่ากัน จึงมีการเปรียบเทียบเวลาจากการหมุนของโลกกับเวลาจากนาฬิกาอะตอม

หน่วยงานที่รับผิดชอบเรื่องของเวลามักจะวัดความถูกต้องของนาฬิกาอะตอมด้วยความยาวนานใน ๑ วินาที ซึ่งในปัจจุบันสามารถหาอัตราผิดได้ใน ๑ ส่วน ล้านล้าน (๑,๐๐๐,๐๐๐,๐๐๐,๐๐๐) ของวินาที ซึ่งนับว่ามีความละเอียดสูงมาก แต่ก็ยังมีความจำเป็นต้องตรวจสอบว่า ในทุกวันนาฬิกาอะตอมผิดปกติ คลาดเคลื่อนกว่าที่จะเป็นหรือไม่ จึงต้องมีการเทียบอัตราความแตกต่างของความนานใน ๑ วินาทีของนาฬิกาแต่ละแห่ง ถ้าหากมีค่าความแตกต่างกันใกล้เคียงกันทุกวันก็ถือว่าปกติ แต่ถ้ามีการผิดเพี้ยนจากปกติไป ก็อาจมองได้นาฬิกาที่ใดที่หนึ่งอาจเสีย จำเป็นต้องมีอีกที่หนึ่งมาเทียบเพื่อหาว่าที่ใดบกพร่องหรือเสีย

ปัจจุบันดาวเทียมมีประโยชน์ในการสื่อสารข้อมูลข้ามประเทศ ดาวเทียม GPS ก็มีนาฬิกาอะตอมซึ่งให้ความถูกต้องสูงในระดับหนึ่ง จึงนำประโยชน์จากนาฬิกาดังกล่าวมาใช้ในการเทียบเวลาของหน่วยงานรับผิดชอบด้านเวลาได้



ประวัติการรักษาเวลามาตรฐานประเทศไทย

• ที่มาของการรักษาเวลามาตรฐานประเทศไทย

ปัจจุบัน การตรวจสอบเวลาเพื่อรักษาเวลามาตรฐานของประเทศไทย และการแจ้งสัญญาณเทียบเวลาให้กับประชาชน เพื่อให้ใช้เวลาตรงกันทั่วประเทศนั้น ทางราชการได้มอบหมายให้ กองทัพอากาศ เป็นผู้ดำเนินการ โดยกำหนดให้เป็นหน้าที่ของแผนกดาราศาสตร์ กองอุปกรณ์การเดินเรือ กรมอุตุนิยมวิทยา ซึ่งปรากฏอยู่ในระเบียบกระทรวงกลาโหมว่าด้วยการกำหนดหน้าที่ส่วนราชการในกองทัพอากาศ พ.ศ. ๒๕๐๑

การดำเนินการในเรื่องการรักษาเวลามาตรฐานของไทย ได้เริ่มให้ความสนใจอย่างจริงจัง และใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์เข้ามาประกอบอย่างมีเหตุผล เริ่มต้นเมื่อมีชาวต่างชาติเดินทางเข้ามาติดต่อค้าขายเชื่อมสัมพันธ์กับประเทศไทย เท่าที่ปรากฏตามประวัติศาสตร์สามารถวิเคราะห์ได้ว่า น่าจะเริ่มในสมัยกรุงศรีอยุธยา ราวปี พ.ศ. ๒๑๔๔ - พ.ศ. ๒๒๓๑ ซึ่งเป็นระยะเวลาที่สมเด็จพระนารายณ์มหาราช ทรงครองราชย์ ทั้งนี้เนื่องจากพระองค์ฯ เป็นกษัตริย์ที่สนพระทัยในวิทยาการสมัยใหม่จากชาวต่างชาติ สังเกตได้จาก ในปี พ.ศ. ๒๑๔๔ บริษัท ฮิสต์



ภาพที่ ๔-๑ พระบาทสมเด็จพระจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว รัชกาลที่ ๔

อินเดีย ของฮอลันดา ซึ่งเป็นตัวแทนจัดการติดต่อการค้าในกรุงศรีอยุธยา ช่วงรัชสมัยสมเด็จพระนารายณ์มหาราช พระองค์ได้ทรงสั่งซื้อสินค้าจากฮอลันดา เท่าที่ปรากฏหลักฐานดังนี้ กล้องโทรทรรศน์ โคมไฟ หมวกกลักหลาด ชุดผ้าไหม โต๊ะเขียนหนังสือ หนังสือแว่นตา และอื่นๆ แต่ที่สำคัญที่ปรากฏอยู่ในรายการ คือ นาฬิกาแบบใช้เครื่องจักรกล จึงแสดงให้เห็นจากหลักฐานดังกล่าวนี้ว่า ได้เริ่มมีการนำนาฬิกา เข้ามาใช้ตั้งแต่สมัยกรุงศรีอยุธยาแล้ว แต่เนื่องจากความรู้ความสามารถในด้านภาษาต่างประเทศของคนไทยในสมัยนั้น ยังจำกัดอยู่ในกลุ่มคนไม่แพร่หลายนัก วิทยาการในด้านการรักษาเวลาจึงยังไม่อยู่ในความสนใจของประชาชนโดยทั่วไป จนถึงสมัยที่นับว่ากิจการด้านการรักษาเวลาและการแจ้งเวลาเริ่มเป็นรูปธรรม ก็คือ ในรัชสมัยพระบาทสมเด็จพระจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว รัชกาลที่ ๔ แห่งกรุงรัตนโกสินทร์ พระบาทสมเด็จพระจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว ได้เสด็จขึ้นเถลิงถวัลย์ราชสมบัติในปี พ.ศ. ๒๓๙๔ ตลอดรัชกาลของพระองค์ ได้ทรงวางรากฐานงานด้านวิทยาศาสตร์ของประเทศไทยไว้

มากมาย และด้วยพระอัจฉริยภาพด้านวิทยาศาสตร์ของพระองค์ นักวิทยาศาสตร์ไทยได้ระลึกถึงพระเกียรติคุณอันสูงส่งของพระองค์ท่าน จึงได้น้อมเกล้าน้อมกระหม่อมถวายพระราชสมัญญานามแด่พระองค์ท่านว่า **“พระบิดาแห่งวิทยาศาสตร์ไทย”** ในคราวฉลองกรุงรัตนโกสินทร์อายุครบ ๒๐๐ ปี ที่ผ่านมา สิ่งซึ่งจะกล่าวต่อไปนี้เป็นข้อสรุปที่แสดงให้เห็นพระอัจฉริยภาพทางวิทยาศาสตร์ของพระองค์

ผลงานชิ้นสำคัญที่ทำให้ประชาชนชาวไทยและนักดาราศาสตร์ชาวไทยและชาวต่างประเทศยกย่องพระองค์ในการที่พระองค์ได้ทรงคำนวณเวลาที่



ภาพที่ ๔-๒ พระบาทสมเด็จพระจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว เสด็จทอดพระเนตรสุริยุปราคา 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

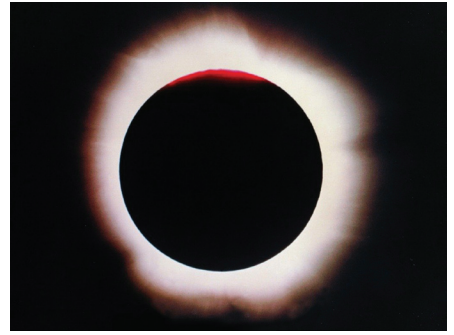
๓. เมื่อตรวจสอบแล้วว่ามีโอกาสเกิดอุปราคาได้ ก็จะมีการ
คำนวณในขั้น ๓ คือ คำนวณว่าการเกิดอุปราคานั้น เป็นสุริยุปราคาหรือ
จันทรุปราคา มีลักษณะอย่างไร เช่น เป็นชนิดมืดหมดทั้งดวง หรือชนิด
วงแหวน หรือมืดเป็นบางส่วน และจะเห็นได้ที่ไหน เวลาเท่าไร ถึง
เท่าไรตามระบบเวลามาตรฐานสากล ซึ่งจะต้องนำมาใช้ในการคำนวณด้วย
ตลอดตั้งแต่ต้น

ในกรณีที่พระองค์ได้ทรงคำนวณเวลาการเกิดสุริยุปราคาที่ว่า
นี้ พระองค์ได้ทรงกระทำตามขั้นตอนที่ได้กล่าวมาแล้วนี้ และสามารถ
คำนวณได้อย่างถูกต้องทั้งในลักษณะการเกิด เวลาที่เกิด และตำบลที่ใช้
สังเกตจากการคำนวณเปรียบเทียบกับหลักฐานจากการคำนวณของหอดูดาว
กรีนนิช ปรากฏว่าระบบการคำนวณของพระองค์ท่านถูกต้อง แต่ตัวเลข
ของพระองค์ไม่มีในระบบของกรีนนิช แสดงว่าพระองค์ท่านได้ทรงคำนวณขึ้น
มาด้วยพระองค์เอง มิได้นำเอาผลการคำนวณของชาวต่างชาติมาดัดแปลง
ประยุกต์ใช้สำหรับประเทศไทยแต่อย่างใด สิ่งนี้นับเป็นการพิสูจน์อย่างดีว่า พระองค์ทรงเป็นอัจฉริยะทางด้าน
วิทยาศาสตร์

ในเรื่องของเวลาพระองค์ท่านได้ทรงสถาปนาระบบเวลามาตรฐานขึ้นในประเทศไทย โดยเมื่อปี พ.ศ. ๒๓๙๕
ได้ทรงสร้างพระที่นั่งภูวดลทัศไนยขึ้นในพระบรมมหาราชวัง ซึ่งอยู่ในส่วนตรงหน้าพระพุทธรูปเศวตฉัตร พระที่นั่งองค์นี้
สร้างเป็นตึกทรงยุโรป สูง ๕ ชั้น ชั้นยอดมีนาฬิกาใหญ่ ๔ ด้าน ใช้เป็นหอนาฬิกาหลวงสำหรับบอกเวลามาตรฐาน
ของประเทศไทยในสมัยนั้น



ภาพที่ ๔-๕ พระที่นั่งภูวดลทัศไนย



ภาพที่ ๔-๓ อุปราคาเต็มดวง



ภาพที่ ๔-๔ อุปราคาเป็นเสี้ยว

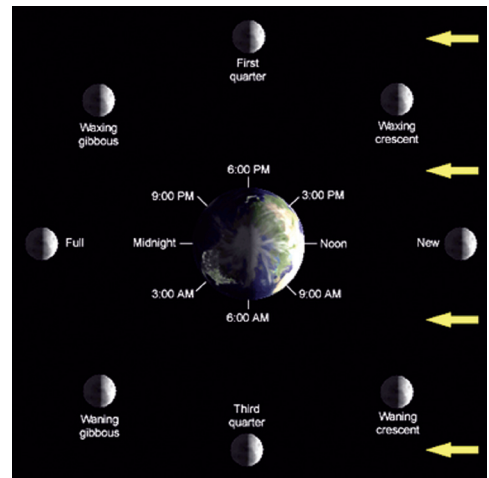
ในสมัยของพระองค์ท่านนั้น ประเทศ
ต่างๆจะต้องทำการคำนวณทางดาราศาสตร์
เพื่อเทียบเวลาของตนเองโดยเอกเทศโดย
สถาบันทางดาราศาสตร์ของชาตินั้นๆ แต่
ด้วยพระปรีชาสามารถของพระองค์ที่ได้ทรง
คำนวณด้วยระบบดาราศาสตร์โดยตรง จึง
สามารถรักษาเวลามาตรฐานได้อย่างเที่ยง
ตรง พระองค์ท่านโปรดให้มีพนักงานนาฬิกา
หลวง ในตำแหน่งที่เรียกว่า “**พันทิวาทิศย์**”
คอยเทียบเวลาตอนกลางวันจากดวงอาทิตย์
และตำแหน่ง “**พันทินิตจันตรา**” เทียบเวลา
ตอนกลางคืนจากดวงจันทร์ ซึ่งถือได้ว่าเป็น
ตำแหน่งงานทางดาราศาสตร์ของไทยชุด

แรก ที่คอยสังเกตการณ์เวลาย่ำรุ่งและพลบค่ำ เมื่อดวงอาทิตย์หรือดวงจันทร์ผ่านเมริเดียนของพระที่นั่งภูวดลทัศไนย ซึ่งเป็นที่สังเกตการณ์ จึงเชื่อได้ว่าเวลามาตรฐานของประเทศไทยสมัยนั้นควรเป็นเวลาของเส้นแวงประจำหอนาฬิกาหลวงแห่งนี้ คือ ๑๐๐ องศา ๒๙ ลิปดา ๕๐ พิลิปดาตะวันออก และยังพบว่าพระองค์ท่านทรงใช้เส้นแวง ๑๐๐ องศาตะวันออกเป็นเส้นเมริเดียนหลักของการรักษาเวลามาตรฐานของประเทศไทย และอยู่ในระบบเวลาที่เรียกว่า เวลาปรากฏ (Apparent Time) เพราะหอนาฬิกาหลวงที่ใช้สังเกตการณ์การเริ่มเกิดแสงทองอยู่ที่กรุงเทพฯ ซึ่งมีค่าเส้นแวงประมาณ ๑๐๐ องศา ๓๐ ลิปดา แต่พระองค์ทรงแก้เวลากลับไปสู่ระบบเส้นแวง ๑๐๐ องศา ซึ่งถ้าเราดูในแผนที่จะพบว่า **“พระนครคีรี”** ที่พระองค์ทรงโปรดให้สร้างขึ้นบนเขาวิ้ง อำเภอมะนัง จังหวัดเพชรบุรี อยู่บริเวณเส้นเมริเดียน ๑๐๐ องศา ในรัชสมัยของพระองค์ทรงกำหนดให้เวลาท้องถิ่นของพระนครคีรีเป็นเวลามาตรฐานของประเทศไทย อาจกล่าวได้ว่าระบบเวลามาตรฐานประเทศไทยที่พระองค์ทรงกำหนดขึ้นนี้ ได้กระทำก่อนประเทศมหาอำนาจแถบยุโรปเสียอีก กล่าวคือ รัฐสภาอังกฤษผ่านพระราชบัญญัติเวลามาตรฐานกรีนิช (Greenwich Mean Time; GMT) ในปี พ.ศ.๒๔๓๓ และในปี พ.ศ.๒๔๓๗ ที่ประชุมดาราศาสตร์ในกรุงวอชิงตัน ดีซี ได้ตกลงให้เส้นเมริเดียนที่ผ่านเมืองกรีนิช ประเทศอังกฤษ เป็นเมริเดียนหลักที่จะใช้เทียบเวลามาตรฐานโลก

แม้ในปัจจุบันเราต้องใช้เวลามาตรฐานกรีนิช แต่ก็ควรจะภูมิใจที่ไทยยุคก่อนก็ได้เคยใช้เวลามาตรฐานกรุงเทพปานกลาง (Bangkok Mean Time) โดยให้มีตำแหน่งทางภูมิศาสตร์เป็นเส้นแวง ๑๐๐ องศา ๒๙ ลิปดา ๕๐ พิลิปดาตะวันออก เส้นรุ้ง ๑๔ องศา ๔๔ ลิปดา ๒๙ พิลิปดาเหนือ มาอย่างถูกต้อง ก่อนที่จะตกลงการใช้เวลามาตรฐานกรีนิชด้วยซ้ำ โดยแท้จริงแล้วพระองค์โปรดเกล้าฯ ให้สร้างหอนาฬิกาหลวงในพระบรมมหาราชวัง ๒ หอ นอกจากพระที่นั่งภูวดลทัศไนยแล้ว ยังโปรดเกล้าฯ ให้พระบรมวงศานุกรมขุนราชสีหวิกรมทรงออกแบบสร้างหอนาฬิกาตรงมุขเด็จของพระที่นั่งจักรีอีกแห่งหนึ่ง แต่มิได้ระบุชื่อและปีที่สร้าง เชื่อว่าพระองค์มีพระราชประสงค์จะให้ชาวเรือที่ขึ้นล่องแม่น้ำเจ้าพระยามองเห็นและเทียบเวลาเดินเรือได้สะดวก พระองค์มีพระราชดำริเกี่ยวกับการสถาปนาระบบเวลา



ภาพที่ ๔-๓ หอนาฬิกาภายในพระที่นั่งจักรี



ภาพที่ ๔-๖ การเกิดสุริยุปราคา

มาตรฐาน การประชุมประกาศรัชกาลที่ ๔ ไว้ว่า **“..จะเป็นเหตุให้เขาหัวเราะเยาะเย้ยได้ว่าเมืองเรา ใช้เครื่องมือนับทุ่มโมง เวลาหยาบคาย นักไม่สมควรเลย เพราะเหตุนี้ พระบาทสมเด็จพระจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว ได้ทรงวินิจฉัยพิจารณาตรวจตราคำนวณความดำเนินพระอาทิตย์ให้ถูกต้องทั้งปวงสอกับนาฬิกาที่ดีมาหลายปีทรงทราบถ้วนถี่ทุกประการแจ้งในพระราชหฤทัยแล้ว...”**

นอกจากนี้ ในยุคร่วมสมัยของพระองค์ท่าน นักดาราศาสตร์กำลังให้ความสนใจเรื่องการเคลื่อนที่ของโลก ดวงอาทิตย์ ดวงจันทร์ ต่างทุ่มเทสติปัญญา เพื่อหาวิธีคำนวณตำแหน่งดวงจันทร์ ขณะที่โคจรรอบโลก ภายใต้แรงดึงดูดของโลก และดวงอาทิตย์ และตำแหน่งดวงจันทร์ ขณะที่โคจรรอบดวงอาทิตย์ ภายใต้แรงดึงดูด จากดาวเคราะห์ต่างๆ ซึ่งการแก้ปัญหาทั้ง ๒ อย่างที่ต้องอาศัยหลักในงานสาขาดาราศาสตร์ ฟิสิกส์ และคณิตศาสตร์ในการวิจัยคำนวณ

• การแจ้งสัญญาณเวลา

เรื่องการบอกสัญญาณแจ้งเหตุและอันตรายต่างๆ เช่น การตีเกราะ ตีกลอง หรือยิงปืนนั้น มีมานานแล้ว ตั้งแต่สมัยกรุงศรีอยุธยา ซึ่งเข้าใจว่าได้มาจากเมืองจีน ประเพณีนี้ได้มีมาจนถึงสมัยกรุงรัตนโกสินทร์ คือ มีทั้งยิงปืนและตีกลอง การตีกลองนั้นเดิมทีมีหอกลองอยู่ที่หน้าวัดพระเชตุพนวิมลมังคลารามราชวรมหาวิหาร หอหนึ่งเป็น



