



วารสารโรงเรียนนายเรือ

บทความ

- การทำงานของระบบ GPS (ตอนจบ) พลเรือตรี นคร ทนุงษ์
- ไปประชุมที่ดินแดนพระอาทิตย์เที่ยงคืน นาวาเอก ประยุทธ์ เนตรประภา
- ระบบขับเคลื่อนเรือรบด้วยไฟฟ้า นาวาเอก รองศาสตราจารย์ มนต์ชัย กาทอง และ นาวาตรี พิระพงษ์ ทับแถม
- วัสดุคูกกลืนคลื่นเรดาร์ (ตอนจบ) นาวาเอก วชิรินทร์ เครือดำรงค์
- เซ็นเซอร์หรือทรานสดิวเซอร์ นาวาโท สมมาตร กุบกระบี่ และ นาวาตรี สิทธิรักษ์ พรหมณีย์
- ความปลอดภัยของการสื่อสารข้อมูลทางกว้างระบบดิจิทัล เรือเอก ดนัย ปฏิยุทธ์
- EMI กับ IC เทคโนโลยี นาวาเอก มิ่ง อิมวิทยา
- เซลเชื้อเพลิงพลังงานที่เป็นมิตรกับสภาพแวดล้อม นาวาตรี พิระพงษ์ ทับแถม
- เครื่องสถานะจำกัด นาวาเอก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ปรีดี จุลสำลี
- ความเป็นชาวเรือ พลเรือตรี กมล สุขสิงห์
- เหตุไฉนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของไทยจึงตกอันดับ นาวาเอกหญิง ยวดี เปรมวิชัย
- ศัพท์สงครามและนโยบายทางการทหาร นาวาเอก ทองโมะ สิริานันท์ทางกูร

วารสารโรงเรียนนายเรือ

วารสารโรงเรียนนายเรือ

วัตถุประสงค์

วาระที่ออก

โรงเรียนนายเรือเป็นเจ้าของ

เพื่อเป็นการเผยแพร่ความรู้และวิทยาการ เป็นแหล่งแลกเปลี่ยนความรู้

ระหว่างนักวิชาการ และประชาสัมพันธ์กิจกรรมของโรงเรียนนายเรือ

เป็นวารสารราย ๓ เดือน

ที่ปรึกษา

พล.ร.ท.วิศาล ไพทีกุล พล.ร.ต.สมใจ วัฒนโยธิน พล.ร.ต.สมหมาย ปราการสมุทร พล.ร.ต.วินัย พุ่มขจร

คณะผู้จัดทำ

พล.ร.ต.นคร	ทนงษ์	บรรณาธิการ
น.อ.หญิง สรพรศรี	สุขสิงห์	ผู้ช่วยบรรณาธิการ
น.อ.หญิง กาญจนา	พุทธรินันต์	ผู้ช่วยบรรณาธิการ
น.อ.รศ.มนต์ชัย	กาทอง	ผู้ช่วยบรรณาธิการ

ประจำกองบรรณาธิการ

น.อ.วีระ	แป้นสุขเย็น	น.อ.หญิง ชนิตา	เดชชา	น.อ.ศ.ภาณุวัชร	ศรีโปดก
น.อ.อำนาจ	สว่างแจ้ง	น.อ.หญิง พรทิพย์	เมฆลอย	น.อ.พิมล	ภูเจริญ
น.ท.สิทธิชัย	ต่างใจ	น.ท.วุฒิชัย	สายเสถียร	น.ท.หญิง ขนิษฐา	รัตนพฤษ์
น.ต.วันทวี	ปาลโมกข์	น.ต.หญิง วาสนา	แก่นสาร	น.ต.อมรเทพ	แก้วกสิกรรม
น.ต.สุรศักดิ์	ปานเกษม	ร.อ.หญิง ดวงตา	ณ บางช้าง	ร.อ.สนิทวงศ์	วงศ์สนิท
ร.อ.หญิง สุณีพร	อมตพร	ร.ท.หญิง จุฬาลักษณ์	สุนทรวิภาต	ร.ต.ธรรมรงค์	ศรีวิบ
น.ส.สุกัญญา	รัตนภรณ์พงศ์	จ.อ.หญิง ยุวภา	สุขอุดม		

ฝ่ายประสานงานพิมพ์

น.อ.สำเร็จ มาเกิด

ฝ่ายศิลปกรรม

น.ต.สันติพงษ์ สายแก้ว

ฝ่ายแจกจ่าย

ร.อ.หญิง นวลเพ็ญ บุญเต็ม

ผู้ใดประสงค์จะส่งบทความลงในวารสารฉบับนี้ ส่งได้ที่ผู้จัดทำตามที่อยู่ของสำนักงาน

สำนักงาน

โรงเรียนนายเรือ ต.ปากน้ำ อ.เมือง จ.สมุทรปราการ ๑๐๒๗๐

โทร. ๔๗๕-๓๘๘๗, ๔๗๕-๓๘๐๖, ๔๗๕-๓๘๖๒

ขอคิดเห็นในบทความที่นำลงในวารสารโรงเรียนนายเรือเป็นของผู้เขียน มิใช่ขอคิดเห็นหรือนโยบายของหน่วยงานใด และมีได้ผูกพันต่อทางราชการ การกล่าวถึงคำสั่ง กฎ ระเบียบ เป็นเพียงข่าวสารเบื้องต้นเพื่อประโยชน์แก่การค้นคว้าเท่านั้น

สารบัญ

ISSN 1513-7627 วารสารโรงเรียนนายเรือ ปีที่ ๓ ฉบับที่ ๓ กรกฎาคม - กันยายน ๒๕๕๕

การทำงานของระบบ GPS (ตอนจบ)	พลเรือตรี นคร ทนวงษ์	๑
ไปประชุมที่ดินแดนพระอาทิตย์เที่ยงคืน	นาวาเอก ประยุทธ์ เนตรประภา	๗
ระบบขับเคลื่อนเรือรบด้วยไฟฟ้า	นาวาเอก รองศาสตราจารย์ มนต์ชัย กาทอง และ นาวาตรี พีระพงษ์ ทับแย้ม	๑๒
วัสดุดูดกลืนคลื่นเรดาร์ (ตอนจบ)	นาวาเอก วัชรินทร์ เครือดำรงค์	๑๙
เซ็นเซอร์หรือทรานสดิวเซอร์	นาวาโท สมมาตร กุบกระบี่ และ นาวาตรี สิทธิรักษ์ พรหมณี	๒๖
ความปลอดภัยของการสื่อสารข้อมูลทางกว้างระบบดิจิทัล	เรือเอก ดนัย ปฏิยุทธ์	๓๖
EMI กับ IC เทคโนโลยี	นาวาเอก มิ่ง อิมวิทยา	๔๐
เซลล์เชื้อเพลิงพลังงานที่เป็นมิตรกับสภาพแวดล้อม	นาวาตรี พีระพงษ์ ทับแย้ม	๔๓
เครื่องสถานะจำกัด	นาวาเอก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ปรีดี จุลสำลี	๕๐
ความเป็นชาวเรือ	พลเรือตรี กมล สุขสิงห์	๕๖
เหตุไฉนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของไทยจึงตกอันดับ	นาวาเอกหญิง ยูวดี เปรมวิชัย	๕๙
ศัพท์สงครามและนโยบายทางการทหาร	นาวาเอก รองศาสตราจารย์ ทองใบ ธีรานันท์ทางกูร	๖๓

จัดพิมพ์โดย ... กองเครื่องช่วยการศึกษา ฝ่ายบริการ โรงเรียนนายเรือ โรงเรียนนายเรือ เจ้าของ

พลเรือตรี นคร ทนวงษ์ ผู้พิมพ์ นาวาเอก สำริง มาเกิด ผู้พิมพ์

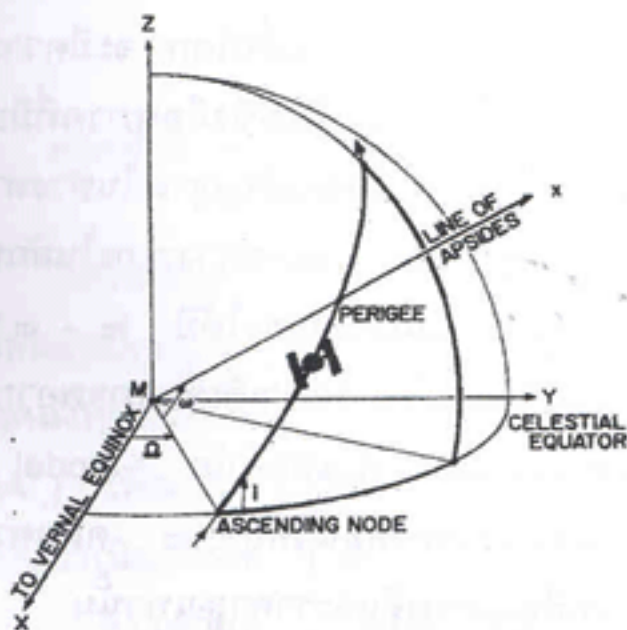
การทำงานของระบบ GPS (ต่อฉบับ)

พลเรือตรี บวร กบววงษ์

จากวารสารฉบับที่แล้ว เราได้ทราบถึงหลักการคำนวณหาที่เรือด้วยเครื่องรับ GPS ว่า เครื่องรับจะวัดระยะทางจากตัวเครื่องรับถึงดาวเทียม ๔ ดวงในเวลาเดียวกัน โดยใช้รหัส PRC ประจำดาวเทียมเป็นสัญญาณเทียบเวลามี ๓ ระยะ ใช้ในสมการเพื่อการคำนวณหาค่าพิกัดตำแหน่ง x y z ของเครื่องรับสัมพันธ์กับจุดศูนย์กลางของโลก ส่วนระยะที่ ๔ ใช้ในสมการหาค่าแก้เวลา เพื่อให้เวลานาฬิกาของเครื่องรับตรงกันกับเวลามาตรฐานสากล วารสารฉบับนี้จะกล่าวถึงการคำนวณตำแหน่งความคลาดเคลื่อนในระบบ และหลักการของระบบ Differential GPS ต่อไป

๕. การคำนวณตำแหน่ง

ในการขยายสามเหลี่ยมจากอวกาศโดยใช้มุม หรือใช้ระยะในการคำนวณตามหลักตรีโกณมิติ (Triangulation หรือ Trilateration) นอกจากจะต้องทราบระยะข้างต้นแล้ว เรายังต้องทราบอย่างละเอียดว่า ในขณะที่วัดระยะต่าง ๆ นั้น ดาวเทียมแต่ละดวงของเรามีค่าพิกัดเท่าไร เพื่อใช้เป็นจุดอ้างอิงในการโยงค่าพิกัดไปหาตำแหน่งของเครื่องรับ ตามปกติวงโคจรของดาวเทียมจะถูกกำหนดด้วยค่า Keplerian parameters ๖ ค่า (ตามภาพที่ ๑) ค่า Ω i และ ω แสดงให้เห็นรูปการวางตัวของ วงโคจรสัมพันธ์กับระบบพิกัดบนพื้นโลก ค่า a และ e แสดงรูปร่างของวงโคจรรูปวงรี ส่วน V เป็นความเร็วเชิงมุมในการเคลื่อนที่ของดาวเทียม



ภาพที่ ๑

- Ω - right ascension ของ ascending nodes
- i - มุมเอียง (inclination) ของระนาบวงโคจร
- ω - argument of perigee
- a - semi-major axis ของวงรี
- e - eccentricity ของวงโคจร
- V - true anomaly

ในขณะที่ดาวเทียมแต่ละดวงโคจรรอบโลกอยู่นั้น ดาวเทียมอยู่ภายใต้อิทธิพลของแรงต่าง ๆ เช่น แรงโน้มถ่วงของโลก แรงดึงดูดจากดวงอาทิตย์ ดวงจันทร์และดาวเคราะห์อื่น แรงกีดกันจากการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ แรงเสียดทานจากโมเลกุลของก๊าซ ฯ ที่ทำให้ตำแหน่งของดาวเทียมที่คำนวณได้มี

ความคลาดเคลื่อนไปจากผลการคำนวณทางทฤษฎี แต่จากการศึกษาการโคจรของดาวเทียมมานานหลายทศวรรษ ทำให้นักวิทยาศาสตร์สามารถคำนวณหาตัวเกณฑ์แก้ไขความคลาดเคลื่อนของตำแหน่งดาวเทียมได้อย่างละเอียด นอกจากนั้น การกำหนดตำแหน่งวงโคจรของดาวเทียม GPS ให้อยู่สูงถึงประมาณ ๒๐,๐๐๐ กิโลเมตร เหนือพื้นโลก ก็ทำให้ความคลาดเคลื่อนมีค่าน้อยลงมาก ทำให้ตำแหน่งดาวเทียมที่หาได้มีความถูกต้องสูง

ในเครื่องรับบนพื้นโลก จะมี almanac ที่โปรแกรมไว้ในคอมพิวเตอร์ซึ่งจะคำนวณหาได้ว่าดาวเทียมแต่ละดวงมีค่าพิกัดตำแหน่งเท่าไร นาทีก่อนาที แต่เพื่อให้มีความละเอียดถูกต้องมากยิ่งขึ้น ดาวเทียม GPS จะถูกเฝ้าติดตามอย่างสม่ำเสมอจากสถานีภาคพื้นดินของกระทรวงกลาโหมสหรัฐอเมริกา โดยใช้เรดาร์ที่มีความละเอียดถูกต้องสูงมาก เพื่อคอยตรวจสอบความสูง ตำแหน่ง และความเร็ว เมื่อสถานีติดตามดาวเทียมวัดตำแหน่งของดาวเทียมได้ก็จะส่งข้อมูลใหม่นี้กลับไปยังดาวเทียม เพื่อปรับแก้ข้อมูลในสัญญาณ GPS ที่จะแพร่คลื่นกลับมาให้เครื่องรับใช้คำนวณตำแหน่งด้วยข้อมูลที่ทันสมัยขึ้น สัญญาณ GPS จึงไม่เป็นเพียง PRC สำหรับใช้ในการวัดเวลาเท่านั้น แต่สัญญาณจะถูกใช้ให้เกิดประโยชน์ในการให้ข้อมูลล่าสุดสำหรับการคำนวณตำแหน่งดาวเทียมด้วย

๖. ความคลาดเคลื่อนของตำแหน่งที่เร็ว

มาถึงจุดนี้ เรามีเวลาที่เที่ยงตรงสำหรับใช้วัดช่วงเวลาสัญญาณเดินทางมาถึงเครื่องรับ เรามีพิกัดตำแหน่งดาวเทียมที่เราสามารถคำนวณได้อย่างแม่นยำ เราอาจจะคิดว่าเครื่องรับของเราจะใช้งานหาพิกัดตำแหน่งที่เราอยู่ได้แล้ว และพิกัดที่หาได้คงจะมีความถูกต้องเชื่อถือได้ แต่อันที่จริงความคิดนี้ยังไม่ถูกต้องนัก . เพราะสิ่งที่กล่าวมาทั้งหมดนั้น เสมือนว่าทุกสิ่งทุกอย่างเกิดขึ้นในอวกาศ แต่ในความเป็นจริงมิได้เป็นเช่นนั้น

ประการแรก สัญญาณ GPS ที่เดินทางจากดาวเทียมมายังเครื่องรับบนพื้นโลก จะมีความเร็วคงที่เฉพาะในอวกาศ แต่เมื่อสัญญาณต้องเดินทางผ่านชั้นบรรยากาศไอโอโนสเฟียร์ซึ่งมีอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้า และต้องผ่านละอองไอน้ำในชั้นบรรยากาศโทรโปสเฟียร์ ทำให้ความเร็วของสัญญาณในช่วงต่าง ๆ ไม่เท่ากัน แต่โดยรวมแล้วสัญญาณจะเดินทางช้าลงเล็กน้อย เป็นเหตุให้เกิดความผิดพลาดระยะในลักษณะเดียวกับการใช้นาฬิกาที่ไม่เที่ยงตรง วิธีที่จะลดความคลาดเคลื่อนส่วนนี้ให้น้อยลงได้มี ๒ - ๓ วิธี วิธีแรกคือ เราอาจคำนวณพยากรณ์การ delay ของสัญญาณที่เกิดขึ้นได้ในกรณีปกติเมื่อสภาพอากาศดี แต่ปัญหาอยู่ที่สภาพของชั้นบรรยากาศดังกล่าวมักมีสภาพแปรปรวนไม่ค่อยเป็นปกตินัก model ที่สร้างขึ้นจึงอาจใช้ไม่ได้ผล อีกวิธีหนึ่งโดยใช้การเปรียบเทียบความเร็วของคลื่นวิทยุ ๒ คลื่นความถี่ (dual frequency) ซึ่งเป็นวิธีที่ซับซ้อนและใช้ได้กับเครื่องรับที่มีคุณภาพดีและราคาสูงเท่านั้น

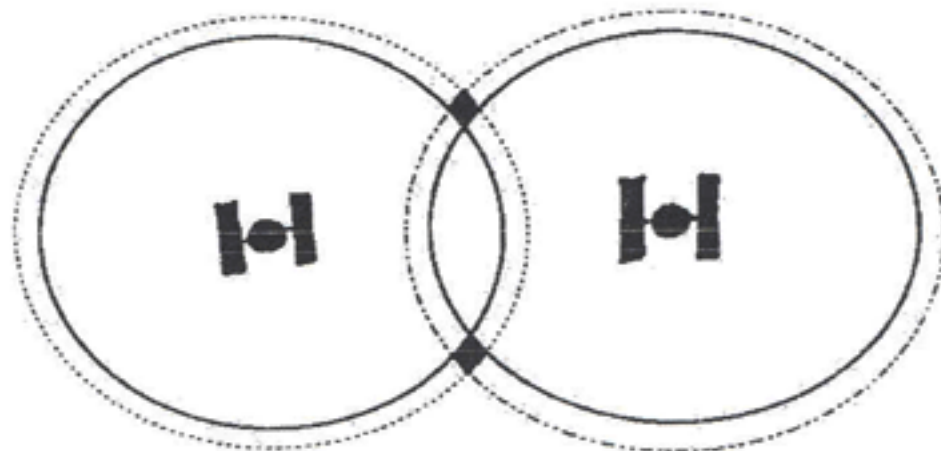
ประการที่ ๒ สัญญาณ GPS ไม่ได้เดินเป็นเส้นตรงจากดาวเทียมมายังเครื่องรับเลยทีเดียว สัญญาณอาจสะท้อนพื้นผิวอื่นหลายครั้งกว่าจะถึงเครื่องรับ เรียกว่า multipath effect ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนคล้ายกับการเกิด ghost ที่เราเห็นบนจอโทรทัศน์ เครื่องรับที่มีคุณภาพสูงจะใช้เทคนิคซับซ้อนในการขจัดหรือลดความคลาดเคลื่อนลักษณะนี้ แต่เครื่องรับทั่วไปจะยังมีอัตราผิดปรากฏอยู่

ประการที่ ๓ เกิดภายในระบบดาวเทียม แม้เราจะใช้ความประณีตพิถีพิถันเพียงใด แต่ก็หลีกเลี่ยงไม่ได้ที่จะยังมีความคลาดเคลื่อนเล็ก ๆ น้อย ๆ อยู่ในระบบ

ข้อแรกคือ ความคลาดเคลื่อนของนาฬิกาซีเซียมที่ใช้ในดาวเทียม ทำให้เวลาของดาวเทียมผิดไปได้เล็กน้อย ส่งผลถึงระยะที่วัดได้อาจคลาดเคลื่อนไปบ้าง

ข้อต่อไปคือ ตำแหน่งของดาวเทียมที่แม้จะมีการเฝ้าติดตามตรวจสอบอย่างสม่ำเสมอ แต่เราก็ไม่อาจทำได้ตลอดเวลา ตำแหน่งจึงอาจผิดไปได้บ้างเล็กน้อย

นอกจากนั้น ความคลาดเคลื่อนต่าง ๆ ตามที่กล่าวมาทั้งหมด เมื่อผนวกรวมกันในระยะที่วัดได้ทั้ง ๓ ระยะแล้ว ก็ยังอาจถูกขยายให้มีขนาดใหญ่ขึ้นได้ตามหลักเรขาคณิต (Geometric Dilution of Precision - GDOP) ลักษณะเดียวกับการแบร์ริงหาที่เรือโดยที่เส้นแบร์ริงตัดกันเป็นมุมแคบหรือกว้างเกินไป กล่าวคือ โดยปกติจะมีดาวเทียมมากกว่า ๓ ดวงให้เลือกใช้ในการกำหนดตำแหน่ง เครื่องรับจะทำหน้าที่เลือก ๓ ดวงที่จะใช้หาที่เรือ ถ้าเครื่องรับเลือกดวงที่วงระยะตัดกันเป็นมุมแคบ จะทำให้ความไม่แน่นอนของที่เรือมีมาก แต่ถ้าเลือกดวงที่ดวงระยะตัดกันเกือบเป็นมุมฉาก จะได้ที่เรือที่มีความคลาดเคลื่อนน้อย เครื่องรับที่มีคุณภาพดีจะมีวิธีการเลือกดาวเทียมที่ให้ GDOP น้อยที่สุด



ภาพที่ ๒ ความคลาดเคลื่อนของตำแหน่งจะมากหรือน้อยอยู่ที่มุมที่วงระยะตัดกัน ในพื้นที่สีดำ

ความคลาดเคลื่อนขนาดใหญ่อีกประการหนึ่งที่ขอกกล่าวถึงเพื่อความครบถ้วน คือ ความคลาดเคลื่อนแบบเจตนา โดยการเพิ่ม noise เข้าไปในสัญญาณนาฬิกา ด้วยเจตนาที่จะลดความถูกต้องของตำแหน่งที่หาได้ โดยกระทรวงกลาโหมสหรัฐอเมริกา กำหนดเป็นนโยบายเรียกว่า Selective Availability (SA) เพื่อเป็นการกีดกันไม่ให้ฝ่ายตรงข้าม หรือกลุ่มก่อการร้ายได้ประโยชน์จากการใช้ระบบ GPS ในการดำเนินการใด ๆ ที่เป็นอันตรายต่อฝ่ายตน นโยบายนี้ถูกนำมาใช้ตั้งแต่เริ่มต้นโครงการ แต่ได้ยกเลิกไปตั้งแต่วันที่ ๑ พฤษภาคม ๒๐๐๐ ตามแถลงการณ์ของประธานาธิบดี บิล คลินตัน เพื่อให้ระบบ GPS ตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ที่เป็นพลเรือนและผู้ใช้งานในเชิงพาณิชย์ทั่วโลก

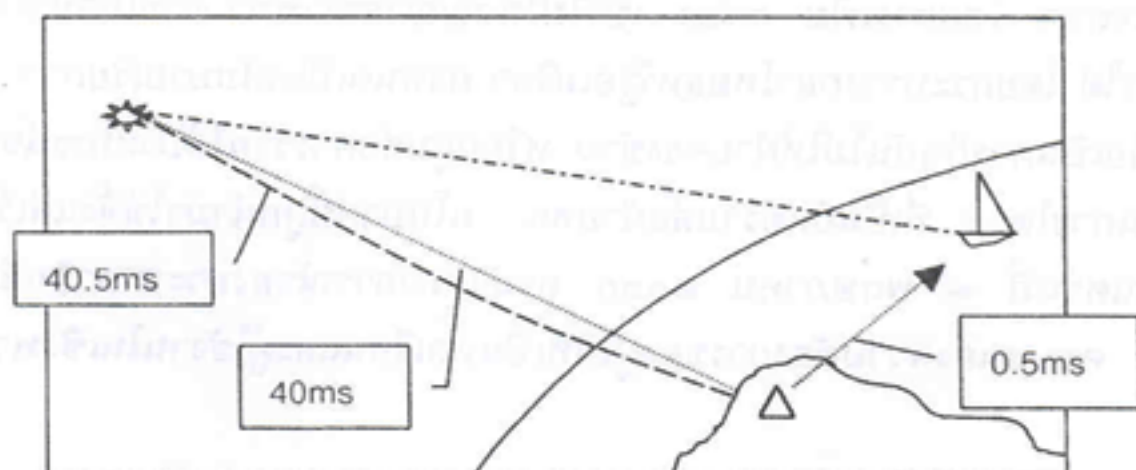
๗. Differential GPS

แม้ว่าระบบ GPS จะเป็นระบบกำหนดตำแหน่งที่มีความถูกต้องสูงที่สุดเท่าที่เคยมีการพัฒนา

กันมา แต่จากปัญหานโยบาย SA ของกระทรวงกลาโหมสหรัฐอเมริกา ที่เจตนาทำให้ความถูกต้องของตำแหน่งลดลง จึงได้มีการนำหลักการ Differential แบบเดียวกับที่เคยใช้กับระบบหาที่เรือ OMEGA ในอดีตมาใช้ รวมเรียกว่าระบบ Differential GPS หรือ DGPS ยิ่งเมื่อสหรัฐอเมริกา ยกเลิกนโยบาย SA ยิ่งทำให้คุณประโยชน์ของระบบ DGPS เพิ่มมากขึ้น เพราะช่วยให้ความถูกต้องของพิกัดตำแหน่งสูงขึ้น ปัจจุบันระบบ DGPS ช่วยให้เราหาค่าพิกัดตำแหน่งของจุดบนพื้นโลกด้วยความถูกต้องในเกณฑ์ไม่กี่เมตรสำหรับวัตถุที่เคลื่อนที่ และสำหรับวัตถุที่อยู่นิ่ง ความถูกต้องจะอยู่ในระดับเซนติเมตร ตัวอย่างที่จะช่วยให้เห็นภาพชัดเจนขึ้นเช่น ระบบ GPS จะช่วยให้นักบินนำเครื่องบินค้นหาสนามบินพบ จากนั้นระบบ DGPS จะช่วยให้นักบินนำเครื่องบินไปอยู่กลาง runway ได้อย่างแม่นยำ

หลักการ differential ได้รับการพัฒนาขึ้นเพื่อช่วยลดความคลาดเคลื่อนของระบบ GPS ที่เกิดขึ้นในสภาพ การใช้งานจริงที่ความเร็วของสัญญาณ GPS ถูกหน่วงให้ช้าลง ทำให้เกิดผลรวมของความคลาดเคลื่อนอันเนื่องมาจากสาเหตุต่าง ๆ คือ อัตราผิดของนาฬิกาบนดาวเทียมและเครื่องรับ ความคลาดเคลื่อนของตำแหน่งดาวเทียม สภาวะ แปรปรวนในชั้นบรรยากาศที่สัญญาณเดินทางผ่านการสะท้อนไปมาหรือการหักเหของคลื่นสัญญาณกว่าจะมาถึงเครื่องรับ

ระบบ DGPS เป็นการทำงานประสานกันของเครื่องรับ ๒ เครื่อง ๆ หนึ่งเป็นเครื่องประจำที่ อีกเครื่องหนึ่งเป็นเครื่องที่ติดตั้งบนยานพาหนะที่เคลื่อนที่ และต้องการทราบตำแหน่ง เราใช้เครื่องประจำที่ติดตั้งที่สถานีอ้างอิง ซึ่งเป็นจุดที่ได้มีการสำรวจหาค่าพิกัดตำแหน่งอย่างถูกต้อง สถานีอ้างอิงจะมีเครื่องส่งวิทยุสำหรับกระจายข่าวสารให้กับยานพาหนะในบริเวณพื้นที่ให้บริการ เครื่องรับอ้างอิงจะเปิดรับสัญญาณ GPS ตลอดเวลา แต่แทนที่จะทำงานเหมือนเครื่องรับ GPS อื่น ๆ เครื่องอ้างอิงจะแก้สมการกลับทาง คือ แทนที่จะใช้ข้อมูลจากสัญญาณ GPS คำนวณหาตำแหน่งของเครื่อง เครื่องอ้างอิงจะใช้พิกัดตำแหน่งที่สำรวจไว้อย่างดีแล้วในการคำนวณย้อนกลับไปหาระยะเวลาที่สัญญาณ GPS จะใช้เดินทางจากดาวเทียมถึงเครื่องอ้างอิงว่าควรจะเป็นระยะเวลาเท่าไร แล้วเปรียบเทียบกับระยะเวลาที่สัญญาณเดินทางจริง ผลต่างที่ได้จะเป็นค่าแก้เวลา เช่น เราคำนวณได้ว่าสัญญาณ GPS ควรใช้ระยะเวลาเดินทาง ๔๐ ms. (Millisecond) แต่ระยะเวลาที่จับได้จริงเป็น ๔๐.๕ ms. ผลต่างคือ ๐.๕ ms. เครื่องรับ



ภาพที่ ๓ หลักการของ DGPS

อ้างอิงจะส่งค่าแก่เวลา ๐.๕ ms. นี้ไปให้เครื่องรับบนยานต่าง ๆ ที่กำลังเคลื่อนที่อยู่ในบริเวณใกล้เคียง เพื่อให้เครื่องเหล่านั้นนำค่าแก่เวลานี้ไปแก้ผลการจับเวลาให้ถูกต้องก่อนที่จะคำนวณออกมาเป็นระยะห่างของดาวเทียม

การที่เราสามารถใช้ค่าแก่เวลาดังกล่าว ได้กับเครื่องรับทุกเครื่องในพื้นที่ให้บริการได้นั้น อธิบายได้ว่าเพราะดาวเทียม GPS อยู่สูงจากพื้นโลกมาก ระยะห่างระหว่างเครื่องอ้างอิงกับเครื่องบนยานพาหนะหรือระยะทางที่ยานต่าง ๆ เคลื่อนที่ไปบนพื้นโลกในระหว่างช่วงเวลาที่เครื่องรับใช้ในการหาตำแหน่งจึงถือได้ว่าน้อยมากจนไม่มีนัยสำคัญ เมื่อเปรียบเทียบกับระยะห่างของดาวเทียม ดังนั้นหากเครื่องรับบนยานอยู่ห่างจากเครื่องอ้างอิงสัก ๒๐๐ - ๓๐๐ กิโลเมตร สัญญาณจากดาวเทียมที่เดินทางมายังเครื่องรับทั้งสองก็แทบจะผ่านชั้นบรรยากาศแบบเดียวกัน ค่าแก่เวลาจึงถือได้ว่ามีขนาดเท่ากัน หรือหากจะผิดไปบ้างก็น้อยมาก

ในการทำงาน เครื่องอ้างอิงจะทำหน้าที่รับสัญญาณดาวเทียมทุกดวงที่โคจรผ่านขอบฟ้าในพื้นที่ให้บริการ และคำนวณค่าแก่เวลาของแต่ละดวง จากนั้นจะเข้ารหัสข่าวสารเป็นฟอร์แมตมาตรฐานก่อนที่จะส่งออกอากาศให้แก่เครื่องรับในพื้นที่บริการ เครื่องรับที่จะใช้บริการได้จะต้องมีเครื่องรับวิทยุสำหรับรับค่าแก่เวลาประกอบเข้ากับเครื่องหาตำแหน่ง GPS ด้วย จึงจะใช้งานได้

คุณสมบัติของระบบ DGPS ที่ช่วยให้เราสามารถหาตำแหน่งได้ด้วยความแม่นยำสูงทำให้เป็นที่นิยมใช้งานกันอย่างกว้างขวาง ในช่วงเริ่มแรกของการใช้ระบบ DGPS บริษัทเอกชนที่มีโครงการขนาดใหญ่ ที่ต้องการพิภักตำแหน่งที่มีความถูกต้องสูง เช่น บริษัทน้ำมัน จะตั้งสถานีอ้างอิงขึ้นใช้งานเอง แต่ปัจจุบัน หน่วยงานของรัฐที่มีหน้าที่ให้บริการด้านการเดินเรือหรือการเดินทางอากาศเข้ามามีบทบาทให้บริการ โดยเฉพาะ ในบริเวณทางเข้าท่าเรือ น่านน้ำสำคัญ ท่าอากาศยานหรือสนามบิน สถานีเหล่านี้มักจะอยู่รวมกับเครื่องช่วยการเดินเรือหรือเดินอากาศที่มีอยู่แล้ว เช่น ปรากฏการณ์ กระจงไฟ กระจงวิทยุหาทิศ ความถี่ที่ส่งอยู่ในย่าน marine band ปัจจุบันเครื่องรับส่วนใหญ่ในท้องตลาดจะผลิตให้ใช้กับระบบ DGPS ได้ และบางแบบก็ทำภาครับวิทยุประกอบไว้ในเครื่องรับ GPS ด้วย