ภาพที่ ๔-๘ . วัดพระเชตุพนวิมลมังคลารามราชวรมหาวิหาร

๓ ชั้น ปัจจุบันนี้ไม่มีแล้ว คงมีแต่ศาลเจ้าพ่อหอกลอง ที่หอหนึ่งแขวนกลองไว้สามใบ ใบละชั้น กลองใบใหญ่อยู่ชั้นล่างมีชื่อว่า **“ย่าพระสุริย์ศรี”** สำหรับตีบอกเวลาเมื่อดวงอาทิตย์ตกดินเพื่อเป็นสัญญาณให้ปิดประตูพระนคร กลองใบกลางมีชื่อว่า **“อัคคีพิณาศ”** สำหรับตีเมื่อเกิดไฟไหม้ เป็นสัญญาณเรียกราษฎรให้มาช่วยกันดับไฟ ดูเหมือนมีกำหนดว่าถ้าไฟไหม้นอกพระนครให้ตีสามครั้ง ถ้าไฟไหม้ในพระนครตีมากกว่านั้น กลองใบเล็กที่ชั้นยอด มีชื่อว่า **“พิฆาตไพรีนทร์”** สำหรับตีให้รู้ว่าข้าศึกมาประชิดติดพระนคร ทุกคนจะต้องมาประจำรักษาหน้าที่โดย พร้อมเพรียงกัน

การยิงปืนบอกเวลานั้นมีมานานแล้วเช่นกัน เดิมทีเดียว (ก่อน พ.ศ. ๒๔๓๐) ที่ป้อมในพระบรมมหาราชวังมีปืนใหญ่ประจำอยู่ทุกป้อม ป้อมละ ๑ กระบอก เป็นปืนสัญญาณ ปืนที่อยู่ที่ป้อมมุมวัดพระเชตุพนฯ จะยิงบอกเวลาเมื่อดวงอาทิตย์ขึ้นทุกวันเพื่อเป็นสัญญาณให้เปิดประตูวัง เพราะเวลากลางคืนประตูวังจะปิด และเป็นการลดหย่อนการพิทักษ์รักษาการณ์อยู่เวรยามในพระราชวังในเวลากลางคืน แต่บางคนบอกว่าที่ยิงปืนนั้นเป็นการเปลี่ยนดินปืน อีกนัยหนึ่ง การยิงปืนยังใช้ยังเป็นสัญญาณเมื่อไฟไหม้ ถ้าไฟไหม้นอกพระนครจะยิงนัดเดียว ถ้าไฟไหม้ในพระนครจะยิง ๓ นัด และถ้าไฟไหม้พระบรมมหาราชวัง จะยิงติดต่อกันไปหลายนัดจนกว่าไฟจะดับถึงจะหยุดยิง

การยิงปืนบอกเวลาเที่ยงหรือที่เรียกว่า ยิงปืนเที่ยงนั้น ครั้งแรกเราได้ยินอังกฤษเขายิงปืนสัญญาณที่เมืองสิงคโปร์ เพื่อให้ประชาชนและชาวเรือต่างๆ ตั้งนาฬิกา ไทยเราจึงอยากจะให้มีการยิงปืนเที่ยงที่กรุงเทพฯ เหมือนกับเขาบ้าง จึงโปรดเกล้าฯ ให้ทหารเรือยิงปืนเที่ยงที่ท่าหนักแพ (ท่าราชวรดิฐ) และยิงเฉพาะในวันเสาร์เท่านั้น โดยมีพระชลยุทธโยธินเป็นเจ้าพนักงานออบเซอร์เวตตอรีหลวง ตรวจสอบนาฬิกา (เวลา) ครั้นกรมหลวงประจักษ์ศิลปาคม จัดตั้งกรมทหารปืนใหญ่ล้อมวัง จึงโอนหน้าที่ยิงปืนเที่ยงมาให้ทหารปืนใหญ่ล้อมวังยิงที่ป้อมทัศนิก (ทัศนากร) ซึ่งอยู่ทางทิศตะวันตกของพระบรมมหาราชวัง และเปลี่ยนมาเป็นยิงปืนเมื่อเวลาเที่ยงทุกวัน ดังประกาศยิงปืนจากราชกิจจานุเบกษา เล่ม ๙ จุลศักราช ๑๒๔๙ ดังต่อไปนี้



ภาพที่ ๔-๙ การใช้เรือหลวงในการยิงปืน

ประกาศยังป็น

วันที่ ๓ เดือน ๕ ขึ้น ๔ ค่ำ ยิงปืนแบบพสก ๑๒๔๙ (พ.ศ.๒๔๓๐)

ด้วยพระชลยุทธโยธิน เจ้าพนักงานออบเซอร์เวตตอรีหลวง รับพระบรมราชโองการใส่เกล้าฯ สั่งว่า แต่ก่อนได้โปรดเกล้าฯ ให้ยิงปืนเที่ยงในวันเสาร์ เพื่อจะเป็นประโยชน์แก่ผู้ที่ต้องการตั้งนาฬิกาให้ตรงกับเวลามัธยม (คือมินไตร์) กรุงเทพฯ เสมอทุกวันเสาร์มา แต่ถึงกระนั้นก็ยังเป็นที่ลำบากอยู่ ทุกวันนี้การค้าขายเจริญมากขึ้น เรือที่เข้าออกมีขึ้นเป็นอันมากและมีความปรารถนาเวลามัธยมกรุงเทพฯ อยู่ด้วยกันทุกลำ เพราะฉะนั้นจึงทรงพระราชดำริโดยความที่ทรงพระกรุณาเกล้าฯ ราษฎรที่ไปมาค้าขายในกรุงเทพฯ เพื่อจะได้ประโยชน์ที่จะตั้งนาฬิกาได้ตรงเวลามัธยมกรุงเทพฯ จึงทรงพระกรุณาโปรดเกล้าฯ ให้ยิงปืนเวลาเที่ยงทุกๆ วัน เมื่อผู้ใดได้ยินเสียงปืนแล้วต้องเข้าใจว่าเป็นเวลาเที่ยง ตามเวลามัธยม (มินไตร์) กรุงเทพฯ ที่หอออบเซอร์เวตตอรีหลวง ซึ่งตั้งอยู่ใน แลตติจูด ๑๓๔๕๓๘๘ เหนือ ลองจิจูด ประมาณ ๑๐๐๒๘๔๕ ตะวันออก ของเมืองครินนิช กำหนดจะได้ยิงปืนใหญ่ที่ป้อมทศนิคมทิศด้านตะวันตกของพระบรมมหาราชวัง แต่ ณ วันที่ ๗ ขึ้น ๑๒ ค่ำ ปีชวดยังเป็นนพศกตรงเวลาเที่ยงเสมอไปทุกๆ วัน อย่าให้ผู้ใดผู้หนึ่งสงสัยตกใจว่าเกิดเพลิง หรือเหตุการณ์ต่างๆ ถ้าพ้นเวลาเที่ยงแล้ว หรือก่อนเที่ยงจึงควรถือเอาว่ามีเหตุได้ ถ้าเกิดเพลิงขึ้นในเวลาเที่ยงหรือใกล้เที่ยงจะยิงปืนเป็นสองนัด จึงให้ถือเอาว่ามีเหตุได้

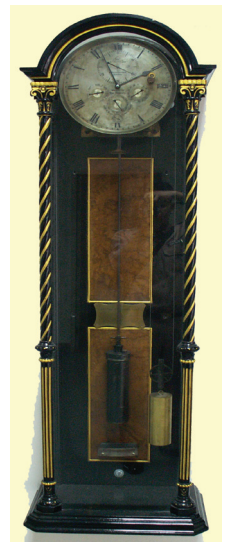
(จากราชกิจจานุเบกษา เล่ม ๙ จุลศักราช ๑๒๔๙)

ต่อมาภายหลังได้มอบโอนหน้าที่ให้ทหารเรือเป็นผู้ยิงปืนเที่ยงอีก และเป็นผู้รักษาเวลาด้วย ต่อมาทหารเรือได้จัดให้มีการยิงปืนเที่ยงที่เรือพระที่นั่งจักรีอยู่ชั่วยาระยะหนึ่ง แล้วเปลี่ยนให้กรมยุทธศึกษาทหารเรือ จัดการยิงปืนเที่ยงที่ป้อมวิชัยประสิทธิ์ โดยให้นักเรียนนายเรือเป็นผู้ยิงภายหลังปรากฏว่าไม่สะดวก เพราะนักเรียนนายเรือไม่ได้อยู่กรุงเทพฯ ตลอดเวลา ต้องออกไปฝึกภาคทะเลบ่อยๆ จึงมอบหน้าที่การยิงปืนเที่ยง ให้เป็นหน้าที่ของกรมเรือกล ขึ้น ๔ เป็นผู้ยิงปืนเที่ยงทุกวัน ที่สนามหน้าท่าราชวรดิฐ การยิงปืนเที่ยงมาเลิกเมื่อ พ.ศ.๒๔๗๗ เพราะมีไฟฟ้าและวิทยุใช้แล้ว การเทียบเวลาโรงไฟฟ้าจะทำไฟกระพริบเป็นสัญญาณให้เทียบนาฬิกาเมื่อเวลาสองทุ่ม สำหรับวิทยุก็บอกสัญญาณให้เทียบนาฬิกาในเวลาเดียวกัน

ในระยนี้มีประกาศพระราชกฤษฎีกา และประกาศของทางราชการเกี่ยวกับเรื่องเวลานี้หลายฉบับด้วยกัน เช่น ในสมัยก่อน พ.ศ.๒๔๖๐ การขึ้นวันใหม่ เริ่มต้นวันเมื่อย่ำรุ่ง คือ ๐๖๐๐ นาฬิกา จนใน พ.ศ.๒๔๖๐ มีประกาศพระราชกฤษฎีกาฉบับหนึ่ง ให้ใช้การขึ้นวันใหม่เช่นเดียวกับชาวยุโรป คือ เริ่มต้นวัน เมื่อ ๑๒ ชั่วโมง ก่อนเที่ยงวัน และสิ้นวันเมื่อ ๑๒ ชั่วโมง ภายหลังเที่ยงวัน และก่อน พ.ศ.๒๔๖๓ ประเทศไทยได้ใช้เวลาอัตราเร็วกว่าเวลาสมมุติกรีนิช ๖ ชั่วโมง ๔๑ นาที ๕๗.๓ วินาที ใน พ.ศ.๒๔๖๒ มีประกาศพระราชกฤษฎีกาฉบับหนึ่ง เปลี่ยนเป็นให้ใช้เวลาอัตราเร็วกว่าเวลาสมมุติกรีนิช ๗ ชั่วโมง ตั้งแต่วันที่ ๑ เมษายน พ.ศ.๒๔๖๓ เป็นต้นไป



ภาพที่ ๔-๑๑ นาฬิกาโครโนเมตร



ภาพที่ ๔-๑๐
นาฬิกาลูกตุ้ม

งานการรักษาเวลามาตรฐาน พ.ศ.๒๔๗๖

ในช่วงก่อนปี พ.ศ.๒๔๗๖ การรักษาเวลาอยู่ในความรับผิดชอบของหมวดเครื่องมือเดินเรือ กองอุปกรณ์การเดินเรือ ได้ใช้นาฬิกาลูกตุ้มเรือนเกนท์ เป็นนาฬิกาหลักในการรักษาเวลา โดยทำการตรวจหาความ

ผิดของนาฬิกาลูกตุ้มเรือนเกนต์ โดยกำหนด ๗ วัน ต่อครั้ง ถ้าวันไหนอากาศไม่ดี เช่น มีเมฆมาก หรือฝนตก ไม่สามารถมองเห็นดวงอาทิตย์ได้ ก็จะเลื่อนตรวจในวันต่อไป วิธีการตรวจ โดยการวัดสูงเท่าของดวงอาทิตย์ด้วย เครื่องวัดแดด (Sextant) จดเวลาด้วยนาฬิกาโครโนเมตร แล้วนำไปเทียบกับนาฬิกาลูกตุ้มเรือนเกนต์อีกชั้นหนึ่ง ความผิดของนาฬิกาคำนวณถึงเพียงเศษลิปทศนิยม ๓ ตำแหน่ง ของวินาที อัตราเปลี่ยนประจำวันใช้เพียงเศษลิปทศนิยม ๓ ตำแหน่ง เช่น ในปี พ.ศ.๒๔๗๖ ได้ใช้การตรวจโดยวิธีวัดสูงของดวงอาทิตย์ ๓๔ ครั้ง คิดเฉลี่ย ๑๑ วันต่อครั้ง อัตราผิดประจำวันของนาฬิกาลูกตุ้มเรือนเกนต์ ก. อย่างสูงไม่เกิน ๐.๙๗๑ วินาที อย่างต่ำไม่น้อยกว่า ๐.๐๐๒ วินาที อัตราผิดประจำวันของนาฬิกาลูกตุ้มเรือนเกนต์ ข. อย่างสูงไม่เกิน ๐.๘๕๗ วินาที อย่างต่ำไม่น้อยกว่า ๐.๐๑๓ วินาที

นาฬิกาเรือนเกนต์ ก. ตั้งตามเวลาสมมุติที่กรีนิช (Greenwich Mean Time) นาฬิกาเรือนเกนต์ ข. ตั้งตามเวลามาตรฐานประเทศไทย (Standard Mean Time) ที่กรุงเทพฯ ในช่วงระยะเวลาที่ดำเนินการตรวจรักษาเวลานั้น ได้ทำการตรวจความผิดของนาฬิกาโครโนเมตรที่มีอยู่ด้วย โดยทำการตรวจทุกครั้งภายหลังที่ตรวจความผิดของนาฬิกาเรือนเกนต์ แล้วตรวจโดยวิธีเทียบกับนาฬิกาเรือนเกนต์ การคำนวณความผิดและอัตราเปลี่ยนประจำวันใช้เพียงเศษลิปทศนิยม ๓ ตำแหน่ง ของวินาทีเช่นเดียวกับนาฬิกาเรือนเกนต์ การตรวจสอบเวลาเพื่อใช้ทั่วประเทศ ตามที่กรมอุทกศาสตร์ได้ทำอยู่ในเวลานั้น ถ้าเปรียบเทียบกับต่างประเทศแล้ว เฉพาะเครื่องมือนับได้ว่าล้ำสมัยมาหลายสิบปี เกือบจะเรียกได้ว่าไม่มีประเทศที่เจริญแล้วประเทศใดใช้วิธีอย่างไทย กรมอุทกศาสตร์ซึ่งเล็งเห็นถึงความจำเป็นที่จะต้องเปลี่ยนไปใช้เครื่องมือที่ทันสมัย เพราะเวลาที่ใช้นั้นไม่ใช่เฉพาะประชาชนพลเรือนเท่านั้น ยังต้องใช้เทียบเคียงกับต่างประเทศและชาวเรือโดยทั่วไปด้วย โดยเฉพาะชาวเรือและการเดินเรือ ย่อมต้องการความละเอียดถูกต้องของเวลามาก กรมอุทกศาสตร์จึงพยายามจัดหาเครื่องมือตรวจสอบและรักษาเวลาที่ทันสมัยให้เหมาะสมกับงานที่ได้รับมอบหมาย โดยการจัดหานาฬิกาโครโนเมตรมาใช้งาน

ในปี พ.ศ.๒๔๗๕ นาฬิกาโครโนเมตรเรือนที่เดินเที่ยงตรงดีที่สุด มีอัตราเปลี่ยนประจำวันอย่างมากเพียง ๐.๕๓๘ วินาที อย่างน้อย ๐.๐๒๘ วินาที เรือนที่เร็วที่สุดมีอัตราผิดประจำวันอย่างมาก ๖.๑๕๕ วินาที อย่างน้อย ๒.๑๘๕ วินาที สำหรับนาฬิกาโครโนเมตรที่จ่ายให้กับเรือต่างๆ ก่อนจ่ายจากคลังเครื่องมือเดินเรือเจ้าหน้าที่ประจำหมวดจะเทียบหาความผิดและอัตราเปลี่ยนประจำวันให้ก่อนทุกครั้ง

ในช่วงเวลานั้นเนื่องจากการติดต่อสื่อสารในระบบบริการกองอุปกรณ์การเดินเรือ ยังไม่มีความเจริญก้าวหน้ามากนัก ดังนั้นจึงมีหน่วยราชการ เอกชนอื่นๆ นอกกองทัพเรือ ได้นำนาฬิกามาให้กรมอุทกศาสตร์ตรวจสอบหาความผิดและเปรียบเทียบให้ โดยเมื่อมีผู้ส่งนาฬิกามาให้ตรวจสอบความผิด เจ้าหน้าที่ประจำหมวดจะรับตรวจและจัดรับรองรายการเทียบให้เสมอ เว้นแต่เจ้าของผู้มาขอเทียบนั้นๆ เป็นนายทหารเรือพรรคนาวินอยู่แล้วผู้มาขอเทียบมักทำการเทียบด้วยตนเอง เจ้าหน้าที่ประจำหมวดเพียงแต่ช่วยอำนวยความสะดวกในการแสดงรายการต่างๆ เท่าที่ผู้มาขอเทียบต้องการทราบเท่านั้น

ตามปกติมีผู้มาขอเทียบหาความผิดของนาฬิกาหรือขอเทียบตั้งเวลา ดังต่อไปนี้

๑. กองยานพาหนะทหารเรือ เทียบไปตั้งยังปืนเที่ยงลับดาห์ละ ๑ ครั้ง
๒. บรรดาเรือหลวงต่างๆ ที่มีนาฬิกาโครโนเมตรประจำเรือลับดาห์ละ ๑ ครั้ง
๓. กรมเจ้าท่า ไม่มีกำหนดแน่นอน
๔. กรมไปรษณีย์โทรเลข เทียบไปตั้งบอกเวลา ๒๐๐๐ ทางวิทยุกระจายเสียง ลับดาห์ละ ๒ ครั้ง
๕. กรมรถไฟหลวง เทียบไปตั้งเวลาของกรมรถไฟลับดาห์ละ ๒ ครั้ง
๖. ท้าวงแอลยิกันดี ไม่มีกำหนดแน่นอน
๗. ท้าวงเอสเอบี ไม่มีกำหนดแน่นอน
๘. บริษัทไฟฟ้า ไม่มีกำหนดแน่นอน

- ๙. กรมชลประทาน ไม่มีการกำหนดแน่นอน
- ๑๐. เรือสินค้าต่างประเทศ ไม่มีการกำหนดแน่นอน
- ๑๑. กรมสาธารณสุข ไม่มีการกำหนดแน่นอน
- ๑๒. กรมเลขาธิการสภาผู้แทน ไม่มีการกำหนดแน่นอน
- ๑๓. อุ้งบางกอกค็อก ไม่มีการกำหนดแน่นอน

การตรวจความผิดของนาฬิกาโครโนเมตร

ได้ทำการตรวจโดยวิธีเทียบกับนาฬิกาเรือนเกณฑ์ ภายหลังที่ได้ตรวจความผิดของนาฬิกาเรือนเกณฑ์แล้วทุกครั้ง การคำนวณความผิดและอัตราเปลี่ยนแปลงประจำวันใช้เศษสิบเพียง ๓ ตำแหน่งของวินาทีเช่นเดียวกับนาฬิกาเรือนเกณฑ์

เมื่อจ่ายนาฬิกาโครโนเมตรออกจากคลังเครื่องมือเดินเรือ ไปใช้ราชการตามเรือหรือกรมกองต่างๆ เจ้าหน้าที่ได้จัดการเทียบหาความผิดและอัตราเปลี่ยนแปลงประจำวันให้ก่อนทุกครั้ง

ในปี พ.ศ.๒๔๗๗ กรมอุทกศาสตร์ ได้ส่งกล้องวัดดาว นาฬิกาและเครื่องโครโนกราฟ ไว้สำหรับการตรวจสอบนาฬิกา ซึ่งอุปกรณ์และเครื่องมือดังกล่าวได้ตรวจรับไว้ใช้ในราชการ เมื่อ มีนาคม พ.ศ.๒๔๗๘ มีรายการ ดังนี้

- ๑. กล้องวัดดาวชนิด Meridian Transit Instrument (Askania Werke A.G.) ๑ กล้อง ราคา ๒๑,๑๗๕.๒๕ บาท
- ๒. นาฬิกาดาราศาสตร์ ชนิด Riefler เรือนเกณฑ์ ๑ เรือน เรือนที่สอง ๑ เรือน พร้อมเครื่องประกอบ ราคา ๗,๗๓๗.๖๐ บาท
- ๓. โครโนกราฟ สำหรับใช้ประกอบกับกล้องวัดดาว และนาฬิกาดาราศาสตร์ชนิด Wetzler Tape Chronograph ๑ ชุด ราคา ๑,๖๖๗.๘๔ บาท

ในช่วงที่กรมอุทกศาสตร์ดำเนินการสั่งซื้ออุปกรณ์ตรวจสอบเวลาดังกล่าวข้างต้น ในช่วงปี พ.ศ.๒๔๗๗ กรมอุทกศาสตร์ได้จัดสร้างหอดูดาวขึ้น ภายในบริเวณสนามหญ้าชั้นในหน้าท้องพระโรง โรงเรียนนายเรือ เป็นรูปตึกคอนกรีตชั้นเดียว ๘ เหลี่ยม กว้างเหลี่ยมละ ๒ เมตร สูง ๓.๔ เมตร หลังคาทำให้อัด - เปิดได้ กว้าง ๒ เมตร ช่องหลังคาที่อัด - เปิด ได้นี้อยู่ในแนวทิศเหนือ ใต้ จริง ตอนกลางมีแท่นสำหรับตั้งกล้องวัดดาวและมีผนังอิสระสำหรับติดตั้งนาฬิกาดาราศาสตร์ และเครื่องประกอบ เมื่อได้สร้างเสร็จแล้ว จึงได้โอนตึกนี้มาขึ้นอยู่กับหมวดเครื่องมือเดินเรือ เมื่อวันที่ ๒๓ ธันวาคม พ.ศ.๒๔๗๘ เครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ ได้ถูกติดตั้งตามคำแนะนำซึ่งได้รับจากบริษัทที่ผลิตเครื่องมือ แล้วเสร็จในปี พ.ศ.๒๔๗๘ ต่อจากนั้นได้มีการตรวจแก้หาความผิดและศึกษาลักษณะของเครื่อง ความสัมพันธ์จากตัวเครื่องจริงๆ ประกอบกับทฤษฎีที่เกี่ยวกับเครื่องเท่าที่จะทำได้ แต่เนื่องจากเจ้าหน้าที่ในหมวดเครื่องมือเดินเรือในระยะนั้นมีจำนวนน้อย เวลาที่ใช้ในการศึกษาวิธีใช้เครื่องซึ่งมีโอกาสน้อยเท่าที่ปลื้มได้จากเวลาที่เหลือจากงานประจำ ดังนั้นในช่วงระยะแรกๆ ยังใช้กล้องนี้ทำงานไม่ได้

หมายเหตุ นายเรือโท สนิท มหาดีตะ นายทหารประจำกองสมุทรศาสตร์ เป็นกรรมการตรวจงานก่อสร้างหอดูดาว แท่นนาฬิกาแดด ในช่วงเวลานั้น และ นาวาตรี หลวงชลธารพดุมิไกร หัวหน้ากองสมุทรศาสตร์ เป็นกรรมการตรวจรับกล้องวัดดาวผ่านเมริเดียน

ค่าก่อสร้างหอนาฬิกาและหากล้องวัดดาว ใช้งบประมาณ ๑,๕๐๐.- บาท โดยใช้งบประมาณประเภทเงินการจร พ.ศ.๒๔๗๘

การดำเนินการในการตรวจสอบเวลา และการบริการสัญญาเทียบเวลาในระย่นี้เป็นการดำเนินงานที่ยังไม่สมบูรณ์ เนื่องจากยังไม่สามารถให้การบริการส่งสัญญาเทียบเวลาออกอากาศได้ เป็นแต่เพียงรักษาเวลานาฬิกามาตรฐานที่มีอยู่ให้แน่นอนเท่านั้น ทั้งนี้เป็นเพราะนาฬิกาถูกตุ้มเรือนเกณฑ์ที่มีอยู่ไม่มีเครื่องประกอบเมื่อส่งสัญญาเวลา ดังนั้นการบริการก็มีเฉพาะบริการเพียงเวลาตามทางโทรศัพท์ และการนำนาฬิกามาเทียบที่กรมอุทกศาสตร์

ประมาณปี พ.ศ.๒๕๔๘ นาวาเอก พงษ์ อาศนะเสน เจ้ากรมอุทกศาสตร์ในเวลานั้น ได้เขียนโครงการงานด้านดาราศาสตร์ อุทกศาสตร์ของกรมอุทกศาสตร์ไว้เป็น ๓ ข้อใหญ่ ซึ่งมีทั้งดำเนินการแล้วและกำลังจะทำตามแนวกรมคิดไว้ ดังนี้

โครงการงานดาราศาสตร์ของกรมอุทกศาสตร์ ได้กำหนดไว้เป็น ๓ ข้อ ดังนี้

๑. คำนวณตรวจสอบและรักษาเวลาสำหรับใช้ทั่วประเทศ และสำหรับการเดินเรือตามหลักสากล
๒. คำนวณและจัดทำปฏิทินเดินเรือ (Ephemeris and Nautical Almanac) สำหรับองค์การต่างๆ ที่ต้องใช้มาตราต่างๆ ที่เป็นตัวเลขเกี่ยวกับดาราศาสตร์ และสำหรับทหารเรือและชาวเรือ เพื่อใช้ในการดาราศาสตร์เดินเรือ
๓. ส่งเสริมวิชาดาราศาสตร์ให้แพร่หลาย ดังนี้

๓.๑ การคำนวณตรวจสอบ และรักษาเวลาสำหรับใช้ทั่วประเทศไทย และสำหรับการเดินเรือตามหลักสากล งานนี้ได้ทำมาตั้งแต่กรมอุทกศาสตร์ยังเป็นกองแผนที่อยู่ คือ ตั้งแต่ปี พ.ศ.๒๕๔๔ เป็นลำดับมาจนถึงปี พ.ศ.๒๕๗๙ ได้ใช้เครื่องมือที่ละเอียดดีขึ้น กล่าวคือใช้กล้องและนาฬิกาอย่างละเอียดประณีต มีดังนี้

(๓.๑.๑) เครื่อง Transit Instrument “AP IOO” ทำโดย Askania Werke A.G., Bambergwerk, Berlin - Friedenau ราคา ๒๑,๑๗๕.๒๕ บาท เมื่อวันที่ ๒๗ มกราคม พ.ศ.๒๕๗๔

(๓.๑.๒) นาฬิกาดาราศาสตร์ ๑ ชุด รวม ๒ เรือน เรือนเอกแบบดี, เรือนโทแบบเอ

(๓.๑.๓) เทปโครโนกราฟ แซต ๒๑๒ รวม (๒) และ (๓) ราคา ๙,๓๙๒.๑๐ บาท เมื่อวันที่ ๔ มีนาคม พ.ศ.๒๕๗๔ ทำโดย Clemens Riefler ทั้งนี้เป็นแต่เพียงขั้นที่ ๑ ของราคาดำเนินงานเกี่ยวกับเวลา



ภาพที่ ๔-๑๒ เส้นแบ่งเขตเวลาโลกที่ Greenwich ประเทศอังกฤษ

๓.๒ การคำนวณและจัดทำปฏิทินเดินเรือ (Ephemeris and Nautical Almanac) งานนี้เป็นงานใหญ่ ซึ่งต้องอาศัยผู้มีความรู้ความชำนาญและเครื่องมือเครื่องใช้เพียงพอ กรมอุทกศาสตร์จะทำให้สำเร็จในเวลาเร็วไม่ได้ เพราะจะต้องเพาะคนและต้องจัดหาเครื่องมือให้พร้อม เพราะเครื่องมือแต่ละอย่างแพงมาก จึงต้องค่อยเป็นค่อยไปส่วนเครื่องมือ เช่น กล้องวัดดาวนั้น กรมอุทกศาสตร์คิดดำเนินการเป็นขั้นๆ และโดยเหตุที่ประเทศเรายังเป็นประเทศเล็กอยู่ การเงินยังไม่สมบูรณ์ดี จึงคิดที่จะจัดซื้อกล้องขนาดเบาแต่มีคุณภาพสูงก่อน กล้องที่ดำริจะจัดซื้อมาไว้ใช้ยังมีอีก ดังนี้

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

(ขนาดกล้องเล็กหรือใหญ่ แล้วแต่เงินที่จะซื้อได้)

๓.๓ กล้องส่องประกอบบางอย่างเพื่อช่วยเหลือในการหาดวงดาวก่อนใช้กล้องใหญ่ กล้องเหล่านี้คงจะสั่งซื้อพร้อมกันไม่ได้ แม้จะเป็นกล้องขนาดเบา แต่ราคาก็แพงมาก เพราะฉะนั้นจึงต้องผ่อนซื้อตามแต่จะมีงบประมาณที่ทางกรมอุตุนิยมวิทยาให้ และได้พอเหมาะสมกับเจ้าหน้าที่ที่จะมีหน้าที่กา ซึ่งกว่าจะซื้อกล้องได้พร้อม เจ้าหน้าที่ก็คงพร้อม จะได้เป็นการเริ่มต้นทดลองคำนวณทำปฏิทินเดินเรือ เมื่อเจ้าหน้าที่มีหลักวิชา มีเครื่องมือและมีความชำนาญดีแล้ว การลงมือทำใช้จริงๆ ก็เริ่มได้ ต่อจากนั้นจึงควรเป็นหน้าที่ของเจ้าหน้าที่รุ่นหลังที่จะจัดทำหอดูดาวขนาดใหญ่ตามแบบอย่างต่างประเทศ และในโอกาสนั้นก็สมควรมีกล้องชนิดตรวจดาว ดวงจันทร์ ดวงอาทิตย์ ที่ถ่ายรูปไว้ด้วย เช่น การตรวจชั้นสเปกตรัม เป็นต้น



ภาพที่ ๔-๑๓ กล้องดูดาว

การส่งเสริมวิชาดาราศาสตร์ให้แพร่หลาย ความมุ่งหมายในข้อนี้หมายความว่า ประเทศที่เจริญแล้ว ประชาชนพลเมืองควรจะมีความรู้วิชาดาราศาสตร์ ขึ้นต้นพอสมควรตามเหตุผลที่เป็นจริง หรืออย่างน้อยนักเรียนมัธยมบริบูรณ์หรือเตรียมอุดม หรือชั้น ๑ ของมหาวิทยาลัยควรมีความรู้วิชาดาราศาสตร์ ขึ้นต้นเป็นอย่างดี (ตามหลักที่เขียนไว้ในหนังสือจดหมายเหตุราชบัณฑิตยสถานเล่ม ๒ ตอน ๑ พ.ศ. ๒๔๗๙ หน้า ๑๐ - ๑๒)

การนี้ประเทศที่เจริญแล้ว เมื่อครูสอนนักเรียนในห้องเรียนแล้ว มีเครื่องมือแสดงให้ดูตามสมควร แล้วดูดาวจริงๆ ในท้องฟ้า สำหรับในยุโรป อเมริกา และอังกฤษ การดูดาวในท้องฟ้าไม่สะดวกเสมอไป

เพราะลักษณะอุตุนิยมเป็นอุปสรรคขัดข้อง เช่น มีหมอก มีหิมะตก อากาศไม่โปร่งใส สำหรับเมืองไทยอุปสรรคสำคัญ คือ เมฆ และฝน เพราะฉะนั้น นักวิทยาศาสตร์จึงทำท้องฟ้าจำลองขึ้นเป็นรูปโดม ภายในจัดทำเหมือนของจริงในท้องฟ้า โดยมีเครื่องมือพิเศษเป็นกล้องฉายให้เห็นได้ โดยชนิดนี้เรียกว่า Planetarium มีไว้สำหรับสอนประชาชนพลเมืองให้รู้จักดวงดาว หมู่ดาวและอาการสัมพันธ์ต่างๆ รวมทั้งลักษณะต่างๆ ของดวงจันทร์ตามข้างขึ้นข้างแรมด้วย

เครื่องมือชนิดนี้บริษัท Carl Zeiss Jena, เป็นผู้ผลิตเพียงแห่งเดียว ประเทศที่เจริญแล้วได้ทำสัญญาจัดสร้างขึ้นไว้สำหรับสอนประชาชนพลเมืองของเขาให้เข้าใจความตามจริงของวิชาดาราศาสตร์ เพื่อเป็นการเปิดหู เปิดตา

ไม่ให้หลงงมงายไปในทางไสยศาสตร์

ในประเทศเยอรมันมีมากแห่ง เช่น ที่เมืองเยนา, บราเมน, เบอร์ลิน, เดรสเดนดุสเซลดอร์ฟ, แฮนโนเวอร์, โลบ์ซิก, แมนไฮม์, นูเรมเบิร์ก, เวียนนา, แอมเบิร์ก เป็นต้น

ในประเทศโซเวียตรัสเซีย ที่มอสโก เป็นต้น

ในประเทศอิตาลี ที่มิลาน เป็นต้น

ในประเทศสวีเดน ที่สต็อกโฮล์ม เป็นต้น

ในประเทศสหรัฐอเมริกา ที่ชิคาโก เป็นต้น

ในเอเชีย มีในประเทศญี่ปุ่น ที่โอซากา ซึ่งเพิ่งสร้างขึ้นเมื่อสี่ห้าปีนี้เอง ราคาที่สร้างในประเทศญี่ปุ่นประมาณ ห้าหมื่นปอนด์ หรือ ประมาณ ๓๐๐,๐๐๐ บาท

กรมอุทกศาสตร์คิดเห็นว่า ในประเทศไทยสมควรจะมีโอกาสที่มีสันติภาพและเหตุการณ์เป็นปกติแล้ว ทั้งนี้เพื่อส่งเสริมให้คนไทยและนักศึกษาไทยได้มีความรู้ดาราศาสตร์ขั้นต้นดีขึ้น

การรู้ความจริงของวิชาดาราศาสตร์ เป็นเหตุหนึ่งตามทางวิทยาศาสตร์ ทำให้ไม่หลงงมงายเชื่อไสยศาสตร์ การดูหมองจะหมดไปหมอดูจะน้อยลงและเป็นเหตุให้คนไม่พะวงต่อโชคชะตา อันเป็นเหตุหนึ่งให้คนทอดทิ้งธุระกิจการงาน ต่อการงาน อาศัยเหตุผลเหล่านี้ กรมอุทกศาสตร์จึงมีความคิดที่จะส่งเสริมวิชาดาราศาสตร์ขั้นต้นให้แพร่หลายและดำเนินงานนี้

การลงทุนสำหรับ Planetarium นี้มีเวลาถอนทุนได้ เพราะในต่างประเทศการเก็บเงินผู้เข้าดูประมาณ คนละยี่สิบห้าสตางค์เป็นอย่างน้อยเปิดแสดงสัปดาห์ละสองครั้ง ถ้าโดมโตจนคนได้เรือนพัน ประมาณอย่างช้าสิบปี ก็คุ้มทุน

ตามที่กล่าวแล้ว ประเทศที่เจริญแล้วเป็นหน้าที่ของทหารเรือโดยเฉพาะกรมอุทกศาสตร์ เว้นเสียแต่งาน เจริญมาเป็นองค์การใหญ่แยกได้หอดูดาวจึงเป็นองค์การโดยเฉพาะเท่ากับ กรมหนึ่ง เรียกว่าหอดูดาวทหารเรือ เช่น ประเทศสหรัฐอเมริกา อังกฤษ แต่ญี่ปุ่นยังอยู่กับกรมอุทกศาสตร์

ส่วนในข้อสามนั้น ถ้ามีเงินแล้วจัดทำเมื่อใดก็ได้ ทำสัญญาว่าจ้างก่อสร้างและติดตั้งเครื่องตลอดจนทดลอง ใช้ได้ แต่ในสัญญานั้นต้องมีข้อผูกมัดว่าให้สอนเจ้าหน้าที่จนได้ถูกต้อง ด้วย เจ้าหน้าที่นั้นคือผู้ที่มีความรู้วิชาดาราศาสตร์สาขาใดสาขาหนึ่ง อยู่แล้ว ส่งไปเรียนที่ บริษัทคาลโซล เยนา งานดาราศาสตร์ตามที่ กล่าวมาแล้ว กองทัพเรือได้พิจารณาหาเงินให้ตามสมควรแก่โอกาส เป็นลำดับ