ในการใช้งานระบบ DGPS นั้น ส่วนมากจะใช้งานในการหาพิภักตำแหน่งทั่ว ๆ ไปแบบ real time ซึ่งจะต้องมีการส่งผ่านข้อมูล ยังมีการใช้งานอีกลักษณะหนึ่งที่ไม่ต้องใช้ในการส่งผ่านค่าแก่เวลาด้วยเครื่องมือสื่อสาร เช่น ในงานสำรวจเพื่อปรับปรุงรายละเอียดบนแผนที่ เราอาจบันทึกข้อมูลการสำรวจพร้อมกับเวลาที่เที่ยงตรงในขณะทำงาน หลังจากนั้นข้อมูลเหล่านี้จะถูกนำมาผนวกเข้ากับค่าแก่เวลาที่บันทึกไว้ที่สถานีอ้างอิง และปรับแก้ข้อมูลให้เรียบร้อยเหมือนการหาตำแหน่งแบบ real time ก็ได้ เรียกว่าเป็นการทำงานแบบ Post Processing DGPS

อีกวิธีหนึ่งที่มีการใช้งานกันในประเทศ เรียกว่า Inverted DGPS ใช้ในการเฝ้าติดตามการเดินทางหรือการเคลื่อนที่ของยานพาหนะ ตัวอย่างจากบริษัทขนส่งสินค้าที่มีรถบรรทุกสินค้าจำนวนมากที่จะต้องไปส่งของตามที่ตั้งต่าง ๆ สำนักงานใหญ่สามารถติดตามการเดินทางของรถทุกคันได้โดยแทนที่จะติดตั้งเครื่องรับ DGPS ที่มีราคาสูงให้กับรถทุกคัน บริษัทจะติดตั้งเครื่องรับ GPS กับเครื่องส่งวิทยุที่มีราคาถูกกว่าแทน เครื่องส่งวิทยุจะส่งตำแหน่ง GPS ของรถไปยังสำนักงานซึ่งจะมีเครื่องรับ DGPS



เพียงเครื่องเดียว และมีคอมพิวเตอร์ทำหน้าที่ใส่ค่าแก้เวลาแล้วคำนวณหาตำแหน่งของรถโดยละเอียด และแสดงบนจอควบคุม ด้วยวิธีนี้ทำให้ลดค่าใช้จ่ายลงได้อย่างมาก

สำหรับน่านน้ำไทยเราขณะนี้ มีสถานี DGPS ของการทำเรือแห่งประเทศไทยที่ จังหวัดสมุทร-ปราการ และท่าเรือพาณิชย์แหลมฉบัง ขนาดกำลังส่งแห่งละ ๑๐๐ วัตต์ ในอนาคตอันใกล้จะมีสถานี DGPS ขนาดกำลังส่ง ๑,๐๐๐ วัตต์ ภายใต้การดำเนินงานของกรมอุทกศาสตร์ที่ประกาศการหลังสวน จังหวัดชุมพร เพิ่มอีก ๑ สถานี รัศมีการส่งประมาณ ๕๐๐ ไมล์ และมีแนวคิดที่จะจัดตั้งที่ประกาศการ แหลมตาชี จังหวัดปัตตานี และที่ จังหวัดภูเก็ตต่อไป เพื่อให้ครอบคลุมทั่วทั้งน่านน้ำไทย ทะเลจีนใต้ บางส่วน และในทะเลอันดามัน

พัฒนาการของระบบกำหนดตำแหน่งยังมีอยู่อย่างต่อเนื่องในอนาคต เรื่องเช่นนี้เป็นเรื่องที่เกี่ยวข้องกับอาชีพชาวเรือของเราโดยตรง จึงเป็นความจำเป็นที่เราจะต้องติดตามความเคลื่อนไหวตลอดเวลา ทั้งนี้เพื่อจะได้ไม่เป็นคนพินัยุคและเพื่อปรับตัวให้ทันกับความเปลี่ยนแปลงและหาทางนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์แก่งานของเรา

บรรณานุกรม

www.trimble.com

ไปประชุมที่ดีๆแดๆพระเจ้าตัดยี่เต็งก๊น

นาวาเอก ประยุทธ์ เนตรประภา

เมื่อต้นเดือนพฤษภาคมที่ผ่านมา ผมได้มีโอกาสติดตาม พลเรือตรี วณิชย์ พุ่มขจร หัวหน้าฝ่ายศึกษา โรงเรียนนายเรือ ไปร่วมประชุม 12th User Conference 2001 ที่ โรงเรียนนายเรือ นอร์เวย์ เมืองเบอร์เจน ราชอาณาจักรนอร์เวย์ การประชุมในครั้งนี้ บริษัท STN ATLAS ELEKTRONIK GMBH สหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมนี ผู้ผลิตเครื่องฝึกจำลองรายใหญ่ของโลก ได้จัดให้มีการประชุมสัมมนา แลกเปลี่ยนข้อคิดเห็นของสมาชิก ผู้ใช้เครื่องฝึกจำลองจากกองทัพเรือและภาคเอกชนของประเทศต่าง ๆ โดยมีผู้แทนจากประเทศต่าง ๆ ๙ ประเทศ จำนวน ๒๒ คน เข้าร่วมประชุม

การประชุมแลกเปลี่ยนข้อคิดเห็น

การประชุมในวันแรกเริ่มต้นด้วย ผู้บัญชาการโรงเรียนนายเรือนอร์เวย์ กล่าวต้อนรับและเปิดการประชุมสัมมนาหลังจากนั้นให้ผู้แทนจากประเทศต่าง ๆ แลกผลการใช้เครื่องฝึกจำลองของแต่ละประเทศ ประมาณ ๒๐ นาที ซึ่งส่วนใหญ่จะแนะนำหน่วยงานหรือสถาบันการศึกษาของตนเอง และค่อนข้างพอใจกับผลการใช้เครื่องฝึกจำลองรวมทั้งมีการขยายขีดความสามารถทั้ง Hardware และ Software ให้ทันสมัยอยู่ตลอดเวลา แต่อย่างไรก็ตาม ทุกประเทศตระหนักดีว่า เครื่องฝึกจำลองยังไม่สามารถทดแทนการฝึกภาคปฏิบัติในทะเลได้อย่างแท้จริง

จากรายงานการใช้เครื่องฝึกจำลองการเดินทางเรือของโรงเรียนนายเรือต่างประเทศคือ โรงเรียนนายเรือเยอรมัน และ โรงเรียนนายเรือนอร์เวย์ ทำให้ทราบว่านอกจากใช้ฝึกเพื่อเพิ่มพูนความรู้และประสบการณ์ให้แก่นักเรียนนายเรือเป็นหลักแล้ว ยังให้การสนับสนุนการฝึกกำลังพลให้แก่กองเรือด้วย โดยการใช้เครื่องฝึกจำลองของโรงเรียนนายเรือเยอรมันในปี ๒๕๔๓ แบ่งการใช้งานออกเป็นใช้ฝึกนักเรียนนายเรือ ๔๖% สนับสนุนกองเรือ ๑๙% เจ้าหน้าที่และสาธิต ๒๕% และซ่อมบำรุง ๑๐% จาก

ข้อมูลดังกล่าวชี้ให้เห็นว่า โรงเรียนนายเรือเยอรมัน มีการใช้เครื่องฝึกอย่างคุ้มค่าและเกิดประโยชน์สูงสุดในส่วนของโรงเรียนนายเรือเรา ถึงแม้ว่าจะให้การสนับสนุนการฝึกแก่กองเรือต่าง ๆ อยู่บ้าง เป็นครั้งคราว ตามที่ได้รับการร้องขอ แต่ก็ยังนับว่าน้อยมากเมื่อเทียบกับโรงเรียนนายเรือเยอรมัน ดังนั้น ในช่วงที่ขาดแคลนงบประมาณการฝึกภาคปฏิบัติในทะเลอย่างนี้ น่าจะมีการพิจารณาใช้เครื่องฝึกของโรงเรียนนายเรือให้ได้ประโยชน์มากยิ่งขึ้น

ในส่วนของภาคเอกชน สถาบันเทคโนโลยีทางทะเลและบัณฑิตศึกษา (Maritime Institute of Technology and Graduated Studies – MITAGS) ได้นำเสนอหลักสูตรที่จัดทำขึ้นร่วมกับ (United State Coast Guard – USCG) เพื่อฝึกอบรมผู้ที่ได้รับประกาศนียบัตรเดินเรือ Second Mate ให้เลื่อนขั้นเป็น Chief Mate และ Master Mate หลักสูตรนี้ใช้เวลาทั้งหมด ประมาณ ๓ ปี ๖ เดือน โดยผู้เข้ารับการฝึกอบรมจะต้องศึกษาด้านวิชาการตามหลักสูตรที่ MITAGS กำหนด เช่น การเดินเรือชั้นสูง กฎระเบียบข้อบังคับในการเดินเรือ การนำเรือในสถานการณ์ฉุกเฉิน อดุนิยมวิทยาและสมุทรศาสตร์ การจัด และการจัดเก็บสินค้า การต่อเรือและการทรงตัวของเรือ กฎหมายพาณิชย์นาวี ฯลฯ เป็นเวลา ๕ เดือน พร้อมทั้งการฝึกด้วยเครื่องฝึกจำลองการเดินเรือ ผู้ฝึกอบรมทุกคนจะถูกส่งไปปฏิบัติงานบนเรือเป็นเวลา ๑ ปีเต็ม และได้รับการฝึกครบถ้วนตามปูมการฝึก (Training Log Book – TRB) USCG จะทำการทดสอบและประเมินผลความรู้ความสามารถเป็นเวลา ๒ สัปดาห์ ผู้ที่ผ่านการทดสอบจะได้รับประกาศนียบัตร Chief Mate หลังจากนั้นผู้ฝึกต้องกลับไปปฏิบัติงานบนเรืออีก ๒ ปี จึงจะได้รับประกาศนียบัตร Master Mate โดยมีต้องมีการศึกษาหรือทดสอบเพิ่มเติมแต่อย่างใด หลักสูตรการฝึกอบรมเพื่อเลื่อนขั้นประกาศนียบัตร เดินเรือในลักษณะนี้ยังไม่มีหน่วยงานหรือสถาบันการศึกษาในประเทศไทยจัดทำขึ้น ผู้ที่มีความประสงค์จะขอรับหรือขอเลื่อนขั้นประกาศนียบัตรต้องยื่นคำร้องที่กรมเจ้าท่าหรือสำนักงานเจ้าท่าภูมิภาค และอธิบดีจะแต่งตั้งคณะกรรมการขึ้นมาเพื่อดำเนินการสอบและประเมินผลความรู้ความสามารถตามมาตรฐานที่กรมเจ้าท่ากำหนด รวมทั้งอาจจะต้องฝึกอบรมในหลักสูตรสั้น ๆ เพิ่มขึ้นด้วย เช่น การพยาบาลในเรือ (๖ วัน) การดับไฟชั้นสูง (๖ วัน) การเดินเรือด้วยเรดาร์ (๕ วัน) การดำรงชีพในทะเล (๒.๕ วัน) การพุดวิทยุโทรศัพท์ (๔ วัน) ฯลฯ จึงจะได้รับหรือเลื่อนขั้นประกาศนียบัตร

สำหรับปัญหาในการใช้เครื่องฝึก ดูเหมือนว่า โรงเรียนทหารจะมีปัญหาคล้าย ๆ กันคือ ขาดครูฝึก และช่างซ่อมบำรุง เนื่องจากการปฏิบัติงานในกองทัพมีการเลื่อนยศ ปลด ย้าย ตามแนวทางชีวิตรับราชการ ทำให้ขาดครูฝึกที่มีประสบการณ์และความชำนาญ ขาดช่างซ่อมบำรุงที่เข้าใจระบบ การทำงานอย่างลึกซึ้ง และซ่อมบำรุงให้เครื่องฝึกใช้งานได้อย่างต่อเนื่อง แต่ในส่วนของสถาบันการศึกษาของพลเรือนไม่ค่อยจะมีปัญหามากนัก เนื่องจากสามารถบรรจุอาจารย์และเจ้าหน้าที่ให้ทำงานในระยะยาว ได้ รวมทั้งขอรับการจัดสรรงบประมาณได้ง่ายกว่า ปัญหาอีกเรื่องหนึ่งที่มีการถกแถลงกันมากในการประชุมและไม่มีข้อยุติ คือ อนุสัญญาว่าด้วยมาตรฐานการฝึกอบรม การออกประกาศนียบัตรและการเข้ายามสำหรับคนประจำเรือ ค.ศ.๑๙๗๘ แก้ไขเพิ่มเติม ค.ศ.๑๙๙๕ (Standard Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers - STCW) อนุสัญญาฉบับนี้เป็น ๑ ในจำนวนเกือบ ๒๐ อนุสัญญาที่อยู่ภายใต้องค์การทาง

ทะเลระหว่างประเทศ (International Maritime Organization – IMO) สำคัญคือ ผู้ที่จะปฏิบัติงานบนเรือทุกระดับ ตั้งแต่ระดับบริหาร ปฏิบัติการ และส่วนสนับสนุนจะต้องมีความรู้ ความสามารถตามมาตรฐานที่กำหนด รวมทั้งต้องมีประกาศนียบัตรรับรองจากหน่วยงานที่มีอำนาจของรัฐ ข้อกำหนดนี้มีผลกระทบทำให้สถาบันการศึกษาต้องปรับปรุงหลักสูตรการเรียนการสอน ปรับปรุงวิธีการฝึก และการประเมินผลด้วยเครื่องฝึกจำลองเพื่อให้ได้ตามเกณฑ์มาตรฐาน รวมทั้งจะต้องขยายขีดความสามารถ เครื่องฝึกให้ครอบคลุมหัวข้อวิชาที่ STCW กำหนด ในส่วนของบริษัทผู้ผลิตเองก็มีผลกระทบในการพัฒนาเครื่องฝึก และมีความพยายามที่จะให้เครื่องฝึกได้รับการรับรองมาตรฐานเช่นเดียวกัน

ชมการสาธิตเครื่องฝึกจำลองการเดินทางเรือ

ในช่วงบ่ายของการประชุมวันที่สอง เจ้าภาพได้จัดให้ผู้เข้าร่วมประชุมทั้งหมดเข้าชมการสาธิตเครื่องฝึกจำลองการเดินทางเรือของ โรงเรียนนายเรือนอร์เวย์ ซึ่งติดตั้งในปี พ.ศ.๒๕๔๒ ประกอบด้วยสะพานเดินเรือขนาดใหญ่ มีอุปกรณ์การเดินเรือทุกชนิด รวมทั้งอุปกรณ์การฝึกสมัยใหม่อื่น ๆ เช่น ระบบความปลอดภัย และแจ้งเหตุภัยพิบัติทางทะเลทั่วโลก (Global Maritime Distress and Safety System – GMDSS) และระบบแผนที่เดินเรืออิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Chart Display and Information System – ECDIS) ภาพพื้นที่การฝึกมองเห็นได้รอบตัวและมีลักษณะภูมิประเทศใกล้เคียงกับความเป็นจริงมาก โดยเฉพาะอาการโคลงของเรือ ทำให้มีความรู้สึกสมจริงเหมือนกับการปฏิบัติงานบนเรือ ทั้งนี้เนื่องจากเครื่องฝึก รุ่นใหม่ได้รับการพัฒนาให้มีประสิทธิภาพมากกว่าเครื่องฝึกที่ใช้ในอดีต

ดูงานบริษัท STN ATLAS ELEKTRONIK



รูปที่ ๑

นอกจากการเข้าร่วมประชุมแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับผู้ใช้เครื่องฝึกจำลองจากประเทศต่าง ๆ แล้ว ผู้แทนจากโรงเรียนนายเรือได้รับเชิญไปเยี่ยมชมโรงงานของบริษัท ฯ ที่เมืองเบอร์เมน สหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมนีเป็นกรณีพิเศษด้วย ภายในโรงงานมีลูกจ้างทั้งหมดประมาณ ๓,๐๐๐ คน แบ่งสายงานออกเป็น ๓ ส่วน คือ ระบบทางด้านทหารเรือ ระบบเครื่องฝึกจำลอง ระบบทางบกและทางอากาศ ในส่วนของระบบเครื่องฝึกจำลอง โดยเฉพาะเครื่องฝึกจำลองการเดินทางเรือมีการพัฒนาเพิ่มขีดความสามารถทั้งด้าน Hardware และ Software มากขึ้น เช่น

- ปรับปรุงเทคโนโลยีอุปกรณ์ประมวลผลของเครื่องฝึก เป็น CPU รุ่นใหม่ ๆ ซึ่งมีความเร็วและ

ประสิทธิภาพสูงกว่า และเป็นเทคโนโลยีล่าสุดใน ท้องตลาด

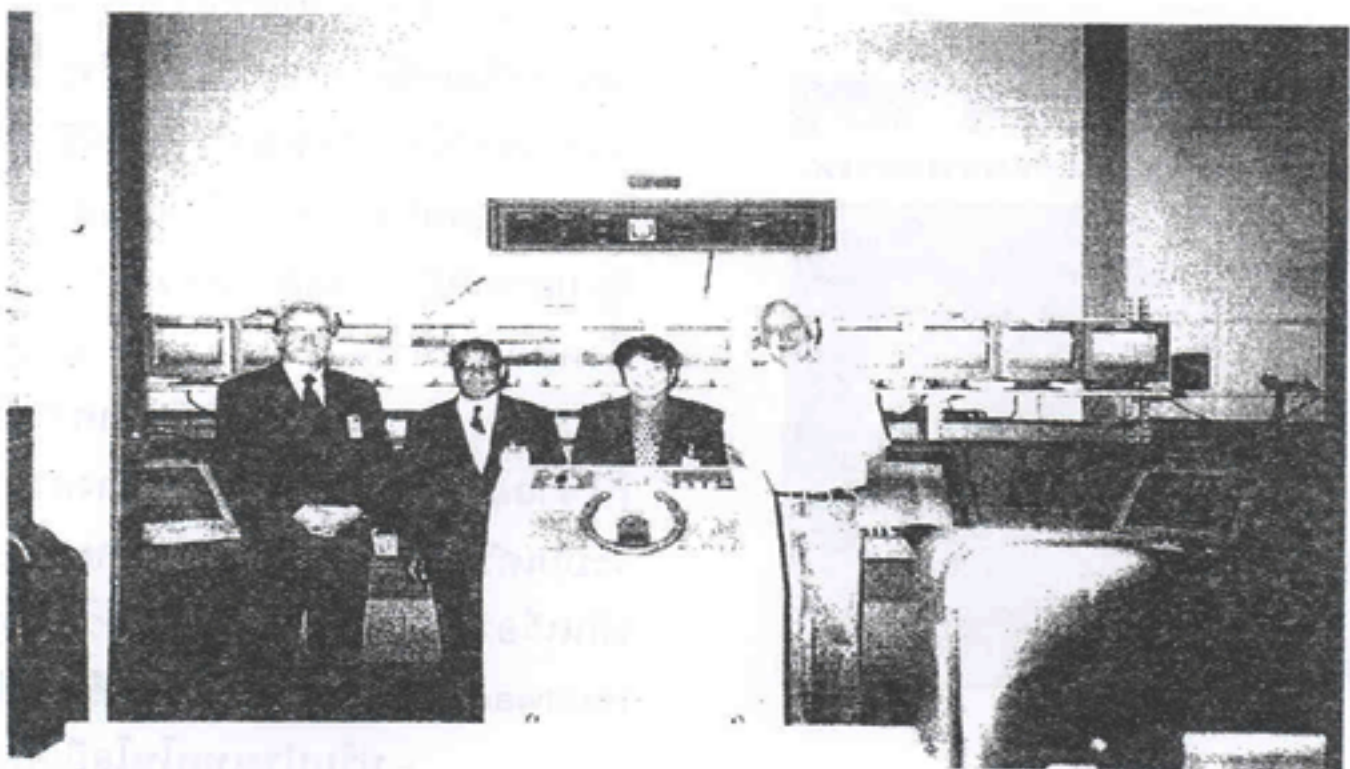
- โปรแกรมควบคุมการทำงานของเครื่องฝึก รุ่น ANS 5000 เป็นการพัฒนามาจากรุ่น ANS 3000 (โรงเรียนนายเรือเรือในปัจจุบัน) ANS 4000 ตามลำดับ โปรแกรมนี้สามารถสนับสนุนการฝึกทางด้านการเดินเรือ การนำเรือให้ได้ผลดียิ่งขึ้น รวมทั้งใช้ฝึกด้านอื่น ๆ เพิ่มขึ้นอย่างกว้างขวาง เช่น การช่วยเหลือผู้ประสบภัยในทะเล การลาดตระเวน การจัดการจราจรทางเรือ การนำเรือในสถานการณ์ฉุกเฉิน (เครื่องจักรใหญ่เสีย หางเสือขัดข้อง โยโรล้ม) เป็นต้น

- ระบบแสดงภาพ มีการปรับปรุงเทคโนโลยีใหม่ โดยใช้อุปกรณ์ประมวลผลควบคุมการทำงานของเครื่องฉายภาพ (Projectors) แบบตัวต่อตัว และสามารถเปลี่ยนทดแทนกันได้เมื่อตัวหนึ่งตัวใดเสีย ทำให้เครื่องฝึกใช้งานได้อย่างต่อเนื่อง และง่ายต่อการซ่อมบำรุง

- เครื่องสร้างพื้นที่การฝึก ได้รับการพัฒนาจนสามารถสร้างภาพพื้นที่การฝึกรวมทั้งเครื่องหมายช่วยการเดินเรือและลักษณะตามธรรมชาติต่าง ๆ เช่น ฝน คลื่น ฯลฯ ได้ใกล้เคียงความเป็นจริงมาก

- ระบบอาการโคลงของตัวเรือ ในปัจจุบันอาการโคลงของตัวเรือไม่จำเป็นต้องใช้ระบบไฮดรอลิก เพื่อขับเคลื่อนให้พื้นบนสะพานเรือเคลื่อนที่อีกต่อไป แต่สามารถใช้ Software สร้างภาพให้เคลื่อนไหว ๓ มิติ ได้เช่นเดียวกับอาการโคลงของตัวเรือ

ในวารสารโรงเรียนนายเรือฉบับก่อน ผมเคยกล่าวถึง ทหารเรือมาเลเซียกำลังดำเนินการจัดหาเครื่องฝึกจำลองการเดินเรือและมีกำหนดติดตั้งที่ฐานทัพเรือลูมุต ให้แล้วเสร็จภายในปี พ.ศ.๒๕๕๕ นั้นเจ้าหน้าที่บริษัทฯ ได้พาไปชมเครื่องฝึกของจริงดังกล่าว ซึ่งอยู่ระหว่างการทดลองใช้งานก่อนที่จะนำไปติดตั้ง ผมเลยถือโอกาสดำเนินการไปเพื่อยืนยันว่าได้ไปเห็นมาจริงและเป็นของแท้แน่นอน ยกเว้นระบบแสดงภาพเท่านั้นที่บริษัทฯ ใช้อุปกรณ์แสดงเป็นการชั่วคราว



รูปที่ ๒



ผลที่ได้รับจากการไปประชุม

การเข้าร่วมประชุมในครั้งนี้นับว่าได้ประโยชน์มากกว่าที่คาดไว้ เพราะนอกจากจะสามารถนำข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะของผู้ใช้อื่น ๆ ทั้งด้านการใช้งาน การปรับปรุงขีดความสามารถและอุปสรรคข้อขัดข้องมาประยุกต์ใช้พัฒนาการเรียนการสอนในโรงเรียนนายเรือ ให้ได้ผลดีและเกิดประโยชน์สูงสุดแล้ว การได้เห็นความทันสมัยของเครื่องฝึก การพัฒนาเทคโนโลยีใหม่ ๆ ด้วยตนเอง ทำให้แนวความคิดในการปรับปรุงพัฒนาเครื่องฝึกของโรงเรียนนายเรือมิใช่เป็นเรื่องตาบอดคลำช้างอีกต่อไป

[Faint bleed-through text from the reverse side of the page, including the word 'ประโยชน์' and other illegible characters.]

ระบบขับเคลื่อนเรือรบด้วยไฟฟ้า

นาวาเอก รองศาสตราจารย์ มนต์ชัย กาทอง

นาวาตรี พิระพงษ์ ทับแย้ม

กองวิชาวิศวกรรมเครื่องกลเรือ

ในการสัมมนา "Naval Platform Technology Seminar" ซึ่งจัดขึ้นโดยกองทัพเรือสิงคโปร์เมื่อเดือนพฤษภาคม ๒๕๔๔ มีตัวแทนจากกองทัพเรือชั้นนำหลายประเทศนำเสนอว่าในปัจจุบันกองทัพเรือของตนกำลังหันมาพัฒนาเรือรบขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้า ระบบขับเคลื่อนนี้จะเป็นส่วนหนึ่งของแนวความคิดในการนำระบบกำลังงานรวม (Integrated Power System - IPS) มาใช้กับเรือรบ โดยเมื่อเดือนมกราคม ค.ศ. ๒๐๐๐ กองทัพเรือสหรัฐอเมริกาได้ประกาศว่าเรือพิฆาตโจมตีฝั่ง (Land Attack Destroyer) ชั้น DD-21 ซึ่งจะต่อขึ้นใหม่จะใช้ระบบขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าเป็นหลัก ในประเทศสหราชอาณาจักรและประเทศฝรั่งเศสก็กำลังมีการพัฒนาระบบ "Integrated Full Electric Propulsion" (IFEP) สำหรับเรือพิฆาตและเรือฟริเกตรุ่นต่อไป

การพิจารณาเลือกระบบขับเคลื่อนเรือ

ปัจจัยหลักที่มีผลต่อการพิจารณาเลือกระบบขับเคลื่อนของกองทัพเรือชั้นนำสรุปได้ดังนี้

๑. การลดจำนวนกำลังพลประจำเรือ

๒. การลดค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งาน

๓. การใช้อุปกรณ์ที่เป็นมาตรฐานเดียวกัน ซึ่งจะทำให้สะดวกต่อการฝึกกำลังพลและต่อการบำรุงรักษา

๔. การลดความซับซ้อนของเทคโนโลยีที่นำมาใช้ ซึ่งจะทำให้ลดระยะเวลาของการฝึกกำลังพล และง่ายต่อการบำรุงรักษา

๕. ความสามารถในการใช้เป็นอุปกรณ์ฝึกกำลังพลในระหว่างการปฏิบัติการ โดยทั่วไปมักอยู่ในรูปของระบบควบคุมเครื่องจักร ซึ่งสามารถใช้เป็นเครื่องจำลองการฝึกควบคุมไปในระหว่างการปฏิบัติการ

๖. เงื่อนไขในการซ่อมบำรุงและการส่งกำลังบำรุง เช่นการส่งและการส่งมอบอุปกรณ์อะไหล่

๗. ความสามารถในการจัดการและการบริหารระยะไกล ซึ่งในปัจจุบันขีดความสามารถในการสื่อสารทำให้สามารถบริหารงานบางประเภทจากสำนักงานบนบกได้

ปัจจัยดังกล่าวทำให้กองทัพเรือประเทศต่าง ๆ ต้องเปลี่ยนแนวทางจากการใช้เฉพาะข้อมูลและเทคโนโลยี ที่พัฒนาขึ้นเองในกองทัพ ไปเป็นการอิงข้อมูลและเทคโนโลยีของพลเรือนมากขึ้น โดยกองทัพเรือของหลายประเทศได้เน้นการส่งเสริมงานวิจัยให้สามารถเชื่อมโยงข้อมูลและเทคโนโลยีของพลเรือนเข้ากับงานของกองทัพ

ข้อมูลจากทางพลเรือนชี้ให้เห็นว่ากองทัพเรือควรหันมาพิจารณาเรือที่ใช้ระบบไฟฟ้าทั้งลำ (All-Electric Ships) เป็นทางเลือกหลักสำหรับทดแทนระบบเชิงกล (Mechanical System) โดยเฉพาะสำหรับเรือที่ปฏิบัติงานได้หลากหลายภารกิจ

ระบบขับเคลื่อนแบบใช้ไฟฟ้าทั้งลำ (Integrated Full Electric Propulsion)

ระบบ IFEP เป็นส่วนหนึ่งของแนวความคิดกำลังงานรวม (IPS) ซึ่งจะรวมเป็นระบบผลิตกำลังงานสำหรับเรือทั้งลำ โดยส่วนหนึ่งจะใช้ในการขับเคลื่อนและอีกส่วนหนึ่งจะจ่ายให้กับระบบอื่น ๆ การใช้ระบบขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้านั้นเหมาะสำหรับเรือรบ โดยเฉพาะในสถานการณ์ที่เรือใช้เวลาส่วนใหญ่ในการหันเลี้ยว เช่น การแปรขบวน และในสถานการณ์ที่ใช้ระบบขับเคลื่อนไม่เต็มกำลัง กำลังงานไฟฟ้าส่วนที่เหลือจากการใช้ในระบบขับเคลื่อนสามารถนำไปใช้กับภาระส่วนอื่น ๆ ได้ เช่นระบบอาวุธ แสงสว่างในห้องพักอาศัย ห้องครัว และห้องซักรีด เป็นต้น

ในปัจจุบันเรือสินค้าส่วนใหญ่เปลี่ยนจากการใช้เครื่องกังหันไอน้ำมาเป็นการใช้เครื่องยนต์ดีเซลเป็นหลักในการขับเคลื่อน โดยกำลังงานที่ได้จากเครื่องยนต์ดีเซลจะส่งผ่านทางเพลลาไปยังหมูเฟืองทดเพื่อขับใบจักรที่ความเร็ว ๑๐๐ ถึง ๑๒๐ รอบ/นาที เครื่องยนต์ดีเซลเป็นที่นิยมสำหรับเรือสินค้าเพราะประหยัดน้ำมัน แต่สำหรับเรือรบนั้นจะต้องเน้นที่ความเร็วควบคู่ไปกับการประหยัด การที่จะนำเครื่องยนต์ดีเซลมาใช้ขับเพลลาใบจักรที่ความเร็วสูงกว่า ๒๐๐ รอบ/นาทีจะต้องใช้เครื่องที่ใหญ่มาก ดังนั้นกองทัพเรือส่วนใหญ่จึงหันมาใช้เครื่องกังหันก๊าซ (Gas Turbine) หรือระบบร่วมดีเซลและกังหันก๊าซ (Combined Diesel Or Gas Turbine – CODOG) ซึ่งใช้เครื่องยนต์ดีเซลที่ความเร็วเรือต่ำ และเปลี่ยนไปใช้เครื่องกังหันก๊าซเมื่อต้องการความเร็วสูง โดยกองทัพเรือสหรัฐอเมริกาได้ใช้เครื่องกังหันก๊าซเป็นหลักตั้งแต่ทศวรรษ ๑๙๘๐ ยกเว้นในกรณีเรือบรรทุกเครื่องบินและเรือดำน้ำนิวเคลียร์เท่านั้น

แม้ว่าการใช้เครื่องกังหันก๊าซจะทำให้น้ำหนักของเรือลดลง แต่ก็ยังคงต้องมีระบบเฟืองทดรอบขนาดใหญ่ และต้องมีเพลลาที่ต่อออกจากหมูเฟืองวางผ่านห้องเพลลาเพื่อส่งกำลังงานไปยังใบจักร เนื่องจากเครื่องกังหันก๊าซไม่สามารถเดินถอยหลังจึงต้องใช้ใบจักรแบบปรับพิทช์ (Controllable Pitch Propellers – CPP) สำหรับการถอยหลัง ระบบ CPP ช่วยในการเปลี่ยนความเร็วเรือโดยคงความเร็วรอบของเครื่อง แต่ข้อเสียของระบบ CPP ก็จะต้องมีระบบไฮดรอลิกส์ที่ซับซ้อนในตัวเพลลาเพื่อส่งอาการไปปรับมุมใบจักร