เนื่องด้วยตามโครงการงานดาราศาสตร์ของกรม อุทกศาสตร์ มีอยู่ข้อหนึ่งที่ดำริจะให้ มี Planetarium ขึ้นสำหรับ เป็นการเผยแพร่สอนวิชาดาราศาสตร์ขั้นต้นโดยทั่วไป และงานนี้ ผู้บัญชาการทหารเรือได้เคยดำริเห็นชอบที่จะให้ได้มีอยู่แล้ว

การจัดสร้าง Planetarium อยู่ในประเทศอุตสาหกรรมหนัก ที่จะต้องสั่งซื้อจากต่างประเทศรวมทั้งสัญญาก่อสร้างตัวโดมด้วย

Planetarium ตัวโดมภายในที่สมมุติเป็นท้องฟ้า มีเส้นผ่า ศูนย์กลางตั้งแต่ ๒๕ - ๓๐ เมตร บรรจุผู้เรียนได้ครั้งละ ๔๐๐ - ๑๐๐๐ คน

การทำตัวโดมแลห้องประกอบโดยรอบ ราคาต่างๆ กัน (นอกจากขนาดแล้วแต่จะเป็นพื้นคอนกรีต หรือพื้น คอนกรีตผสมไม้ หรือไม้ล้วน และเครื่องหุ้มห่อของโอบภายนอกจะเป็นแร่ เช่น ทองแดง หรือคอนกรีต

ส่วนเครื่องฉายภาพดวงอาทิตย์, ดวงจันทร์และดาวภายในนั้น โดยมากประกอบด้วยเครื่องฉายมีจำนวน



รูปที่ ๔-๑๔ ภายในท้องฟ้าจำลอง

ตั้งแต่ 104 - 119 (๑๐๔ - ๑๑๙ Image Projectors) น้ำหนักทั้งหมด ๑๗๐๐ กก. มีโต๊ะบังคับการฉายหนึ่งโต๊ะ (Control Board Desk) และมีเครื่องยนต์สำหรับทำอาการเคลื่อนไหวและฉายแสง ๗ เครื่อง และเครื่องประกอบอื่นๆ อีก

เท่าที่ทราบว่ายี่สิบได้ทำสัญญาจัดสร้างขึ้นที่จังหวัดโอซากาหอหนึ่ง เป็นเงินสามหมื่นปอนด์ เครื่องนี้ คาลโซล์ เยน่า ประเทศเยอรมันเป็นผู้จัดสร้างแต่แห่งเดียว การสร้าง Planetarium ขึ้นนี้ แม้จะลงทุนมากก็จริง แต่มีโอกาสถอนทุนขึ้นได้ เพราะในต่างประเทศเขาเก็บเงินผู้เข้าดู หรือผู้เข้าศึกษาอย่างน้อยคนละ ๒๕ สตางค์ ซึ่งอัตรานี้ประมาณ ๑๐ ปี ก็คุ้มทุน เพราะฉะนั้นจึงขอเสนอมาเพื่อพิจารณา

เรื่องการจัดตั้งหอดูดาวและแปลนดาเรียนนั้น ได้เคยเรียนด้วยวาจากับผู้บัญชาการทหารเรือไว้ว่า ถ้ามีที่เหมาะสมในสวนตรงหลังโรงเรียนนายเรือ ออกไปได้แล้วจะเหมาะสำหรับการติดต่อเพราะใกล้กรมอุทกศาสตร์ แต่ก็เกรงว่าจะหาที่ไต่ยาก เพราะบริเวณแถบนั้นเป็นที่ลุ่มถ้าจะต้องสร้างมูลดินให้สูง เมื่อเกิดอุทกภัยอย่าง พ.ศ.๒๔๘๕ จะได้ไม่ลำบาก ตามธรรมดาหอดูดาวและแปลนดาเรียนควรจะอยู่ในที่บนเนินสูง ผู้บัญชาการทหารเรือได้บอกว่าการเลือกหาที่ดู เพื่อเหมาะจะได้พิจารณาซื้อให้ ข้าพเจ้าได้ไปหาดูเหมือนกัน รู้สึกว่าที่ราคาแพง ถ้าจะซื้อไว้แล้วจะต้องมีคนดูแลรักษา หรือลงมือทำรากฐาน ขอบเขตและทำทางเข้าซึ่งจะต้องเปลืองเงินมาก กว่าจะได้เครื่องมือและคนลงเป็นเวลานาน เมื่อรอเวลานานมากแล้ว ใกล้เวลาจะทำงานจริงความคิดของผู้ดำเนินการข้างหน้าอาจจะเห็นว่าที่ที่หาไว้ไม่เหมาะสมกับเหตุการณ์ก็ได้ เพราะฉะนั้นข้าพเจ้าจึงรอดต่อมาจนบัดนี้ ถ้าจะหาที่ที่เหมาะสมต่อไปข้างหน้า แต่ไกลจากกรมอุทกศาสตร์มากก็ไม่สะดวกแก่การติดต่อ หลักที่ควรพิจารณาหาพื้นที่เพื่อการนี้ควรเป็นดังนี้

๑. เป็นที่มีระดับสูงหรือบนเนิน
๒. ไม่ไกลชุมชนจนจนเกินไป
๓. มีถนนติดต่อรถบรรทุกเข้าถึงได้
๔. ไม่ไกลกรมอุทกศาสตร์มากนัก
๕. อยู่ในที่ว่างห่างไกลจากหมู่บ้านรอบๆ ข้างพอสมควร
๖. มีน้ำและไฟใช้ได้สะดวก

พล.ร.ต. หลวงชลธารพฤตมิไกร

๑๐ ก.ย.๘๘

• การจัดตั้งแผนกดาราศาสตร์

เนื่องจากกิจการงานด้านการตรวจสอบและรักษาเวลามาตรฐานของประเทศไทย เป็นงานมีความสำคัญ ประกอบกับความเจริญก้าวหน้าทางเทคโนโลยีเจริญไปอย่างรวดเร็ว นาฬิกาอิเล็กทรอนิกส์เข้าแทนที่นาฬิกาลูกตุ้ม การเปรียบเทียบสัญญาณเวลาจากต่างประเทศที่ดำเนินการอยู่ไม่เป็นที่แน่นอน เนื่องจากสถานีส่งสัญญาณเวลาที่กรมอุทกศาสตร์ใช้เทียบอยู่ห่างจากกรุงเทพฯ ประมาณ ๕,๐๐๐ ไมล์ สัญญาณบางครั้งขาดข้อง ด้วยลักษณะอากาศทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการรับสัญญาณได้ กองทัพอากาศเห็นความสำคัญทางงานการรักษามาตรฐานและงานดาราศาสตร์จึงได้ตั้งแผนกดาราศาสตร์ขึ้นสังกัด กองอุปกรณ์การเดินเรือในปี พ.ศ.๒๔๙๘ มีอัตราเจ้าหน้าที่ดังนี้

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

ในปีงบประมาณ พ.ศ.๒๕๐๐ ผู้ดำรงตำแหน่งหัวหน้าแผนกดาราศาสตร์ คือ นาวาโท สมชาย ชื่นสุวรรณ (รักษาราชการ) ขณะนั้นดำรงตำแหน่ง หัวหน้ากองอุปกรณ์ด้วย

แผนกดาราศาสตร์ กองอุปกรณ์การเดินเรือได้เสนอโครงการเวลามาตรฐาน (Time Service Project) ต่อกรมอุทกศาสตร์ เสนอ กองทัพเรือ เมื่อปี พ.ศ.๒๕๐๓ โดยมีวัตถุประสงค์ ๕ ประการ คือ

๑. รักษาเวลามาตรฐานของประเทศ
๒. ส่งสัญญาณเทียบเวลาทางวิทยุ
๓. รักษาความถี่มาตรฐาน
๔. ส่งความถี่มาตรฐานทางวิทยุ
๕. บริการเทียบเวลาทางโทรศัพท์

เป็นโครงการที่เสนอในช่วงประมาณปี พ.ศ.๒๕๐๓ ทั้งนี้วิเคราะห์จากหลักฐานของที่บริษัท B.GRIMM & CO.BANGKOK ได้เสนออุปกรณ์รักษาเวลามาตรฐาน ต่อ พล.ร.ท.วิจารณ์ เทศะกรณ์ เจ้ากรมอุทกศาสตร์ ในช่วงเวลานั้น ซึ่งแผนกดาราศาสตร์ได้ใช้ข้อมูลดังกล่าวมาจัดทำโครงการเวลามาตรฐาน ระบบเวลาดังกล่าวนี้เป็นระบบที่มีความทันสมัย ในช่วงเวลานั้นสามารถตรวจสอบและรักษาเวลาในระบบดาราศาสตร์ และเปรียบเทียบสัญญาณเวลาความถี่มาตรฐานจากต่างประเทศได้ ซึ่งจะทำให้ระบบการรักษาเวลามีความถูกต้องและเป็นมาตรฐานสากลสูงขึ้น แต่เนื่องจากโครงการดังกล่าวใช้งบประมาณในการดำเนินการค่อนข้างสูง คือ ประมาณ ๑,๑๓๐,๐๐๐.- บาท (หนึ่งล้านหนึ่งแสนสามหมื่นบาทถ้วน) หรือประมาณ ๑๘,๙๙๑.๑๒. ปอนด์ (อัตราแลกเปลี่ยน ๑ = ๕๙.๕๐ บาท)

ในช่วงเวลานี้ กองทัพเรือไม่สามารถสนับสนุนงบประมาณได้จึงได้ชะลอโครงการดังกล่าวไว้ก่อน ไม่สามารถดำเนินการได้ทันที แต่ด้วยความพยายามโดยมีทอถอยจนทางราชการเห็นความจำเป็น โครงการเวลามาตรฐานจึงประสบความสำเร็จได้รับอนุมัติให้ดำเนินการได้ตั้งแต่ปี พ.ศ.๒๕๑๓ โดยจัดสรรงบประมาณให้เป็นปีๆ ไป ซึ่งได้ดำเนินการไปจนถึงขั้นเปิดปฏิบัติงานได้แล้วดังต่อไปนี้

ปีงบประมาณ พ.ศ.๒๕๑๓ ได้จัดซื้ออุปกรณ์เวลามาตรฐานจากประเทศเยอรมนี 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 โดยมีเครื่องรับความถี่อยู่ภายในและสามารถปรับความถี่ของนาฬิกาควอตซ์ ให้ลงรอยกับความถี่มาตรฐานสากลได้โดยอัตโนมัติตลอด ๒๔ ชั่วโมง

เครื่องบันทึกการเปรียบเทียบความถี่ของนาฬิกาควอตซ์กับความถี่มาตรฐานสากลให้เห็นได้ตลอดเวลาว่ามีการปรับแต่งไปอย่างไรบ้าง และความถี่ของนาฬิกาควอตซ์ตรงกับความถี่มาตรฐานสากลหรือไม่

เครื่องทำโปรแกรมสัญญาณจำนวน ๒ เครื่อง สำหรับสัญญาณเทียบเวลาระบบอเมริกันเพื่อส่งสัญญาณเทียบเวลาทางวิทยุให้กับเรือต่างๆ ในทะเล คือจะเริ่มส่งสัญญาณเทียบเวลาดังแต่นาทีที่ ๕๕ ทุกนาที จนถึงนาทีที่ ๖๐ ของทุกชั่วโมง อีกเครื่องหนึ่งสำหรับทำสัญญาณเทียบเวลาระบบอังกฤษเพื่อส่งสัญญาณเทียบเวลาให้ประชาชนทั่วไป คือจะส่งสัญญาณเทียบเวลาทุก ๑๐ นาทีตลอด ๒๔ ชั่วโมง

นาฬิกาควบคุมเวลาเป็นนาฬิกาและวินาที สำหรับใช้ควบคุมเวลาที่จะส่งไปให้นาฬิกาฟองตามสถานที่ต่างๆ ได้ ๓๐ เรือน

สโคปเวลาสำหรับดูเพื่อเปรียบเทียบคลื่นความถี่เวลาระหว่างนาฬิกาของแต่ละเรือน และสามารถเปรียบเทียบ



ภาพที่ ๔-๑๕ สมเด็จพระบรมโอรสาธิราชฯ สยามมกุฎราชกุมาร เสด็จทรงเปิดเวลามาตรฐานประเทศไทย ณ กรมอุทกศาสตร์

คลื่นความถี่เวลาจากสถานีความถี่มาตรฐานต่างประเทศ กับคลื่นความถี่เวลามาตรฐานของนาฬิกาแต่ละเรือนได้อีกด้วย สโคปเวลานี้สามารถอ่านความแตกต่างกันได้ถึง ๑/๑,๐๐๐,๐๐๐ วินาที

เครื่องรับวิทยุแบบรับความถี่ประจำ สำหรับรับ สัญญาณเวลาจากสถานีวิทยุต่างๆ ประเทศที่เชื่อถือได้แล้ว ส่งไปเปรียบเทียบกับเวลาให้ดูได้ที่สโคปเวลา นอกจากนี้ยังมี แบตเตอรี่สำหรับใช้กับอุปกรณ์ทั้งหมดเมื่อไฟฟ้าดับ ได้นานถึง ๔๐ ชั่วโมงโดยอัตโนมัติ อุปกรณ์ดังกล่าวข้างต้นติดตั้งเสร็จเรียบร้อยเมื่อ ๑๘ มีนาคม พ.ศ. ๒๕๑๔

ปีงบประมาณ พ.ศ. ๒๕๑๔ จัดซื้ออุปกรณ์ผลิตความถี่มาตรฐานด้วยพลังงานปรมาณูจากธาตุยูเรเนียม ๘๗ พร้อมทั้งระบบเวลาเพื่อนำไปใช้เดินนาฬิกา ที่มีเป็นพิเศษอยู่แล้ว ๑ เรือน เป็นเงิน ๔๔๙,๓๐๐.- บาท

อุปกรณ์นี้ผลิตความถี่มาตรฐานได้ ๖,๘๓๔,๖๘๒,๕๓๙ รอบต่อ ๑ วินาที มีอัตราผิดเพียง ๑/๑๐๐,๐๐๐,๐๐๐,๐๐๐ รอบต่อเดือน เมื่อนำไปใช้เดินนาฬิกาแล้ว จากผลการตรวจสอบในระยะเวลา ๓๐ วัน ปรากฏว่านาฬิกามีอัตราผิดเพียง ๑,๐๐๐,๐๐๐ วินาที นอกจากนั้นยังใช้ควบคุมความถี่ของนาฬิกาควอตซ์ทั้ง ๓ เรือน โดยต่อเข้ากับเครื่องเทียบความถี่ที่มีอยู่แล้ว ทั้งนี้ไม่จำเป็นต้องใช้เทียบความถี่มาตรฐานสากล เช่น จากสถานี Rugby ในประเทศอังกฤษอีกต่อไป อุปกรณ์นี้ติดตั้งเสร็จเรียบร้อยเมื่อ ๒๔ พฤศจิกายน พ.ศ. ๒๕๑๔

ปีงบประมาณ พ.ศ. ๒๕๑๕ จัดซื้อเครื่องประกอบสำหรับแจ้งสัญญาณเทียบเวลาให้แก่ประชาชนทางโทรศัพท์ โดยอัตโนมัติ เป็นเงิน ๑๔๙,๘๕๐.- บาท

เครื่องประกอบนี้ใช้ต่อกับเครื่องทำโปรแกรมสัญญาณ ติดตั้งเสร็จเรียบร้อย เมื่อ ๕ พฤศจิกายน พ.ศ. ๒๕๑๕ พร้อมกันนี้องค์การโทรศัพท์ยังได้กรุณาติดตั้งโทรศัพท์อัตโนมัติให้อีก ๙ หมายเลข เพื่อบริการความสะดวกในการเทียบเวลาของประชาชนยิ่งขึ้น คือ หมายเลข ๖๖๑๑๗๐ ถึงหมายเลข ๖๖๑๑๗๘

ในปัจจุบันองค์การโทรศัพท์ได้เปลี่ยนหมายเลขโทรศัพท์ทั้ง ๙ หมายเลข ดังกล่าวเป็นโทรศัพท์อัตโนมัติ หมายเลข ๑๘๑ และเป็นที่ยินดีเป็นอย่างยิ่ง เมื่อ พล.ร.อ.สมเด็จพระบรมโอรสาธิราชฯ สยามมกุฎราชกุมาร ขณะทรงพระยศเป็น ร.ท.เจ้าฟ้ามหาวชิราลงกรณ์ ได้เสด็จพระราชดำเนินมาทรงเป็นประธานในพิธีเปิดเครื่องอุปกรณ์รักษาเวลามาตรฐานของประเทศไทย ณ กรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือ เมื่อวันที่ ๒๒ ธันวาคม พ.ศ. ๒๕๑๕

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

ปีงบประมาณ พ.ศ. ๒๕๑๗ จัดซื้ออุปกรณ์ Digital Signal Generator ซึ่งสามารถส่งความถี่ได้ตั้งแต่ 300 HZ ถึง 32 MHZ เพื่อใช้ในการปรับแต่งความถี่ของเครื่องมือตรวจวัดต่างๆ และเครื่องมือที่ต้องการความถูกต้องในด้านความถี่สูงให้ถูกต้องแก่ หน่วยราชการต่างๆ เป็นเงิน ๑๕๘,๐๐๐.- บาท

ปีงบประมาณ พ.ศ. ๒๕๑๘ จัดซื้ออุปกรณ์ Time Code Generator เป็นเงิน ๑๕๑,๗๕๐.- บาท เครื่อง Remote Display เป็นเงิน ๖๓,๕๐๐.- บาท และ Time Code Reader เป็นเงิน ๔๔,๙๐๐.- บาท เพื่อส่งสัญญาณเวลาให้แก่หน่วยราชการต่างๆ เช่น กรมประชาสัมพันธ์ เป็นต้น

ปีงบประมาณ พ.ศ. ๒๕๑๙ จัดซื้อเครื่องควบคุมความถี่ (Frequency Controller) จำนวน ๒ เครื่อง เพื่อควบคุมความถี่ที่ผลิตได้ให้ตรงกับความถี่มาตรฐานของประเทศ เป็นเงิน ๒๘๙,๘๐๐.- บาท

ปีงบประมาณ พ.ศ.๒๕๖๒ จัดหาอุปกรณ์ผลิตความถี่มาตรฐานด้วยพลังงานปรมาณูจากธาตุซีเซียม (Caesium Frequency Standard) มาใช้แทนธาตุรูบิเดียม ๘๗ เป็นเงิน ๘๑๘,๐๐๐.- บาท

ปีงบประมาณ พ.ศ.๒๕๓๔ ได้จัดซื้อเครื่องรับสัญญาณเวลามาตรฐานสากลจากสัญญาณดาวเทียมระบบ GPS (G.P.S. Satellite Timing Receiver แบบ FTS.800) จำนวน ๑ เครื่อง เพื่อใช้เปรียบเทียบกับสัญญาณเวลามาตรฐานประเทศไทย เป็นเงิน ๖๔๖,๐๐๐.- บาท

ปีงบประมาณ พ.ศ.๒๕๓๖ จัดซื้อนาฬิกาบอกเวลา (Speaking Clock) จำนวน ๑ เครื่อง เพื่อใช้ทดแทนนาฬิกาบอกเวลาเดิม เป็นเงิน ๖๘๖,๐๐๐.- บาท

รวมเป็นเงินงบประมาณที่ใช้จ่าย ตั้งแต่ปี พ.ศ.๒๕๑๔ ถึง ปี พ.ศ.๒๕๓๖ เป็นเงินทั้งสิ้น ๔,๙๙๙,๖๐๐.- บาท (สี่ล้านเก้าแสนเก้าหมื่นเก้าพันหกร้อยบาทถ้วน)

ปีงบประมาณ พ.ศ.๒๕๓๗ ดำเนินการย้ายอุปกรณ์รักษาเวลามาตรฐานประเทศไทย จากห้องรักษาเวลาเดิมซึ่งตั้งอยู่บริเวณแผนกดาราศาสตร์ชั้นล่าง อาคาร ๒ มาไว้ที่ห้องเวร กรมอุทกศาสตร์เดิม ชั้นล่างอาคารหน้าห้องแผนกเอกสารการเดินเรือ เหตุที่ย้ายเนื่องจากสภาพอาคาร ๒ ไม่ปลอดภัยในการใช้งาน ทำการย้ายเมื่อวันที่ ๒ - ๑๔ กุมภาพันธ์ พ.ศ.๒๕๓๗

ปีงบประมาณ พ.ศ. ๒๕๓๙ เดือนกรกฎาคม พ.ศ.๒๕๓๙ กรมอุทกศาสตร์ได้ส่งนายทหาร จำนวน ๓ นาย มี นาวาโท ไชยวุฒิ นาวิกายณะ หัวหน้าแผนกดาราศาสตร์ กองอุปกรณ์การเดินเรือ นาวาโท จักรกฤษ มะลิขาว หัวหน้าแผนกจีโอฟิสิกส์ กองสำรวจแผนที่ และ นาวาตรี ชัยฤทธิ์ เกิดผล หัวหน้าแผนกเอกสารการเดินเรือ กองอุปกรณ์การเดินเรือ ไปดูงานและฝึกอบรมเกี่ยวกับระบบอุปกรณ์รักษาเวลามาตรฐาน ที่โรงงานบริษัท HEWLETT PACKARD และโรงงานบริษัท DATUM มลรัฐ California ประเทศสหรัฐอเมริกา และในปีเดียวกัน เมื่อวันที่ ๑ พฤศจิกายน พ.ศ.๒๕๓๙ ได้จัดซื้อเครื่องผลิตความถี่มาตรฐานซีเซียม จากบริษัท HEWLETT PACKARD รุ่น HP 5071 A ราคา ๒,๔๘๒,๔๐๐.- บาท ต่อมาได้จัดส่งนายทหาร จำนวน ๒ นาย คือ นาวาโท ไชยวุฒิ นาวิกายณะ เสนาธิการหมวดเรืออุทกศาสตร์ และ นาวาโท จักรกฤษ มะลิขาว หัวหน้าแผนกสำรวจแผนที่ทะเล ไปศึกษาอบรมหลักสูตร Time & Frequency Standard ที่สถาบัน National Physical Laboratory เมือง Teddington ประเทศอังกฤษ

ปีงบประมาณ พ.ศ.๒๕๔๐ ได้จัดซื้อเครื่องรับสัญญาณเวลามาตรฐานสากลจากสัญญาณดาวเทียม ระบบ GPS (G.P.S. Satellite Timing Receiver) จากบริษัท DATUM INC. จำนวน ๑ เครื่อง เพื่อใช้เปรียบเทียบกับสัญญาณเวลามาตรฐานประเทศไทย เป็นเงิน ๔๙๒,๒๐๐.- บาท

ปีงบประมาณ พ.ศ.๒๕๔๑ จัดซื้อระบบรักษาเวลามาตรฐานเพิ่มเติม จำนวน ๑ ระบบ เป็นเงิน ๘,๗๗๑,๘๒๖.- บาท เพื่อทดแทนระบบเดิมเกือบทั้งหมดที่เสื่อมสภาพ

• โครงการการให้บริการเวลามาตรฐานประเทศไทยผ่านระบบ Online

ระบบงานการให้บริการเวลาที่ผ่านกรมอุทกศาสตร์ได้ให้บริการเวลาทางโทรศัพท์ บอกเวลาทุกๆ ๑๐ วินาที โดยใช้เครื่องผลิตความถี่มาตรฐาน Frequency Time Standard (Caesium) ส่งสัญญาณเวลาไปควบคุมเครื่องบอกเวลาทางโทรศัพท์ (Speaking Clock) ทางกรมอุทกศาสตร์ได้ให้บริการเวลาทางโทรศัพท์ตั้งแต่ ปี พ.ศ. ๒๕๑๕ จนถึงปัจจุบัน ซึ่งไม่เพียงพอต่อความต้องการของหน่วยงานราชการ เอกชน และประชาชนที่ต้องการปรับเวลาระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ของตน ระบบฐานเวลาคอมพิวเตอร์อาศัยนาฬิกาควอตซ์ในตัวเครื่องเป็นตัวกำหนดเวลา ซึ่งมีอัตราผิด ๐.๐๑ วินาทีต่อวัน ทำให้การคำนวณที่มีเวลามาเกี่ยวข้องผิดไป ส่วนนาฬิกาปรมาณูซีเซียม ๑๓๓ เป็นตัวกำหนด ๑ วินาที มาตรฐานจะมีอัตราผิด $\pm 5 \times 10^{-12}$ วินาที ตลอดอายุการใช้งานของธาตุซีเซียมจะมีความถูกต้อง และเที่ยงตรงสูง แต่ราคาค่อนข้างแพงนับวันอัตราการใช้คอมพิวเตอร์มีจำนวนเพิ่มมากขึ้น ซึ่งจะเป็นการ

สะดวกในการปรับเวลาของเครือข่ายคอมพิวเตอร์ผ่านทางเครือข่าย Internet โดยทางผู้ให้บริการร้องขอเวลาผ่านระบบให้เวลา Online โดยไม่ต้องโทรถามเวลาแล้วปรับเวลาเครื่องคอมพิวเตอร์ใหม่ กรมอุตุนิยมวิทยาได้รับการร้องขอให้เปิดบริการบอกเวลา Online จากหน่วยงานราชการ เอกชน และประชาชนเป็นจำนวนมาก ดังนั้นในปีงบประมาณ พ.ศ.๒๕๕๖ กรมอุตุนิยมวิทยาได้จัดทำโครงการให้บริการเวลามาตรฐานประเทศไทยผ่านระบบ Online เสนอต่อกองทัพเรือ และกระทรวงกลาโหม เพื่อดำเนินการปรับปรุงระบบเวลามาตรฐานและการให้บริการเวลาให้ได้มาตรฐานสากล และได้รับอนุมัติให้บรรจุอยู่ในแผนแม่บทเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารของกระทรวงกลาโหมในยุทธศาสตร์การพัฒนาพื้นฐานข้อมูลหลักในการบริหารงานและข้อมูลภูมิสารสนเทศให้สามารถร่วมการใช้งาน การแลกเปลี่ยนและการบริหารข้อมูลได้ โดยรัฐมนตรีว่าการกระทรวงกลาโหมได้อนุมัติและให้ความเห็นชอบแผนแม่บท กระทรวงกลาโหมเมื่อ ๒ มิถุนายน พ.ศ.๒๕๕๖ งบประมาณ ๑๘,๐๕๐,๐๐๐.- บาท มีระยะเวลาในการดำเนินการ ๒ ปี ตั้งแต่ปีงบประมาณ พ.ศ.๒๕๕๔ - ๒๕๕๕ ในส่วนของกองทัพเรือ ได้จัดทำแผนแม่บทเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารของกองทัพเรือให้สอดคล้องกับกระทรวงกลาโหมและแผนแม่บทแห่งชาติ และกองทัพเรือได้อนุมัติให้ใช้แผนแม่บทใหม่เมื่อ ๒๗ มิถุนายน พ.ศ.๒๕๕๖ และโครงการนี้ได้บรรจุอยู่ในแผนแม่บทของกองทัพเรือด้วยเช่นกัน จะขอกล่าวถึงโครงการให้เวลามาตรฐานประเทศไทยทางระบบออนไลน์นี้เพื่อความเข้าใจพอสังเขป โครงการนี้จัดทำขึ้น โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อขยายการให้บริการเวลามาตรฐานประเทศไทยแก่ประชาชนและหน่วยงานต่างๆ ให้ครอบคลุมทั่วถึงทั้งประเทศ สามารถสอบเทียบกลับได้โดยผ่านระบบโทรศัพท์และระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ (Internet) โดยใช้เครื่องผลิตความถี่มาตรฐาน Frequency Time Standard เป็นเครื่องอ้างอิงหลักกับระบบให้บริการเวลา โดยมีเป้าหมายดังนี้

๑. เป็นการกำหนดเวลาของประเทศไทยให้ใช้เวลาอันเที่ยงตรงทั่วประเทศ
๒. อำนวยประโยชน์ประชาชนทั่วไปที่เข้ามาใช้บริการเวลาแบบ Internet Online
๓. อำนวยประโยชน์แก่นักเดินเรือและการบิน
๔. อำนวยประโยชน์ในกิจการโทรคมนาคม โปร่งชัดโทรเลข เช่น การคิดค่าบริการโทรศัพท์
๕. อำนวยประโยชน์ในกิจการดาราศาสตร์ การสำรวจแผนที่ งานจีโอฟิสิกส์ และกิจการอื่น ที่ต้องใช้ความแน่นอน และความละเอียดของเวลาอย่างสูง

ระบบที่ขออนุมัติเป็นระบบที่ให้บริการเวลาครอบคลุมทั้งทางโทรศัพท์ และระบบ Internet Online ซึ่งต้องมีห้องปฏิบัติการอยู่ในสภาวะเหมาะสมทั้งความชื้นและอุณหภูมิ มีเครื่องมือตรวจสอบความถูกต้องของเวลา มีอุปกรณ์สำรองพร้อมที่จะให้บริการเทียบเวลาลดลง ๒๔ ชั่วโมง ประกอบด้วยเครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ ดังนี้

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

๑. เครื่องบอกเวลาทางโทรศัพท์ (Speaking Clock) ตราอักษร ATIS UHER รุ่น IDAS ราคา ๒,๒๔๙,๙๖๕.- บาท รับมอบอุปกรณ์พร้อมติดตั้งเมื่อ ๒๓ มิถุนายน พ.ศ.๒๕๔๙

๒. ห้องควบคุมอุณหภูมิ ความชื้น และสแนมแม่เหล็ก ๑ ห้อง ราคา ๒,๑๒๐,๑๐๓.๓๕.- บาท รับมอบอุปกรณ์พร้อมติดตั้งเมื่อ ๒๓ มิถุนายน พ.ศ.๒๕๔๙

๓. โปรแกรมควบคุมเวลา ๑ ชุด ราคา ๖๙,๕๕๐.- บาท รับมอบอุปกรณ์พร้อมติดตั้งเมื่อ ๒๓ มิถุนายน พ.ศ.๒๕๔๙

๔. เครื่องรับสัญญาณเวลา GPS Satellite Timing Receiver ตราอักษร Symmetricom รุ่น Exac Time ๖๐๐๐ ราคา ๓๔๔,๖๖๕.- บาท รับมอบอุปกรณ์พร้อมติดตั้งเมื่อ ๒๓ มิถุนายน พ.ศ.๒๕๔๙

ในปีงบประมาณ ๒๕๕๐ กองอุปกรณ์การเดินเรือได้ดำเนินการจัดหา Network Time Server ตราอักษร Symmetricom รุ่น SyncServer S 250 ราคา ๔๔๔,๓๑๐.- บาท รับมอบอุปกรณ์พร้อมติดตั้งเมื่อ ๒๐ มีนาคม พ.ศ.๒๕๕๐ ไว้เป็นแม่ข่ายสำรอง ติดตั้งที่ห้องสารสนเทศ กรมสื่อสารและสารสนเทศ อาคาร สำนักงานปลัดบัญชาทหารเรือ พระราชวังเดิม เพื่อให้สามารถให้บริการเทียบเวลามาตรฐานผ่านระบบอินเทอร์เน็ต กองทัพเรือ แบบ Online ให้กับหน่วยงานภาครัฐต่างๆ รวมถึงเอกชนทั่วไปได้เต็มประสิทธิภาพตลอด ๒๔ ชั่วโมง กรณีแม่ข่ายหลักที่กรมอุทกศาสตร์ชำรุดขัดข้อง

การให้บริการเวลาที่ผ่านมา กรมอุทกศาสตร์ได้ให้บริการเวลาทางโทรศัพท์ บอกเวลาทุกๆ ๑๐ วินาที โดยใช้เครื่องผลิตความถี่มาตรฐาน Frequency Time Standard (Caesium) ส่งสัญญาณเวลาไปควบคุมเครื่องบอกเวลาทางโทรศัพท์ (Speaking Clock) ซึ่งกรมอุทกศาสตร์ได้ให้บริการเวลาทางโทรศัพท์มาตั้งแต่ ปีพ.ศ.๒๕๑๕ จนถึงปัจจุบัน ซึ่งไม่เพียงพอต่อความต้องการของหน่วยงานราชการเอกชนและประชาชน กรมอุทกศาสตร์ โดยกองอุปกรณ์การเดินเรือ ได้ปรับปรุงและพัฒนาระบบการให้บริการเวลาให้มีความถูกต้องแม่นยำและรวดเร็วมาโดยตลอด เพราะได้ตระหนักถึงภารกิจและความรับผิดชอบที่มี เดือนธันวาคม พ.ศ.๒๕๔๔ จึงได้เปิดให้บริการเวลามาตรฐานประเทศไทยผ่านระบบ Online เป็นต้นมาทาง HYPERLINK “<http://www.navy.mi.th/hydro/time>” หรือทาง Protocol SNTP โดยใช้โปรแกรมเทียบเวลาผ่าน IP SERVER time.navy.mi.th ปัจจุบันกรมอุทกศาสตร์มีห้องรักษาเวลาและระบบการให้บริการเวลามาตรฐานประเทศไทยที่สมบูรณ์แบบได้มาตรฐานสากลสามารถให้บริการได้ทั้งทางโทรศัพท์อัตโนมัติ และทางระบบ Internet Online ตลอด ๒๔ ชั่วโมง นับเป็นความภาคภูมิใจของกรมอุทกศาสตร์ ที่จะยืนหยัดด้วยความมุ่งมั่นและเอาใจใส่ เพื่อการให้บริการที่ดีแก่ประชาชน ในการทำหน้าที่รักษาเวลามาตรฐานประเทศไทย



บทที่ ๕

การรักษาและให้บริการเวลามาตรฐานแห่งประเทศไทยโดยกรมอุทกศาสตร์

• การรักษาเวลามาตรฐานประเทศไทย

กรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือ เป็นผู้ดำเนินการรักษาเวลามาตรฐานของประเทศไทย ตามที่ได้รับมอบหมายจากกองทัพเรือ โดยมีแผนกดาราศาสตร์ กองอุปกรณ์การเดินเรือ กรมอุทกศาสตร์ เป็นหน่วยงานที่มีหน้าที่รับผิดชอบโดยตรง ตามที่กำหนดไว้ในระเบียบกระทรวงกลาโหม ว่าด้วยการกำหนดหน้าที่ส่วนราชการในกองทัพเรือ พ.ศ.๒๕๐๑ นับแต่นั้นมา การรักษาเวลามาตรฐานได้พัฒนามาตามลำดับจากองค์ความรู้และเทคโนโลยีที่เปลี่ยนไป เริ่มตั้งแต่การใช้กล้องวัดดาวร่วมกับนาฬิกาลูกตุ้มและโครโนเมตรจนถึง พ.ศ.๒๕๐๕ มาเป็นการเทียบเวลาจากสถานีเทียบเวลาของต่างประเทศเมื่อกล้องตรวจดาวเสื่อมสภาพ จนถึงการจัดหาอุปกรณ์รักษาเวลามาตรฐานที่อาศัยนาฬิกาควอตซ์ ความถี่สูงและอุปกรณ์ประกอบในการเทียบเวลาในเวลาต่อมา หลังจากนั้นก็พัฒนามาเป็นการรักษาเวลาด้วยอุปกรณ์ผลิตความถี่มาตรฐานจากพลังงานปรมาณูหรือนาฬิกาปรมาณูซีเซียม ๘๗ ในระยะแรกเมื่อ พ.ศ.๒๕๑๔ ในปัจจุบัน กรมอุทกศาสตร์ ได้จัดหานาฬิกาปรมาณูซีเซียม ๑๓๓ ซึ่งมีความถูกต้องสูงกว่าซีเซียม ๘๗ มาใช้ในงานรักษาเวลามาตรฐาน ร่วมกับเครื่องรับสัญญาณเวลาจากดาวเทียม GPS โดยมีการตรวจสอบความถูกต้องของการรักษาเวลากับสถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติและสถาบันมาตรฐานชั่งตวงวัดสากล Bureau International des Poids et Mesures (BIPM)

ในการรักษาเวลามาตรฐานต้องการความละเอียดถูกต้องสูง ซึ่งต้องใช้ทั้งวิธีการที่ถูกต้องทันสมัยรวมทั้งอุปกรณ์รักษาเวลาที่มีความถูกต้องสูง เช่น นาฬิกาปรมาณูซีเซียม ๑๓๓ โดยกรมอุทกศาสตร์ได้ดำเนินการอยู่ในปัจจุบัน