ข้อด้อยอีกประการหนึ่งของระบบขับเคลื่อนแบบเดิมก็คือเครื่องกังหันก๊าซและเครื่องยนต์ดีเซลไม่สามารถขับทั้งเพลลาใบจักร และเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพร้อม ๆ กันได้ จึงต้องมีระบบขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าแยกต่างหากเพื่อใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าจ่ายไปตามส่วนต่าง ๆ ของเรือ

การขับเคลื่อนด้วยระบบไฟฟ้า (IFEP) เป็นความคิดที่แหวกแนวออกไปจากระบบขับเคลื่อนแบบเดิม ทั้งนี้เพราะในระบบนี้เครื่องต้นกำลังขับ (Prime Mover) จะขับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่จ่ายกระแสไฟฟ้าไปยังมอเตอร์ขับเพลลาใบจักร และไปยังระบบอื่น ๆ ได้ในขณะเดียวกัน ระบบขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าไม่ต้องการการเชื่อมต่อเชิงกลระหว่างเครื่องต้นกำลังขับและเพลลาใบจักร เพราะสามารถเดินสายไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (ซึ่งอาจตั้งอยู่ ณ ตำแหน่งใดในเรือก็ได้ตามความเหมาะสม) ไปยัง

มอเตอร์ขับเคลื่อน โดยจักรได้โดยตรง การลดความดังของเสียงนั้นสามารถทำได้โดยการปรับแต่งแรงเคลื่อนและกระแสไฟฟ้าที่ป้อนเข้ามอเตอร์ให้หักล้างกับเสียงของเครื่องจักรกลและใบจักร

เนื่องจากระบบขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้า (IFEP) เป็นระบบผลิตกำลังงานรวมสำหรับเรือทั้งลำจึงทำให้ลดจำนวนเครื่องยนต์ โดยไม่ต้องมีเครื่องยนต์ขับเคลื่อนกำเนิดไฟฟ้าแยกต่างหาก และการที่ไม่จำเป็นต้องมีเพลาคู่ระหว่างขับเคลื่อนหลักและมอเตอร์ไฟฟ้าที่ขับเคลื่อนใบจักรก็เป็นการขจัดปัญหาเกี่ยวกับระบบเพลลา เช่นพื้นที่ห้องเพลลา และพื้นที่ท้ายเรือสำหรับการชักเพลลาเพื่อซ่อมทำในขณะเรือเข้าอู่

ในราชนาวิอังกฤษกำลังมีการมองไกลไปถึงการนำระบบ "Electric Actuators" มาใช้แทนระบบลมกำลังต้นสูงและระบบไฮดรอลิกส์ต่าง ๆ ที่ใช้งานกับเรือปัจจุบัน ซึ่งทำให้สามารถ ใช้ระบบควบคุมอิเล็กทรอนิกส์อย่างเต็มรูปแบบและเป็นการลดค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงลงได้ นอกจากนี้ยังช่วยลดโอกาสการเกิดไฟไหม้บนเรือ ซึ่งส่วนใหญ่มีสาเหตุมาจากระบบไฮดรอลิกส์ ระบบดังกล่าวจะทำให้เรือมีลักษณะเป็นระบบไฟฟ้าทั้งลำโดยสมบูรณ์

ตัวอย่างการใช้ระบบขับเคลื่อนด้วยระบบไฟฟ้าในปัจจุบันได้แก่เรือฟริเกต Type ๒๓ ของราชนาวิอังกฤษ ซึ่งจะเข้าประจำการในปีหน้า โดยจะใช้ระบบ CODLAG (Combined Diesel Electric and Gas Turbine) ซึ่งประกอบด้วยเครื่องยนต์ Gas Turbine รุ่น SM1C ของบริษัท Roll-Royce ๒ เครื่อง เครื่องยนต์ดีเซล 12CM ของบริษัท Paxman ๔ เครื่อง และมอเตอร์ของบริษัท ALSTOM ๒ ชุด สามารถให้กำลังงานได้ 3 MW

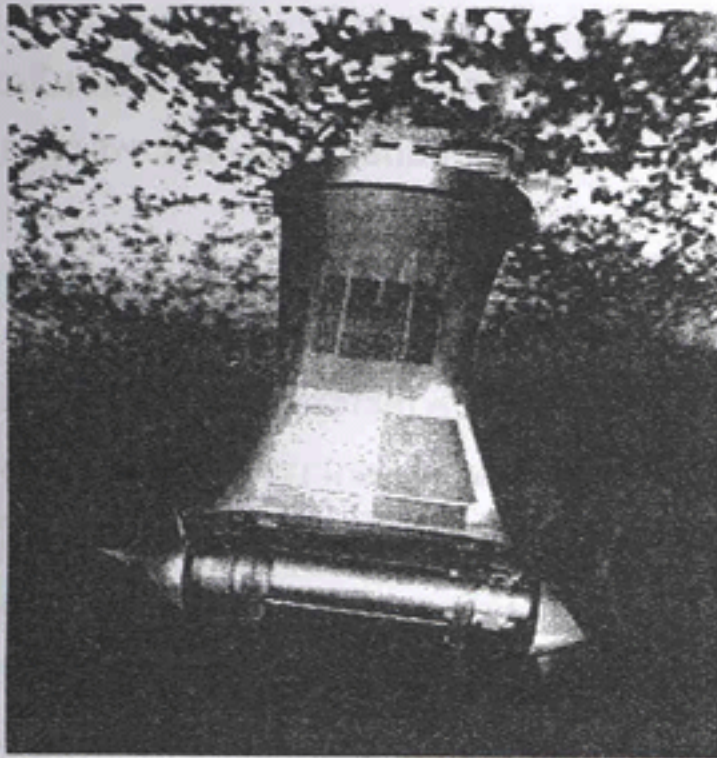
ระบบขับเคลื่อนด้วยระบบไฟฟ้าถูกนำมาใช้ในเรือยกพลขึ้นบกบางลำ เช่น HrMs Rotterdam ของราชนาวิเนเธอร์แลนด์ และลำสุดท้าย Wasp-Class (LHD8) ของกองทัพเรือสหรัฐอเมริกา ระบายขับน้ำ ๔๐,๕๐๐ ตัน ขับเคลื่อนโดยระบบ Hybrid Gas Turbine/Diesel-Electric Suite ซึ่งใช้ทั้งในการขับเคลื่อนเรือ และจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับระบบต่าง ๆ ในเรือ ระบบนี้มีพื้นฐานมาจากเครื่องกังหันก๊าซ รุ่น LM2500+ ของบริษัท GE Marine Engine เป็นเครื่องกังหันดัดแปลงมาจากเครื่องยนต์เจ็ทของเครื่องบิน (Aero-Derived Gas Turbine) ที่พัฒนามาใช้กับเรือโดยสารข้ามช่องแคบ (Fast Ferries) และเรือโดยสารขนาดใหญ่ (Cruise Liners)

ระบบขับเคลื่อนใบจักรในขนาดเล็ก

ในปัจจุบันระบบขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าใช้เครื่องยนต์ขับเคลื่อนกำเนิดไฟฟ้าซึ่งจะจ่ายกระแสไฟฟ้าไปยังมอเตอร์เหนี่ยวนำ (Induction Motor) เพื่อขับเคลื่อนใบจักร อย่างไรก็ตามหลายประเทศกำลังพัฒนาเทคโนโลยีในการขับเคลื่อนใบจักรในรูปแบบอื่น ๆ ซึ่งสรุปได้ดังต่อไปนี้

ระบบ Podded Drive

เหตุผลอีกประการหนึ่งที่ทำให้กองทัพเรือหลายประเทศหันมาให้ความสนใจกับระบบขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าก็คือการได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นอย่างแพร่หลายของระบบ Podded Drive ระบบนี้



รูปที่ ๑ ระบบ Podded Drive

ใช้กับเรือรบ เช่นความเปราะบางต่อแรงกระแทกอย่างรุนแรง (Shock) และความยุ่งยากในการควบคุมการแพร่กระจายของคลื่นเสียง และแม่เหล็ก

ตัวอย่างของเรือรบที่นำระบบ Podded Drive มาใช้ได้แก่เรือรบทุก ฮ. Tonnerre และ Mistral ของประเทศฝรั่งเศส โดยบริษัท ALSTOM และ บริษัท Kamewa (ซึ่งเป็นบริษัทลูกของ Rolls-Royce) ได้ร่วมมือกันพัฒนาระบบขับเคลื่อน Mermaid Pod Propulsion System ซึ่งเป็นการรวมเอาความชำนาญในด้านระบบขับเคลื่อน ด้านพลศาสตร์ทางเรือ และ Azimuthing Thrusters ของบริษัท Kamewa เข้ากับความชำนาญด้านระบบไฟฟ้า และระบบควบคุมอัตโนมัติของบริษัท ALSTOM

มอเตอร์ของระบบ Mermaid นี้ถูกออกแบบให้สามารถทำงานที่ภาระสูงเกินครึ่งหนึ่งของภาระสูงสุดอย่างต่อเนื่องได้แม้ว่ามีการผิดปกติของขดลวด นอกจากนี้ยังมีอุปกรณ์ที่ใช้ในการหยุดการหมุนของเพลลา อุปกรณ์จับเพลลา และอุปกรณ์ช่วยหมุนเพลลาอย่างช้า ๆ เพื่อช่วยในการซ่อมทำ

ใบจักรเป็นแบบพิทช์คงที่รุ่น HS ของบริษัท Kamewa เดินเรียบและมีความสิ้นเปลืองต่ำ มีทั้งแบบแยกปีกได้แต่ละใบ (Separately Bolted Blade) หรือเป็นแบบประกอบเป็นชิ้นเดียว (Monobloc) ซึ่งทั้งสองแบบสามารถถอดหรือประกอบแบบยกชุดได้ ข้อได้เปรียบของใบจักรแบบแยกปีกคือสามารถทำการถอดประกอบได้ง่ายกว่าในกรณีเกิดความเสียหาย มีซีลกันน้ำเพื่อป้องกันการรั่วของน้ำมันลงสู่ทะเล ซีลทั้งที่ตัวใบจักรและที่ Azimuth Turning สามารถถอดเปลี่ยนได้แม้ขณะเรืออยู่ในน้ำ

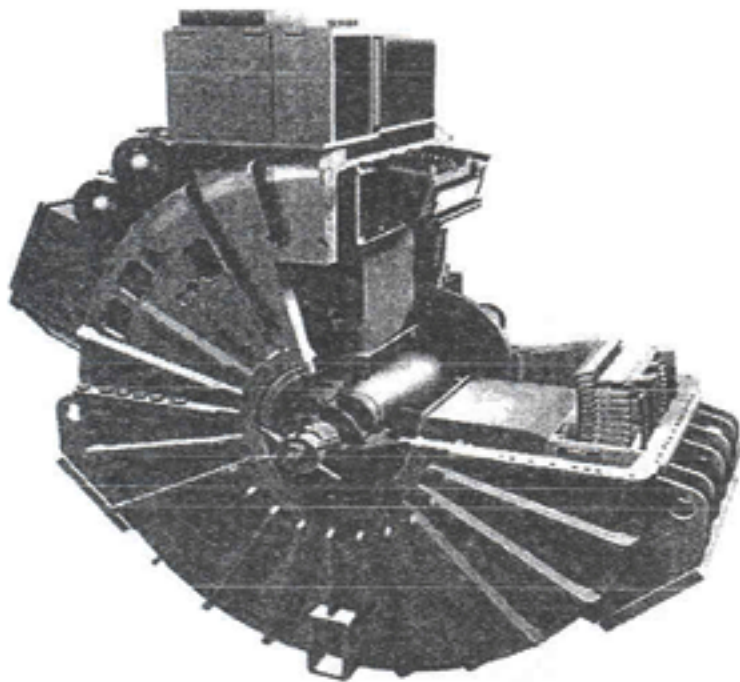
ตัว Pod ซึ่งอยู่ภายนอกตัวเรือสามารถทำการหันเลี้ยวได้ 360° หรือสามารถใช้ระบบไฮดรอลิกส์ช่วยปรับหันเลี้ยวได้เป็นมุม $\pm 35^\circ$ ในระหว่างการขนย้าย ส่วนประกอบหลักที่อยู่ใต้น้ำได้แก่ชิงโครนัส มอเตอร์แบบไม่มีแปรงถ่าน (Brushless synchronous motor) ที่ถูกออกแบบให้เป็นการลดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของ Pod เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพ พลศาสตร์ทางเรือ และเพิ่มประสิทธิภาพ

มีลักษณะเป็นใบพัดขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าสามารถส่ายไปมาได้ติดตั้งอยู่ภายนอกตัวเรือ ระบบ Podded Drive นี้ประสบความสำเร็จมากกับเรือสินค้า ทั้งนี้เพราะมีข้อได้เปรียบหลายประการกล่าวคือตัวสามารถนำมาติดตั้งในช่วงท้าย ๆ ของการต่อเรือได้ แทนที่จะต้องทำการติดตั้งไปพร้อม ๆ กับการสร้างส่วนอื่น ๆ ของเรือดังเช่นระบบขับเคลื่อนแบบเดิมการติดตั้งและการถอดประกอบก็สามารถทำได้ง่ายกว่า ทั้งนี้เพราะระบบขับเคลื่อนเดิมมีส่วนประกอบทั้งที่เป็นเครื่องยนต์ระบบเกียร์ เฟลาและใบจักร ระบบ Podded Drive ทำให้การหันเลี้ยวมีประสิทธิภาพมากขึ้น เพราะไม่จำเป็นต้องมีระบบทางเสือที่สลับซับซ้อน แต่อย่างไรก็ตามระบบ Podded Drive ยังคงมีปัญหาบางประการที่จะต้องแก้ไขก่อนที่จะนำมา

ของการระบายความร้อนโดยน้ำทะเลที่อยู่รอบ ๆ

อย่างไรก็ตามยังคงมีข้อถกแถลงกันอยู่ว่าระบบนี้จะสามารถนำมาใช้ในการขับเคลื่อนเรือขนาดเรือพิฆาตหรือฟริเกตได้หรือไม่ ทั้งนี้เพราะเรือขนาดดังกล่าวต้องการ Podded Drive มีน้ำหนักเบาขนาดเล็กแต่ให้กำลังสูง

Transverse Flux Motor (TFM)



รูปที่ ๒ Transverse Flux Motor

ในกรณีของสหราชอาณาจักร ราชนาวิอังกฤษ ได้ให้งบประมาณสนับสนุนการพัฒนาระบบ Transverse Flux Motor (TFM) ขนาด 20 MW ซึ่งเป็นระบบที่ใช้ อิเล็กทรอนิกส์กำลัง (Power Electronics) ร่วมกับ วัสดุที่มีความเป็นแม่เหล็กถาวร (Permanent Magnet Material - PMM) ระบบ TFM นี้จะพัฒนาได้เป็น มอเตอร์ที่ให้กำลังงานและค่าแรงบิดในรูปแบบ Torque Density สูงสำหรับการประยุกต์ใช้กับระบบ IFEP ซึ่งจะส่งผลให้ได้ประสิทธิภาพสูงในย่านความเร็วที่กว้าง ให้ค่าแรงบิดสูงสุดที่ทุกความเร็ว ลดค่าใช้จ่ายตลอด อายุการใช้งาน ลดค่า Signatures ต่าง ๆ ไม่มี ข้อจำกัดเกี่ยวกับหมู่เฟืองทด การวางเพลลา และระบบ อากาศระบายความร้อน

การศึกษา ระบบ TFM เริ่มมาตั้งแต่ ค.ศ. ๑๙๙๗ แต่ที่ผ่านมามีพบว่าระบบขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้ามี ขนาดใหญ่เกินกว่าจะนำมาใช้กับเรือรบ การพัฒนาระบบที่ใช้อิเล็กทรอนิกส์กำลังร่วมกับวัสดุที่มีความ เป็นแม่เหล็กถาวรที่เป็นส่วนประกอบของมอเตอร์จะทำให้สถานการณ์ดังกล่าวเปลี่ยนไป ปัจจุบันบริษัท Rolls-Royce ร่วมกับบริษัท ALSTOM และ Defense Evaluation & Research Agency (DERA) ได้ สร้างเครื่องสาธิตขนาด 2 MW และจะนำไปทดสอบที่โรงงาน Pyestock ของ DERA หากการพัฒนาออกแบบระบบ TFM ดำเนินไปด้วยดีจนสามารถพัฒนามอเตอร์ขนาดเล็กที่ให้กำลังงานสูง การออกแบบ เรือรบในอนาคตจะเปลี่ยนไปเพราะไม่ต้องมีระบบเฟือง ระบบคลัทช์ และระบบเพลลาจากเครื่องต้นกำลัง ขับมายังใบจักร ซึ่งทำให้สามารถลดระวางขับน้ำของเรือหรือเพิ่มจำนวนอาวุธและยุทธโศปกรณ์ต่าง ๆ บนเรือรบได้

Superconducting Motors

กองทัพเรือสหรัฐอเมริกาได้หันมาให้ความสนใจต่อ Superconducting Motor ตั้งแต่ ค.ศ. ๑๙๘๐ โดยใน ค.ศ. ๑๙๘๓ ได้ทำการทดลอง Superconducting Motor กระแสตรงขนาด ๓๐๐๐ แอมป์บน ยานทดสอบ Jupiter II กองทัพเรือสหรัฐอเมริกา ได้เล็งเห็นประโยชน์ของการใช้ Superconducting Motor

เนื่องจากมันให้ค่า Power Density สูง มีความต้านทานไฟฟ้าต่ำจนเกือบจะเป็นศูนย์ และไม่มีเสียงดัง

การที่ Superconducting Motor สามารถให้ค่าแรงบิดสูง ณ ความเร็วรอบต่ำ ทำให้สามารถต่อเพลผ่านคัปปลิ้งไปขับเพลลาใบจักรได้โดยไม่ต้องผ่านชุดเฟืองทดรอบ นอกจากนี้ Superconducting Motor ยังมีขนาดเล็กเหมาะกับการนำไปใช้ในเรือที่มีพื้นที่จำกัด

ใน ค.ศ. ๑๙๙๙ สำนักงานวิจัยของกองทัพเรือสหรัฐอเมริกา (Office of Naval Research - ONR) ได้ทำสัญญาว่าจ้างบริษัท American Superconducting Corp. เพื่อทำการออกแบบ (Preliminary Design) Superconducting Motor กระแสสลับ ขนาด ๓๓,๐๐๐ แรงม้า และบริษัทได้พัฒนาตัวนำ bismuth-2223 ซึ่งสามารถมีค่า Critical Current Density $๒๔,๐๐๐ \text{ amp/cm}^2$ ที่อุณหภูมิ ๗๗ เคลวิน (K) (-๒๐๔ เซลเซียส) และที่อุณหภูมิ ๓๐ K ค่านี้อาจเพิ่มขึ้นเป็น $๔๕,๐๐๐ - ๗๕,๐๐๐ \text{ amp/cm}^2$ และที่สำคัญก็คือภายใต้ความเค้นสูงถึง ๑๑,๕๐๐ Psi ตัวนำนี้ยังสามารถรับค่ากระแสได้ถึง ๙๐% ของค่า Critical Current Density มอเตอร์ชนิดนี้ทำงานภายใต้สภาวะอุณหภูมิต่ำไม่มากเมื่อเทียบกับมอเตอร์กระแสตรงที่กล่าวข้างต้น ดังนั้นมอเตอร์ชนิดนี้จึงมีความเป็นไปได้ที่จะนำมาใช้งานมากกว่า อย่างไรก็ตามกองทัพเรือสหรัฐอเมริกายังคงทำการวิจัยมอเตอร์กระแสตรงอย่างต่อเนื่องโดยทดลองนำระบบทำความเย็นอุณหภูมิต่ำแบบ Cryogenic Refrigeration (ใช้สำหรับเครื่องมือ Magnetic Resonance Imaging (MRI) ทางการแพทย์ ซึ่งสามารถทำอุณหภูมิต่ำถึง ๔.๒ K) มาประยุกต์ใช้ได้

มอเตอร์ทั้งสองแบบนี้จะมีขนาดเล็กกว่ามอเตอร์แบบเก่า ซึ่งจะมีผลเมื่อนำมาใช้กับเรือรบ เพราะจะทำให้ง่ายในการหาพื้นที่ติดตั้ง สามารถลดระวางขับน้ำของเรือหรือตัวเรือเบาขึ้น (มีประโยชน์เมื่อพิจารณา Longitudinal Moment โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อมอเตอร์ติดตั้งบริเวณท้ายเรือ) และทำให้ผู้ออกแบบตัวเรือมีความอ่อนตัวในการเลือกแบบตัวเรือที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น ปัจจัยสำคัญที่ทำให้มอเตอร์มีขนาดเล็ก ก็คือ ไม่ต้องมี Iron Teeth ทำให้ค่า Current Density ไม่ถูกจำกัดโดยจุดหลอมละลายของเหล็ก บริษัท American Superconducting Corp. คาดว่ามอเตอร์นี้จะมีขนาดเพียงเศษหนึ่งส่วนสี่ของมอเตอร์แบบแม่เหล็กถาวร (PMM) การควบคุมความเร็วของมอเตอร์ใช้ระบบ IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) เช่นเดียวกับมอเตอร์ทั่วไป ทำให้ไม่ต้องใช้ใบจักรแบบปรับพิทช์ (CPP)

สรุป

อีกไม่นานเราอาจได้เห็นเรือรบที่เป็นระบบไฟฟ้าทั้งลำเข้ามาแทนที่ระบบขับเคลื่อนเชิงกล โดยอาจใช้เทคโนโลยีแบบใดแบบหนึ่งหรือทั้งสามแบบที่กล่าวข้างต้น หรืออาจเป็นเทคโนโลยีที่ใหม่กว่าทั้งสามแบบก็ได้ ซึ่งโดยสรุปแล้วข้อได้เปรียบหลักของเรือที่ใช้ระบบขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้า คือ

- ค่าใช้จ่ายโดยรวมลดลง

การลดจำนวนเครื่องจักรขับเคลื่อนทำให้ลดจำนวนการจัดการเครื่องจักร ลดค่าใช้จ่ายสำหรับน้ำมันเชื้อเพลิง และการลดกำลังพลประจำเรือเนื่องจากระบบจะมีความเป็นอัตโนมัติมากขึ้น

- เพิ่มขีดความสามารถในการหลบเลี่ยงจากการถูกโจมตี

การจัดวางเครื่องจักรและอุปกรณ์ประกอบไม่จำเป็นต้องคำนึงถึงตำแหน่งของเพลลาใบจักร จึงสามารถจัดวางโดยคำนึงถึงการลดค่า Signature ของเรือได้

- มีพื้นที่ในการติดตั้งระบบอาวุธและอุปกรณ์ตรวจจับเพิ่มขึ้น

เนื่องจากพื้นที่ของระบบขับเคลื่อนลดลง และเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะผลิตกำลังงานเพียงพอต่อการใช้งานต่าง ๆ ของเรือทั้งลำ จึงมีเนื้อที่และกำลังงานเหลือเพียงพอต่อการรองรับระบบอาวุธใหม่ ๆ ในอนาคต เช่น อาวุธไมโครเวฟ หรือ เลเซอร์กำลังสูง โดยไม่ต้องมีการดัดแปลงระบบมากนัก

เอกสารอ้างอิง

1. Jaris Janssen Lok, **Powering Warship Trends**, Jane's International Defense Review, Vol 34, July 2001, PP. 46-52.
2. Paul Sharke, The Hunt for Compact Power, Mechanical Engineering Magazine, April 2000.
3. Siemens AG – Electric Propulsion Systems, http://www.naval-technology.com/contractors/propulsion/siemens_ag/.

วัสดุดูดกลืนคลื่นเรดาร์ (ตอนจบ)

(Radar Absorbent Material)

ทนายเอก วัชรินทร์ เครือคำรงค์
อาจารย์กองวิชาฟิสิกส์และเคมี

ตอนที่แล้วได้กล่าวถึงการศึกษาวิจัยผลิตวัสดุดูดกลืนคลื่นเรดาร์ (Radar Absorbent Material, RAM) และวิธีการทดลองวัดประสิทธิภาพในห้องปฏิบัติการ สำหรับตอนจบนี้จะได้กล่าวถึงวัตถุประสงค์ของการลดการสะท้อนคลื่นเรดาร์ของตัวเรือ (Radar Cross Section, RCS) วิธีการลด RCS ของตัวเรือ และตัวอย่างจริงของการลด RCS ของเรือของประเทศต่าง ๆ ในโลก

เป็นที่ทราบกันดีว่า ในสงครามทางเรือ เป็นการเอาชนะกันด้วยเทคโนโลยี โดยเฉพาะเรือเป็นเป้าที่เคลื่อนที่ช้าและมีขนาดใหญ่ ฝ่ายใดที่มีระบบตรวจจับระยะไกลที่ดีกว่า มีอาวุธทำลายระยะไกลกว่า ย่อมได้เปรียบฝ่ายตรงข้าม ดังนั้นการป้องกันมิให้ฝ่ายตรงข้ามตรวจจับเราได้ จำเป็นต้องพรางตัวเรือ หรือทำให้เรือมีขนาดเล็กลงเมื่อเทียบกับสิ่งต่าง ๆ ที่อยู่บริเวณรอบตัวเรือ (Clutter) เช่นเกาะ ภูเขาหรือแม้แต่เป่าลวง ด้วยเหตุนี้จึงมีความพยายามที่จะคิดค้นการลด RCS ของตัวเรือโดยมีวัตถุประสงค์หลัก ๒ ประการ

ประการแรกคือ การลด RCS ของตัวเรือเพื่อป้องกันมิให้ฝ่ายตรงข้าม ใช้เรดาร์ตรวจจับเรือฝ่ายเราได้ง่าย ลักษณะเช่นนี้เรียกว่าการต่อต้านการใช้เรดาร์ของฝ่ายตรงข้าม ในขณะที่เดียวกัน ฝ่ายเรายังสามารถรุกเข้าหาฝ่ายตรงข้ามได้มากขึ้น และยังสามารถขยายอาณาเขตการเฝ้าตรวจได้มากขึ้นโดยไม่ถูกตรวจจับ

ประการที่ ๒ เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของเป่าลวง (Decoys) ในขณะที่ถูกโจมตีด้วยอาวุธนำวิถี ซึ่งอาจใช้คลื่นเรดาร์หรือคลื่นความร้อนเป็นตัวนำวิถี ลักษณะเช่นนี้จะดูเหมือนว่าพื้นที่เป่าลวงมีขนาดใหญ่และเด่นชัดกว่าตัวเรือดังนั้นถ้าเรลด RCS ของตัวเรือลงจึงเท่ากับว่าเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของเป่าลวง วัตถุประสงค์ของการลด RCS ของตัวเรือทั้ง ๒ ประการนั้น ความมุ่งหมาย ของวัตถุประสงค์อันแรกคือความต้องการให้เรือหายไปจากจอเรดาร์ของฝ่ายตรงข้าม ความเป็นไปได้ในกรณีนี้ค่อนข้างจะมีปัญหาเนื่องจากเรือมีขนาดใหญ่ และเคลื่อนที่ช้า ต่างกับเครื่องบินที่สามารถลด RCS ได้มากกว่า และได้ผลในเชิงปฏิบัติการได้ดีกว่า เช่น เครื่องบินล่องหน F-117 และเครื่องบินทิ้งระเบิด B-2 เป็นต้น อีกทั้งปัจจุบันเรดาร์เรือที่ใช้ในทางทหารพัฒนาขีดความสามารถสูงขึ้น สามารถแยกแยะวัตถุที่สงสัยและมีขนาดเล็ก หรือมีสัญญาณขนาดพอ ๆ กับ Background Noise ได้เป็นอย่างดี นั่นหมายความว่าเราจะต้องลด RCS ของตัวเรือให้น้อยกว่า Background Noise หรือ สิ่งต่าง ๆ ที่อยู่ใ้ในอาณาบริเวณเดียวกับเรือ (Clutter) จึงจะเป็นไปตามวัตถุประสงค์ แต่อย่างไรก็ตาม ก็ยังมีความพยายามค้นคว้าวิจัย

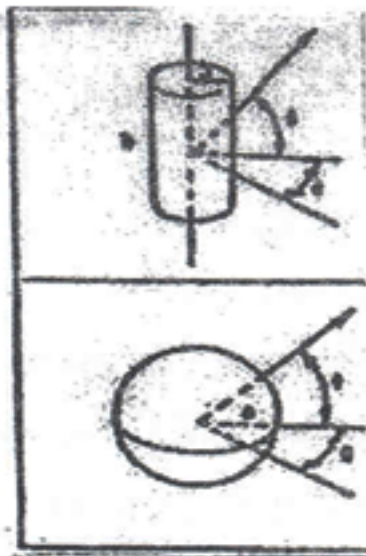
ที่จะหาวิธีลด RCS ของตัวเรือดังจะได้กล่าวต่อไป หัวข้อต่อไปจะได้กล่าวถึงเทคนิคและวิธีการลด RCS ของตัวเรือ โดยในเบื้องต้นนี้จะให้คำนิยามของ RCS ซึ่งปรากฏอยู่ในบทความนี้ตั้งแต่ เริ่มต้น

ความหมายของ RCS หมายถึง ตัวเลขที่แสดงขนาด หรือความแรงของสัญญาณที่วัดโดยเครื่องรับคลื่นเรดาร์ (หรือสามารถคำนวณได้จากสูตร) โดยการเปรียบเทียบระหว่างขนาด (Amplitude) ของคลื่นเรดาร์ที่สะท้อนจากตัวเรือ (หรือวัตถุใด ๆ) มายังเครื่องรับกับขนาดของคลื่นเรดาร์ ที่ส่งออกไป ณ ตำแหน่งเดียวกับเครื่องรับ ดังสูตรทั่ว ๆ ไปคือ

$$\sigma = 4\pi R^2 \frac{|E_s|^2}{|E_i|^2}$$

เมื่อ	σ	คือ	RCS มีหน่วยเป็นตารางเมตร
	E_s	คือ	ขนาด (Amplitude) ของคลื่นสนามไฟฟ้าที่สะท้อนมาจากวัตถุ
	E_i	คือ	ขนาดของคลื่นสนามไฟฟ้าที่ส่งออกไป
	R	คือ	ระยะทางจากเครื่องส่งรับเรดาร์ไปยังวัตถุ

จะเห็นได้ว่า RCS เป็นค่าขนาดในภาพรวมของวัตถุที่ถูกวัดขณะนั้น ซึ่งจะมีค่ามากน้อยอย่างไรขึ้นอยู่กับลักษณะพื้นที่สะท้อนคลื่นของวัตถุ เช่น ถ้าด้านของวัตถุที่สะท้อนคลื่นเรดาร์มีลักษณะเป็นผิวระนาบ เป็นผิวนูนทรงกลม และหรือเป็นผิวของมุมหรือขอบ ผิวพวกนี้จะสะท้อนคลื่นแตกต่างกัน อย่างผิวระนาบจะสะท้อนคลื่นกลับไปได้มากกว่าผิวทรงกลม เป็นต้น และขนาดของ RCS ทั้งหมดก็คือผลรวมของคลื่นที่สะท้อนในแต่ละพื้นที่ผิวของวัตถุรวมกัน นอกจากจะทำการวัดขนาด RCS ด้วยเครื่องเรดาร์จริงแล้วยังสามารถคำนวณหาขนาด RCS จากสูตรที่ให้ค่ายอมรับได้ดีเช่นกัน ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการออกแบบตัวเรือ หรือวัตถุที่ต้องการกำหนดค่า RCS ในตารางที่ ๑ แสดงสูตรการหา RCS ของพื้นผิวแบบต่าง ๆ เรียกว่า Hierarchy of Scattering shapes