• หลักการทั่วไปในการรักษาเวลามาตรฐาน

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

ในกรณีใช้งานทั่วไป เราอาจมีนาฬิกาเรือนหนึ่งที่ตั้งเวลาตามประกาศกระจายเสียงจากสถานีวิทยุแห่งประเทศไทย โดย ณ เวลาที่เราตั้งนาฬิกาต่างจากเวลาอ้างอิง (วิทยุ) ๐.๑ วินาที หลังจากเวลาผ่านไป ๓ เดือน เวลาจากนาฬิกาบอกเวลาต่างจากสถานีวิทยุแห่งประเทศไทย ๑ นาทีเต็ม หรือ ๖๐ วินาที เราอาจกล่าวได้ว่า นาฬิกาของเรามีความถูกต้องและมีความเที่ยงตรง หากเราใช้นาฬิกาเรือนนี้เป็นนาฬิกาบอกเวลาทุกๆ ไปในห้องรับแขก แต่หากเราใช้นาฬิกาเรือนนี้ประกอบการเปิด-ปิด ระบบวงจรที่ซับซ้อนของเครือข่ายโทรคมนาคม นาฬิกาเรือนนี้จะขาดทั้งความถูกต้องและความเที่ยงตรงทันที

กรมอุทกศาสตร์ เป็นหน่วยงานรักษาเวลามาตรฐานแห่งประเทศไทย ดังนั้นอุปกรณ์วัดเวลาที่ใช้งานรักษาเวลาจะต้องมีทั้งความถูกต้อง และมีความเที่ยงตรงเพียงพอต่องานลักษณะเดียวกัน กล่าวคือ เวลาอ้างอิงของอุปกรณ์วัดเวลา จะต้องสามารถเทียบกับเวลามาตรฐานสากลซึ่งรักษาโดย BIPM ได้ และต้องมีนาฬิกาที่มีการเดินเที่ยงตรงพอ เช่น เมื่อตั้งเวลาตรงแล้ว จะเดินผิด ๑ วินาที ในหลายพันปี ขึ้นไปซึ่งเป็นคุณสมบัติของนาฬิกาปรมาณู เช่น นาฬิกาซีเซียม เป็นต้น

• ความถูกต้องในการรักษาเวลามาตรฐานประเทศไทย

เวลามาตรฐานประเทศไทยเทียบกับเวลามาตรฐานสากลซึ่งรักษาโดย BIPM ปัจจุบันกรมอุทกศาสตร์สามารถเทียบเวลากับ BIPM สองวิธี คือ GPS Common View ผ่าน สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ และ One-way GPS กับเวลาอ้างอิงของระบบดาวเทียม GPS โดยตรง

GPS Common View GPS CV เป็นวิธีการที่เปรียบเทียบเวลาของนาฬิกา ๒ เรือนที่อยู่ ณ ตำแหน่งที่แตกต่างกัน โดยการวัดเวลาเทียบกับดาวเทียม GPS ดวงเดียวกัน (Common View) เนื่องจากดาวเทียม GPS โคจรในระดับ ๒๐,๕๐๐ กิโลเมตร ดังนั้นเราจึงถือว่าอัตราผิดจากสัญญาณเคลื่อนบรรยากาศ และความคลาดเคลื่อนทางตำแหน่งของดาวเทียม มีผลต่อนาฬิกาทั้ง ๒ เรือนเท่าๆ กัน การเทียบเวลาแต่ละครั้งนาฬิกาทั้ง ๒ เรือนจะวัดเวลาเทียบกับดาวเทียมดวงเดียวกัน เป็นเวลา ๑๓ นาที โดยเป็นการวัดเวลา ๑๒.๕ นาที ส่วนเวลาที่เหลือเป็นเวลาที่ใช้ในการติดตามดาวเทียม และกระบวนการแยกตัว लेकरข้อมูลเวลา สำหรับดาวเทียม GPS BLOCK I สามารถเทียบเวลาได้ในระดับ ๓ - ๒๐ นาโนวินาที ขึ้นอยู่กับมลทินพาร์ทของสัญญาณ GPS ที่นาฬิกาแต่ละเรือนรับได้ กรณีที่วัดดาวเทียมหลายดวงพร้อมกัน (Multi-channel Common View) นาฬิกาทั้ง ๒ เรือนจะวัดเวลาเทียบกับดาวเทียมดวงเดียวกัน เป็นเวลา ๑๖ นาที โดยเป็นการวัดเวลา ๑๓ นาทีเช่นเดียวกับกรณีดาวเทียมดวงเดียว ช่วงเวลาที่สามารวัดข้อมูลเวลาจะประกาศล่วงหน้า 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 เห็นร่วมกัน

(Common View)

การเทียบเวลา ของนาฬิกา A กับ B ซึ่งตั้งอยู่ห่างกันโดยมีความต้องการความถูกต้องสูง สามารถทำได้ โดย

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 ๑๓ นาที หรือ ๑๖ นาที เดียวกัน ขึ้นอยู่กับวัดดวงเดียวหรือหลายดวง)

๓. เมื่อนำผลต่างระหว่าง นาฬิกา A กับ ดาวเทียม GPS ($REF_A - GPS$) นาฬิกา B กับ ดาวเทียม GPS ($REF_B - GPS$) เปรียบเทียบกัน เราจะทราบว่า เวลา ระหว่าง นาฬิกา A และ นาฬิกา B แตกต่างกันได้จากสมการ

$$(REF_A - REF_B) = (REF_A - GPS) - (REF_B - GPS)$$

การเทียบเวลาโดยวิธี GPS CV เป็นวิธีเทียบเวลามาตรฐานสากลในปัจจุบัน สำหรับกรมอุทกศาสตร์เทียบเวลากับนาฬิกาปรมาณูของสถาบันมาตรวิทยา ซึ่งเป็นหนึ่งในนาฬิกา จำนวน ๒๕๐ เรือน ที่ BIPM ใช้ในการคำนวณเวลามาตรฐานสากล และคำนวณผลต่างระหว่างเวลามาตรฐานสากลกับนาฬิกาของสถาบันมาตรวิทยาใน Circular - T เป็นประจำทุกเดือน โดยมีผลต่างจาก BIPM ระหว่าง + ๒๐ ถึง - ๙๕๘ นาโนวินาที

• การเทียบเวลาโดยใช้ GPS

ระบบดาวเทียม GPS เป็นระบบดาวเทียมที่สามารถเชื่อมโยงเวลาของดาวเทียมไปยังเวลา UTC ของ USNO ซึ่งเป็นหน่วยงานที่มีหน้าที่พัฒนา ดูแล รักษา ระบบ GPS และเวลา UTC ของ USNO สามารถเทียบกับเวลามาตรฐานสากลที่ BIPM ได้ ดังนั้น หากเราสามารถวัดเวลานาฬิกาเรือนใดๆ เทียบกับเวลา GPS ได้ เราจะสามารถเทียบเวลา ระหว่างนาฬิกาเรือนนั้น กับ BIPM ได้ ๒ เส้นทาง ดังตารางที่ ๕-๑ และ ตารางที่ ๕-๒

ตารางที่ ๕-๑ การ Trace Back จากนาฬิกาที่วัด ไปยัง BIPM

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

ตารางที่ ๕-๒ การ Trace Back จากนาฬิกาที่วัด ไปยัง BIPM

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

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

• อุปกรณ์ในการรักษาเวลามาตรฐานประเทศไทย

ในปัจจุบันกรมอุทกศาสตร์มีอุปกรณ์รักษาเวลาที่สำคัญ ดังนี้

๑. นาฬิกาปรมาณูซีเซียม ๑๓๓ ตราอักษร HEWLETT PACKARD รุ่น 5071 A จัดหาเมื่อ ๑ พฤศจิกายน พ.ศ.๒๕๓๙ ปัจจุบันใช้เป็นเครื่องผลิตความถี่มาตรฐานปฐมภูมิ ติดตั้งที่ห้องรักษาเวลามาตรฐานประเทศไทย เป็นเครื่องผลิตความถี่มาตรฐาน (Primary Frequency Standard) โดยใช้หลอดผลิตความถี่จากธาตุซีเซียม สามารถผลิตความถี่เพื่อรักษาเวลามาตรฐานได้ 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)



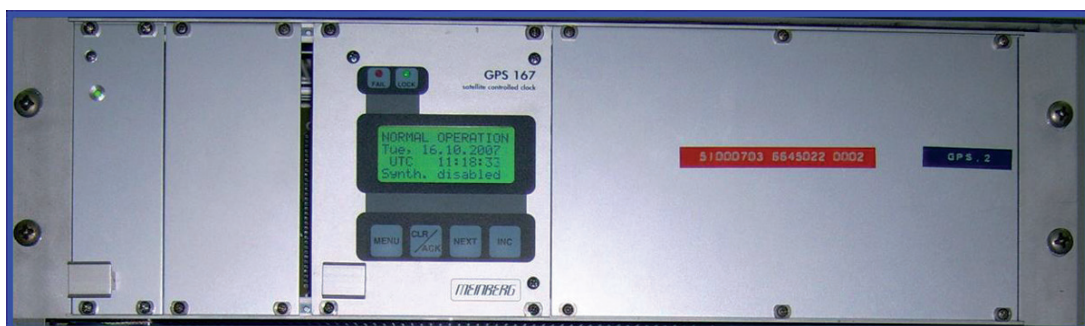
ภาพที่ ๕-๒ นาฬิกาปรมาณูซีเซียม ๑๓๓ ตราอักษร HEWLETT PACKARD

๒. นาฬิกาปรมาณูซีเซียม ๑๓๓ ตราอักษร Agilent รุ่น 5071 A จัดหาเมื่อ ๑๒ เมษายน พ.ศ.๒๕๔๔ เป็นเครื่องผลิตความถี่มาตรฐานปฐมภูมิ ติดตั้งที่ห้องรักษาเวลามาตรฐานประเทศไทยรายละเอียดเช่นเดียวกับข้อ ๑



ภาพที่ ๕-๓ นาฬิกาปรมาณูซีเซียม ๑๓๓ ตราอักษร Agilent

๓. เครื่องรับสัญญาณเวลาด้วยดาวเทียม ระบบ GPS ตราอักษร MEINBERG รุ่น GPS 167 จัดหาเมื่อ ๑๖ สิงหาคม พ.ศ.๒๕๔๒ ปัจจุบันใช้เป็นเครื่องรักษาเวลามาตรฐาน ติดตั้งที่ห้องรักษาเวลามาตรฐานประเทศไทย เป็นเครื่องรับสัญญาณเวลาด้วยดาวเทียมระบบ GPS เพื่อใช้ส่งข้อมูลเวลาให้เครื่องบอกเวลา(SPEAKING CLOCK) ตราอักษร UHER



ภาพที่ ๕-๔ เครื่องรับสัญญาณเวลาด้วยดาวเทียม ระบบ GPS ตราอักษร MEINBERG

๔. เครื่องรับสัญญาณเวลาด้วยดาวเทียม ระบบ GPS ตราอักษร Symmetricom รุ่น Exactime จัดหาเมื่อ ๑๒ เมษายน พ.ศ.๒๕๔๘ ปัจจุบันใช้เป็นเครื่องผลิตความถี่มาตรฐานทำงานร่วมกับนาฬิกาปรมาณูซีเซียม ๑๓๓ ติดตั้งที่ห้องรักษาเวลามาตรฐานประเทศไทย เป็นเครื่องรับสัญญาณเวลาด้วยดาวเทียมระบบ GPS เพื่อใช้เปรียบเทียบเวลามาตรฐานและความถี่ โดย Oscillator ใช้ Rubidium หรือ Quartz Oscillator Aging 1×10^{-7}



ภาพที่ ๕-๕ เครื่องรับสัญญาณเวลาด้วยดาวเทียม ระบบ GPS ตราอักษร Symmetricom

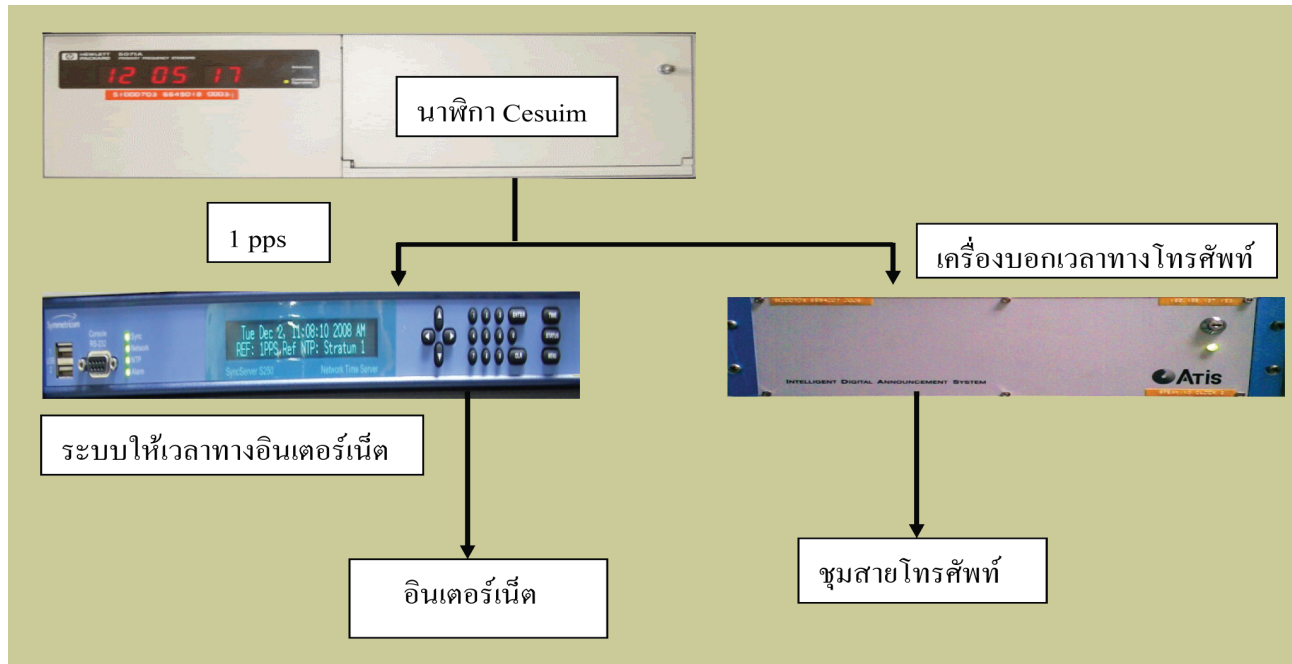
๕. ระบบสอบเทียบเวลาระดับ Primary (GPS Common View) ตราอักษร SOLUTIONS จัดหาเมื่อ ๑๒ เมษายน พ.ศ.๒๕๔๘ ปัจจุบันใช้เป็นระบบตรวจสอบความละเอียดถูกต้องของเวลา ติดตั้งที่ห้องรักษาเวลามาตรฐานประเทศไทย เป็นชุดเครื่องมือที่ใช้เปรียบเทียบเวลาระดับปฐมภูมิ ที่ตั้งอยู่ต่างพื้นที่กัน (เช่น สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ และกรมอุทกศาสตร์) โดยใช้ดาวเทียม GPS อาศัยหลักการ Common View Technique โดยให้ผลลัพธ์ออกมาในรูปแบบ GGTTs (Group on GPS Time Transfer Standards) Format File ที่พัฒนาโดย BIPM และระบบสามารถทำงานในลักษณะ Stand-alone GPS Time Measurement ได้



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

• การให้บริการเทียบเวลาของกรมอุทกศาสตร์

เวลาเป็นสิ่งที่สำคัญกับ เศรษฐกิจ สังคม และ การศึกษาทางวิชาการในสาขาต่างๆ การประยุกต์ใช้เวลาในแต่ละสาขามีความต่างกันอย่างมากดังที่กล่าวมาในเบื้องต้นแล้ว หากเราต้องการกำหนดเวลาปลูกพืช เราอาจสามารถลงกล้าเร็ว หรือ ช้ากว่าเวลาที่กำหนดหลายวัน ก็อาจไม่ได้สร้างปัญหาใดๆ เมื่อเรานัดหมายกับเพื่อน เราอาจผิดเวลาได้ หลายนาทิจ หรือ ชั่วโมง แต่หากเราจะวัดเวลาเพื่อจัดเวลาการเปิด-ปิดวงจรการทำงานของระบบสื่อสาร คมนาคมที่สำคัญ เช่น ระบบโทรศัพท์มือถือ ระบบสื่อสารผ่านดาวเทียม เราต้องการระบบที่รักษาเวลาได้ระดับ ไม่น้อยกว่า มิลลิวินาที หรือ ไมโครวินาที แต่หากต้องการศึกษาทางดาราศาสตร์ หรือ ฟิสิกส์ อาจต้องการการวัดเวลาระดับนาโนวินาที หรือ พิโควินาที ดังนั้น กรมอุทกศาสตร์จึงมีการให้บริการที่สามารถตอบสนองต่อความต้องการประยุกต์ใช้งานโดยทั่วไปได้โดย สำหรับการใช้งานในการดำรงชีวิตประจำวัน สามารถใช้บริการผ่านทางโทรศัพท์ และหากต้องการรับบริการประยุกต์ใช้กับการสื่อสาร โทรคมนาคม และการรักษาความปลอดภัย สามารถใช้บริการผ่านระบบอินเทอร์เน็ต



ภาพที่ ๕-๗ การให้บริการเทียบเวลาของกรมอุทกศาสตร์

• การให้บริการเทียบเวลาทางโทรศัพท์

ให้บริการเวลาแก่หน่วยงานราชการ เอกชน และประชาชนทั่วไป ตลอด ๒๔ ชั่วโมง โดยไม่คิดค่าบริการ ใช้นาฬิกาปรมาณูซีเซียม ๑๓๓ เป็นฐานเวลาอ้างอิงแก่เครื่องที่ให้บริการเวลาเพื่อให้การถ่ายทอดค่าเวลาที่ถูกต้องไปยังผู้ใช้บริการ บริการเทียบเวลาทางโทรศัพท์จะบอกเวลาทุก ๑๐ วินาที ตลอด ๒๔ ชั่วโมง ทางหมายเลขโทรคมนาคมพิเศษ ๑๔๑ หมายเลขโทรศัพท์ภายในกองทัพอากาศ ๕๕๒๒๑ และ ๕๔๑๑๔ โดยสัญญาณเวลาจะถูกส่งผ่านจากนาฬิกาปรมาณูซีเซียม หรือเครื่องรับสัญญาณเวลาดาวเทียม GPS มายังเครื่องบอกเวลาทางโทรศัพท์ ซึ่งจะแปลงสัญญาณเวลามาเป็นสัญญาณไฟฟ้าผ่านสายโทรศัพท์ไปยังชุมสายโทรศัพท์ขององค์การโทรคมนาคมแห่งชาติ (กทช.) เพื่อให้บริการเทียบเวลาแก่ผู้ที่ต้องการใช้บริการ และในการเทียบเวลาต่างประเทศ สามารถใช้บริการทางหมายเลขโทรศัพท์ ๐๒ ๓๖๑ ๓๕๓๗ ได้ตลอด ๒๔ ชั่วโมง เช่นกัน