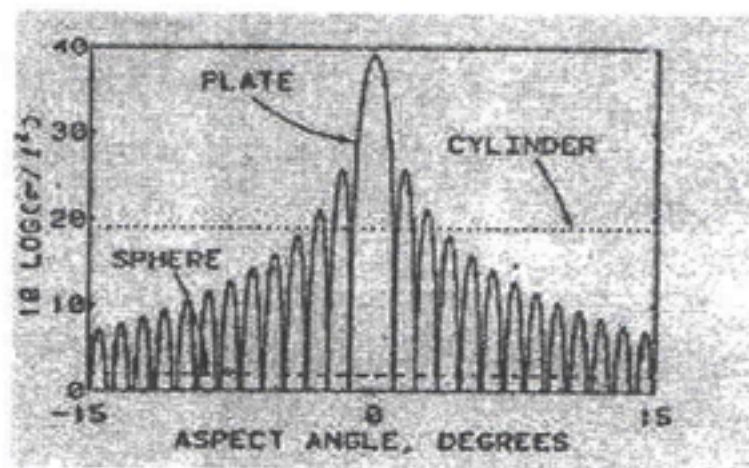


Cylinder	Maximum $\sigma = \frac{2\pi a b^2}{\lambda}$ Normal Incidence
Sphere	Maximum $\sigma = \pi a^2$ Normal Incidence

Geometry	Type	Formula
	Square trihedral Corner retro-reflector	Maximum $\sigma = \frac{12 \pi a^4}{\lambda^2}$
	Right dihedral corner reflector	Maximum $\sigma = \frac{8 \pi a^2 b^2}{\lambda^2}$
	Flat plate	Maximum $\sigma = \frac{4 \pi a^2 b^2}{\lambda^2}$

ตารางที่ ๑ แสดงสูตรการคำนวณ RCS ของพื้นผิวแบบต่าง ๆ

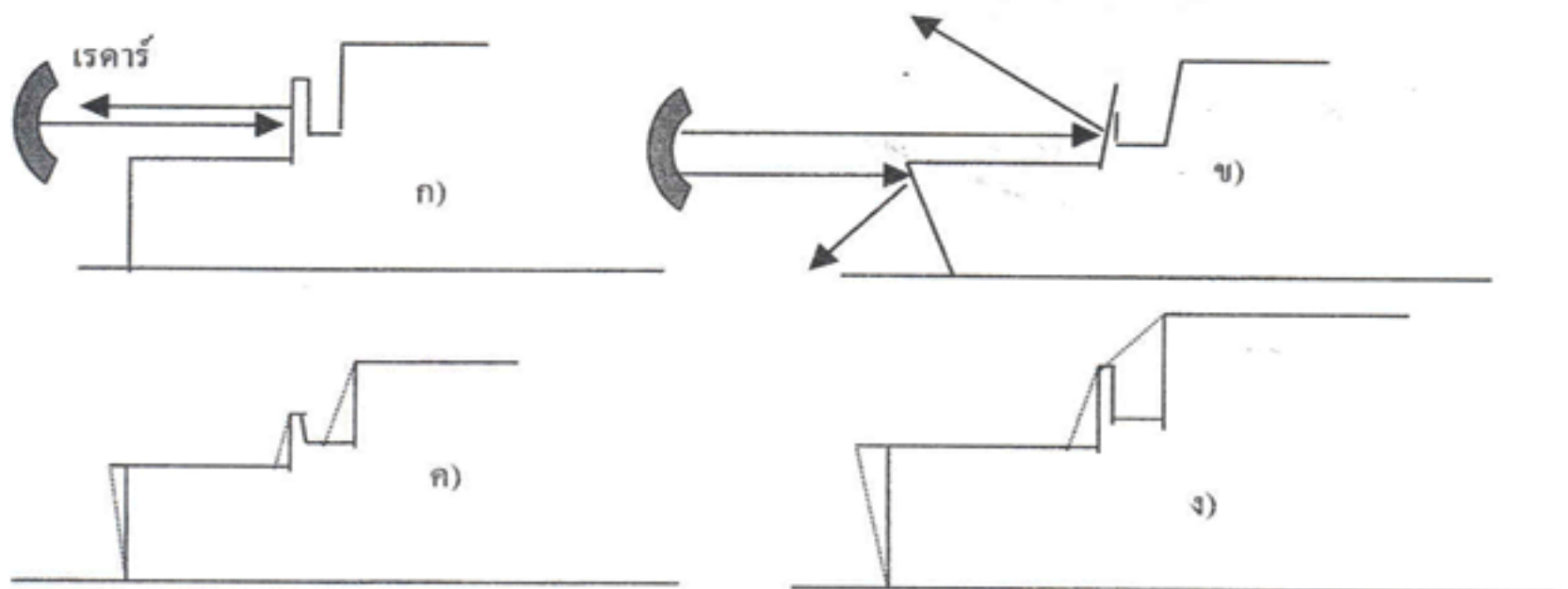
เมื่อทราบความหมาย RCS และวิธีการคำนวณเบื้องต้นแล้ว ลองดูรูปที่ ๑ แสดง RCS ของพื้นผิว ๓ ลักษณะ คือ พื้นผิวระนาบ (Plate) พื้นผิวทรงกระบอก และพื้นผิวทรงกลม จะเห็นว่าพื้นผิวระนาบให้ค่า RCS สูงมากที่สุดในบรรดาพื้นผิวอื่น ๆ และพื้นผิวทรงกลมให้ค่า RCS น้อยที่สุด



รูปที่ ๑ แสดง RCS ของพื้นผิวที่เป็นระนาบ ทรงกลมและทรงกระบอกโดยมีคลื่นเรดาร์ตกตั้งฉากกับผิววัตถุ

เมื่อทราบถึงต้นเหตุที่ก่อให้เกิด RCS แล้ว จึงเป็นการง่ายที่จะลองวิธีลด RCS โดยอาศัยความรู้ทางฟิสิกส์เกี่ยวกับการสะท้อนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และการสูญเสียพลังงานของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเมื่อผ่านตัวกลาง

วิธีการที่จะลดขนาด RCS ลงที่เป็นไปได้มี ๒ วิธี วิธีแรก คือ การตัดแปลงพื้นผิวของตัวเรือ หรือวัตถุ ให้มีทิศทางสะท้อนคลื่นออกไปทางอื่น ไม่ให้สะท้อนกลับไปยังเครื่องรับคลื่นเรดาร์ หรือปรับเปลี่ยนพื้นผิวให้มี RCS น้อยที่สุด เช่น เปลี่ยนจากพื้นผิวระนาบไปเป็นพื้นผิวทรงกลม เป็นต้น ดังแสดงให้เห็นถึงการออกแบบ ตามในรูปที่ ๒



รูปที่ ๒ ก) แสดงท้ายเรือรุ่นเก่าที่มีผนังอยู่ในแนวตั้ง ข) รูปที่ออกแบบใหม่ให้ผนังทำมุมกับแนวตั้ง
ค) ปรับปรุงผนังโดยการทำผนังแนวใหม่ทำมุมกับแนวตั้ง แต่ควรจะให้บริเวณหักมุมต่างให้เป็นตามรูป ง.)

สำหรับพื้นผิวที่เป็นเหลี่ยมเป็นมุม ไม่สามารถทำเป็นระนาบลาดเอียงได้ก็สามารถปรับเปลี่ยนพื้นผิวโดยทำเป็นผิวทรงกลมมาครอบไว้ได้ เช่นกัน วิธีที่ ๒ ในการลด RCS สามารถทำได้โดยการใช้วัสดุดูดกลืนคลื่นเรดาร์ (Radar Absorbent Material – RAM) ซึ่งอาจจะใช้คลุมตัวเรือ หรือพื้นผิวอื่น ๆ หรือใช้ประกอบกับวิธีแรกควบคู่กันไปตามที่กล่าวมาแล้ว ในวิธีที่ ๒ นี้มีข้อเสียในเรื่องของน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น เพราะน้ำหนักของ RAM ที่ใช้ในวัตถุประสงค์นี้มีน้ำหนักเฉลี่ย ๖ - ๗ กิโลกรัม ต่อ ตารางเมตร ถ้าจะติดปกคลุมตัวเรือทั้งลำจะทำให้น้ำหนักเรือเพิ่มขึ้นเป็นต้น ๆ ก็ได้ ดังนั้นความเป็นไปได้ในการลด RCS ของตัวเรือหรือวัตถุขนาดใหญ่ จึงต้องอาศัยการออกแบบให้มีผิวลาดเอียง และเสริมด้วยวัสดุ RAM ในบางพื้นผิว จึงจะเหมาะสมกว่า ในปัจจุบันนี้มีการผลิต RAM ออกมาให้เลือกใช้ตามความต้องการหลายขนาด เช่น GEC – Marconi Materials Technology Limited, USA. ผลิต RAM ที่มีคุณลักษณะต่าง ๆ ไว้หลายแบบ ดังตัวอย่างในตารางที่ ๒ ที่ แสดงชนิดของ RAM และความสามารถในการดูดกลืนคลื่นเรดาร์ ในช่วงความถี่ต่าง ๆ เช่น J – Band ความถี่ในช่วง 12.4GHz – 18.0 GHz หรือ C – Band ความถี่ในช่วง 3.95 GHz– 8.2 GHz เป็นต้น

J - BAND

Design Frequency Range GHz	Type	Sheet size mm	Normal Thickness mm	Loading	Base Material	Backing Material	Normal Weight Kg/m ²
12.4 – 18.0 Bandwidth At 15 dB ± 1.0 GHz	MJ3	460x460	2.0	M	Natural Rubber	Flexible 70# Bass Wire Gauze	6.0
	MJ5	460x450	2.0	M	Natural Rubber	Flexible Unbacked	6.0
	WMJ3	460x460	2.0	M	Neoprene Rubber	Flexible 70# Bass Wire Gauze	6.0
	WMJ5	460x450	2.0	M	Neoprene Rubber	Flexible Unbacked	6.0

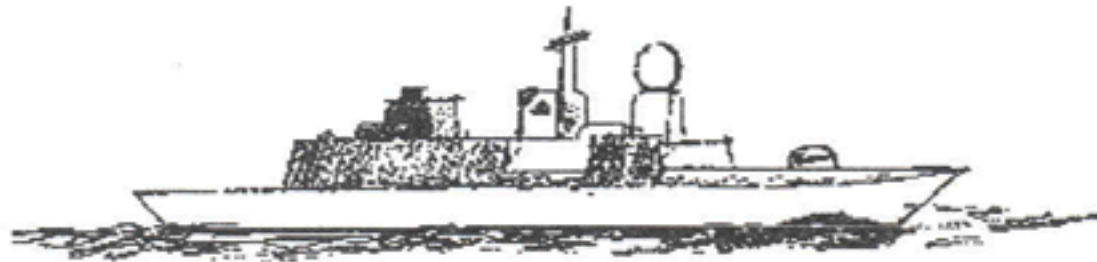
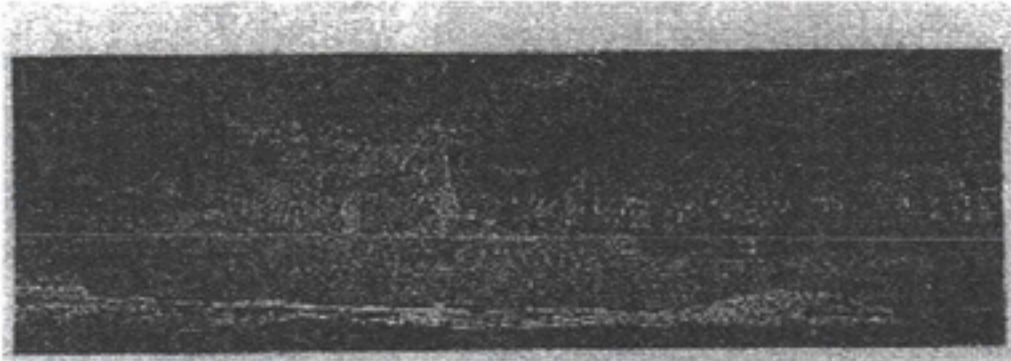
C - BAND

Design Frequency Range GHz	Type	Sheet size mm	Normal Thickness mm	Loading	Base Material	Backing Material	Normal Weight Kg/m ²
3.95 – 8.20 Bandwidth At 15 dB ± 400 MHz	MC1	915x610	3.6	M	Natural Rubber	Rigid 25swg Bass Sheet	16.0
	MC3	915x610	3.3	M	Natural Rubber	Flexible 40# Bass Wire Gauze	15.5
	MC5	915x610	3.3	M	Natural Rubber	Flexible Unbacked	15.0
	WMJ3	915x610	3.0	M	Neoprene Rubber	Flexible 40# Bass Wire Gauze	15.5

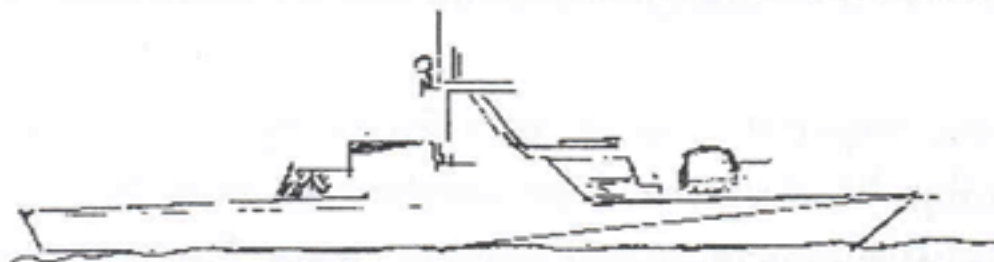
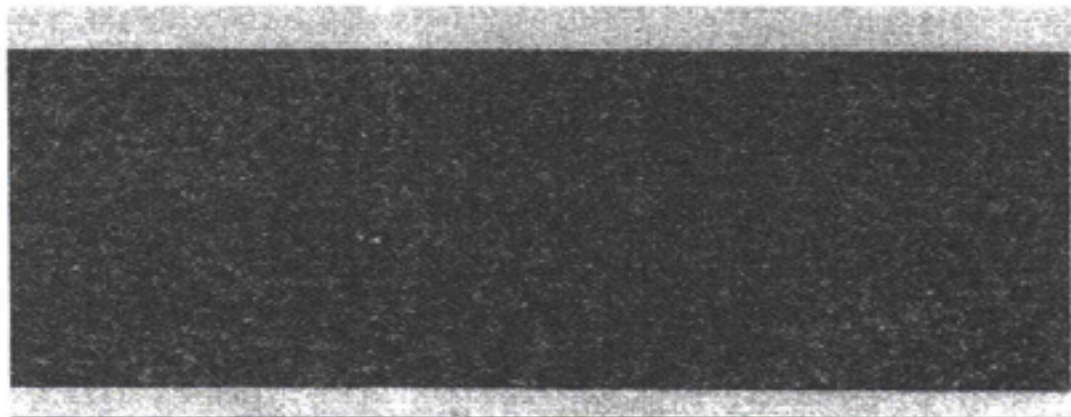
ตารางที่ ๒ ชนิดและคุณลักษณะเฉพาะและประสิทธิภาพของ RAM

จากการตรวจสอบข้อมูลทาง Internet พบว่ามีประเทศผู้ผลิตเรือรบที่มีความตั้งใจที่ออกแบบตัวเรือให้มีค่า RCS น้อยที่สุด ได้แก่ ประเทศฝรั่งเศสและประเทศอังกฤษเป็นต้น โดยผู้ผลิตทั้ง ๒ ประเทศเน้นการออกแบบตัวเรือให้มีพื้นผิวลาดเอียงและเสริมด้วย RAM ในบางจุด และที่สำคัญคือตัวเรือฉาบด้วยสีที่มีคุณสมบัติดูดกลืนคลื่นเรดาร์อีกด้วย ตัวอย่างเรือที่มีใช้ประจำการและมีการสั่งซื้อจากประเทศฝรั่งเศส เช่น เรือฟริเกต (Frigate) ชั้น Lafayette ตามรูปที่ ๓ ซึ่งเป็นของประเทศฝรั่งเศสและฝรั่งเศสเป็นผู้ผลิตเอง

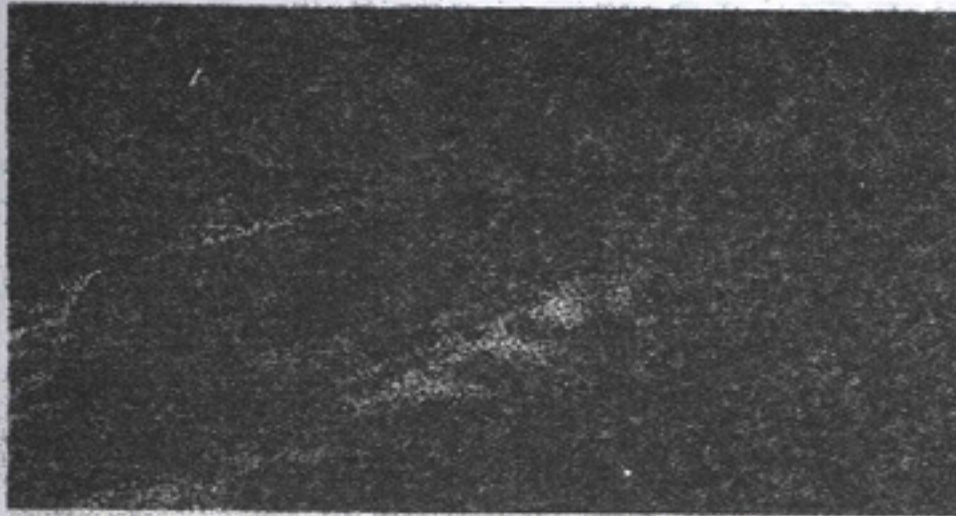
มีซาอุดิอาระเบีย และ ไต้หวัน เป็นผู้สั่งซื้อ ส่วนในรูปที่ ๔ เป็นเรือคอร์เวต (Corvette) ชั้น Qahir ประเทศ โอมานสั่งซื้อจาก Vosper Thornycroft ประเทศอังกฤษ และรูปที่ ๕ เป็นเรือคอร์เวต ชั้น Visby ประเทศสวีเดนเป็นผู้ต่อและใช้ในประเทศของเขาเอง



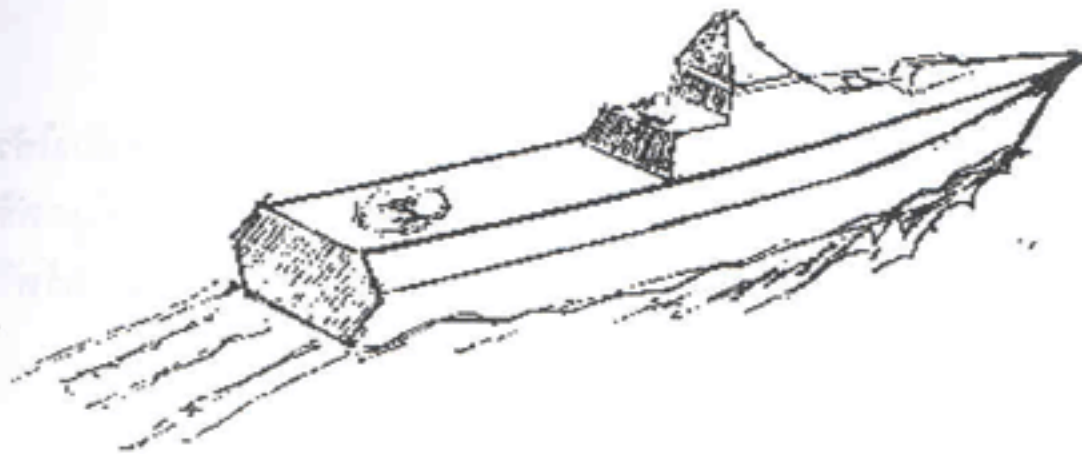
รูปที่ ๓ เรือฟริเกต ชั้น Lafayette ออกแบบให้ป้องกันการตรวจจับจาก เรดาร์ คลื่นความร้อน โซนาร์ และแม่เหล็กและรูปวาดแสดงให้เห็นการสร้างผนังตัวเรือให้มีการลาดเอียง



รูปที่ ๔ เรือ Corvette ชั้น Qahir ออกแบบให้ป้องกันการตรวจจับจาก เรดาร์ คลื่นความร้อน โซนาร์ และแม่เหล็กและรูปวาดแสดงให้เห็นการสร้างผนังตัวเรือให้มีการลาดเอียง



Visby Sweden



รูปที่ ๕ เรือ ชั้น Visby ออกแบบให้ป้องกันการตรวจจับจาก เรดาร์ คลื่นความร้อน โซนาร์ และแม่เหล็ก

บทสรุปจากเทคนิคและวิธีการลดการสะท้อนคลื่นเรดาร์ของตัวเรือตามทีกล่าวมาแล้วเป็นเทคโนโลยีที่สามารถนำมาใช้ได้ ด้วยขีดความสามารถของกรมอุทกหารเรือในการออกแบบตัวเรือให้มีผนังตัวเรือเอียงทำมุมกับแนวตั้งเพื่อสะท้อนคลื่นเรดาร์ไม่ให้กลับไปหาเครื่องรับ รวมทั้งการเลือกใช้สีที่มีคุณสมบัติของ RAM และใช้วัสดุ RAM กับบางพื้นที่เท่าที่จำเป็นและขั้นสุดท้ายคือ การวัดค่า RCS ของตัวเรือให้ได้ค่าที่ยอมรับได้ โดยการแก้ไขบางส่วน หากมีค่า RCS สูงเกินค่าที่ตั้งไว้ ก็จะได้เรือล่องหนที่ใช้เทคนิค Stealth Technology

บรรณานุกรม

Eugene F. Knott, John F. Shaeffer and Michael T. Tuley. **RADAR CROSS SECTION**, North Bergen, N.J.: Book - mart Press, Inc., 1985.

เซ็นเซอร์ หรือ ทรานสดิวเซอร์ (Sensors or Transducers)

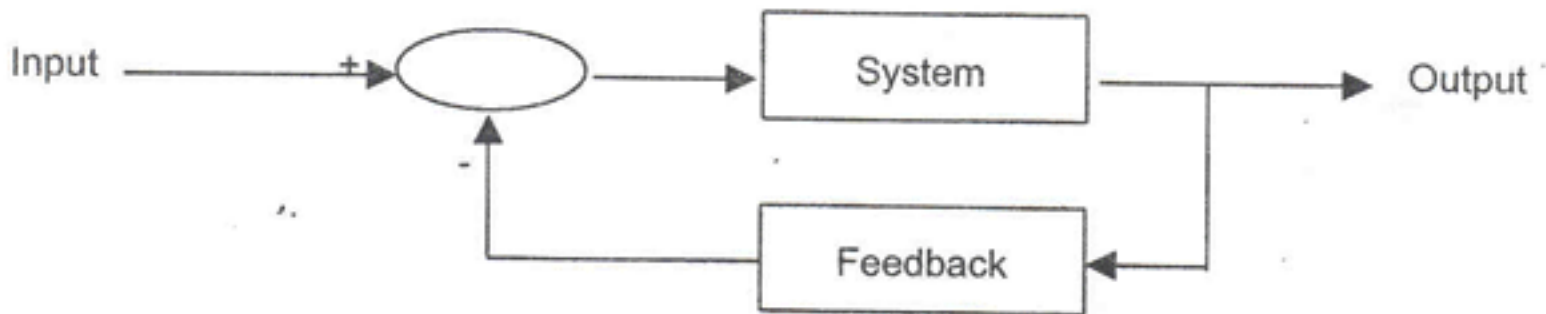
แปลและเรียบเรียงโดย

ภาวโท สมภารก กุญชรบุรี

ภาวตรี สิริรัชช ธรรมชัย

บทนำ

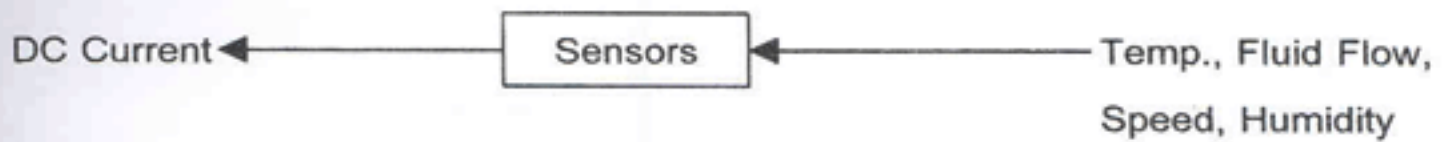
สำหรับระบบควบคุมที่ต้องการค่าความถูกต้องแม่นยำมาก ๆ จะต้องใช้ระบบควบคุมแบบปิด (Closed Loop Control System) คือจะมีการวัดค่าความผิดพลาดให้มีค่าน้อยที่สุดหรือได้ตามที่กำหนดไว้ โดยจะมีเครื่องมือวัดค่าความคลาดเคลื่อนในส่วน Feedback ที่เรียกว่าเซ็นเซอร์หรือ ทรานสดิวเซอร์ (Sensor or Transducer)



รูปที่ ๑. แผนผังวงจรควบคุมแบบปิด

เซ็นเซอร์ เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ในการเปลี่ยนค่าที่ทำการวัดในลักษณะต่าง ๆ เช่น การไหลของของเหลว อุณหภูมิ ความชื้น เป็นต้น แล้วเปลี่ยนค่าที่วัดได้ให้เป็นค่าทางไฟฟ้าหรือแรงดันในรูปแบบไฟฟ้ากระแสตรง (DC Current) ตัวอย่างเช่น การวัดค่าอุณหภูมิที่ยอดสูบเครื่องยนต์ขับเคลื่อนเรือ จะใช้ Temperature-sensor ที่เรียกว่า Thermocouple ทำการวัดค่าอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นแล้วเปลี่ยนค่าความร้อนที่ได้ให้เป็นค่ากระแสไฟฟ้าหรือแรงดันแล้วส่งมาให้ระบบควบคุม เพื่อทำการเปรียบเทียบค่ากระแสหรือแรงดันที่ส่งมากับค่าที่เป็นเกณฑ์อ้างอิงที่อยู่ในส่วนควบคุมเครื่องจักร เมื่อใดที่พบว่าค่าที่ได้เกินเกณฑ์ที่กำหนดก็จะมีระบบเตือน เช่น อุณหภูมิสูงเกินที่กำหนด เพื่อให้เจ้าหน้าที่ดำเนินการแก้ไขป้องกันอันตราย

โดยทั่วไปสัญญาณที่ออกจากเซ็นเซอร์ (Output) เป็นสัญญาณทางไฟฟ้ากระแสตรง ส่วนทางด้านเข้า (Input) ก็จะมีขึ้นอยู่กับชนิดของเครื่องมือชิ้นๆ ดังรูป



ต่อจากนี้จะเป็นการอธิบายหลักการทำงานของเครื่องมือชนิดนี้โดยจะแบ่งออกตามวัตถุประสงค์การใช้งาน เช่น ใช้เพื่อวัดค่าอุณหภูมิ เป็นต้น

เซ็นเซอร์สำหรับวัดค่าอุณหภูมิ (Temperature Sensor)

เซ็นเซอร์สำหรับวัดอุณหภูมิจะใช้สำหรับระบบที่ต้องการความถูกต้องทางอุณหภูมิหรือกล่าวอีกอย่างว่าใช้อุณหภูมิในกระบวนการควบคุมนั่นเอง เราสามารถใช้หลักการกำหนดความแตกต่างที่เกิดตามธรรมชาติเกี่ยวกับอุณหภูมิ คือ ความร้อนจะไหลเข้าสู่ที่เย็นกว่าเสมอมาทำการสร้างเครื่องมือชนิดนี้

โดยทั่วไปหน่วยของอุณหภูมิที่ใช้จะมีอยู่ ๓ หน่วย คือ

๑. องศาเซลเซียส ($^{\circ}\text{C}$) มีจุดเดือดที่ ๑๐๐ องศาเซลเซียส และจุดเยือกแข็งที่ ๐ องศาเซลเซียส
 ๒. องศาฟาเรนไฮน์ ($^{\circ}\text{F}$) มีจุดเดือดที่ ๒๑๒ องศาฟาเรนไฮน์ และจุดเยือกแข็งที่ ๓๒ องศาฟาเรนไฮน์
 ๓. องศาเคลวิน (K) มีจุดเดือดที่ ๓๗๓ องศาเคลวิน และจุดเยือกแข็งที่ ๒๗๓ องศาเคลวิน
- สำหรับแบบของเครื่องมือที่ใช้ในการวัดค่าอุณหภูมิมียุ่หลายแบบ แต่จะกล่าวเพียงสองแบบที่นิยมใช้ คือ แบบทางการกล และแบบทางไฟฟ้า

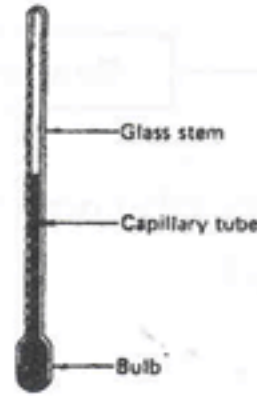
เครื่องมือวัดอุณหภูมิแบบทางการกล (Mechanical Temperature Sensing)

เครื่องมือวัดอุณหภูมิแบบทางการกลจะใช้หลักการวัดค่าอัตราการขยายตัวและหดตัว (ปริมาตรที่เปลี่ยนแปลง) ของสารที่นำมาใช้ซึ่งอาจจะเป็น โปรท ก๊าซ หรือ ของแข็ง ก็ได้ สารเหล่านี้เมื่อได้รับความร้อน เช่น สารปรอท ความร้อนจะทำให้สารปรอทเกิดการขยายตัวเพิ่มขึ้นในอัตราการขยายตัว ๐.๐๑% ต่อ 1°F หรือ แอลกอฮอล์ จะมีอัตราการขยายตัว ๐.๐๗% ต่อ 1°F (๐.๑% ต่อ 1°C)

ชนิดของเครื่องมือแบบทางการกล

แบบหลอดแก้วตรง (Glass-Stem Thermometer)

แบบหลอดแก้วตรงนี้จะแบบดั้งเดิม โดยใช้วิธีการบรรจุของเหลวจำพวกปรอทหรือก๊าซใส่ลงในหลอดแก้วที่สร้างเป็นหลอดแก้วตรงเรียวยาวและมีกระเปาะสำหรับบรรจุของเหลว หรือก๊าซที่ตอนปลายส่วนล่างดังรูป

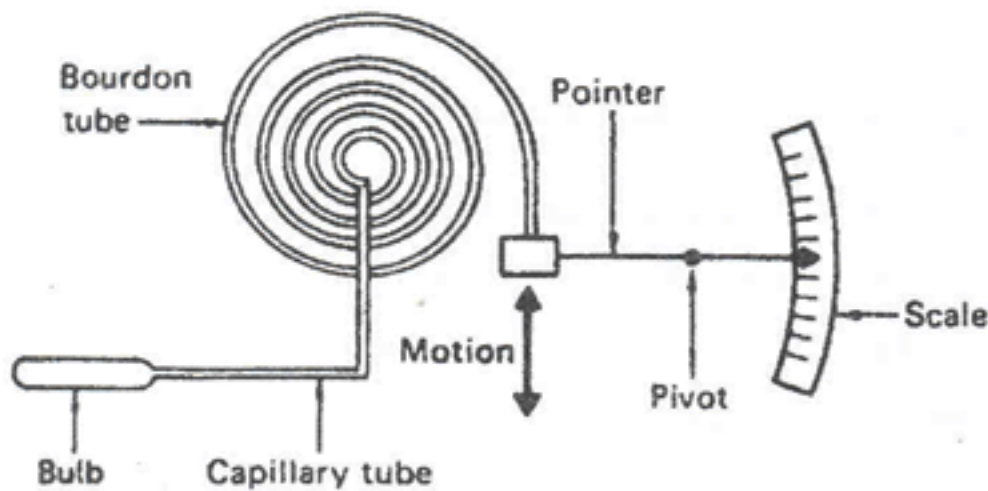


รูปที่ ๒. Glass-Stem Thermocouple

เมื่อใดที่มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นจะทำให้สารที่บรรจุอยู่ขยายตัวโดยจะมีการเทียบอัตราส่วนที่กำหนดข้างหลอดแก้วไว้เรียบร้อยแล้ว เครื่องมือวัดแบบนี้ยังคงมีใช้อยู่ในปัจจุบันแต่ไม่เหมาะที่จะนำมาใช้ในระบบควบคุมเพราะยังมีค่าความคลาดเคลื่อนอยู่มาก ส่วนใหญ่จะนิยมใช้ในทางการแพทย์