• การให้บริการเทียบเวลาทางอินเทอร์เน็ต

ผู้ที่ต้องการเทียบเวลากับกรมอุทกศาสตร์ทางระบบอินเทอร์เน็ต สามารถใช้บริการได้ที่เว็บไซต์ time.navy.mi.th ได้ตลอด ๒๔ ชั่วโมง โดยมีความถูกต้องสูงกว่าเกณฑ์ตามประกาศของกระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร เรื่องหลักเกณฑ์การเก็บรักษาข้อมูลจราจรทางคอมพิวเตอร์ของผู้ให้บริการ พ.ศ.๒๕๕๐ ให้ถูกต้องแม่นยำตามหลักสากล โดยมีผลบังคับใช้ในวันที่ ๒๓ สิงหาคม พ.ศ.๒๕๕๑ กำหนดให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องต้องดำเนินการเทียบเวลามาตรฐานตามระบบสากล เช่น หน่วยงานราชการ สถานศึกษา องค์กร ร้านค้า ร้านอินเทอร์เน็ตคาเฟ่ ยกเว้นผู้ใช้อินเทอร์เน็ตภายในบ้าน โดยผิดพลาดไม่เกิน ๑๐ มิลลิวินาที หากหน่วยงานใดไม่ดำเนินการตามกฎหมาย จะต้องรับผิดชอบโดยมีโทษปรับไม่เกิน ๕๐๐,๐๐๐ บาท

• อุปกรณ์ให้บริการเทียบเวลา

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

๑. เครื่องบอกเวลา (Speaking Clock) ตราอักษร UHER รุ่น PCMA 44 จัดหาเมื่อ ๑๖ สิงหาคม พ.ศ. ๒๕๔๒ ปัจจุบันใช้เป็นเครื่องบอกสัญญาณเวลาทางโทรศัพท์ ติดตั้งที่ห้องรักษาเวลามาตรฐานประเทศไทย เป็นเครื่องบอกเวลาโดยบอกเวลาทุก ๑๐ วินาที ใช้เวลารูป Meinberg Standard Time String จาก GPS เป็นตัวกำหนดในการบอกเวลา



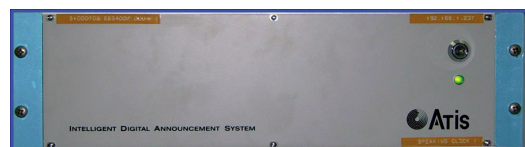
ภาพที่ ๕-๘ เครื่องบอกเวลา (Speaking Clock) ตราอักษร UHER

๒. เครื่องบอกเวลาทางโทรศัพท์ (Speaking Clock) ตราอักษร ATIS รุ่น IDAS จัดหาเมื่อ ๓๐ สิงหาคม พ.ศ. ๒๕๔๔ ปัจจุบันใช้เป็นเครื่องบอกสัญญาณเวลาทางโทรศัพท์ ติดตั้งที่ห้องรักษาเวลามาตรฐานประเทศไทย เป็นเครื่องบอกเวลาโดยบอกเวลาทุก ๑๐ วินาที รับสัญญาณ 1 PPS (Time Synchronization) ระดับ TTL จากนาฬิกาอะตอม (Master Clock)



ภาพที่ ๕-๙ เครื่องบอกเวลาทางโทรศัพท์ (Speaking Clock) ตราอักษร ATIS

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



ภาพที่ ๕-๑๐ เครื่องบอกเวลาทางโทรศัพท์ (Speaking Clock) ตราอักษร ATIS UHER

๔. Network Time Server ตราอักษร ELPROMA รุ่น NTS-300 จัดหาเมื่อ ๑๒ เมษายน พ.ศ. ๒๕๔๔ ปัจจุบันใช้เป็นแม่ข่ายให้บริการเทียบเวลาทางอินเทอร์เน็ต ติดตั้งที่ห้องรักษาเวลามาตรฐานประเทศไทย เป็นตัวแจกจ่ายเวลาให้กับเครื่องที่ต้องการเทียบเวลาทางระบบ Internet แม่ข่ายประสานเวลาสามารถรับสัญญาณเวลา ๑ วินาที (1PPS ระดับ TTL ภายใน ๕๐ โอห์ม) จากนาฬิกาซีเซียม ตราอักษร AGILENT รุ่น 5071 A หรือรับสัญญาณเวลาจากเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม GPS ตราอักษร Symmetricom รุ่น Exac Time 6000 สำหรับใช้เป็นฐานเวลาอ้างอิง



ภาพที่ ๕-๑๑ Network Time Server
ตราอักษร ELPROMA

๕. Network Time Server ตราอักษร Datum รุ่น TymServe 2100 จัดหาเมื่อ ๗ เมษายน พ.ศ.๒๕๕๙ ปัจจุบันใช้เป็นแม่ข่ายให้บริการเทียบเวลาทางอินเทอร์เน็ต ติดตั้งที่ห้องรักษาเวลามาตรฐานประเทศไทย เป็นตัวแจกจ่ายเวลาให้กับเครื่องที่ต้องการเทียบเวลาทางระบบอินเทอร์เน็ต



ภาพที่ ๕-๑๒ Network Time Server ตราอักษร Datum

๖. Network Time Server ตราอักษร Symmetricom รุ่น SyncServer S 250 จัดหาเมื่อ ๒๐ มีนาคม พ.ศ. ๒๕๕๐ ปัจจุบันใช้เป็นแม่ข่ายสำรองให้บริการเทียบเวลาทางอินเทอร์เน็ต ติดตั้งที่ห้องสารสนเทศ กรมสื่อสารและสารสนเทศ อาคาร สปช.ทร. พระราชวังเดิม ทำหน้าที่แจกจ่ายเวลาให้กับเครื่องที่ต้องการเทียบเวลาทางระบบอินเทอร์เน็ตภายในกองทัพเรือ และภายนอกกองทัพเรือกรณีแม่ข่ายที่กรมอุทกศาสตร์ขัดข้อง

นอกจากนี้ยังมีการติดตั้งนาฬิกาดีจิตอลภายในส่วนบัญชาการและพื้นที่สำคัญภายในกองทัพเรือ จำนวน ๑๑ เรือน ซึ่งรับสัญญาณเวลาจากดาวเทียม GPS เช่น อาคารสำนักงานเสนาธิการทหารเรือ ห้องศูนย์ปฏิบัติการกองทัพเรือ (๓ เรือน) ห้องผู้บัญชาการทหารเรือ ห้องรับรองผู้บัญชาการทหารเรือ อาคารสำนักงานกรมการเงินทหารเรือ ห้องประชุมกองบัญชาการกองทัพเรือ และห้องประชุมใหญ่กองทัพเรือ

• การพัฒนาทางด้านเวลามาตรฐานของกรมอุทกศาสตร์ในอนาคต

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

๑. สถานีส่งสัญญาณวิทยุ (ในภาพต่างๆ เหล่านี้เป็นภาพของสถานีให้บริการเวลาทางวิทยุ DCF 77 ของเยอรมัน ซึ่งตั้งอยู่ที่ทิศตะวันออกเฉียงใต้ห่างจากเมืองแฟรงก์เฟิร์ตประมาณ ๒๕ กิโลเมตร)



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

๑.๑ สายอากาศส่งสัญญาณเวลา

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



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

๑.๓ เครื่องผลิตสัญญาณเวลา ติดตั้งใช้งานในปลายเดือน ตุลาคม พ.ศ.๒๕๕๙ ชุดเครื่องผลิตสัญญาณติดตั้งในห้องปรับอากาศ มีนาฬิกาปรมาณู ๓ เครื่องผลิตความถี่มาตรฐาน และมีคลื่นพาห้ความถี่ 77.5 kHz รวมทั้งผลิตรหัสเวลา (Time Code) ส่งออกไปด้วยกัน



ภาพที่ ๕-๑๕ เครื่องผลิตสัญญาณเวลา

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



นอกจากนี้ กรมอุตุนิยมวิทยา ร่วมกับสถาบันมาตรวิทยา แห่งชาติ มีความเห็นร่วมกันในการให้บริการเวลาผ่านระบบวิทยุ FM ในอนาคตอีกด้วย โดยสามารถให้บริการผ่านการแผ่สัญญาณเวลาทางคลื่นวิทยุ FM ซึ่งกรมสื่อสารทหารเรือมีการให้บริการในหลายพื้นที่ เพื่อให้นาฬิกาซึ่งมีอุปกรณ์รับและถอดสัญญาณสามารถปรับเวลาได้โดยอัตโนมัติ และสัมพันธ์กับเวลา มาตรฐานประเทศไทย



ผนวก ก

ประวัติงานอุปกรณ์การเดินเรือ

กรมอุทกศาสตร์มีภารกิจที่สำคัญประการหนึ่ง คือ การให้บริการการเดินเรือ โดยการจัดหาจัดทำ แจกจ่าย และจำหน่ายเอกสาร บรรณสาร เครื่องมือเดินเรือ ออกประกาศชาวเรือ ประสานงานกับหน่วยงานต่างๆ ทั้งในและต่างประเทศ เพื่อให้บรรลุถึงจุดหมายของงานให้บริการดังกล่าว กองที่ทำหน้าที่นี้คือ **กองอุปกรณ์การเดินเรือ**

ประวัติของงานด้านนี้ เริ่มขึ้นจากการออกประกาศชาวเรือก่อน ซึ่งก็มีขึ้นหลังจากที่เริ่มมีการสำรวจแผนที่ทะเลในน่านน้ำไทยได้ไม่นานนัก สันนิษฐานว่าน่าจะเริ่มโดยกัปตันลอฟต์ส ซึ่งเคยปฏิบัติงานอยู่ในกรมอุทกศาสตร์ของประเทศอังกฤษ จึงน่าจะเป็นผู้นำธรรมเนียมปฏิบัตินี้มาใช้ในประเทศไทยด้วย ประกาศชาวเรือฉบับแรกของไทยจะเริ่มออกในเดือนปีใด ยังค้นหลักฐานไม่พบ หลักฐานที่ปรากฏมีบันทึกไว้อยู่ใน พ.ศ.๒๔๒๔ หลังจากที่ท่านได้สำรวจแผนที่ท่าเรือเกาะสีชังแล้ว ก็ได้ออกประกาศชาวเรือแจ้งตำแหน่งเรือกำปั่นอเมริกันจมในร่องทางเรือเดินเข้าอ่าวท่าเรือกรุงเทพฯ และกล่าวถึงตำแหน่งของหินลัมปะยี่ห้อด้วย โดยลงนามกำกับและลงตำแหน่งเป็นผู้ทำแผนที่ของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว ในขณะนั้นกัปตันลอฟต์สยังสังกัดในกรมท่ากลาง จึงนับได้ว่างานด้านนี้ถือกำเนิดขึ้นที่กรมเจ้าท่าก่อนที่จะเปลี่ยนมาอยู่ในความรับผิดชอบของกรมอุทกศาสตร์ในระยะหลัง หลักฐานอีกชิ้นหนึ่งที่ยืนยันในเรื่องนี้ คือ ทำเนียบไฟและเรือทวนไฟ ออกโดยกรมเจ้าท่าใน พ.ศ.๒๔๕๔ มีประกาศชาวเรือพิมพ์รวมอยู่ในเล่มด้วย

เมื่อประเทศไทยเข้าเป็นสมาชิกก่อตั้งของสมาคมอุทกนิคมใน พ.ศ.๒๔๖๒ มติที่ประชุมข้อหนึ่งที่เราต้องรับมาปฏิบัติก็คือ การออกประกาศชาวเรือโดยหน่วยงานอุทกศาสตร์ของประเทศสมาชิก ประกอบกับในปีนั้นพระบาทสมเด็จพระมงกุฎเกล้าเจ้าอยู่หัว โปรดเกล้าฯ ให้โอนกิจการกระโจมไฟและทวนไฟให้กระทรวงทหารเรือรับผิดชอบ ซึ่งจะต้องออกประกาศชาวเรือแจ้งให้ชาวเรือทราบความเป็นไปและความเปลี่ยนแปลงของกระโจมไฟและทวนไฟเสมอ จึงเป็นการประจวบเหมาะที่จะได้รวมงานออกประกาศชาวเรือไว้ในหน่วยเดียว งานนี้จึงโอนมาให้ทหารเรือทำด้วย เมื่อเริ่มตั้งหน่วยงานนี้กองนี้มีชื่อว่า **กองประกาศชาวเรือ** ประกาศชาวเรือฉบับแรก ออกเมื่อเดือน เมษายน พ.ศ.๒๔๖๓

พ.ศ.๒๔๖๔ กองอุทกศาสตร์ทหารเรือ ได้รับการยกฐานะเป็น กรมอุทกศาสตร์ทหารเรือขึ้นตรงต่อกระทรวงทหารเรือ ได้จัดส่วนราชการแบ่งออกเป็น ๖ กอง คือ กองแผนที่ทะเลที่ ๑, กองแผนที่ทะเลที่ ๒, กองช่างแผนที่, กองโรงพิมพ์, กองเครื่องหมายทางเรือ และ กองประกาศชาวเรือ ซึ่งขณะนั้น เรือโท พงษ์ อาศนะเสน (พล.ร.อ.หลวงชลธารพฤตไกร) เป็นแม่กองประกาศชาวเรือ

พ.ศ.๒๔๗๓ เจ้ากรมอุทกศาสตร์ (น.อ.พระยานิรมยุทนาวิ) ได้เห็นความสำคัญของงาน ในกองประกาศชาวเรือ จึงได้ให้แม่กองประกาศชาวเรือ (ร.อ.หลวงรามฤทธิไกร) ร่างระเบียบการ กองประกาศชาวเรือเพื่อใช้เป็นระเบียบปฏิบัติราชการในกองให้มีความก้าวหน้ายิ่งขึ้น พอสรุปรายละเอียดได้ ดังนี้

กองประกาศชาวเรือ มีหน้าที่ในการจัดเตรียม เก็บรักษา เอกสารการเดินเรือ เครื่องมือเดินเรือ ตรวจค้นวิชาชาวเรือ ทำตำราที่ตรวจค้นได้ และทำตำราดาราศาสตร์ เดินเรือและดิวิเอชัน ที่มีอยู่แล้วให้ดีขึ้น

ย่อมเป็นที่ทราบกันอยู่ทั่วไปในหมู่ชาวเรือว่า ในการเดินเรือนั้นการมีแผนที่เดินเรืออย่างเดียวไม่เพียงพอที่จะทำให้เกิดความสะดวกในการเดินเรือ จำเป็นต้องมีเครื่องมือเดินเรือและเอกสารการเดินเรือที่เกี่ยวข้องกับแผนที่เดินเรือ นั้น เช่น ประกาศชาวเรือ ทำเนียบไฟและทวน หนังสือนาร่อง เป็นต้น นอกจากนั้น ยังจำเป็นต้องมีการค้นคว้า ติดตามความก้าวหน้า ศึกษาวิธีการเดินเรือใหม่ๆ เพื่อการจัดทำเอกสารบรรณสารการเดินเรือของกองนี้ ทำให้เกิดความจำเป็นที่จะต้องมีการพิมพ์อยู่ในความดูแลของกองประกาศชาวเรือนี้ด้วย แต่เป็นเครื่องพิมพ์สำหรับใช้พิมพ์หนังสือเท่านั้น เมื่องานกองนี้ขยายขอบเขตกว้างขวางออกไป ในปี พ.ศ.๒๔๗๖ ทางราชการจึงเปลี่ยนชื่อ

ในปีต่อๆ มา กรมอุทกศาสตร์ ได้พัฒนาการวัดดาวตรวจสอบหาเวลามาตรฐานประเทศไทย โดยการจัดหา กล้องตรวจดาวผ่านเมริเดียนและอุปกรณ์ประกอบต่างๆ ใหม่ (ดูรายละเอียดเรื่องประวัติ การรักษาเวลามาตรฐาน ประเทศไทย)

พ.ศ.๒๔๙๔ กองอุปกรณ์การเดินเรือ ได้รับการจัดใหม่โดยยกแผนกโรงพิมพ์ขึ้นเป็น หมวดโรงพิมพ์ และ แยกหมวดตรวจค้นวิชาชาวเรือออกไปแล้วยกฐานะขึ้นเป็นกองตรวจค้นวิชาชาวเรือ

พ.ศ.๒๔๙๘ กรมอุทกศาสตร์ เป็นกรมอิสระในส่วนกิจการพิเศษ ขึ้นตรงต่อกองทัพเรือตามพระราชกฤษฎีกา จัดวางระเบียบราชการในกระทรวงกลาโหม พ.ศ.๒๔๙๘ ได้แบ่งส่วนราชการของ กรมอุทกศาสตร์ใหม่ โดยให้กอง อุปกรณ์การเดินเรือ มีหน้าที่ จัดหา เก็บรักษา ตรวจสอบ แก้ไข และจำหน่ายแผนที่ สิ่งอุปกรณ์และบรรณสาร เอกสารเกี่ยวกับการเดินเรือ จัดทำและออกประกาศชาวเรือ คำนวณ ตรวจสอบและรักษาเวลา ศึกษาและวิจัย เกี่ยวกับงานดาราศาสตร์ แบ่งส่วนราชการออกเป็น ๓ แผนก คือ **แผนกเอกสารการเดินเรือ, แผนกเครื่องมือเดินเรือ และแผนกดาราศาสตร์** และได้เริ่มแบ่งส่วนราชการจริงๆ เมื่อ พ.ศ.๒๕๐๑ โดยตั้งแผนกดาราศาสตร์ขึ้นใหม่ แล้วนำเอาการตรวจรักษาเวลาที่อยู่ในความรับผิดชอบของหมวดเครื่องมือเดินเรือในสมัยนั้น มาอยู่ในความดูแลของ แผนกดาราศาสตร์ในปัจจุบัน ซึ่งเป็นไปตามโครงการพัฒนางานดาราศาสตร์ที่ พล.ร.อ.หลวงชลธารพฤติไกร อดีตเจ้า กรมอุทกศาสตร์ได้วางแนวทางไว้ การจัดหน่วยในกองอุปกรณ์การเดินเรือได้ดำรงอยู่เช่นนี้จนถึงปัจจุบัน