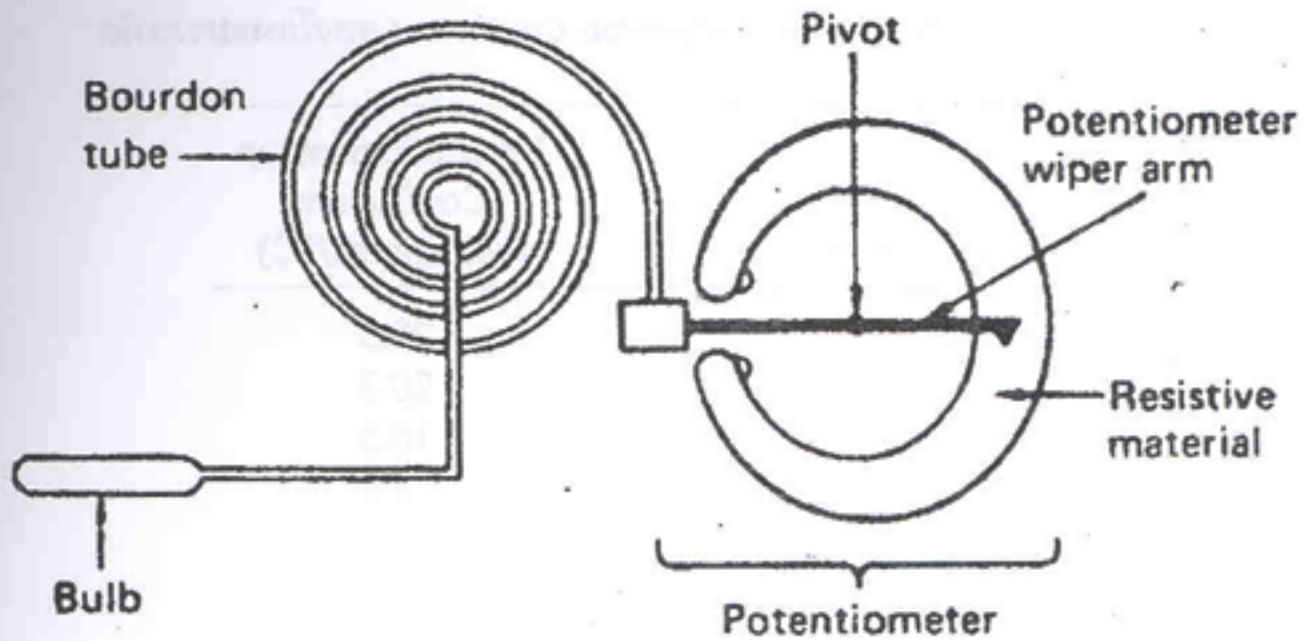
แบบท่อกันหอย (Filled-System Thermometer)

ใช้หลักการเช่นเดียวกับแบบหลอดแก้วตรง แต่จะมีส่วนที่เรียกว่ากระเปาะ (Bulb) เป็นส่วนที่จะใส่ไว้ในส่วนที่ต้องการวัดค่าอุณหภูมิ ภายในกระเปาะจะบรรจุของเหลวหรือก๊าซ เมื่อมีความร้อน ของเหลวหรือก๊าซจะขยายตัวเข้ามาในท่อกันหอยที่ส่วนปลายอีกด้านหนึ่งจะต่ออยู่กับส่วนที่เคลื่อนที่ได้ (ดังรูปที่ ๓) เกิดการขยายตัว ทำให้เข็มเกิดการเคลื่อนที่เช่นกัน



รูปที่ ๓. Filled-System Thermometer

สำหรับเครื่องมือวัดชนิดนี้สามารถนำมาใช้กับระบบควบคุมได้แต่จะต้องมีการนำมาใช้ร่วมกับอุปกรณ์ที่ช่วยแปลงค่าสัญญาณที่เรียกว่า Potentiometer หรือ อุปกรณ์แปลงค่าให้เป็นค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงแบบเส้นตรง (LVDT) ดังแสดงในรูปที่ ๔



รูปที่ ๔. Filled System Connected to Potentiometer

สาเหตุที่ต้องมีการแปลงค่าอุณหภูมิเป็นค่าทางกระแสไฟฟ้าก่อนเพื่อที่จะนำไปใช้ในการเปรียบเทียบในระบบควบคุม เครื่องมือวัดชนิดนี้ยังเหมาะที่จะนำไปใช้กับบริเวณที่มีความสูงกว่าระดับน้ำทะเลถึง ๑๐๐ เมตร (๓๐๐ ฟุต) และยังให้ค่าความถูกต้องถึง ๐.๕% แต่เครื่องมือชนิดนี้ยังมีความไม่แน่นอนเพียงพอที่จะนำมาใช้ในการควบคุมระบบที่เดียว เนื่องจากว่าจะเกิดความคลาดเคลื่อนได้ง่ายบริเวณที่ส่วนเป็น Bourdon Tube และ Capillary Tube ดังนั้นจึงมีการพัฒนาเป็นแบบ ที่เรียกว่า Bimetallic Thermometer

Bimetallic Thermometer

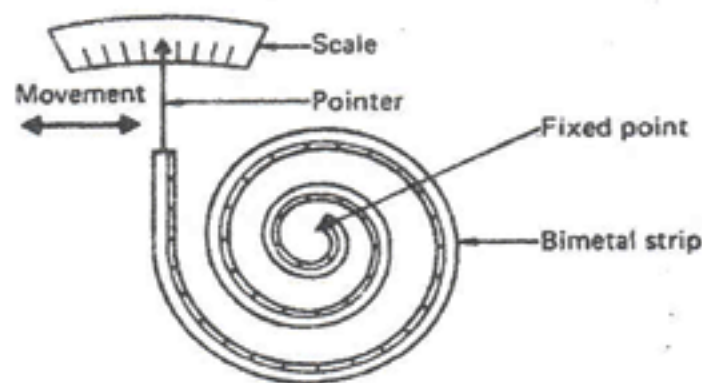
เครื่องมือวัดอุณหภูมิแบบ Bimetallic Thermometer จะใช้หลักการของการขยายตัวที่ไม่เท่ากันของโลหะสองชนิดเมื่อได้รับความร้อนซึ่งโลหะแต่ละชนิดจะมีอัตราการขยายตัวที่แตกต่างก็นำมาประกบติดกัน โลหะที่นิยมใช้ ก็คือ อะลูมิเนียม (Aluminum) ทองเหลือง (Brass) ทองแดง (Copper) ทองแดงผสมนิกเกิล (Copper-nickle Alloy) ทองแดงผสมนิกเกิลและโคบอลต์ (Copper-nickle-cobalt Alloy) ซึ่งโลหะแต่ละชนิดจะมีค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัว (Linear Expansion Coefficient) ที่ต่างกัน ดังตารางที่ ๑

ตารางที่ ๑ ตารางค่า Linear Expansion Coefficient ของโลหะบางชนิด

Substance	Linear Expansion Coefficient (Millionths/°C)
Aluminum	23.5
Brass	20.3
Copper	16.5
Invar (copper-nickel alloy)	1.2
Kovar (copper-nickel-cobalt alloy)	5.9

โดยทั่วไปจะนำโลหะที่มีค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวที่มีค่าสูงมาประกบกับตัวที่มีค่าสัมประสิทธิ์ต่ำ ที่นิยมมากก็คือ ระหว่างทองแดงกับโลหะผสมระหว่างทองแดงกับนิกเกิล

สำหรับรูปร่างจะเป็นแบบกันหอย ดังแสดงในรูปที่ ๕



รูปที่ ๕. Bimetallic Thermometer

จากรูปเมื่อโลหะได้รับความร้อน ส่วนที่เป็น Bimetal-strip จะขยายตัวไม่เท่ากันทำให้เกิดการยึดหรือหดตัวแบบอัตราส่วนคงที่ จะส่งผลทำให้เข็มชี้แสดงค่า

การหาค่าการขยายตัวของแถบโลหะแบบเป็นเส้นตรงสามารถหาได้จากสมการ

$$y = \frac{3(C_A - C_B)(T_2 - T_1)L^2}{4D}$$

y	คือ	ค่าการยึดหรือหดตัว
C _A	คือ	สัมประสิทธิ์การขยายตัวของโลหะ A
C _B	คือ	สัมประสิทธิ์การขยายตัวของโลหะ B
T ₁	คือ	อุณหภูมิต่ำสุด

- T_2 คือ อุณหภูมิสูงสุด
 L คือ ความยาวของแถบโลหะ
 D คือ ความหนาของแถบโลหะ

หมายเหตุ ค่าการยืดหรือหดตัวจะสัมพันธ์กับอัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ

นอกจากนี้ยังมีการทำแถบโลหะแบบขดเป็นกันหอย ซึ่งจะมีการหาค่าการยืดและหดตัวด้วยสมการต่อไปนี

$$y = \frac{9(C_A - C_B)(T_2 - T_1)RL}{4D}$$

เมื่อ R คือ รัศมีเมื่อนำมาคดเป็นวงกันหอย

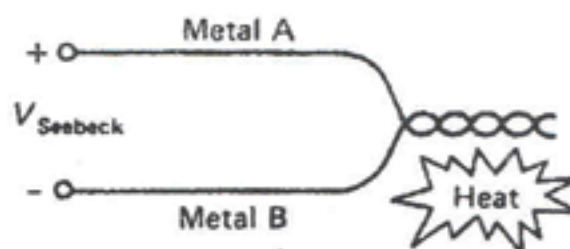
แบบขดกันหอยจะให้ค่าการวัดที่แน่นอนกว่าและสามารถวัดอุณหภูมิได้มากกว่า 200°C อุปกรณ์การวัดอุณหภูมิแบบนี้นิยมใช้กับระบบควบคุมที่ไม่สลับซับซ้อนมากนัก ส่วนใหญ่จะใช้เป็นส่วนควบคุมการเปิด-ปิดสวิทซ์การทำงานของระบบควบคุมด้วยอุณหภูมิ เป็นต้น

เครื่องมือวัดอุณหภูมิแบบใช้กระแสไฟฟ้า

สำหรับเครื่องมือใช้วัดอุณหภูมิแบบใช้ระบบไฟฟ้าจะนิยมใช้กับระบบควบคุมที่ใช้ระบบอิเล็กทรอนิกส์ โดยจะเป็นส่วนหนึ่งของระบบ สำหรับเครื่องมือวัดแบบใช้ไฟฟ้าจะมีอยู่หลายชนิด เช่น Thermocouple, Thermister, Resistance Temperature Detector, Semiconductor Temperature Sensor เป็นต้น

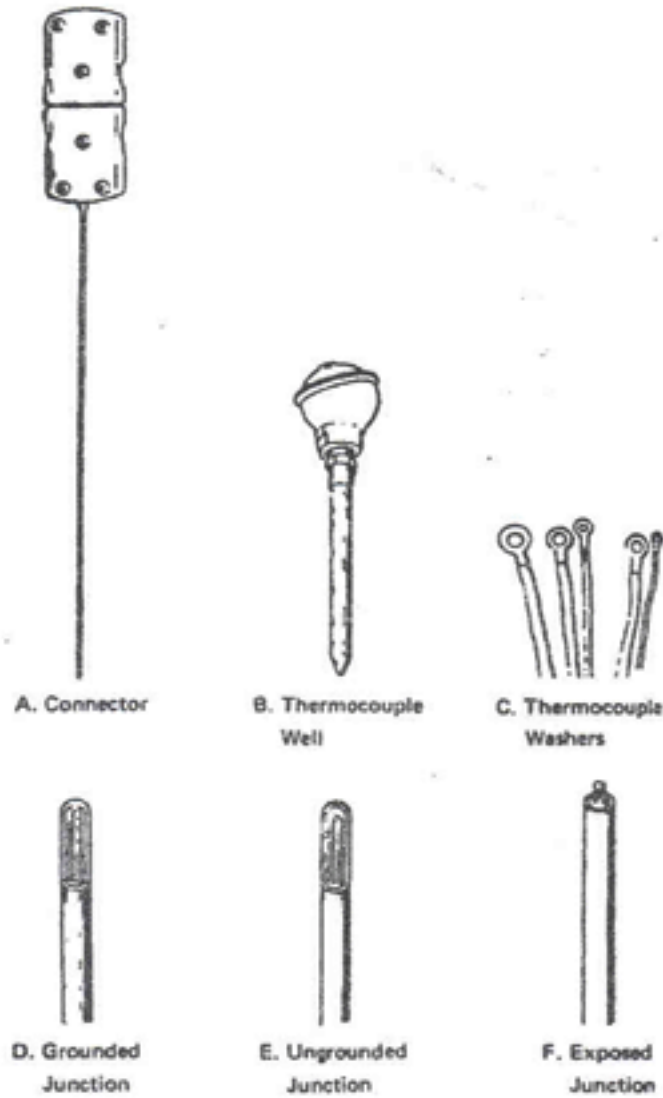
Thermocouple

สำหรับ sensor แบบนี้ได้ค้นพบโดยบังเอิญโดยนักวิทยาศาสตร์ ชื่อ Thomas Seebeck นักฟิสิกส์ชาวเยอรมัน พบว่าเมื่อนำขดลวดโลหะสองชนิดที่ต่างกันมาพันกันเป็นเกลียวแล้วให้ความร้อนที่ปลายข้างหนึ่ง จะทำให้เกิดกระแสไหลในขดลวด เมื่อทำการวัดที่ปลายด้านหนึ่งระหว่างสายลวดทั้งสองปรากฏว่ามีแรงดันเกิดขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่า เมื่อความร้อนเปลี่ยนแปลงจะมีผลทำให้แรงดันเปลี่ยนไปด้วย



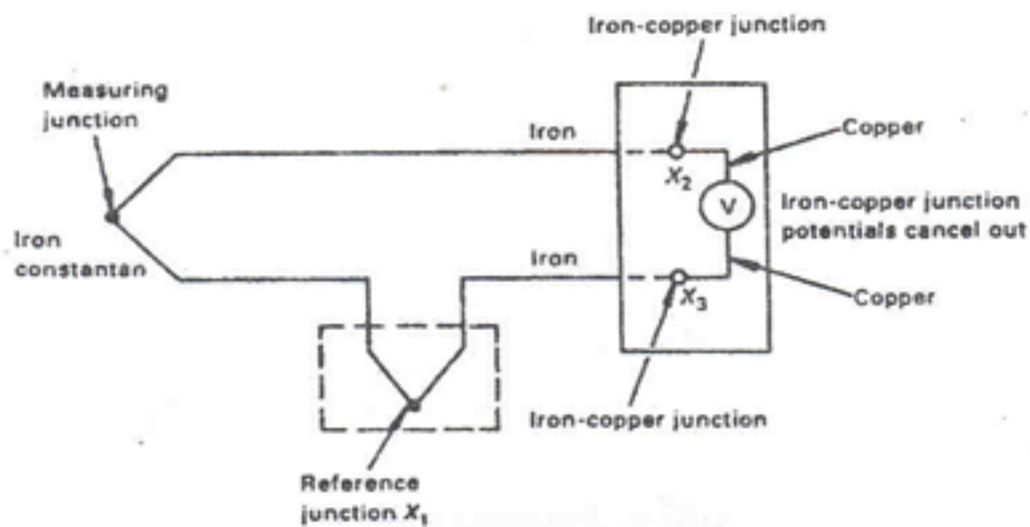
รูปที่ ๖. Potential Difference

Thermocouple แบบนี้นิยมใช้กันมากที่สุด เพราะว่า ราคาไม่แพง ขั้นตอนการทำงานไม่ยุ่งยาก และยังมีย่านการวัดที่กว้างมากถึง ๒๕๐๐ °C หรือ ๔๕๐๐ °F และสามารถผลิตออกมาได้หลายรูปตามความเหมาะสมของงาน ดังรูปที่ ๗



รูปที่ ๗. Thermocouple ชนิดต่าง ๆ

สำหรับวงจรการต่อสามารถแสดงได้ดังรูป ต่อไปนี้

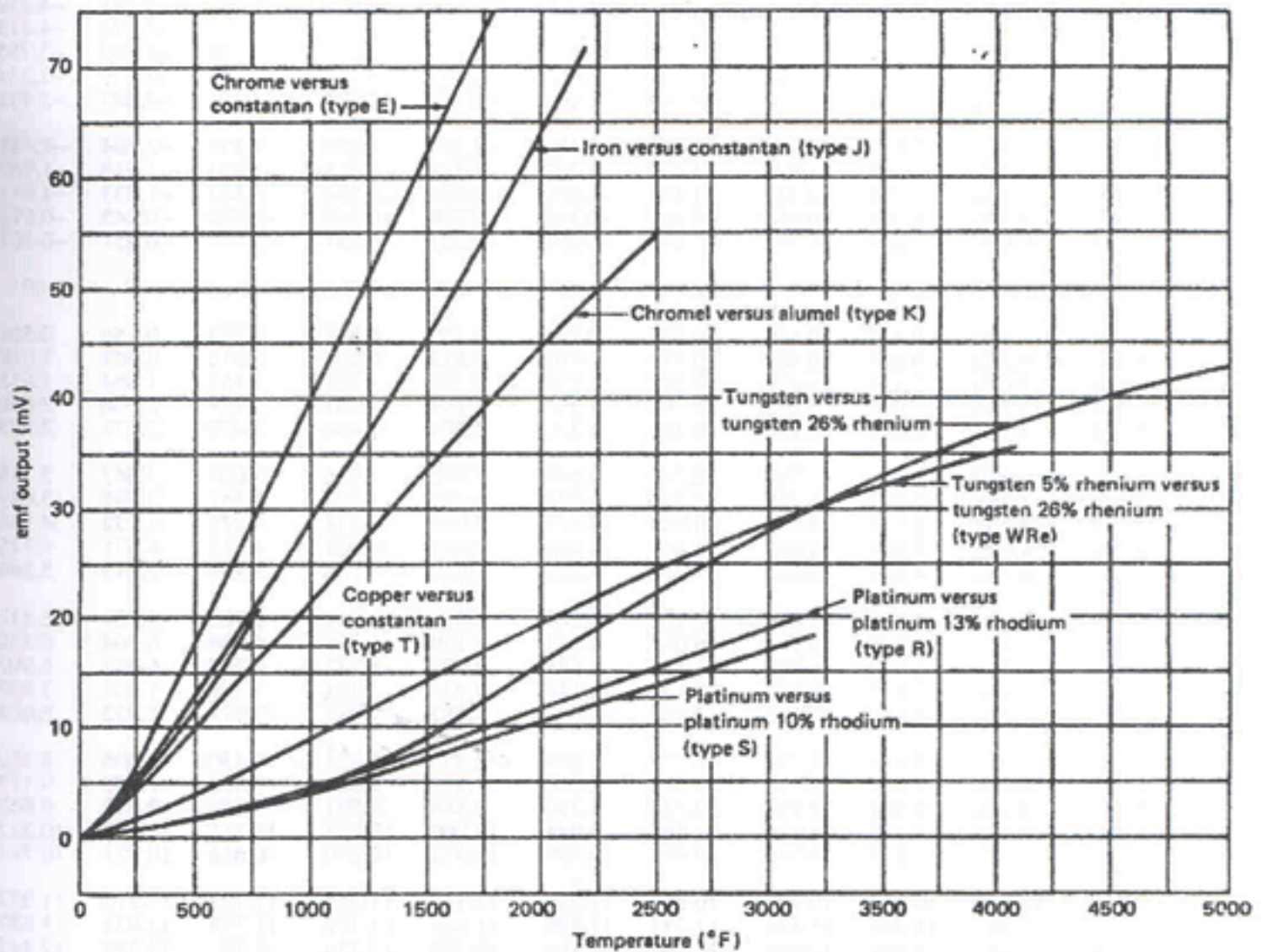


รูปที่ ๘. แสดงการต่อวงจรของ Thermocouple แบบทั่วไป

การทำงานของเครื่องมือวัด จะใช้ส่วนที่เป็น Measuring Junction ใส่ไว้ในบริเวณที่ต้องการวัดอุณหภูมิ และภายในอุปกรณ์จะมีส่วนที่เรียกว่า Reference Junction ซึ่งอาจมีลักษณะเป็นวงจทางไฟฟ้าทำหน้าที่เป็นตัวกำหนดค่าเกณฑ์สำหรับใช้เปรียบเทียบค่า ส่วนโลหะที่ใช้ในการทำส่วนใหญ่จะเป็นโลหะประเภทเหล็ก (Iron) กับ โลหะผสม ทองแดงกับนิกเกิล (Constantan)

ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาการทำงานในส่วนที่เป็น Reference Junction โดยใช้ร่วมกับระบบคอมพิวเตอร์ คือ เครื่องมือวัดจะส่งอุณหภูมิมาเข้าคอมพิวเตอร์หลังจากนั้นจะมีโปรแกรมแปลงค่าสัญญาณเป็นรูปดิจิตอลแล้วไปเปรียบเทียบค่ากับโปรแกรมที่ออกแบบไว้แล้ว ส่งผลไปให้ระบบควบคุมแบบอิเล็กทรอนิกส์เพื่อสั่งการทำงานต่อไป

รูปที่ ๔. แสดงชนิดของโลหะที่ใช้ทำ Sensor ชนิดต่าง ๆ สัมพันธ์กับความต่างศักย์ที่เกิดขึ้น



จากรูปที่ ๔ จะแสดงถึงความสัมพันธ์ของ Electrical Thermocouple ชนิดต่าง ๆ สัมพันธ์กับแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เกิดขึ้น (mV) กับอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง (°F) ส่วนตารางที่ ๒ เป็นตารางแสดงค่าตัวอย่าง Type J ณ จุดต่าง ๆ

ตารางที่ ๒ ความสัมพันธ์ระหว่าง *Electrical thermocouple Type J* กับแรงเคลื่อนไฟฟ้า

DEG C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	DEG C
THERMOELECTRIC VOLTAGE IN ABSOLUTE MILLIVOLTS												
-210	-8.096											-210
-200	-7.890	-7.912	-7.934	-7.955	-7.976	-7.996	-8.017	-8.037	-8.057	-8.076	-8.096	-200
-190	-7.659	-7.683	-7.707	-7.731	-7.755	-7.778	-7.801	-7.824	-7.846	-7.868	-7.890	-190
-180	-7.402	-7.429	-7.455	-7.482	-7.508	-7.533	-7.559	-7.584	-7.609	-7.634	-7.659	-180
-170	-7.122	-7.151	-7.180	-7.209	-7.237	-7.265	-7.293	-7.321	-7.348	-7.375	-7.402	-170
-160	-6.821	-6.852	-6.883	-6.914	-6.944	-6.974	-7.004	-7.034	-7.064	-7.093	-7.122	-160
-150	-6.499	-6.532	-6.565	-6.598	-6.630	-6.663	-6.695	-6.727	-6.758	-6.790	-6.821	-150
-140	-6.159	-6.194	-6.228	-6.263	-6.297	-6.331	-6.365	-6.399	-6.433	-6.466	-6.499	-140
-130	-5.801	-5.837	-5.874	-5.910	-5.946	-5.982	-6.018	-6.053	-6.089	-6.124	-6.159	-130
-120	-5.426	-5.464	-5.502	-5.540	-5.578	-5.615	-5.653	-5.690	-5.727	-5.764	-5.801	-120
-110	-5.036	-5.076	-5.115	-5.155	-5.194	-5.233	-5.272	-5.311	-5.349	-5.388	-5.426	-110
-100	-4.632	-4.673	-4.714	-4.755	-4.795	-4.836	-4.876	-4.916	-4.956	-4.996	-5.036	-100
-90	-4.215	-4.257	-4.299	-4.341	-4.383	-4.425	-4.467	-4.508	-4.550	-4.591	-4.632	-90
-80	-3.785	-3.829	-3.872	-3.915	-3.958	-4.001	-4.044	-4.087	-4.130	-4.172	-4.215	-80
-70	-3.344	-3.389	-3.433	-3.478	-3.522	-3.566	-3.610	-3.654	-3.698	-3.742	-3.785	-70
-60	-2.892	-2.938	-2.984	-3.029	-3.074	-3.120	-3.165	-3.210	-3.255	-3.299	-3.344	-60
-50	-2.431	-2.478	-2.524	-2.570	-2.617	-2.663	-2.709	-2.755	-2.801	-2.847	-2.892	-50
-40	-1.960	-2.008	-2.055	-2.102	-2.150	-2.197	-2.244	-2.291	-2.338	-2.384	-2.431	-40
-30	-1.481	-1.530	-1.578	-1.626	-1.674	-1.722	-1.770	-1.818	-1.865	-1.913	-1.960	-30
-20	-0.995	-1.044	-1.093	-1.141	-1.190	-1.239	-1.288	-1.336	-1.385	-1.433	-1.481	-20
-10	-0.501	-0.550	-0.600	-0.650	-0.699	-0.748	-0.798	-0.847	-0.896	-0.945	-0.995	-10
0	0.000	-0.050	-0.101	-0.151	-0.201	-0.251	-0.301	-0.351	-0.401	-0.451	-0.501	0
DEG C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	DEG C
0	0.000	0.050	0.101	0.151	0.202	0.253	0.303	0.354	0.405	0.456	0.507	0
10	0.507	0.558	0.609	0.660	0.711	0.762	0.813	0.865	0.916	0.967	1.019	10
20	1.019	1.070	1.122	1.174	1.225	1.277	1.329	1.381	1.432	1.484	1.536	20
30	1.536	1.588	1.640	1.693	1.745	1.797	1.849	1.901	1.954	2.006	2.058	30
40	2.058	2.111	2.163	2.216	2.268	2.321	2.374	2.426	2.479	2.532	2.585	40
50	2.585	2.638	2.691	2.743	2.796	2.849	2.902	2.956	3.009	3.062	3.115	50
60	3.115	3.168	3.221	3.275	3.328	3.381	3.435	3.488	3.542	3.595	3.649	60
70	3.649	3.702	3.756	3.809	3.863	3.917	3.971	4.024	4.078	4.132	4.186	70
80	4.186	4.239	4.293	4.347	4.401	4.455	4.509	4.563	4.617	4.671	4.725	80
90	4.725	4.780	4.834	4.888	4.942	4.996	5.050	5.105	5.159	5.213	5.268	90
100	5.268	5.322	5.376	5.431	5.485	5.540	5.594	5.649	5.703	5.758	5.812	100
110	5.812	5.867	5.921	5.976	6.031	6.085	6.140	6.195	6.249	6.304	6.359	110
120	6.359	6.414	6.468	6.523	6.578	6.633	6.688	6.742	6.797	6.852	6.907	120
130	6.907	6.962	7.017	7.072	7.127	7.182	7.237	7.292	7.347	7.402	7.457	130
140	7.457	7.512	7.567	7.622	7.677	7.732	7.787	7.843	7.898	7.953	8.008	140
150	8.008	8.063	8.118	8.174	8.229	8.284	8.339	8.394	8.450	8.505	8.560	150
160	8.560	8.616	8.671	8.726	8.781	8.837	8.892	8.947	9.003	9.058	9.113	160
170	9.113	9.169	9.224	9.279	9.335	9.390	9.446	9.501	9.556	9.612	9.667	170
180	9.667	9.723	9.778	9.834	9.889	9.944	10.000	10.055	10.111	10.166	10.222	180
190	10.222	10.277	10.333	10.388	10.444	10.499	10.555	10.610	10.666	10.721	10.777	190
200	10.777	10.832	10.888	10.943	10.999	11.054	11.110	11.165	11.221	11.276	11.332	200
210	11.332	11.387	11.443	11.498	11.554	11.609	11.665	11.720	11.776	11.831	11.887	210
220	11.887	11.943	11.998	12.054	12.109	12.165	12.220	12.276	12.331	12.387	12.442	220
230	12.442	12.498	12.553	12.609	12.664	12.720	12.776	12.831	12.887	12.942	12.998	230
240	12.998	13.053	13.109	13.164	13.220	13.275	13.331	13.386	13.442	13.497	13.553	240
250	13.553	13.608	13.664	13.719	13.775	13.830	13.886	13.941	13.997	14.052	14.108	250
260	14.108	14.163	14.219	14.274	14.330	14.385	14.441	14.496	14.552	14.607	14.663	260
270	14.663	14.718	14.774	14.829	14.885	14.940	14.995	15.051	15.106	15.162	15.217	270
280	15.217	15.273	15.328	15.383	15.439	15.494	15.550	15.605	15.661	15.716	15.771	280
290	15.771	15.827	15.882	15.938	15.993	16.048	16.104	16.159	16.214	16.270	16.325	290

300	16.325	16.380	16.436	16.491	16.547	16.602	16.657	16.713	16.768	16.823	16.879	300
310	16.879	16.934	16.989	17.044	17.100	17.155	17.210	17.266	17.321	17.376	17.432	310
320	17.432	17.487	17.542	17.597	17.653	17.708	17.763	17.818	17.874	17.929	17.984	320
330	17.984	18.039	18.095	18.150	18.205	18.260	18.316	18.371	18.426	18.481	18.537	330
340	18.537	18.592	18.647	18.702	18.757	18.813	18.868	18.923	18.978	19.033	19.089	340
350	19.089	19.144	19.199	19.254	19.309	19.364	19.420	19.475	19.530	19.585	19.640	350
360	19.640	19.695	19.751	19.806	19.861	19.916	19.971	20.026	20.081	20.137	20.192	360
370	20.192	20.247	20.302	20.357	20.412	20.467	20.523	20.578	20.633	20.688	20.743	370
380	20.743	20.798	20.853	20.909	20.964	21.019	21.074	21.129	21.184	21.239	21.295	380
390	21.295	21.350	21.405	21.460	21.515	21.570	21.625	21.680	21.736	21.791	21.846	390
400	21.846	21.901	21.956	22.011	22.066	22.122	22.177	22.232	22.287	22.342	22.397	400
410	22.397	22.453	22.508	22.563	22.618	22.673	22.728	22.784	22.839	22.894	22.949	410
420	22.949	23.004	23.060	23.115	23.170	23.225	23.280	23.336	23.391	23.446	23.501	420
430	23.501	23.556	23.612	23.667	23.722	23.777	23.833	23.888	23.943	23.999	24.054	430
440	24.054	24.109	24.164	24.220	24.275	24.330	24.386	24.441	24.496	24.552	24.607	440
450	24.607	24.662	24.718	24.773	24.829	24.884	24.939	24.995	25.050	25.106	25.161	450
460	25.161	25.217	25.272	25.327	25.383	25.438	25.494	25.549	25.605	25.661	25.716	460
470	25.716	25.772	25.827	25.883	25.938	25.994	26.050	26.105	26.161	26.216	26.272	470
480	26.272	26.328	26.383	26.439	26.495	26.551	26.606	26.662	26.718	26.774	26.829	480
490	26.829	26.885	26.941	26.997	27.053	27.109	27.165	27.220	27.276	27.332	27.388	490
500	27.388	27.444	27.500	27.556	27.612	27.668	27.724	27.780	27.836	27.893	27.949	500
510	27.949	28.005	28.061	28.117	28.173	28.230	28.286	28.342	28.398	28.455	28.511	510
520	28.511	28.567	28.624	28.680	28.736	28.793	28.849	28.906	28.962	29.019	29.075	520
530	29.075	29.132	29.188	29.245	29.301	29.358	29.415	29.471	29.528	29.585	29.642	530
540	29.642	29.698	29.755	29.812	29.869	29.926	29.983	30.039	30.096	30.153	30.210	540
550	30.210	30.267	30.324	30.381	30.439	30.496	30.553	30.610	30.667	30.724	30.782	550
560	30.782	30.839	30.896	30.954	31.011	31.068	31.126	31.183	31.241	31.298	31.356	560
570	31.356	31.413	31.471	31.528	31.586	31.644	31.702	31.759	31.817	31.875	31.933	570
580	31.933	31.991	32.048	32.106	32.164	32.222	32.280	32.338	32.396	32.455	32.513	580
590	32.513	32.571	32.629	32.687	32.746	32.804	32.862	32.921	32.979	33.038	33.096	590
600	33.096	33.155	33.213	33.272	33.330	33.389	33.448	33.506	33.565	33.624	33.683	600
610	33.683	33.742	33.800	33.859	33.918	33.977	34.036	34.095	34.155	34.214	34.273	610
620	34.273	34.332	34.391	34.451	34.510	34.569	34.629	34.688	34.748	34.807	34.867	620
630	34.867	34.926	34.986	35.046	35.105	35.165	35.225	35.285	35.344	35.404	35.464	630
640	35.464	35.524	35.584	35.644	35.704	35.764	35.825	35.885	35.945	36.005	36.066	640
650	36.066	36.126	36.186	36.247	36.307	36.368	36.428	36.489	36.549	36.610	36.671	650
660	36.671	36.732	36.792	36.853	36.914	36.975	37.036	37.097	37.158	37.219	37.280	660
670	37.280	37.341	37.402	37.463	37.525	37.586	37.647	37.709	37.770	37.831	37.893	670
680	37.893	37.954	38.016	38.078	38.139	38.201	38.262	38.324	38.386	38.448	38.510	680
690	38.510	38.572	38.633	38.695	38.757	38.819	38.882	38.944	39.006	39.068	39.130	690
700	39.130	39.192	39.255	39.317	39.379	39.442	39.504	39.567	39.629	39.692	39.754	700
710	39.754	39.817	39.880	39.942	40.005	40.068	40.131	40.193	40.256	40.319	40.382	710
720	40.382	40.445	40.508	40.571	40.634	40.697	40.760	40.823	40.886	40.950	41.013	720
730	41.013	41.076	41.139	41.203	41.266	41.329	41.393	41.456	41.520	41.583	41.647	730
740	41.647	41.710	41.774	41.837	41.901	41.965	42.028	42.092	42.156	42.219	42.283	740
750	42.283	42.347	42.411	42.475	42.538	42.602	42.666	42.730	42.794	42.858	42.922	750
760	42.922											760
DEG C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	DEG C

จากตารางที่ ๒ สามารถนำมาใช้ช่วยในการหาค่าได้สะดวกขึ้น

เอกสารอ้างอิง

Jackson, Leslie. INSTRUMENTATION AND CONTROL SYSTEMS. Thomas Reed Publications Limited, P. 313 – 325.

ความปลอดภัยของการสื่อสารข้อมูลทางกว้างระบบดิจิทัล

เรือเอก ดนัย ปณิษา

กองวิชาวิศวกรรมศาสตร์ โรงเรียนนายเรือ

บทนำ

บทความเรื่องนี้เป็น การอธิบายถึงการป้องกันความปลอดภัยของการสื่อสารข้อมูลทางกว้างระบบดิจิทัล (Asynchronous Transfer Mode Security) โดยใช้ระบบความปลอดภัยไว้ที่ Control Plane โดยวิธีใหม่ที่ชื่อว่า Patiyoot's Mechanism

เนื้อเรื่อง

๑. ทัวไป (Introduction)

ในโครงข่ายทางกว้าง (Broadband) นั้นจะใช้การสื่อสารทางกว้างระบบดิจิทัล (Asynchronous Transfer Mode) เป็นหลักซึ่งเป็นการสื่อสารที่รวมการส่ง เสียง รูปภาพ และอื่น ๆ ไว้ด้วยกันและทำการส่งในคราวเดียว ซึ่งการส่งไปยังจุดหมายปลายทางนั้นจะถูกแบ่งการส่งด้วยคุณภาพของการบริการ (Quality of Service) ซึ่งมีค่าบริการที่ต่างกันแล้วแต่องค์กรไหนจะเลือกใช้แบบใด ดังนั้นความจำเป็นในการรักษาความปลอดภัยในการส่งข้อมูลจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งยวดและขาดเสียมิได้ เพื่อมิให้บุคคลที่ไม่ได้สิทธิอันพึงมี กระทำการใด ๆ ที่มีขอบเพื่อให้ได้มาซึ่งสิทธินั้น ๆ

การบริการความปลอดภัย (Security Services) ด้านการสื่อสารข้อมูลทางกว้างระบบดิจิทัล (ATM) ของ Authentication, Confidentiality, Integrity, Access Control, Key Management, Availability หรือ Non-Repudiation นั้นสามารถให้บริการได้ที่ Plane ๓ แห่งด้วยกันคือ

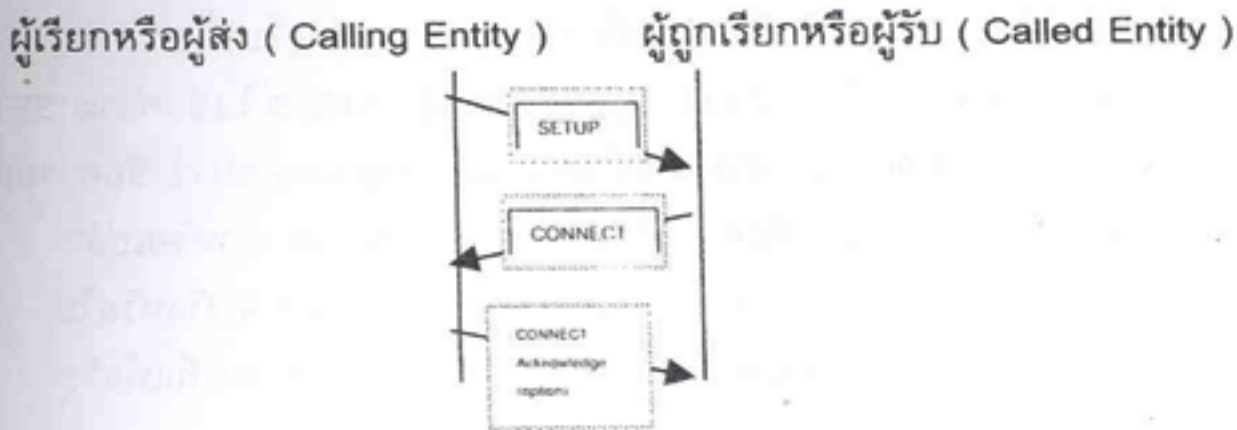
๑. User Plane

๒. Control Plane

๓. Management Plane

๒. ความปลอดภัยที่ชั้นควบคุม (Control Plane Security)

ที่ชั้นควบคุมนี้ สัญญาณควบคุม (Signaling Messages) โดยส่วนใหญ่จะมี ๒ สัญญาณด้วยกันคือ SETUP และ CONNECT และสัญญาณที่ ๓ (CONNECT ACKNOWLEDGEMENT) จะมีหรือไม่มีก็ได้ ดังแสดงในรูปที่ ๑ ซึ่งกระบวนการในรูปนี้จะได้มาซึ่ง Authentication ของสัญญาณควบคุมคือเป็นการบ่งบอกว่าผู้ส่งที่แท้จริงใช้บุคคลที่กล่าวอ้างหรือไม่



รูป ๑ กระบวนการวิธี (Procedure) สำหรับ Authentication ของข้อความสัญญาณ (Signaling Message)

๒.๑ Patiyoot's Mechanism

ส่วนการจัดการบริการความปลอดภัยสำหรับ Authentication และ Key Exchange นั้น เราสามารถกระทำได้โดยการเพิ่ม IE เข้าไปอีก ๑๖ ตัวด้วยกันใน ข้อความ SETUP และ CONNECT โดยในแต่ละ IE จะมีข่าวสารหลายตัว ซึ่ง Authentication และ Key Exchange แสดงได้โดยในรูป ๒

$$A \Rightarrow B \text{ Cert}_A, S_{KSA}((E_{KPB}(A, N_A, T_A))) \quad (\text{Message\#1})$$

$$B \Rightarrow A \text{ Cert}_B, S_{KSB}(E_{KPA}(A, B, N_A, N_B, T_A, T_B, K_{AB})) \quad (\text{Message\#2})$$

รูป ๒ การแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างจุด A และ B เพื่อให้บริการความปลอดภัยของการส่งข้อมูล สำหรับ Authentication และ Key Exchange โดยวิธี Patiyoot's Mechanism

โดย

A :	Identity of Calling Entity	B :	identity of Called entity
Cert _A :	A's public key certificate	Cert _B :	B's public key certificate
N _A :	A's nonce	N _B :	B's nonce
T _A :	Timestamp generated by A	T _B :	Timestamp generated by B
K _{SA} :	Secret key of A	K _{SB} :	Secret key of B
K _{PA} :	Public key of A	K _{PB} :	Public key of B
K _{AB} :	Session key		
S _{KSA} (M) :	Message hashed and signed using A's secret key		
S _{KSB} (M) :	Message hashed and signed using B's secret key		
E _{KPA} (M) :	Message encrypted with A's public key		
E _{KPB} (M) :	Message encrypted with B's public key		

รายละเอียดของ IE ที่เพิ่มเข้ามาอีก ๑๖ ตัวมีรายละเอียดการทำงานดังต่อไปนี้

๑. เมื่อ A ต้องการสื่อสารกับ B, A จะส่งข้อความ IE#13, IE#14 และ IE#1-IE#6 ในข้อความ SETUP, โดย Timestamp (T_A) และ Nonce (N_A) ที่ส่งไปใน IE#14 จะใช้ตรวจสอบในเวลาต่อมาว่าข้อความนั้น ๆ ที่ส่ง T_A และ N_A มาด้วย ใหม่ (fresh) หรือไม่ และข้อความได้ถูกส่งถ่าย (relayed) มาหรือเปล่า
๒. เมื่อ B ได้รับข้อความที่ A ส่งมา, B จะทำการตรวจสอบ Certificate ว่าเป็นของ A จริงหรือไม่
๓. หลังจากนั้น B จึงนำ Public key ที่อยู่ใน Certificate มาใช้ตรวจสอบ การเป็นตัวตนที่แท้จริง (Authentication) ของ A
๔. หลังจาก B แนใจแล้วว่าผู้ที่ส่งข้อความมาคือ A, B จะส่งข้อความ IE#15, IE#16 และ IE#7-IE#12 ในข้อความ CONNECT เพื่อให้ A ตรวจสอบ การเป็นตัวตนที่แท้จริง (Authentication) ของ B, โดย Timestamp (T_B) และ Nonce (N_B) ที่ส่งไปใน IE#16 จะใช้ตรวจสอบในเวลาต่อมาว่าข้อความนั้น ๆ ที่ส่ง T_B และ N_B มาด้วย ใหม่ (Fresh) หรือไม่ และข้อความได้ถูกส่งถ่าย (Relayed) มาหรือเปล่า
๕. ถ้า A ตรวจสอบแล้วว่า B เป็นตัวตนที่แท้จริง A จะส่งข้อความ CONNECT Acknowledge และจะนำ Session key K_{AB} ไปใช้ในโอกาสต่อไป ถ้า A ตรวจสอบแล้วว่า B เป็นตัวตนที่ไม่แท้จริง, A จะส่งข้อความ RELEASE

โดยแสดงเป็นขั้นตอนได้คือ IE#1-IE#6 อยู่ในข้อความ SETUP

IE#1 : Calling Entity identifier

IE#2 : Type of confidentiality, Integrity, Key Exchange

IE#3 : Function type: real time, non real time

IE#4 : Confidentiality parameter: list of algorithm

IE#5 : Integrity parameter: list of algorithm

IE#6 : Key Exchange parameter: list of algorithm

โดย Calling Entity Identifier ใน IE#1 คือการแสดงตัวตนของผู้ส่งและจะถูกเก็บไว้ที่ผู้รับตลอดเวลาการติดต่อสื่อสาร ผู้ส่งจะถามผู้รับในข้อความ IE#2 ว่าต้องการความปลอดภัยรุ่นไหนจากตัวเลือกคือ Confidentiality, Integrity หรือ Key Exchange หรือทุกตัว ผู้ส่งจะตอบมาโดยข้อความ IE#8, ใน IE#3 ผู้ส่งจะถามผู้รับว่าต้องการฟังก์ชันแบบ Real Time หรือ non real time โดยผู้รับจะตอบมาใน IE#9

ใน IE#4 ผู้ส่งจะให้ผู้รับเลือก ตัวแปร (Parameter) ของ Confidentiality โดยผู้รับจะตอบมาใน IE#10 ใน IE#5 ผู้ส่งจะให้ผู้รับเลือก ตัวแปร (Parameter) ของ Integrity โดยผู้รับจะตอบมาใน IE#11 ใน IE#6 ผู้ส่งจะให้ผู้รับเลือก ตัวแปร (Parameter) ของ Key Exchange โดยผู้รับจะตอบมาใน IE#12

IE#7-IE#12 อยู่ในข้อความ CONNECT

IE#7 : Called Entity identifier

IE#8 : Chosen Type of Confidentiality, Integrity, Key Exchange

IE#9 : Chosen Function Type

IE#10 : Chosen Confidentiality parameter: chosen algorithm

IE#11 : Chosen Integrity parameter: chosen algorithm

IE#12 : Chosen key Exchange: chosen algorithm

ข้อความ IE#13 และ IE#14 นั้นอยู่ในข้อความ SETUP เพื่อการทดสอบ Authentication และ Key Exchange โดยเมื่อ B รับข้อความ, B ก็จะตรวจสอบว่าตัวเองเป็นผู้ที่ A ติดต่อด้วยหรือไม่และ A เป็นผู้ส่งตัวจริงหรือไม่ หลังจากนั้น B จะทำการดึงเอาข้อมูลออกจาก $Cert_A$ เพื่อพิสูจน์ว่าข้อมูลนั้นสามารถใช้งานได้ ตรวจสอบ Signature ของ A เพื่อ Integrity

IE#13 : $Cert_A$

IE#14 : $S_{KSA}(E_{KPB}(A, N_A, T_A))$

ข้อความ IE#15 และ IE#16 นั้นอยู่ในข้อความ CONNECT เพื่อการทดสอบ Authentication และ Key Exchange โดยเมื่อ A รับข้อความ, A ก็จะตรวจสอบว่าตัวเองเป็นผู้ที่ B ติดต่อด้วยหรือไม่และ B เป็นผู้ส่งตัวจริงหรือไม่ หลังจากนั้น A จะทำการดึงเอาข้อมูลออกจาก $Cert_B$ เพื่อพิสูจน์ว่าข้อมูลนั้นสามารถใช้งานได้ ตรวจสอบ Signature ของ B เพื่อ Integrity

IE#15 : $Cert_B$

IE#16 : $S_{KSB}(E_{KPA}((A, B, N_A, N_B, T_A, T_B, K_{AB}))$

สรุป

เอกสารเรื่องนี้เป็นกรออธิบายถึงการป้องกันความปลอดภัยของการสื่อสารข้อมูลทางกว้างระบบดิจิทัล (Asynchronous Transfer Mode Security) แบบ Authentication และ Key Exchange โดยใส่ระบบความปลอดภัยไว้ที่ Control Plane โดยการเพิ่มข้อความ IE#1 ถึง IE#16 เข้าไปที่ข้อความสัญญาณ

อ้างอิง

๑. M. Laurent, "Securing communications over ATM", Proceeding of IFIPSEC 13 th International Security Conference, 1997.
๒. M. Laurent, "ATM Security State of the Art", Proceeding of ATM development, March 1998.
๓. R.H. Deng et al, "Securing Data transfer in Asynchronous Mode Networks", Proceeding GLOBECOM'95, November 13-17 1995, pp.1198-1203.
๔. L. Hansen, "The impact of ATM on Security in the Data Network", Compsec international proceeding, 1995, pp.318-324.
๕. S.C. Chuang, "Securing ATM networks", 3th ACM Conference on Computer Communication Security, 1996.

EMI กับ IC เทคโนโลยี

แปลและเรียบเรียงโดย
นาวาเอก มิว อิมวิทธา

การเกิด EMI

Electromagnetic Interference (EMI) เกิดขึ้นเมื่อมีการไหลของกระแสไฟฟ้าผ่านตัวนำ โดยเป็นไปตามกฎของ Faraday ตามปรกติวงจรไฟฟ้าได้มีการป้องกันและลด EMI ด้วยวิธีการต่าง ๆ กัน เช่น การกรอง (Filtering) และการกั้น (Blocking) ซึ่งสามารถกระทำได้ทั้งในวงจรหรือที่อุปกรณ์เชื่อมต่อกับระบบนั้น ๆ EMI ที่เกิดจาก Printed Circuit Board (PCB) สามารถควบคุมได้จากค่าของ Capacitance และ Inductance ที่เกิดขึ้นจากลายวงจรในชั้นต่าง ๆ ของ PCB

เมื่อ IC มีการเปลี่ยนแปลงสถานะจาก Low-to-high หรือ High-to-low สิ่งแฝงอยู่จากการเปลี่ยนแปลงสถานะเมื่อมีความถี่สูง ๆ คือ Harmonics ของ Frequency Spectrum ซึ่งจะมีผลโดยตรงต่อ Bandwidth ของคลื่น EMI ที่แพร่กระจายออกมา โดยจะมีสิ่งที่เป็นตัวการสำคัญคือช่วงเวลา Rise Time ของการเปลี่ยนแปลงสถานะตามการคำนวณจากสูตร

$$F = 0.35/TR$$

เมื่อ F คือความถี่ของ EMI emission bandwidth (GHz) และ Tr คือช่วงเวลา Rise Time หรือ Fall Time ของการเปลี่ยนแปลงสถานะ (Nanoseconds)

การเปลี่ยนแปลงสถานะของ IC ทำให้เกิดการไหลของกระแสไฟฟ้า ด้วยเหตุนี้จะมีสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กเกิดขึ้นตามความถี่ที่คำนวณได้จากข้างต้น นอกจากนี้ความเข้มข้นของสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กที่แพร่กระจายออกไปจาก PCB ยังขึ้นอยู่กับค่า Capacitance และ Inductance ของลายวงจรภายใน PCB รวมทั้งการกำหนดจุดเชื่อมต่อสัญญาณที่ไม่เหมาะสมหรือไม่สมดุลย์ใน PCB จะทำให้ค่า EMI สูงขึ้นอีกด้วย

ส่วนสำคัญอีกประการหนึ่งที่ทำให้มีการแพร่กระจายของ EMI คือ การเกิด Voltage Transients ในส่วนของ Power Bus สาเหตุที่เกิดเนื่องจากการที่ IC มีการเปลี่ยนแปลงสถานะของ Output ทำให้ดึงกระแสไฟฟ้าส่วนหนึ่งจาก Power Bus ด้วยความถี่ที่สูงมาก เราสามารถคำนวณ Voltage Transients ได้จาก

$$V = L \frac{di}{dt}$$

โดยที่

L	=	ค่า Inductance ของตัวนำที่กระแสไหลผ่าน
di	=	การเปลี่ยนแปลงของกระแสในช่วง Rise Time
dt	=	ช่วงเวลา Rise Time

การควบคุม EMI ใน IC

IC ทำจากชิ้นส่วนเล็ก ๆ ของสารซิลิกอนที่มีการกระตุ้นให้ทำงานตามค่าของกระแสไฟฟ้าที่ป้อนให้มัน ชิ้นส่วนของสารซิลิกอนเหล่านี้ถูกวางไว้บนแผ่น PCB เล็ก ๆ ภายใน IC และใช้การหล่อพลาสติกหุ้มเพื่อให้เป็นรูปร่างตัวถัง (Package) ของ IC ตามที่กำหนด การวางชิ้นส่วนของสารซิลิกอนบน PCB มีวิธีการเชื่อมต่อสัญญาณได้ ๒ วิธีคือ การใช้ Bond Wire และการสัมผัสโดยตรง โดยมีค่าของ Coefficient of Thermal Expansion (CTE) ของซิลิกอนและ PCB รวมทั้งค่า Inductance ของ Bond Wire เป็นสิ่งที่จะต้องพิจารณาประกอบ

การใช้ Bond Wire คือการใช้เส้นตัวนำขนาดเล็กมากมาเชื่อมต่อระหว่างจุดในชั้นซิลิกอนและ PCB โดยใช้กาวเป็นตัวยึด ค่า Inductance ใน Bond Wire จะทำให้เกิด EMI ได้เช่นกัน ในส่วนของการสัมผัสโดยตรง จะมีปัญหาเมื่อเกิดความร้อนขึ้นภายใน IC ทำให้สารทั้งสองชนิดที่มีค่า CTE ต่างกันเกิดการขยายตัวไม่เท่ากัน มีผลให้จุดสัมผัสไม่เชื่อมต่อกัน ซึ่งอาจทำให้ IC หยุดการทำงานได้ ดังนั้น วิธีการนี้น่าจะเหมาะสมมากที่สุด หากเราสามารถหาสารที่ใช้ทำ PCB ที่มีค่า CTE น้อยที่สุด

การกำหนดสัญญาณและไฟเลี้ยงให้กับ pin ของ IC ก็มีส่วนสำหรับการเกิดค่า Inductance และ Capacitance เช่นกัน โดยหลักการแล้วการออกแบบ IC ในระหว่างคู่สัญญาณหรือคู่ไฟเลี้ยงต้องทำให้มีค่า Inductance ต่ำ และค่า Capacitance สูง กฎทั่ว ๆ ไปคือ จะต้องมีการกำหนด Power Pin และ Ground Pin ให้เป็นคู่กันเสมอและควรอยู่ใกล้เคียงกัน รวมทั้งการกำหนด Pin ในกลุ่มของ Signal Pins ไม่ควรเกิน 8 Pins ต่อกลุ่ม และควรให้มี Return Pin ของแต่ละกลุ่มอยู่ตรงกลางของกลุ่มนั้น ๆ

ส่วนที่สำคัญอีกประการหนึ่งในการควบคุม EMI ใน IC ก็คือจำนวน Layer ของ PCB ที่ใช้ภายใน IC ตามปรกติแล้วจะมีค่า Impedance Plane เกิดขึ้นในระหว่าง Layer ต่าง ๆ โดยทั่ว ๆ ไปการออกแบบ PCB ด้วยจำนวน 4 Layers จะทำให้ในระหว่าง Plane ของ Layer มีค่า Inductance ต่ำ และค่า Capacitance สูง ซึ่งจะทำให้ค่าของ Impedance Plane ลดต่ำลง ส่งผลให้ค่าของ EMI เนื่องจาก Voltage Transient ใน Power Bus มีค่าลดลงด้วย

EMI ยังเกิดขึ้นได้จากระบบการจ่ายไฟเลี้ยงภายในตัว IC เรียกว่า Power System Decoupling ซึ่งจะต้องทำให้มี Voltage Drop ใน Power Bus น้อยที่สุด เรามีวิธีการควบคุมคือการใช้ Decoupling Capacitor บน PCB ใน IC นั้น ๆ

การ Reflect ของสัญญาณใน Transmission Line ใน IC มีส่วนทำให้เกิด EMI ด้วยเช่นกัน ดังนั้น จะต้องพิจารณาการใช้ Terminator กับ Transmission Line ที่เหมาะสมเพื่อลดการ Reflect ของสัญญาณ เพื่อให้ EMI ลดลง

การพิจารณาเลือก IC

จุดหลัก ๆ ในการพิจารณาเลือก IC มาใช้งานในระบบ เพื่อให้เกิด EMI ในวงจรมีน้อยที่สุด สามารถพิจารณาจากลักษณะ Package ของ IC ได้ดังนี้

- มีจำนวนอุปกรณ์ Surface mount (SMT) บน IC ที่ไม่มากนัก
- มี Power Plane และ Ground Plane ใน Layer ของ PCB
- ใช้การสัมผัสโดยตรงระหว่างซิลิกอนกับ PCB
- มีการกำหนด Pin ไฟเลี้ยงเป็นคู่ และมีหลายคู่
- มี Ground Pin ที่เหมาะสมหรือสัมพันธ์กับ Signal Pin
- ในส่วนของ Clock Signal Pin มีการ Ground อย่างถูกต้อง
- เลือก IC ที่มีการใช้ Vcc ค่าต่ำ ๆ
- มี High Frequency Decoupling Capacitor อยู่ภายใน IC
- มีการใช้ Terminator ทั้งด้านสัญญาณ Input และ Output
- มีการควบคุม Slew Rate ของสัญญาณ Outputs

คุณลักษณะต่าง ๆ ของ IC เหล่านี้จะบอกเอาไว้ใน Data Sheet ของบริษัทผู้ผลิตที่เราสามารถจะตรวจสอบได้ วิธีการที่ใช้ในการพิจารณาโดยทั่วไปคือ พยายามหา IC ที่มีค่า Rise Time มากที่สุดเท่าที่จะเหมาะสมกับระบบที่เราออกแบบ

เอกสารอ้างอิง

Hartley, Rick **Electromagnetic Interference vs. IC Technology**, Electronics Engineering Times, July 1-15, 2001, p.42 p.52-53.

เซลล์เชื้อเพลิงพลังงาน ที่เป็นมิตรกับสภาพแวดล้อม

ศาสตราจารย์ พิเศษ พิชัย ทัพไชย
อาจารย์พิเศษ ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล

ในปัจจุบันเป็นที่ทราบกันดีอยู่แล้วว่าเรากำลังประสบปัญหา เรื่องของการขาดแคลนพลังงานและสภาพแวดล้อมซึ่งส่งผลต่อชีวิตและความเป็นอยู่เป็นอย่างมาก เชื้อเพลิงที่มีการนำมาใช้ในปัจจุบันนั้นเป็นเชื้อเพลิงที่เกิดจากการทับถมของซากพืชและสัตว์ (Fossil Fuel) เป็นส่วนใหญ่ โดยนำมาใช้กับเครื่องยนต์สันดาปภายในโดยทำปฏิกิริยาทางเคมีกับอากาศ ได้เป็นพลังงานความร้อนและเปลี่ยนเป็นพลังงานกล ความร้อนและผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการเผาไหม้ เป็นต้นเหตุของการทำให้เกิดปรากฏการณ์สภาวะเรือนกระจกอยู่ในทุกวันนี้ ด้วยเหตุนี้จึงมีการพัฒนาเซลล์เชื้อเพลิงซึ่งสามารถใช้สารทำงานได้หลายประเภท นอกเหนือจากน้ำมันเชื้อเพลิงและก๊าซธรรมชาติทำให้สามารถเลือกใช้สารเชื้อเพลิง ตามทรัพยากรที่มีอยู่อย่างเหมาะสม เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน และลดปริมาณการใช้ น้ำมันเชื้อเพลิงที่นับวันจะหมดไปจากโลกได้เป็นอย่างดี เซลล์เชื้อเพลิงทำงานโดยอาศัยหลักการของการทำปฏิกิริยาทางเคมีของสารเชื้อเพลิง ภายใต้ อุณหภูมิที่ต่ำกว่ามาก และผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากทำปฏิกิริยาทางเคมีนั้นจะเป็นน้ำโดยส่วนใหญ่ จึงน่าจะเป็นทางเลือกใหม่ของการนำทรัพยากรมาใช้ โดยทำให้เกิดผลเสียต่อสภาวะแวดล้อมน้อยที่สุด

วิวัฒนาการของ Fuel Cell

หลักการและทฤษฎีของเซลล์เชื้อเพลิงรู้จักกันมาเป็นเวลามากกว่า ๑๕๐ ปีแล้ว โดย Sir William Grove ชาวอังกฤษ ผู้ซึ่งได้รับการยกย่องให้เป็นบิดาของเซลล์เชื้อเพลิง เขาทำการทดลองแยกน้ำด้วยไฟฟ้า ในปี ๑๘๓๙ และให้เหตุผลความเป็นไปได้ที่จะทำปฏิกิริยาของน้ำย้อนกลับมาเป็นก๊าซไฮโดรเจนและก๊าซออกซิเจนในการผลิตพลังงานไฟฟ้า ซึ่งต่อมาในปี ๑๘๘๙ มีการกำหนดคำว่า เซลล์เชื้อเพลิงขึ้นโดย Ludwig Mond และ Charles Lange ผู้สร้างเซลล์เชื้อเพลิงเพื่อใช้ผลิตพลังงานให้อุปกรณ์ที่ใช้ในงานอุตสาหกรรมโดยใช้อากาศและก๊าซธรรมชาติเป็นสารทำงาน

ในต้นศตวรรษที่ ๒๐ มีการพยายามสร้างเซลล์เชื้อเพลิงที่สามารถเปลี่ยนถ่านหินหรือถ่าน มาเป็นพลังงานไฟฟ้าโดยตรง แต่ความพยายามก็ยังคงประสบความล้มเหลวอันเป็นผลเนื่องมาจากการขาดความรู้ความเข้าใจเรื่องของวัสดุและการเกิดปฏิกิริยาที่ขั้วของตัวนำไฟฟ้า ในขณะเดียวกันเครื่องยนต์สันดาปภายใน ได้ถูกพัฒนาและมีการศึกษาถึงลักษณะของขั้นตอนการทำงานเป็นอย่างดี การค้นพบน้ำมันเชื้อเพลิงและ



มีการนำมาใช้ประโยชน์อย่างแพร่หลาย เป็นผลให้การพัฒนาเครื่องยนต์ที่ใช้พลังงานไฟฟ้าและพลังงานเคมีไฟฟ้าถูกแทนที่อย่างรวดเร็ว

เซลเชื้อเพลิงถูกสร้างจนเป็นผลสำเร็จในปี ๑๙๓๒ โดย Francis Bacon ซึ่งปรับปรุงสารเร่งปฏิกิริยาที่ใช้แพลตตินัมที่ประดิษฐ์โดย Mond และ Lange ด้วยก๊าซไฮโดรเจนและก๊าซออกซิเจนโดยใช้สารอัลคาไลน์ที่มีคุณสมบัติการสีก้อนน้อยเป็นตัวกลางและใช้ขั้วไฟฟ้าที่ทำจากนิกเกิล อย่างไรก็ตามการพัฒนา ก็ยังไม่ประสบความสำเร็จมากนักจนกระทั่งในปี ๑๙๕๙ ซึ่ง Bacon และผู้ร่วมงานได้สร้างเซลเชื้อเพลิง ขนาด ๕ กิโลวัตต์สามารถนำมาใช้งานกับเครื่องเชื่อมโลหะได้และในปีเดียวกันนั้นเอง Henry Karl Ihrig จากบริษัท Allis-Charlmer Manufacturing Company, ประเทศสหรัฐอเมริกา ได้สร้างรถแทรกเตอร์ที่ขับเคลื่อนด้วยเซลเชื้อเพลิงขนาด ๒๐ แรงม้าออกมาใช้งานเป็นผลสำเร็จ

ในปลายทศวรรษ ๑๙๕๐ องค์การ NASA ได้พยายามสรรหาอุปกรณ์เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีขนาดเล็กเพื่อใช้งานกับยานอวกาศ หลังจากที่ได้มีการพิจารณาว่าการใช้อุปกรณ์ที่เป็นระบบนิวเคลียร์มีความเสี่ยงมากเกินไป ส่วนการใช้แบตเตอรี่แบบที่ใช้งานกันอยู่โดยทั่วไปนั้นก็มีน้ำหนักมาก และมีอายุการใช้งานสั้น เซลเชื้อเพลิงจึงน่าจะเป็นทางเลือกที่เหมาะสม NASA จึงได้ให้การสนับสนุนเงินทุนให้กับนักวิจัยในโครงการต่าง ๆ มากกว่า ๒๐๐ โครงการในการวิจัยเซลเชื้อเพลิงเพื่อใช้ในโครงการ Apollo และกระสวยอวกาศ ซึ่งพิสูจน์แล้วว่าเซลเชื้อเพลิงเป็นทางเลือกที่เหมาะสมกับโครงการทางอวกาศ