ในปี พ.ศ.๒๕๐๐ กองอุปกรณ์การเดินเรือ ได้รับอนุมัติให้จัดตั้งแผนกดาราศาสตร์ขึ้นใหม่ เพื่อรับผิดชอบ งานรักษาเวลามาตรฐานประเทศไทย และงานด้านดาราศาสตร์ ผู้ดำรงตำแหน่งหัวหน้าแผนกดาราศาสตร์คนแรก คือ น.ท.สมชาย ชื่นสุวรรณ (รักษาราชการ) ขณะนั้นดำรงตำแหน่งหัวหน้ากองอุปกรณ์การเดินเรือด้วย



พจนก ข

ทำเนียบผู้บังคับบัญชา กองอุปกรณ์การเดินเรือ



น.ก.สมชาย ชื่นสุวรรณ
๑ ม.ค.๐๐ - ๑๕ ต.ค.๐๖



น.ก.สุขเกษม ญ ลำปาง
๑๖ ต.ค.๐๖ - ๒๕ ต.ค.๐๗



น.ก.นวม นาคธน
๒๖ ต.ค.๐๗ - ๔ ต.ค.๐๘



น.ก.จิต ภัตตะพงษ์
๕ ต.ค.๐๘ - ๑๕ ต.ค.๐๘



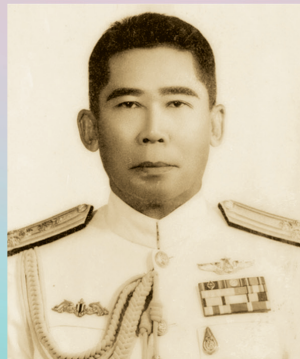
น.ก.สุขเกษม ญ ลำปาง
๑๖ ต.ค.๐๘ - ๓๐ ก.ย.๐๙



น.ก.นวม นาคธน
๑ ต.ค.๐๙ - ๒๐ พ.ย.๑๐



น.อ.สง่า สอึงทอง
๒๑ พ.ย.๑๐ - ๒๑ มิ.ย.๑๕



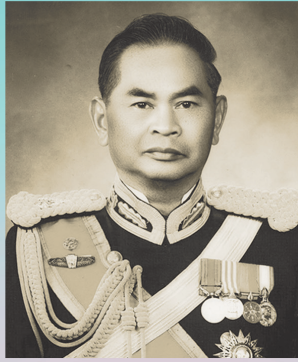
น.อ.บรรจง ทรัพย์แสนดี
๒๒ มิ.ย.๑๕ - ๒๘ ก.พ.๒๐



น.อ.ประเวช โกชนสมบุรณ์
๑ มิ.ค.๒๐ - ๓๐ ก.ย.๒๒



น.อ.เพ็ชรศักดิ์ เวชชาบุเณระห์
๑ ต.ค.๒๕๒๒ - ๓๐ ก.ย.๒๕๓๓



น.อ.ละเอียต สังขญา
๑ ต.ค.๒๕๓๓ - ๓๐ ก.ย.๒๕๓๖



น.อ.หิรัญ ศาสตร์สุข
๑ ต.ค.๒๕๓๖ - ๓๐ ก.ย.๒๕๓๘



น.อ.จิตร ศิลา
๑ ต.ค.๒๕๓๘ - ๓๐ ก.ย.๒๕๓๙



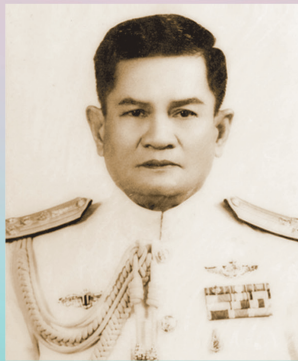
น.อ.ประมวล ธรรมสุวรรณ
๑ ต.ค.๒๕๓๙ - ๓๐ ก.ย.๒๕๔๐



น.อ.อริท โรจนสมบัติ
๑ ต.ค.๒๕๔๐ - ๓๐ ก.ย.๒๕๔๑



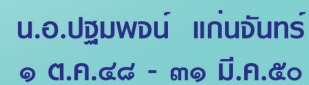
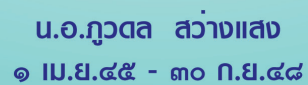
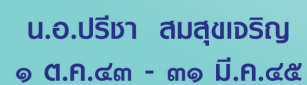
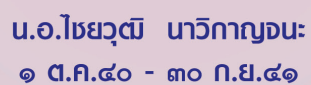
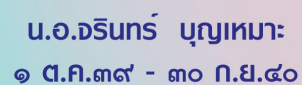
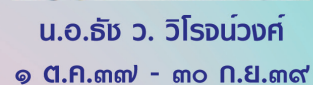
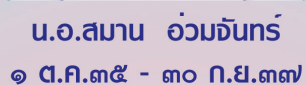
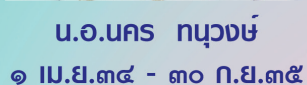
น.อ.วิชัย จันทร์แทน
๑ ต.ค.๒๕๔๑ - ๓๑ มี.ค.๒๕๔๒



น.อ.สมชาย ม่วงมิ่งสุข
๑ เม.ย.๒๕๔๒ - ๓๐ ก.ย.๒๕๔๒



น.อ.เสนห์ สุนทรมงคล
๑ ต.ค.๒๕๔๒ - ๓๑ มี.ค.๒๕๔๔





น.อ.คมสัน กลิ่นสุคนธ์
๑ เม.ย.๕๐ - ๓๐ เม.ย.๕๒



น.อ.ยอดรัก ศิลปดุริยางค์
๑ ต.ค.๕๒ - ปัจจุบัน



ผนวก ค

แผนที่แสดงเขตเวลาทั่วโลก

World Time

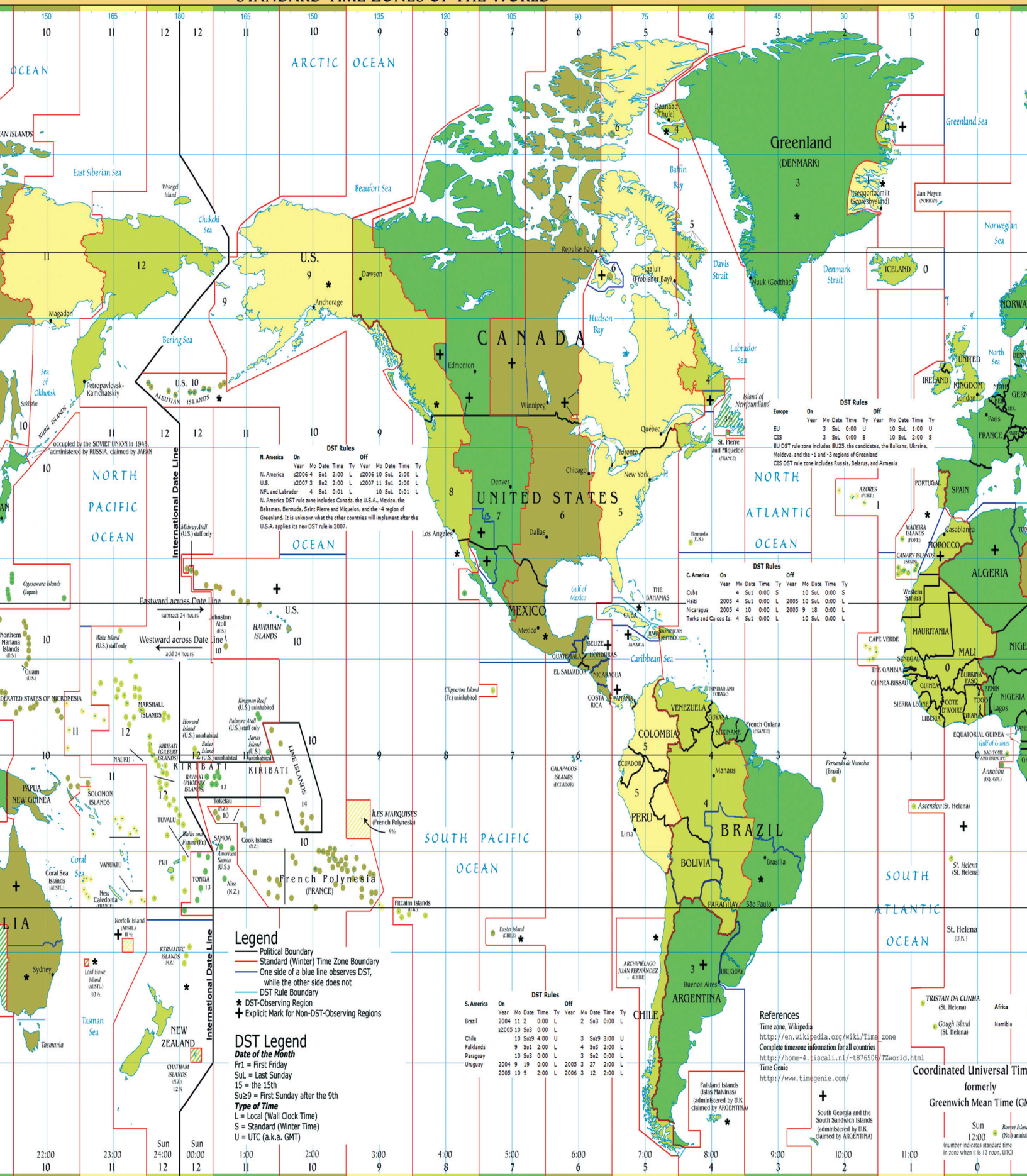


World standard times at noon Greenwich mean time

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		



STANDARD TIME ZONES OF THE WORLD





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

803058AI (R02183) 3-04

ผนวก จ
คำสั่งแต่งตั้งคณะกรรมการจัดทำหนังสือ



คำสั่งกรมอุทกศาสตร์

(เฉพาะ)

ที่ ๖๑/๒๕๕๒

เรื่อง แต่งตั้งคณะกรรมการจัดทำหนังสือเผยแพร่วิทยาการของ อศ.

.....

เพื่อให้การดำเนินการจัดทำหนังสือเผยแพร่วิทยาการของ อศ.เป็นไปด้วยความเรียบร้อย
จึงให้ปฏิบัติดังนี้

๑. ให้ผู้มีรายชื่อต่อไปนี้เป็นคณะกรรมการจัดทำหนังสือเผยแพร่วิทยาการของ อศ.
 - ๑.๑ พลเรือตรี ณรงค์ นาคธน หัวหน้าคณะกรรมการ
 - ๑.๒ น.อ.วิฑูรย์ ตันติกุล รองหัวหน้าคณะกรรมการ
 - ๑.๓ น.อ.ชนพล วิชัยลักษณ์ เจ้าหน้าที่คณะกรรมการ
 - ๑.๔ น.อ.ปรีชา สมสุขเจริญ เจ้าหน้าที่คณะกรรมการ
 - ๑.๕ น.อ.จักรกฤษ มะลิขาว เจ้าหน้าที่คณะกรรมการ
 - ๑.๖ น.อ.ไชยวุฒิ นาวิกาญจนะ เจ้าหน้าที่คณะกรรมการ
 - ๑.๗ น.อ.ศิริชัย เนยทอง เจ้าหน้าที่คณะกรรมการ
 - ๑.๘ น.อ.มนต์เดช พัวไพบูลย์ เจ้าหน้าที่คณะกรรมการ
 - ๑.๙ น.อ.หญิง พรรณราย เชื้อพิบูลย์ เจ้าหน้าที่คณะกรรมการ
 - ๑.๑๐ น.อ. ภูวดล สว่างแสง เจ้าหน้าที่คณะกรรมการ
 - ๑.๑๑ น.อ.คมสัน กลิ่นสุคนธ์ เจ้าหน้าที่คณะกรรมการและเลขานุการ
 - ๑.๑๒ น.อ.บงกช สโมสร เจ้าหน้าที่คณะกรรมการ
 - ๑.๑๓ น.ท.หญิง อรุณข พรแดง เจ้าหน้าที่คณะกรรมการ
 - ๑.๑๔ น.ท.พันธุ์นาถ นาคบุปผา เจ้าหน้าที่คณะกรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
 - ๑.๑๕ น.ท.หญิง อินทิรา เนตรมุกดา เจ้าหน้าที่คณะกรรมการ
 - ๑.๑๖ น.ต.สมาน ได้รายรัมย์ เจ้าหน้าที่คณะกรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

๒

๒. คณะทำงานฯ มีหน้าที่ ดังนี้

๒.๑ พิจารณาวางแผนงาน งบประมาณ กำหนดกรอบและระยะเวลาการดำเนินงานจัดทำหนังสือเผยแพร่วิทยากรของ อศ. รวมทั้งรายงานความก้าวหน้าให้ อศ.ทราบตามช่วงระยะเวลาที่เหมาะสม จนกว่าการดำเนินงานจะแล้วเสร็จ

๒.๒ พิจารณารูปแบบการ จัดทำหนังสือเผยแพร่วิทยากรของ อศ.

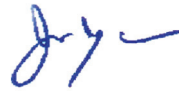
๒.๓ คณะทำงานฯ สามารถแต่งตั้งผู้สมัครเพิ่มได้ตามความจำเป็น

๓. ให้ นขต.อศ.ให้การสนับสนุนตามที่คณะทำงานฯร้องขอ

ทั้งนี้ ตั้งแต่บัดนี้เป็นต้นไป

สั่ง ณ วันที่ ๒๗ มกราคม ๒๕๕๒

พล.ร.ท.ศ.



(นคร หนูวงศ์)

จก.อศ.



คำสั่งกรมอุทกศาสตร์

(เฉพาะ)

ที่ ๕๖๐ / ๒๕๕๒

เรื่อง แต่งตั้งคณะกรรมการจัดทำหนังสือเผยแพร่วิทยาการของ อศ.

ดังนี้

เพื่อให้การดำเนินการจัดทำหนังสือเผยแพร่วิทยาการของ อศ. เป็นไปด้วยความเรียบร้อยจึงให้ปฏิบัติ

๑. ยกเลิกคำสั่ง อศ. (เฉพาะ) ที่ ๖๑/๒๕๕๒ ลง ๒๓ ม.ค.๕๒ เรื่อง แต่งตั้งคณะกรรมการจัดทำหนังสือเผยแพร่วิทยาการของ อศ.

๒. ให้ผู้มีรายชื่อต่อไปนี้เป็นคณะกรรมการจัดทำหนังสือเผยแพร่วิทยาการของ อศ.

๒.๑ พล.ร.ต. ณรงค์ นาคธน	หัวหน้าคณะกรรมการ
๒.๒ พล.ร.ต.สุรพล ตาปนานนท์	รองหัวหน้าคณะกรรมการ
๒.๓ น.อ.ธนพล วิชัยลักษณ์	เจ้าหน้าที่คณะกรรมการ
๒.๔ น.อ.ปรีชา สมสุขเจริญ	เจ้าหน้าที่คณะกรรมการ
๒.๕ น.อ.จักรกฤษ มະลิขาว	เจ้าหน้าที่คณะกรรมการ
๒.๖ น.อ.ไชยวุฒิ นาวิกัญจนะ	เจ้าหน้าที่คณะกรรมการ
๒.๗ น.อ.ศิริชัย เนยทอง	เจ้าหน้าที่คณะกรรมการ
๒.๘ น.อ.มนต์เดช พัวไพบูลย์	เจ้าหน้าที่คณะกรรมการ
๒.๙ น.อ.หญิง พรรณราย เชื้อพิบูลย์	เจ้าหน้าที่คณะกรรมการ
๒.๑๐ น.อ.ภูวดล สว่างแสง	เจ้าหน้าที่คณะกรรมการและเลขานุการ
๒.๑๑ น.อ.ปฐมพจน์ แก่นจันทร์	เจ้าหน้าที่คณะกรรมการ
๒.๑๒ น.อ.ชัยฤทธิ์ เกิดผล	เจ้าหน้าที่คณะกรรมการ
๒.๑๓ น.อ.ยอดรัก ศิลปดุริยางค์	เจ้าหน้าที่คณะกรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๒.๑๔ น.อ.บงกช สโมสร	เจ้าหน้าที่คณะกรรมการ
๒.๑๕ น.ท.หญิง อรนุช พรแดง	เจ้าหน้าที่คณะกรรมการ
๒.๑๖ น.ท.พันธุ์นาถ นาคบุปผา	เจ้าหน้าที่คณะกรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

๒.๑๗ น.ท.หญิง อินทิรา เนตรมุกดา เจ้าหน้าที่คณะทำงาน

๒.๑๘ ร.ท.ณรงค์ ใจป้า เจ้าหน้าที่คณะทำงานและผู้ช่วยเลขานุการ

๓. คณะทำงาน ฯ มีหน้าที่ดังนี้

๓.๑ พิจารณาวางแผนงาน งบประมาณ กำหนดกรอบและระยะเวลาการดำเนินงานจัดทำหนังสือเผยแพร่วิทยาการของ อศ. รวมทั้งรายงานความก้าวหน้าให้ อศ. ทราบตามช่วงระยะเวลาที่เหมาะสมจนกว่าการดำเนินงานจะแล้วเสร็จ

๓.๒ พิจารณารูปแบบการจัดทำหนังสือเผยแพร่วิทยาการของ อศ.

๓.๓ คณะทำงาน ฯ สามารถแต่งตั้งอนุกรรมการเพิ่มเติมได้ตามความจำเป็น

๔. ให้ นขต.อศ.ให้การสนับสนุนตามที่คณะทำงาน ฯ ร้องขอ

ทั้งนี้ ตั้งแต่บัดนี้

สั่ง ณ วันที่ ๑๓ ตุลาคม พ.ศ.๒๕๕๒

พล.ร.ท. ศ.



(นคร หนูวงษ์)

จก.อศ.

បទបញ្ជាប្រតិបត្តិ

๑. วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี
๒. กรุงเทพวันอาทิตย์ ปีที่ ๑๖ ฉบับที่ ๕๖๕๑
๓. Wikipedia, the free encyclopedia
๔. หนังสือ GM Watch
๕. หนังสือ Nautical Almanac Offices, 1961
๖. ประวัตีย่อของงานอุทกศาสตร์ สิงหาคม ๒๔๘๘
๗. กิจการกรมอุทกศาสตร์ พุทธศักราช ๒๔๙๙
๘. วารสารศูนย์บริการเพื่อการศึกษา ๓๐๐ ปี ดาราศาสตร์ไทย เมษายน - มิถุนายน ๒๕๓๑