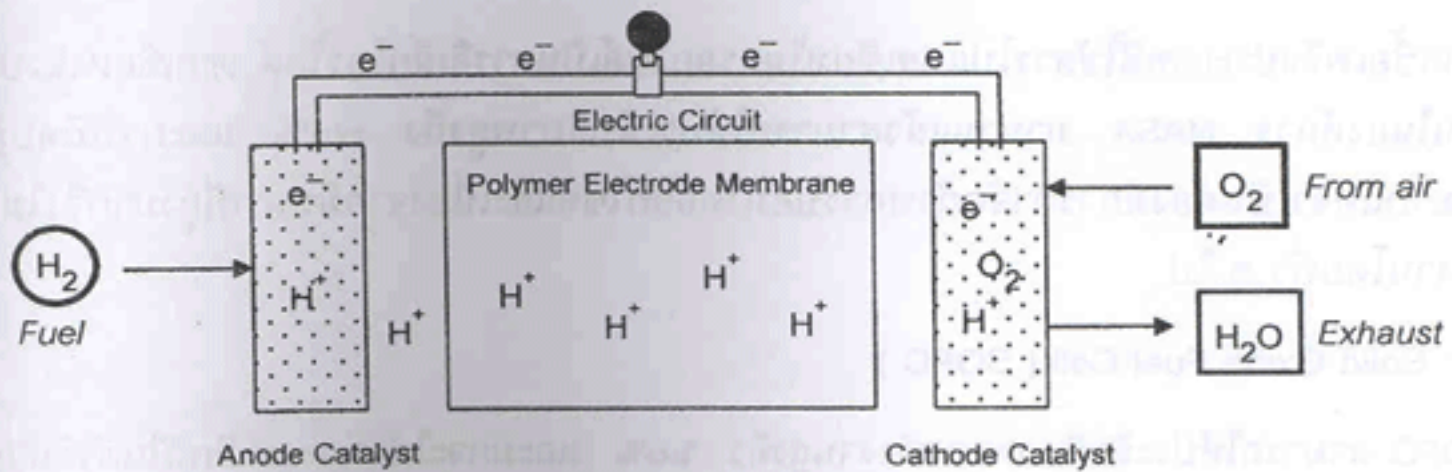
จากความสำเร็จในครั้งนั้นทำให้มีการคาดการณ์กัน ในทศวรรษ ๑๙๖๐ ว่าเซลเชื้อเพลิงน่าจะเป็นอุปกรณ์ที่สามารถแก้ไขปัญหาในเรื่องการขาดแคลนพลังงานของโลกได้ ด้วยคุณสมบัติของเซลเชื้อเพลิงคือ มีขนาดเล็ก มีประสิทธิภาพสูง มีการปล่อยสารที่ก่อให้เกิดมลพิษต่อสภาพแวดล้อมน้อย ใช้ปริมาณน้ำเพียงเล็กน้อย และผลิตภัณฑ์ที่เหลือออกจากระบบโดยส่วนใหญ่มีแต่เพียงน้ำเท่านั้น เซลเชื้อเพลิงจึงน่าจะสามารถนำมาผลิตพลังงานให้กับประชากรบนโลก ได้โดยไม่ทำให้เกิดมลพิษต่อสภาพแวดล้อม

ปัญหาที่เกิดขึ้นในตอนเริ่มต้นของการนำเซลเชื้อเพลิงที่ถูกออกแบบมาเพื่อใช้ในงานด้านอวกาศเพื่อนำมาใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าบนโลกก็คือ สารอัลคาไลน์ที่ถูกออกแบบมานั้นต้องการสารทำงานคือ ก๊าซไฮโดรเจนที่บริสุทธิ์มาป้อนเข้าสู่ระบบ ซึ่งก่อให้เกิดปัญหาในกรณีที่น่าเซลเชื้อเพลิงมาใช้งานกับสารทำงานที่มีใช้อยู่โดยทั่วไป เช่น ก๊าซธรรมชาติหรือถ่านหินซึ่งมีค่าความบริสุทธิ์น้อยส่งผลให้เซลเชื้อเพลิงมีอายุการใช้งานสั้นลง

อย่างไรก็ตามในระยะ ๑๐ ปีที่ผ่านมา มีองค์กรและบริษัทจำนวนมากทั้งประเทศในยุโรปและสหรัฐอเมริกา เช่น Electric Power Research Institute, the American Gas Association, the Gas Research Institute, Committed Groups of Electric and Utilities ทำการศึกษาค้นคว้าและผลิตต้นแบบของเซลเชื้อเพลิงเป็นอุปกรณ์ในการผลิตกระแสไฟฟ้าโดยการสนับสนุนจากประเทศในยุโรปและญี่ปุ่นจนสามารถสร้างเซลเชื้อเพลิงแบบกรดฟอสฟอรัสขนาด ๑๑ เมกกะวัตต์ขึ้นมาใช้งานได้ที่กรุงโตเกียว ประเทศญี่ปุ่น และขนาด ๒๐๐ กิโลวัตต์ในประเทศต่าง ๆ มากกว่า ๑๐๐ แห่งทั่วโลก

หลักการการทำงานของเซลล์เชื้อเพลิง

การทำงานของเซลล์เชื้อเพลิงมีลักษณะเช่นเดียวกับแบตเตอรี่ที่มีใช้งานอยู่โดยทั่วไป ที่อาศัยหลักการของการทำปฏิกิริยาของสารเคมีเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้า แต่จะแตกต่างกันตรงที่แบตเตอรี่นั้นสารทำงานที่เป็นแหล่งพลังงานจะถูกเก็บอยู่ภายในตัวของแบตเตอรี่ เมื่อมีการใช้งานไปแล้วก็ต้องมีการนำประจุก่อนนำกลับไปใช้งานใหม่ ในขณะที่เซลล์เชื้อเพลิงนั้นสามารถใช้งานได้นานติดต่อกันเท่าที่มีการส่งสารทำงานเข้าสู่ระบบ



รูปที่ ๑ พื้นฐานการทำงานของ เซลล์เชื้อเพลิง

ลักษณะการทำงานของเซลล์เชื้อเพลิงสามารถแสดงได้ดังรูปที่ ๑ โดยส่วนประกอบพื้นฐานของเซลล์เชื้อเพลิงนั้นจะประกอบไปด้วยแผ่นแอโนดและคาโทด ที่มีลักษณะเป็นรูพรุนบรรจุสาร Electrolyte ไว้ภายใน โดยแผ่นแอโนดจะถูกเคลือบไว้ด้วยสารเร่งการเกิดปฏิกิริยา ก๊าซไฮโดรเจนจะถูกส่งเข้าสู่ระบบ

ทางด้านแอโนดซึ่งก๊าซไฮโดรเจนจะถูกกระตุ้นจากสารเร่งการเกิดปฏิกิริยาให้แยกอิเล็กตรอนและส่งให้กับแผ่นแอโนด ก๊าซไฮโดรเจนที่ถูกเปลี่ยนสถานะเป็นไฮโดรเจนไอออนหรือโปรตอน (H^+) จะเคลื่อนที่ผ่านแผ่นแอโนดและอิเล็กโตรไลต์ไปยังแผ่นคาโทด อิเล็กตรอนที่ถูกแยกออกมาจะเคลื่อนที่ผ่านสายไฟฟ้าออกไปยังภาระภายนอกที่ต่ออยู่กับเซลล์เชื้อเพลิง การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนทำให้เกิดพลังงานไฟฟ้าตามทฤษฎีของสนามแม่เหล็กไฟฟ้า อิเล็กตรอนจะกลับเข้าสู่ระบบที่แผ่นคาโทด ก๊าซออกซิเจนจากบรรยากาศจะถูกส่งเข้าสู่ระบบทางด้านแผ่นคาโทด ที่แผ่นคาโทดไฮโดรเจนไอออนหรือโปรตอนจะรับอิเล็กตรอนและทำปฏิกิริยากับก๊าซออกซิเจนกลายเป็นน้ำและปล่อยพลังงานความร้อนออกมาทำให้น้ำที่เกิดกลายเป็นไอน้ำ ไอน้ำที่ได้จากปฏิกิริยาทางเคมีที่คาโทดส่วนหนึ่งจะถูกส่งไปทางด้านแอโนดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการทำปฏิกิริยาทางเคมีของก๊าซไฮโดรเจนกับสารเร่งปฏิกิริยา สารทำงานที่ถูกนำมาใช้งานกับเซลล์เชื้อเพลิง นั้นมีด้วยกันหลายประเภทขึ้นอยู่กับคุณลักษณะของการออกแบบและสารที่ใช้เป็นตัวเร่งการเกิดปฏิกิริยา ทำให้สามารถออกแบบเซลล์เชื้อเพลิงได้หลายประเภทตามลักษณะของสารเชื้อเพลิงและสารเร่งปฏิกิริยาที่เหมาะสม

การแบ่งประเภทของ Fuel Cell

จากที่ได้กล่าวมาแล้วในตอนต้นคือเซลล์เชื้อเพลิงจะทำงานโดยอาศัยหลักการของการทำปฏิกิริยาทางเคมีของสารเชื้อเพลิงแล้วก่อให้เกิดกระแสไฟฟ้า เซลล์เชื้อเพลิงแต่ละชนิดมีลักษณะแตกต่างกันที่การทำงานและคุณลักษณะของสาร Electrolyte ซึ่งมีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกันออกไป การแบ่งประเภทของเซลล์เชื้อเพลิงจึงใช้คุณลักษณะของสารเชื้อเพลิงและชนิดของสารเร่งปฏิกิริยา ซึ่งสามารถแบ่งชนิดของเซลล์เชื้อเพลิง ได้ดังนี้

๑. Alkaline Fuel Cell

เซลล์เชื้อเพลิงประเภทนี้ใช้สารโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์เป็นสารอิเล็กโทรไลต์ เซลล์เชื้อเพลิงประเภทนี้มีการใช้งานในองค์การ NASA มานานแล้วสามารถให้ประสิทธิภาพสูงถึง ๗๐% และการเกิดปฏิกิริยาที่คาโทดเร็วมากแต่จำเป็นต้องมีการกำจัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และเนื่องจากมีราคาที่สูงมากจึงไม่เหมาะที่จะนำมาใช้งานโดยทั่ว ๆ ไป

๒. Solid Oxide Fuel Cell (SOFC)

SOFC สามารถให้ประสิทธิภาพการทำงานสูงถึง ๖๐% และมักจะใช้แผ่นเซรามิกเป็นตัวอิเล็กโทรไลต์ แทนที่จะเป็นสารอิเล็กโทรไลต์ที่เป็นของเหลวเหมือนกับเซลล์เชื้อเพลิงประเภทอื่น ๆ จึงทำให้ SOFC สามารถรองรับงานที่มีอุณหภูมิสูงมาก ๆ ได้ ข้อเสียของเซลล์เชื้อเพลิงประเภทนี้ ก็คือความร้อนที่เกิดขึ้นสามารถทำความเสียหายให้กับส่วนประกอบอื่น ๆ ได้

๓. Phosphoric Acid Fuel Cell (PAFC)

สามารถให้ประสิทธิภาพสูงถึง ๘๕% ใช้วัสดุที่เคลือบด้วยกรดฟอสฟอรัสเป็นตัวอิเล็กโทรไลต์ สามารถใช้งานในย่านอุณหภูมิ 175-200^oC ได้ ข้อดีของเซลล์เชื้อเพลิงชนิดนี้คือสามารถใช้สารไฮโดรเจนที่ไม่บริสุทธิ์ได้ แต่ข้อเสียของเซลล์เชื้อเพลิงชนิดนี้ก็คือนำมาใช้แพลตตินัมซึ่งมีราคาแพงเป็นสารเร่งการเกิดปฏิกิริยา โดยให้กำลังและความต่างศักย์ต่ำและมีขนาดใหญ่ มักใช้กับงานประเภทโรงผลิตไฟฟ้า และการขนส่ง

๔. Polymer Electrolyte Membrane (PEM)

เซลล์เชื้อเพลิงประเภทนี้จะใช้แผ่นพลาสติกบาง ๆ เป็นสารอิเล็กโทรไลต์ที่สามารถยอมให้อนุภาคไฮโดรเจน อีออนเคลื่อนที่ผ่านโดยผิวของแผ่นตัวนำจะถูกเคลือบไว้บาง ๆ ด้วยโลหะอัลลอยด์ซึ่งโดยส่วนใหญ่จะเป็นแพลตตินัมทำหน้าที่เป็นสารเร่งปฏิกิริยา เซลล์เชื้อเพลิงประเภทนี้จะทำงานที่อุณหภูมิต่ำกว่าเซลล์เชื้อเพลิงประเภทอื่น ๆ (ประมาณ 200^oF หรือ 90^oC) สามารถผลิตพลังงานในย่านสูง ทำให้สามารถรองรับการเปลี่ยนแปลงภาระอย่างรวดเร็วได้ ที่สำคัญคือสามารถออกแบบให้มีขนาดเล็ก จึงเหมาะสมกับอุปกรณ์ประเภทเครื่องยนต์ขับเคลื่อนที่ต้องการ ความรวดเร็วในการเริ่มต้น และการเปลี่ยนแปลงภาระตามสถานการณ์ต่าง ๆ อย่างรวดเร็ว

๕. Molten Carbonate

ใช้สารจำพวก ลิเทียม, โซเดียม หรือ โปแตสเซียมคาร์บอเนต เป็นสารอิเล็กโทรไลต์ใช้งานในย่านความร้อนสูงประมาณ 600-1000°C ทำให้เกิดข้อได้เปรียบคือให้ประสิทธิภาพที่สูงและสามารถใช้เชื้อเพลิงได้หลายชนิด เนื่องจากสารไฮโดรคาร์บอนที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่สามารถแตกตัวเป็นโมเลกุลขนาดเล็กได้ที่อุณหภูมิสูง ๆ และยังสามารถเลือกใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีราคาถูกได้ด้วย ข้อเสียของเซลล์เชื้อเพลิงประเภทนี้ก็คือความร้อนที่เกิดขึ้นสามารถทำให้เกิดการผุกร่อนขึ้นกับส่วนอื่น ๆ ได้เช่นกัน

ข้อเปรียบเทียบระหว่างเซลล์เชื้อเพลิง, แบตเตอรี่ และเครื่องยนต์สันดาปภายใน

พลังงานที่เรานำมาใช้งานในชีวิตประจำวันนั้น โดยส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของพลังงานไฟฟ้าและพลังงานกลที่นำไปใช้งานกับอุปกรณ์และเครื่องจักรต่าง ๆ ในกรณีของการใช้พลังงานไฟฟ้าเครื่องยนต์สันดาปภายในจะเปลี่ยนพลังงานเคมี ของสารเชื้อเพลิงเป็นพลังงานความร้อนและพลังงานกล เพื่อใช้ในการขับเคลื่อนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในการผลิตกระแสไฟฟ้า จากกระบวนการการเปลี่ยนแปลงรูปแบบของพลังงานจะเห็นว่าเครื่องยนต์สันดาปภายในจะต้องทำงานในย่านของอุณหภูมิสูง ๆ ก่อให้เกิดเสียงดังอันเป็นผลมาจากการเคลื่อนที่ของชิ้นส่วนกลไกต่าง ๆ พร้อมทั้งปล่อยผลิตภัณฑ์คือ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ก่อให้เกิดสภาวะเรือนกระจกออกสู่สภาพแวดล้อม ซึ่งจะแตกต่างจากเซลล์เชื้อเพลิงและแบตเตอรี่ที่เปลี่ยนพลังงานเคมีของสารเชื้อเพลิงเป็นพลังงานกล เพื่อใช้ในการขับเคลื่อนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจึงทำงานด้วยความเงียบและเนื่องจากไม่มีชิ้นส่วนของอุปกรณ์ที่เคลื่อนที่ การสูญเสียของพลังงานในช่วงของพลังงานกล เซลล์เชื้อเพลิงและแบตเตอรี่จึงให้ประสิทธิภาพที่สูงกว่า นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากกระบวนการเปลี่ยนรูปพลังงานของเซลล์เชื้อเพลิงจะเกิดในย่านอุณหภูมิต่ำ เมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องยนต์สันดาปภายในและผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นโดยส่วนใหญ่เป็นน้ำ จึงไม่เกิดผลกระทบต่อกระบวนการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อม

ในกรณีของการนำพลังงานกลไปใช้กับการขนส่ง รถยนต์จะได้รับพลังงานโดยตรงจากเซลล์เชื้อเพลิงที่ใช้ก๊าซไฮโดรเจน ซึ่งแน่นอนว่าไม่มีกระบวนการของการจุดระเบิดเข้ามาเกี่ยวข้องการทำปฏิกิริยาของก๊าซไฮโดรเจนและก๊าซออกซิเจน ก็กระทำในย่านที่อุณหภูมิต่ำมากเมื่อเทียบกับเครื่องยนต์สันดาปภายใน พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ก็จะนำไปใช้ในการขับเคลื่อนชิ้นส่วนต่าง ๆ โดยตรง ที่สำคัญก็คือ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการทำปฏิกิริยาเคมีของสารทำงานกับอากาศ คือไอน้ำซึ่งไม่ก่อให้เกิดผลเสียกับสภาพแวดล้อม สิ่งที่เหมาะสมกันระหว่างเซลล์เชื้อเพลิงและเครื่องยนต์สันดาปภายในนั้นก็คือ ทั้งเซลล์เชื้อเพลิงและเครื่องยนต์สันดาปภายใน จำเป็นจะต้องมีการติดตั้งถังบรรจุสารเชื้อเพลิงและก๊าซออกซิเจนจากบรรยากาศ

เซลล์เชื้อเพลิงและแบตเตอรี่มีลักษณะคล้ายคลึงกันคือ ต่างก็เปลี่ยนพลังงานเคมีเป็นพลังงานไฟฟ้า แต่สิ่งที่แตกต่างกันก็คือ แบตเตอรี่จะบรรจุสารเชื้อเพลิงไว้ภายใน เมื่อใช้จนหมดแล้วจำเป็นต้องเปลี่ยนหรือทำการประจุไฟฟ้าก่อนนำมาใช้ใหม่ ในขณะที่เซลล์เชื้อเพลิงนั้นจะบรรจุสารเชื้อเพลิงไว้ในถังนอกตัวเซลล์ และสามารถ

ผลิตพลังงานไฟฟ้าได้นานตราบเท่าที่ยังมีการส่งสารเชื้อเพลิง เข้าสู่ระบบข้อได้เปรียบของเซลล์เชื้อเพลิงกับ แบตเตอรี่ก็คือมีขนาดเล็ก, น้ำหนักเบา, สามารถบรรจุเชื้อเพลิงได้เร็วกว่าและมีอายุการใช้งานที่ยาวนานกว่า

ชั้นบรรยากาศ ก๊าซที่ทำให้เกิดสภาวะเรือนกระจกและเซลล์เชื้อเพลิง

การพัฒนาทางวิทยาศาสตร์และอุตสาหกรรม มีความสอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของการปล่อยก๊าซ เรือนกระจกออกสู่บรรยากาศ ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงชั้นบรรยากาศโลก ก๊าซเรือนกระจกที่มีอยู่ตามธรรมชาติ ประกอบไปด้วย ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ไออน้ำ ไนตรัสออกไซด์ มีเทน และ โอโซน ซึ่งมีความสำคัญต่อการ ดำรงชีวิตบนโลก ถ้าไม่คิดถึงจำนวนของไออน้ำในบรรยากาศ ปริมาณของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะมี จำนวนมากที่สุด นับตั้งแต่โลกมีการปฏิวัติทางอุตสาหกรรมในปี ๑๗๖๕ เป็นต้นมามีการใช้พลังงานจาก น้ำมันเชื้อเพลิงเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกสู่ชั้นบรรยากาศมากขึ้น ซึ่ง ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์โดยธรรมชาติมีอัตราส่วนเพียงเล็กน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณของก๊าซชนิดอื่น แต่กลับเป็นผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากสังคมอุตสาหกรรมสมัยใหม่ส่งผลให้ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ใน ชั้นบรรยากาศโลกเพิ่มขึ้นจาก 280 ppm. เป็น 360 ppm. มีเทนเพิ่มขึ้นเป็น ๒ เท่า และไนตรัสออกไซด์เพิ่ม ขึ้นประมาณ ๑๕% การเพิ่มขึ้นของก๊าซต่าง ๆ เหล่านี้ส่งผลให้คลื่นความร้อนที่ส่งมาจากดวงอาทิตย์ เกิด การสะสมขึ้นในชั้นโทรโปสเฟียร์ (Troposphere) ทำให้โลกร้อนขึ้นประมาณ 1°C นับตั้งแต่กลางศตวรรษที่ ๑๙ ที่ได้มีการจดบันทึกเอาไว้ ซึ่งร้อนกว่าที่เคยเป็นมาในอดีตกว่า ๒๐๐ ปี ได้มีการประมาณการจากคณะกรรมการติดตามการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศสากล องค์การสหประชาชาติ (United Nation International Panel on Climate Change) ว่าความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศจะ เพิ่มขึ้นไปจนถึง ๖๐๐ ppm. ภายในศตวรรษหน้าซึ่งเป็นระดับที่สูงเป็น ๒ เท่าของความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ในบรรยากาศนับตั้งแต่สิ้นสุดยุคน้ำแข็ง

พลังงานที่โลกได้รับมาจากดวงอาทิตย์เป็นผลมาจากการแผ่รังสีความร้อน ซึ่งบางส่วนจะถูกดูดซับ เอาไว้ โดยชั้นบรรยากาศประมาณ ๒๕% ถูกทำให้สะท้อนออกไปโดยก๊าซต่าง ๆ ที่อยู่ในชั้นบรรยากาศ ประมาณ ๒๕% พลังงานส่วนที่เหลือจะเดินทางสู่พื้นผิวโลก พลังงานที่ถูกส่งมาจากดวงอาทิตย์ในรูปของ รังสีอุลตราไวโอเล็ต เนื่องจากโลกมีอุณหภูมิต่ำกว่าดวงอาทิตย์มากทำให้พลังงานที่สะท้อนกลับจากผิวโลก มีค่าความเข้มต่ำกว่าพลังงานที่ถูกส่งมาจากดวงอาทิตย์อยู่ในรูปของรังสีอินฟราเรด ประมาณ ๘๐% ของรังสี ที่สะท้อนกลับจะถูกดูดซับเอาไว้โดยก๊าซต่าง ๆ ในชั้นบรรยากาศก่อนที่จะออกไปสู่นอกโลก รังสีอินฟราเรด บางส่วนจะถูกสะท้อนกลับสู่พื้นผิวโลก ชั้นบรรยากาศที่กระทำตัวเหมือนกับกระจกที่ใช้สร้างเรือนกระจก (Greenhouse) เพื่อกักเก็บความร้อน จะยอมให้คลื่นที่มีความยาวคลื่นสั้นผ่านไปได้แต่จะไม่ยอมให้คลื่นที่ มีความยาวคลื่นยาวเช่นรังสีอินฟราเรดผ่าน ซึ่งจะเป็นผลให้อุณหภูมิในชั้นบรรยากาศสูงขึ้นเช่นเดียวกับที่ ปรากฏในเรือนกระจกและส่งผลให้อุณหภูมิของโลกสูงขึ้น

บทสรุป

การพัฒนาทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในการประดิษฐ์อุปกรณ์อำนวยความสะดวกต่าง ๆ เป็นผลให้มีการใช้พลังงานในรูปแบบต่าง ๆ เพิ่มขึ้นเป็นจำนวนมาก โดยเฉพาะการใช้พลังงานจากน้ำมันเชื้อเพลิง ส่งผลให้มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เป็นผลจากการเปลี่ยนแปลงพลังงานออกสู่บรรยากาศ ทำให้เกิดสภาวะเรือนกระจกที่เป็นปัญหาอยู่ในปัจจุบัน ก๊าซเรือนกระจกโดยส่วนใหญ่เป็นผลที่เกิดจากการอุตสาหกรรมและการขนส่งเป็นส่วนใหญ่ ถ้าได้มีการเปลี่ยนการใช้พลังงานจากน้ำมันเชื้อเพลิงมาเป็นเซลล์เชื้อเพลิงที่ทำให้เกิดก๊าซเรือนกระจกและความร้อนออกสู่บรรยากาศน้อยมาก จะส่งผลดีต่อสภาวะแวดล้อม อีกทั้งเซลล์เชื้อเพลิงสามารถใช้สารเชื้อเพลิงได้หลายประเภทซึ่งบางชนิดมีราคาถูกกว่าน้ำมันเชื้อเพลิงมาก ทำให้สามารถออกแบบและเลือกใช้สารเชื้อเพลิงให้เหมาะสมกับทรัพยากรที่มีอยู่ เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของการนำพลังงานในรูปแบบต่าง ๆ มาใช้งาน การนำเซลล์เชื้อเพลิงมาใช้กับงานประเภทต่าง ๆ จึงน่าจะเป็นทางเลือกอีกทางหนึ่งเพื่อสภาวะแวดล้อมที่ดีขึ้น

เอกสารอ้างอิง

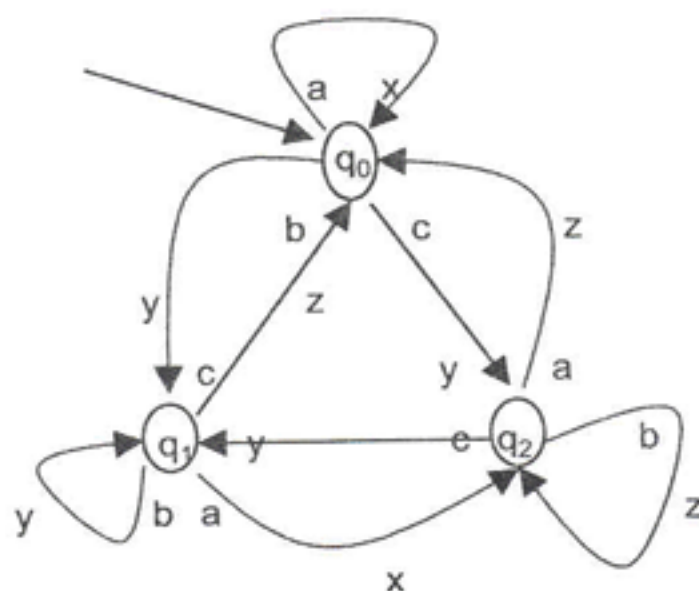
๑. What is a Fuel Cell? : 1999, Fuel Cell Energy (FCE) of Danbury, Connecticut, USA.
๒. Fuel Cell : Microsoft Encarta, www.msn.com
๓. Type of Fuel Cell :
๔. The next generation of power: Annual report 1999, Bollard Power Systems Inc.
๕. Fuel Cell – Engine of the future: The Federal Government's Role in Fuel Cell Research and Development: Dr. P.G. Patil, Dr. J. Ohi, University of California-Irvine, May16,1998
๖. Fuel Cells-Green Power:1999, Sharon Thomas and Marcia Zalbowitz, Los Alamos National Laboratory in Los Alamos, New Mexico

เครื่องสถานะจำกัด

(Finite State Machines)

นางสาวเอก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ปรัด จุลสำลี

ท่านทราบไหมว่า ก่อนที่จะมีการสร้างเครื่องคอมพิวเตอร์นั้นมีตัวแบบหนึ่งในเชิงคณิตศาสตร์ที่เป็นตัวตลใจหรือเป็นตัวชักนำทำให้เกิดเครื่องคอมพิวเตอร์ขึ้น ตัวแบบที่ว่านี้ใช้ได้จริง ๆ ก่อนการผลิตเครื่องคอมพิวเตอร์ที่คนส่วนใหญ่ใช้กันในปัจจุบัน ถ้าเราเข้าใจตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์นี้ ก็จะช่วยให้เราเข้าใจว่าการคำนวณเข้าไปอยู่ในโปรแกรมที่ทำงานในเครื่องคอมพิวเตอร์ได้อย่างไร ตัวแบบที่จะกล่าวนี้เป็นเครื่องมือหนึ่งจากหลาย ๆ เครื่องมือ ที่แสดงภาวะการคำนวณได้ ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์นี้คือเครื่องสถานะจำกัด (Finite State Machines) ก่อนที่จะรู้จักเครื่องชนิดนี้ เราต้องมีความรู้ด้านคณิตศาสตร์และกราฟมาก่อนบ้าง เช่น ความรู้ในเรื่องของ เซต ฟังก์ชัน กราฟ เป็นต้น เราจะนำข้อมูลต่าง ๆ มาเขียนแสดงเป็นรูปกราฟระบูกทิศทางพร้อมกับมีข้อมูลต่าง ๆ อยู่บนกราฟนั้นจะทำให้เห็นและเข้าใจในตัวแบบของการคำนวณ จากนั้นก็นำตัวแบบไปสร้างเป็นฟังก์ชัน และรายละเอียดต่าง ๆ ได้หรือในทางกลับกันถ้าเรารู้ฟังก์ชันและรายละเอียดข้อมูลต่าง ๆ เราก็นำมาเขียนเป็นกราฟระบูกทิศทางได้เหมือนกัน กราฟระบูกทิศทาง ที่แสดงการผ่านข้อมูลนี้เราเรียกว่า State Diagram หรือ Transition Diagram หรือเป็นเครื่องสถานะจำกัด เครื่องหนึ่งนั่นเอง ก่อนอื่นเรามาทำความเข้าใจเกี่ยวกับเครื่องนี้ก่อน เช่น



State Diagram

จะเห็นว่า มี node อยู่ ๓ nodes ได้แก่ q_0 , q_1 และ q_2 และให้ ข้อมูลที่อยู่ฐานลูกศร เป็นข้อมูลเข้า (input data) และข้อมูลที่อยู่ตอนปลายลูกศรเป็นข้อมูลออกหรือผลลัพธ์ (output data) บนแต่ละ node อาจมีข้อมูลเข้า มากน้อยแค่ไหนขึ้นอยู่กับผู้ออกแบบสร้างและต้องเป็นจำนวนจำกัด และข้อมูลออกก็ต้องมีด้วยเช่นกัน ในที่นี้แต่ละ node มีข้อมูลเข้า เป็นตัวอักษร a, b, c และผลลัพธ์เป็น x, y, z ถ้า node ใดมีลูกศรเข้า node ไม่มีข้อมูลกำกับในที่นี้ ได้แก่ q_0 ถือว่าเป็น node เริ่มต้นและจะมี node เดียวเท่านั้นของแต่ละเครื่อง การเริ่มต้นต้องเริ่มที่ node นี้เสมอ นี่คือ เครื่องสถานะจำกัดในรูปของ state Diagram

เมื่อมาพิจารณาการทำงานของเครื่องนี้ สมมติว่าเรามีข้อมูลเข้าเป็นสายอักขระ (string) $w = abaccbccaba$ จะได้ผลลัพธ์ (output data) เป็นอะไร ?

เริ่มการพิจารณา อักขระตัวแรกได้แก่ a ใส่เข้าไปที่ node สถานะเริ่มต้น q_0 ได้ผลลัพธ์เป็น x ตอนนี้อยู่ที่สถานะ q_0 ใส่ข้อมูลเข้าตัวต่อไปคือ b ได้ผลลัพธ์เป็น y เครื่องย้ายไปอยู่ที่สถานะ q_1 ใส่ข้อมูลเข้าตัวต่อไปคือ a ได้ผลลัพธ์เป็น x เครื่องเปลี่ยนไปอยู่ที่สถานะ q_2 ต่อไปใส่ข้อมูลเข้า c ได้ผลลัพธ์เป็น y เครื่องกลับไปอยู่ที่สถานะ q_1 ใส่ข้อมูลเข้าเป็น c ได้ผลลัพธ์เป็น z เครื่องเปลี่ยนไปอยู่ที่สถานะ q_0 ใส่ข้อมูลเข้าต่อไปเรื่อยๆ จนหมดสายอักขระเข้า จะได้ผลลัพธ์ทั้งหมดคือ "xyxyzyzyzyx" หรือเขียนเป็นลำดับได้ดังนี้

$$q_0 \xrightarrow{a} x \rightarrow q_0 \xrightarrow{b} y \rightarrow q_1 \xrightarrow{a} x \rightarrow q_2 \xrightarrow{c} y \rightarrow q_1 \xrightarrow{c} z \rightarrow q_0$$

$$\xrightarrow{b} y \rightarrow q_1 \xrightarrow{c} z \rightarrow q_0 \xrightarrow{c} y \rightarrow q_2 \xrightarrow{a} x \rightarrow q_0 \xrightarrow{b} y \rightarrow q_1 \xrightarrow{a} x \rightarrow q_2$$

อักขระที่อยู่ข้างบนลูกศรเป็นข้อมูลเข้าและอักขระที่อยู่ข้างล่างลูกศรเป็นผลลัพธ์และ node q_0, q_1 และ q_2 เป็นสถานะ (state)

ถ้าพิจารณาข้อมูลทั้งหมดที่อยู่ใน state diagram ข้างบน เราจะรู้ว่า มีข้อมูลอยู่ ๕ ชนิดด้วยกันกล่าวคือ

๑. ข้อมูลเข้า เรียกว่า input symbol ในที่นี้มีสมาชิกเป็น a, b, c ให้เป็นเซตจำกัดเซตหนึ่ง เขียนแทนด้วย Σ

๒. ข้อมูลที่ผลลัพธ์เรียกว่า output symbol ในที่นี้มีสมาชิกเป็น x, y, z ให้เป็นเซตจำกัดเซตหนึ่ง เขียนแทนด้วย Z

๓. ข้อมูลที่เป็นสถานะ เรียกว่า internal state ในที่นี้มีสมาชิกเป็น q_0, q_1, q_2 ให้เป็นเซตจำกัดเซตหนึ่ง เขียนแทนด้วย S

๔. ตัวเปลี่ยนสถานะ เรียกว่า ฟังก์ชันการผ่าน (next state function) ในที่นี้เราสามารถนิยามเป็น

$$\begin{aligned} f(q_0, a) &= q_0 & , & & f(q_1, a) &= q_2 & , & & f(q_2, a) &= q_0 \\ f(q_0, b) &= q_1 & , & & f(q_1, b) &= q_1 & , & & f(q_2, b) &= q_2 \\ f(q_0, c) &= q_2 & , & & f(q_1, c) &= q_0 & , & & f(q_2, c) &= q_1 \end{aligned}$$

ก็คือ ฟังก์ชัน $f: S \times \Sigma \rightarrow S$

๕. ตัวเปลี่ยนสถานะผลลัพธ์ เรียกว่า ฟังก์ชันผลลัพธ์ (output function) ในที่นี้เราสามารถนิยามเป็น

$$\begin{aligned} g(q_0, a) &= x & , & & g(q_1, a) &= x & , & & g(q_2, a) &= z \\ g(q_0, b) &= y & , & & g(q_1, b) &= y & , & & g(q_2, b) &= z \\ g(q_0, c) &= y & , & & g(q_1, c) &= z & , & & g(q_2, c) &= y \end{aligned}$$

ก็คือ ฟังก์ชัน $g: S \times \Sigma \rightarrow Z$

เมื่อถึงตอนนี้ก็จะทราบส่วนประกอบต่าง ๆ ของเครื่องสถานะจำกัดแล้ว และเห็นว่าจากการออกแบบสร้างเครื่องสถานะจำกัดเครื่องหนึ่งขึ้นมา ก็สามารถเอาข้อมูลต่าง ๆ ที่สร้างขึ้นนำมาแปลงเป็นฟังก์ชันได้ และก็สามารถหาคำตอบจากเครื่องดังกล่าวได้ถ้าเราใส่ข้อมูลลงไป คำตอบที่ได้จะเป็นไปตามระบบของเครื่องนั้น

สังเกตว่า ถ้าต้องการออกแบบเครื่องสถานะจำกัดเครื่องหนึ่งต้องรู้ส่วนประกอบ ๓ ส่วนด้วยกันก่อน กล่าวคือ ส่วนที่เป็น input symbol output symbol และ internal state แล้วนำไปสร้างฟังก์ชันการผ่าน และฟังก์ชันผลลัพธ์ต่อไป

ลองมาออกแบบสร้างเครื่องสถานะจำกัด เพื่อคำนวณการบวกเลขฐานสองโดยให้เครื่องนี้สามารถคำนวณได้ทุกนิพจน์ ของเลขฐานสอง ในการออกแบบสร้างเครื่องนี้ต้องทราบวิธีการบวกของระบบเลขฐานสองก่อน จากนั้นก็หาเซตของ input symbol เซตของ output symbol และเซตของสถานะภายใน (internal state) ของเครื่องนี้ แล้วนำไปเขียนเป็น State Diagram และ ฟังก์ชันการผ่านต่อไป
วิธีการ สมมติว่าต้องการบวกเลขฐานสอง 1100101101 + 1001110111

1100101101

+

1001110111

11010100100

๑. หาเซตของ input symbol

เมื่อมาพิจารณาการบวกกันตามตัวอย่างนี้สามารถนำเอาข้อมูลซึ่งเป็นสัญลักษณ์ตัวเลขฐานสองของการบวกกันจับเป็นคู่ ๆ จากขวาไปซ้าย ได้ดังนี้

11, 01, 11, 10, 01, 11, 01, 00, 10, 11

จะเห็นว่าข้อมูลทั้งหมดนี้เป็น input symbol คือเป็นสัญลักษณ์เข้า และคู่ลำดับที่เป็นสัญลักษณ์เหล่านี้มีอยู่ ๔ คู่ เท่านั้นคือ 00, 01, 10 และ 11 เมื่อมาพิจารณาถึงโอกาสของคู่ลำดับในการบวกกันของทุกนิพจน์ของเลขฐานสองนั้นที่เป็นไปได้ของ input symbol จะได้เป็นเซต

$$\Sigma = \{00, 01, 10, 11, bb\}$$

bb หมายถึง โอกาสที่เป็นสัญลักษณ์ว่างบวกกับสัญลักษณ์ว่าง (blank + blank)

๒. หาเซตของ output symbol

จากการบวกกันตามตัวอย่างจะได้ผลลัพธ์จากขวาไปซ้ายดังนี้

0, 0, 1, 0, 0, 1, 0, 1, 1, 0, 1

และข้อมูลเหล่านี้เป็น output symbol คือเป็นสัญลักษณ์ออก เห็นว่ามีสัญลักษณ์อยู่ ๒ ตัวเท่านั้น คือ 0 และ 1 เมื่อมาพิจารณาถึงโอกาสของสัญลักษณ์ออกของทุกนิพจน์ของเลขฐานสอง ได้เป็นเซต

$$Z = \{0, 1, b\}$$

b หมายถึง โอกาสที่ได้ผลลัพธ์เป็นสัญลักษณ์ว่าง

๓. หาเซตของ สถานะภายใน (internal state)

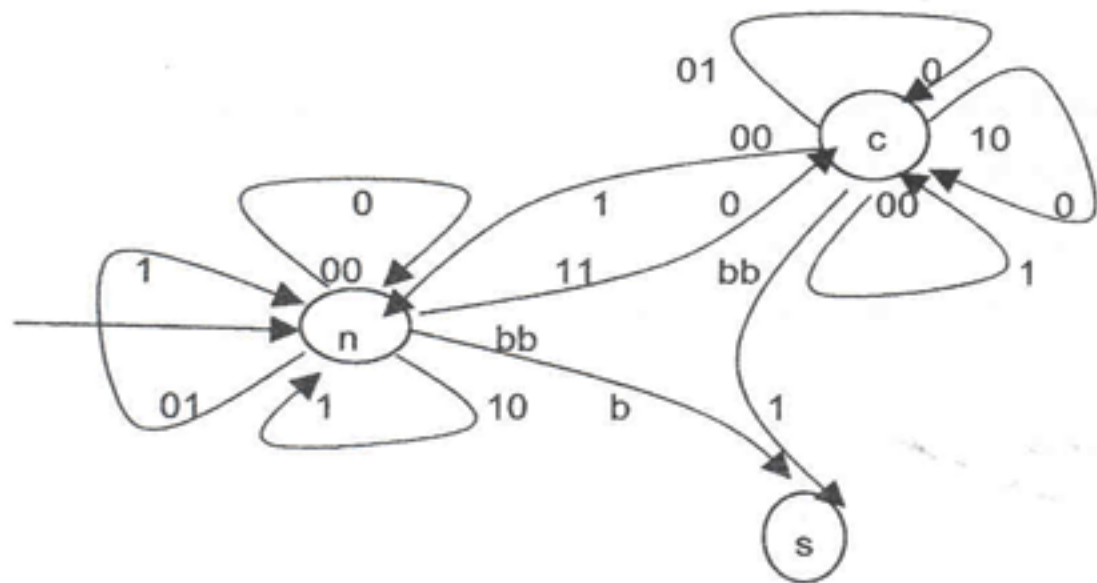
จากการบวกเลขฐานสอง รู้แล้วว่าวิธีบวกนั้นเมื่อบวกกันแล้วผลลัพธ์มีเศษกับไม่มีเศษนั้นคือเป็นสถานะภายในของการคำนวณ จึงจัดให้เป็น ๒ nodes และจำเป็นต้องมีสถานะหยุดอีกสถานะหนึ่ง ดังนั้นจึงมี ๓ สถานะด้วยกันดังนี้

n เป็นสถานะของการบวกกันแล้วไม่มีเศษ (not carry)

c เป็นสถานะของการบวกกันแล้วเก็บเศษ (carry)

s เป็นสถานะสิ้นสุดการคำนวณ (stop)

ถึงตอนนี้จึงนำมาสร้างเป็น แผนภาพการผ่าน (state diagram) ได้ดังนี้



State Diagram

วิธีการสร้าง แผนภาพการผ่านก็ไม่ยาก ที่ node n ถ้าผลการบวกกันของเลขสองตัวไม่มีเศษก็ให้อยู่ที่ n นี้ แต่ถ้าผลการบวกกันของเลขสองตัวมีเศษให้ข้ามไปอยู่ที่ node c ที่ c ถ้าผลการบวกกันของเลขสองตัวมีเศษก็ให้อยู่ที่ c นี้ แต่ถ้าผลการบวกกันไม่มีเศษให้ข้ามไปอยู่ที่ n (อย่าลืมว่าที่ c ในตัวมันเองนั้นเก็บเศษอยู่ ๑ แล้ว)

มาทดสอบการบวกกันตามโจทย์ตัวอย่างข้างต้นคือ 1100101101 + 1001110111 ด้วยเครื่องสถานะจำกัดแสดงด้วย state diagram ที่ออกแบบสร้างขึ้น มีคู่ลำดับที่เป็นข้อมูลเข้าคือ 11, 01, 11, 10, 01, 11, 01, 00, 10, 11 และ bb เริ่มต้นที่ n ดูตาม state diagram ข้างบน จะได้ลำดับ ดังนี้

$$\begin{array}{cccccccc}
 n & \xrightarrow[0]{11} & c & \xrightarrow[0]{01} & c & \xrightarrow[1]{11} & c & \xrightarrow[0]{10} & c & \xrightarrow[0]{01} & c \\
 & \xrightarrow[1]{11} & c & \xrightarrow[0]{01} & c & \xrightarrow[1]{00} & n & \xrightarrow[1]{10} & n & \xrightarrow[0]{11} & c & \xrightarrow[1]{bb} & s
 \end{array}$$

ผลที่ได้ก็คือ 0, 0, 1, 0, 0, 1, 0, 1, 1, 0, 1 จะเห็นข้อมูลที่ตรงกับคำตอบ

ลองทดสอบกับผลบวกของ 10001001 + 01011010 มีคู่ลำดับจากขวาไปซ้ายที่เป็นข้อมูลเข้าคือ 10, 01, 00, 11, 01, 00, 01, 10 และ bb เริ่มต้นที่ n ได้ดังนี้

$$n \xrightarrow[1]{10} n \xrightarrow[1]{01} n \xrightarrow[0]{00} n \xrightarrow[0]{11} c \xrightarrow[0]{01} c$$

ผลที่ได้ก็คือ 1, 1, 0, 0, 0, 1, 1, 1 ตรงกับคำตอบคือ 11100011 เครื่องนี้สามารถคำนวณการบวกกันของเลขฐานสองได้ทุกนิพจน์และผลลัพธ์ถูกต้อง

๔. เมื่อออกแบบสร้างและทดสอบผลถูกต้องแล้ว จะได้ ฟังก์ชันการผ่าน นิยามได้ดังนี้

$$f(n,00) = n \quad , \quad f(c,00) = n$$

$$f(n,01) = n \quad , \quad f(c,01) = c$$

$$f(n,10) = n \quad , \quad f(c,10) = c$$

$$f(n,11) = c \quad , \quad f(c,11) = c$$

$$f(n,bb) = s \quad , \quad f(c,bb) = s$$

เป็นฟังก์ชัน $f: S \times \Sigma \rightarrow S$

๕. ได้ ฟังก์ชันผลลัพธ์ นิยามได้ดังนี้

$$g(n,00) = 0 \quad , \quad g(c,00) = 1$$

$$g(n,01) = 1 \quad , \quad g(c,01) = 0$$

$$g(n,10) = 1 \quad , \quad g(c,10) = 0$$

$$g(n,11) = 0 \quad , \quad g(c,11) = 1$$

$$g(n,bb) = b \quad , \quad g(c,bb) = 1$$

เป็นฟังก์ชัน $g: S \times \Sigma \rightarrow Z$

จะเห็นว่าเมื่อออกแบบและสร้างเครื่องสถานะจำกัดเสร็จ และทดสอบความถูกต้องแล้วก็สามารถใช้เครื่องนี้มาคำนวณกับทุกนิพจน์ตามจุดประสงค์ของเครื่องได้ตลอด

เอกสารอ้างอิง

๑. SEYMOUR LIPSCHUTZ, Theory and Problems of Essential Computer Mathematics, Mcgraw – Hill Book Company, 1982
๒. WOOD,D., Thoery of Computation , John Wiley & Sons,1987
๓. HOPCROFT, J. E. And J. D ULLMAN , Introduction to Automata Thoery Languages and Computation Addison – Wesley ,1990
๔. COHEN,D. I. A., Introduction to Computer Thoery ,John Wiley & Sons,1991

ความเป็นชาวเรือ (SEAMANSHIP)

พลเรือตรี กมล สุบสิบท

ประชากรชาวโลกถ้าจะแยกประเภทตามภูมิประเทศที่อยู่อาศัยก็จะได้เป็น ๒ ประเภทคือ ประเภทคนบก (Landman) และประเภทคนทะเล (Seaman) ประเทศที่ไม่มีอาณาเขตติดทะเล ประชากรของประเทศก็จะเป็นประเภทคนบก ส่วนประเทศที่มีอาณาเขตติดทะเล ประชากรของประเทศก็จะเป็นคนทะเล และประเทศที่มีอาณาเขตติดทะเลเป็นบางส่วน ประชากรก็จะต้องเป็นทั้งคนบกและคนทะเลรวมกัน การดำรงชีพและความเป็นอยู่ของคนบกและคนทะเลย่อมแตกต่างกัน กล่าวคือ คนบกจะทำมาหากินดำรงชีวิตบนผืนแผ่นดิน ส่วนคนทะเลจะทำมาหากินดำรงชีวิตอยู่กับทะเลหรือใกล้ทะเล โดยใช้เรือเป็นพาหนะนำคนทะเลท่องเที่ยวในทะเลซึ่งกว้างไกลเห็นแต่น้ำจรดฟ้า เราเรียกว่า ขอบฟ้า เรือซึ่งเป็นพาหนะของคนทะเลนี้เปรียบเสมือนบ้าน การประกอบอาชีพ สภาพความเป็นอยู่ของคนทะเลจึงแตกต่างกับคนบก ในด้านสภาพแวดล้อม เช่น ที่พักอาศัย ระยะเวลาในการทำงาน สิ่งอำนวยความสะดวก ลักษณะธรรมชาติเกี่ยวกับลมฟ้าอากาศ สิ่งเหล่านี้จะเป็นตัวกำหนด อุปนิสัย ความคิด จิตใจของคนทะเล ย่อมแตกต่างจากคนบก อันจะนำไปสู่ความเป็นชาวเรือ หมายถึงผู้ทำงานอยู่กับเรือนั่นเอง

ประชากรของประเทศที่แรกเกิด ย่อมถือได้ว่าเป็นคนบกได้เพราะเกิดบนบก คงจะมีจำนวนประชากรน้อยมากเกิดในทะเล ส่วนประชากรคนบกที่อยู่ใกล้ทะเล เมื่อเจริญเติบโตก็จะกลายเป็นคนทะเลได้โดยธรรมชาติเพราะต้องดำรงชีวิตอยู่กับทะเล ส่วนคนบกถ้าจะเปลี่ยนชีวิตมาทำมาหากินกับทะเลจะต้องเปลี่ยนสภาพจากคนบก ให้เป็นสภาพของคนทะเลทั้งลักษณะการทำงานประกอบอาชีพ ทั้งจิตใจ อุปนิสัย ทุกประเทศที่มีอาณาเขตติดทะเลจึงมีสถาบันให้การศึกษา เพื่ออบรมให้ประชากรของประเทศที่จะมีอาชีพกับทะเลให้เป็นคนทะเล โดยมุ่งเลี้ยงถึงผู้ทำงานในเรือเป็นสำคัญ หรือกล่าวตามปรัชญาการศึกษาก็คือ สถาบันการศึกษาต้องอบรมเพื่อเปลี่ยนพฤติกรรมของคนให้เป็นไปตามที่สถาบันต้องการ พฤติกรรมของคนทะเลหรือคนเรือจะเกิดจากปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

๑. สถานที่ประกอบอาชีพ คนทะเลต้องทำงานในเรือซึ่งเปรียบเสมือนบ้านและเป็นสถานที่ทำงานในเวลาเดียวกัน เรือเป็นสถานที่ค่อนข้างคับแคบเมื่อเปรียบเทียบกับสถานที่ทำงานบนบก ซึ่งสามารถจะไปไหนมาไหนได้ตามความต้องการตามโอกาส มีสิ่งอำนวยความสะดวกนานาประการ เช่น ห้างสรรพสินค้า สถานบันเทิง สิ่งเหล่านี้จะจัดทำให้มีในเรือค่อนข้างยาก โดยเฉพาะเรือเดินทะเลทั่วไป เว้นเรือพิเศษ เช่น เรือโดยสารขนาดใหญ่ แต่ก็จะไม่หลากหลายเหมือนบนบก คนเรือหรือคนทะเลจึงต้องมีจิตใจ ความคิดในการดำรงชีวิตและการทำงานที่ยอมรับสภาพที่จำกัดทุก ๆ ด้านในเรือได้อย่างมี

ความพอใจ คนเรือต้องดำรงชีวิตและทำงานในสถานที่แคบ ๆ จำนวนคนที่พบเห็นจำกัดและซ้ำซากไม่มีคนแปลกหน้า โดยเฉพาะจะมีแต่ผู้ชาย แม้ปัจจุบันจะมีผู้หญิงทำงานในเรือบ้างก็ไม่แพร่หลาย อยู่ในข้อจำกัดยังไม่เป็นมาตรฐาน และยังถือว่าขัดกับปรัชญาของคนเรือที่ว่า เรือเป็นเพศหญิง จึงต้องผู้ชายเท่านั้นมาปฏิบัติต่อเธอ คือทำงานบนเรือ

๒. สภาพแวดล้อมเกี่ยวกับลมฟ้าอากาศ คนเรือไม่มีโอกาสเลือกเวลาทำงาน เช่น ทะเลมีคลื่นแรง ฝนตก กลางคืนไม่ทำงาน เพราะหากคนเรือเลือกเวลาทำงานแล้ว เวลาที่ไม่ทำงานเรือก็จะต้องลอยลำอยู่ในทะเล สู้คลื่นลมไม่ถึงที่หมายปลายทาง ซึ่งเป็นเรื่องที่เป็นไปไม่ได้ คนเรือจึงต้องทำงานและพร้อมตลอดเวลา ๒๔ ชั่วโมงขณะที่เรืออยู่ในทะเลทุกสภาวะแวดล้อมของลมฟ้าอากาศ ถึงแม้จะถือว่าคนเรือต้องทำงานตลอดเวลาก็ตาม แต่ก็มีเวลาว่างเมื่อหมดหน้าที่ประจำตามระยะเวลา คนเรืออาจจะพักผ่อนโดยการนอน นั่งระบายอารมณ์ หรือดื่มแก้เหงา ซึ่งถ้าจะพักผ่อนยามว่างโดยวิธีการดังกล่าวแล้วในชีวิตของคนเรือเป็นแรมปี ก็อาจจะเปลี่ยนพฤติกรรมจากคนเรือที่ดีเป็นคนเรือที่ซึมเศร้าเหม่อลอยไปก็ได้ ฉะนั้น ชาวเรือที่ดีจึงต้องมีงานอดิเรกยามว่าง (Hobby) ที่เป็นประโยชน์ถึงขั้นเป็นอาชีพได้ เช่น การอ่านหนังสือ การเขียนหนังสือ การประกอบเครื่องไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ หรือเล่นเกมส์คอมพิวเตอร์ อย่างชาวเรือต่างชาติที่เจริญเขานิยมปฏิบัติกัน ส่วนคนไทยรอบ ๆ ประเทศไทย พักผ่อนยามว่างด้วยการเล่นการพนัน ดื่มสุราแก้เหงาแบบมาราธอน เป็นต้น สิ่งเหล่านี้เมื่อเปรียบเทียบกับคนบกแล้ว การพักผ่อนจากงานอาจจะเป็นศูนย์การค้า เล่นกีฬาหรืออื่น ๆ ได้หลากหลายกว่าคนเรือ

๓. อุปนิสัย คนเรือต้องเป็นคนมีระเบียบทั้งในความคิดและการทำงาน ต้องมีความว่องไวในการทำงาน เรือเป็นสถานที่คับแคบ มีห้อง ซอกมุมต่าง ๆ และจำนวนชั้นดาดฟ้าเหมือนอาคารสูงบนบก อุปกรณ์เครื่องใช้ในเรือจึงต้องมีสถานที่เก็บรักษาที่แน่นอน โดยเฉพาะอุปกรณ์ที่เคลื่อนที่ได้ หากคนเรือไม่มีระเบียบใช้ของแล้วทิ้ง ในที่สุดอุปกรณ์ของใช้ในเรือก็จะหายหมด คนเรือที่ดีใช้ของแล้วต้องเก็บไว้ที่เดิม คนเรือต้องมีหลักในการทำงาน คือต้องว่องไวและถูกต้องปลอดภัย โดยเฉพาะงานที่ต้องสู้กับธรรมชาติคลื่นลมในทะเลหากทำงานโดยขาดความว่องไวแล้ว ธรรมชาติอาจจะทำให้ได้รับอันตรายบาดเจ็บถึงขั้นเสียชีวิตได้ มีคำกล่าวที่ว่า ทำงานให้ว่องไวเหมือนชาวเรือ (Handy like a seaman) นอกจากนี้แล้วคนเรือยังต้องมีนิสัยรักความสะอาด เพราะเรือเปรียบเสมือนบ้าน คนเรือต้องรักเรือเสมือนบ้านของตน ต้องช่วยกันทำความสะอาดและรักษาความสะอาดให้เป็นสถานที่ที่น่าอยู่ สมกับที่เรือเป็นเพศหญิง

๔. ลักษณะงานของชาวเรือ การทำงานของชาวเรือเป็นการทำงานเป็นกลุ่ม (Working in group) หรือถ้าจะกล่าวในลักษณะของทหาร คือ ทหารเรือรบคนเดียวไม่ได้ เป็นงานที่ต้องการความร่วมมือความเข้าใจในทุกด้านของงาน (Team work) เช่น เป้าหมายแนวทางการทำงาน การประสานงานกับกลุ่มหรือบุคคลข้างเคียง เป็นต้น ธรรมชาติงานของชาวเรือจะมีลักษณะของงานที่ประกอบด้วย การประชุม เพื่อทำความเข้าใจ และทบทวนหน้าที่ของแต่ละคน ชาวเรือจึงต้องมีความสามัคคี มีการเคารพให้เกียรติกันตามอาวุโสของตำแหน่ง และหน้าที่เรือลำใดหากมีคนเรือโกรธกันเป็นรายบุคคลหรือ

รายกลุ่มแล้วความสำเร็จของงานในเรือลำนั้นจะดีได้ยาก จนถึงขั้นเกิดความเสียหายได้ เช่น ถ้าเหตุการณ์รุนแรงมากเกิดขึ้นในเรือ เรียกว่า กบฏในเรือ เป็นต้น

ชาวเรือมิใช่ว่าจะดำรงชีวิตโดยทำงานอยู่ในเรือ และในทะเลตลอดชีวิตของการเป็นคนเรือ แต่ก็มีโอกาสขึ้นจากเรือไปใช้ชีวิตบนบกขณะเรือจอดตามเมืองท่าต่าง ๆ ด้วย ในช่วงเวลานั้นจะเกิดความแตกต่างซึ่งเกิดขึ้นกับความรู้สึกและจิตใจ ขณะทำงานในเรือและในทะเลอย่างสิ้นเชิง เพื่อให้คนเรือคงไว้ซึ่งประสิทธิภาพของความเป็นชาวเรือ คนเรือจะต้องมีอุดมการณ์ในการดำเนินชีวิตว่า เมื่อขึ้นบกต้องลืมหทะเล เมื่อลงเรือแล้วต้องลืมหบก มิฉะนั้นหากขึ้นบกแล้วไม่ลืมหทะเลซึ่งมีสภาพการทำงานที่ลำบาก ก็จะทำให้การใช้ชีวิตบนบกขาดความสุขที่ควรจะได้รับ ในทางตรงข้ามหากล่อยเรือออกทะเลแล้ว ยังคิดถึงความสุขบนบก ก็จะทำให้กำลังใจที่จะต่อสู้กับความยากลำบากในทะเลลุดหายไป ประสิทธิภาพความเป็นชาวเรือก็จะหายไปด้วย

การสร้างพฤติกรรมของคนเรือสามารถทำได้โดยการอบรมทั้งการศึกษาวិชาการในห้องเรียนและการฝึกการปฏิบัติต่าง ๆ นอกห้องเรียน โดยการกำหนดวิธีปฏิบัติเรื่องใด ๆ ก็ตามที่จะทำให้เกิดพฤติกรรมของคนเรือเป็นการประจำตลอดเวลาที่อยู่ในสถานการฝึกอบรม ก็จะทำให้เกิดพฤติกรรมของคนเรือแก่บุคคลผู้รับการอบรมได้ในที่สุด ยกตัวอย่างเช่น

- การจัดวางรองเท้าส่วนตัวในห้องพักให้เป็นแถวตรงตามลำดับประเภทของรองเท้า ช่วยให้เป็นคนมีระเบียบ
- การขัดรองเท้า ขัดหัวเข็มขัดทุกวัน ช่วยสร้างพฤติกรรมให้เป็นคนรักความสะอาด
- การฝึกเป็นกลุ่มที่ต้องทำพร้อมกันและรวดเร็ว ช่วยสร้างพฤติกรรมให้เป็นคนมีระเบียบและทำงานว่องไว
- การบังคับให้ทำความเคารพผู้อาวุโสกว่า ช่วยสร้างพฤติกรรมให้มีความสามัคคี
- การสร้างพฤติกรรมควรกำหนดเป็นแผนและเป็นขั้นตอนต่อองค์กรบุคคลระดับต่าง ๆ และตามอาวุโสของจำนวนปีที่ได้รับการอบรม ซึ่งจะทำให้เกิดผลในที่สุด ผู้อาวุโสสูงก็จะเป็นครูอบรมให้กับผู้อาวุโสต่ำได้ โดยผู้อาวุโสสูงจะต้องไม่ให้ผู้อาวุโสน้อยมาทำในสิ่งที่ตนเองต้องทำเป็นอันขาด เพราะจะทำให้เกิดความรู้สึกกับผู้อาวุโสในทางที่ทำลายพฤติกรรมที่พึงประสงค์ได้ และยังจะทำให้เสียความเป็นผู้นำของผู้อาวุโสด้วย

การศึกษาทางวิชาการที่เกี่ยวกับวิชาชีพการทำงานในเรือ หากประกอบด้วยการฝึกอบรมให้เกิดอุปนิสัย จิตใจ ซึ่งเป็นชาวเรือแล้ว ย่อมช่วยทำให้เกิดพฤติกรรมของชาวเรือที่ดีแก่องค์กรบุคคลที่ได้รับการอบรม องค์กรบุคคลนั้นก็จะได้อีกเป็นองค์กรบุคคลที่มีความเป็นชาวเรือ (Seamanship) มีความสามารถทำงานในเรือที่ดี และมีประสิทธิภาพได้.

เหตุใดวิทยาศาสตร์และ

เทคโนโลยีของไทยจึงตกอันดับ ?

นาวาเอกหญิง ฐวดี เปรมวิชัย

เรียบเรียง จาก บทวิเคราะห์เรื่อง "ขีดความสามารถในการแข่งขันด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของประเทศไทย" ของ NSTDA

สาเหตุของการตกอันดับด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของประเทศไทยนั้น ต้องพิจารณาจากปัจจัยย่อยที่ IMD นำมาใช้คำนวณในการจัดลำดับ ดังนี้

ตารางที่ ๑ อันดับด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของไทยตั้งแต่ปี ๑๙๙๗ - ๒๐๐๐ เมื่อจำแนกตามปัจจัยหลักและปัจจัยย่อย

ดัชนีวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	๑๙๙๗	๑๙๙๘	๑๙๙๙	๒๐๐๐
อันดับโดยรวม	๓๒	๔๓	๔๖	๔๗
ค่าใช้จ่ายในการวิจัยและพัฒนา	๔๕	๔๔	๔๖	๔๕
๑. ค่าใช้จ่ายในการวิจัยและพัฒนาทั้งหมดของประเทศ (Total expenditures on R&D (Amount)	๔๒	๔๑	๔๐	๔๐
๒. ค่าใช้จ่ายในการวิจัยและพัฒนาทั้งหมดของประเทศต่อประชากร (Total expenditures on R&D per capita)	-	-	๔๑	๔๒
๓. ค่าใช้จ่ายในการวิจัยและพัฒนาทั้งหมดของประเทศต่อ GDP (Total expenditures on R&D (% of GDP)	๔๒	๔๓	๔๔	๔๓
๔. ค่าใช้จ่ายในการวิจัยและพัฒนาของธุรกิจเอกชน (Business Expenditure on R&D per capita)	๔๐	๔๑	๔๑	๔๒
๕. ค่าใช้จ่ายในการวิจัยและพัฒนาของธุรกิจเอกชนต่อประชากร (Business Expenditure on R&D per capita)	-	-	๔๑	๔๒

	๑๙๙๗	๑๙๙๘	๑๙๙๙	๒๐๐๐
บุคลากรด้านการวิจัยและพัฒนา (R&D Personnel)	๕๖	๔๕	๔๗	๔๖
๖.จำนวนบุคลากรด้านการวิจัยและพัฒนาทั้งประเทศ (Total R&D personal nationwide)	๓๔	๓๑	๓๕	๓๖
๗.จำนวนบุคลากรด้านการวิจัยและพัฒนาต่อประชากร (Total R&D personnel nationwide per capita)	-	-	๓๙	๓๙
๘.จำนวนบุคลากรด้านการวิจัยและพัฒนาในภาคธุรกิจเอกชน (Total R&D personnel in business enterprise)	๓๔	๔๓	๔๒	๔๒
ดัชนีวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	๑๙๙๗	๑๙๙๘	๑๙๙๙	๒๐๐๐
๙. จำนวนบุคลากรด้านการวิจัยและพัฒนาในภาคธุรกิจ เอกชนต่อประชากร (Total R&D personnel in business enterprise per capita)	-	-	๔๔	๔๔
๑๐.วิศวกร (Qualified engineers)	๒๙	๔๓	๔๑	๓๗
๑๑.บุคลากรด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ (Availability of IT skills)	-	-	๔๔	๔๔
การจัดการด้านเทคโนโลยี (Technology Management)	๒๙	๔๕	๔๑	๔๓
๑๒. ความร่วมมือทางด้านเทคโนโลยี (Technological cooperation)	๑๙	๔๔	๔๕	๔๓
๑๓. ความร่วมมือในการทำวิจัย (Research cooperation)	๒๙	๓๗	๔๐	๓๘
๑๔. ทรัพยากรด้านการเงิน (Financial resources)	๒๖	๓๔	๓๘	๔๐
๑๕. การพัฒนาและประยุกต์ใช้เทคโนโลยี (Development & application of Technology)	๓๖	๔๔	๓๙	๔๒
๑๖. การเคลื่อนย้ายหน่วยงานวิจัยและพัฒนาออกจาก ประเทศ (Relocation R&D facilities)	๓๔	๔๐	๔๐	๔๐

สิ่งแวดล้อมทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Environment/Scientific Research)	๔๐	๒๘	๓๙	๓๕
๑๗. รางวัลโนเบล (Nobel prizes)	๒๓	๒๓	๒๔	๒๔
๑๘. รางวัลโนเบลต่อประชากร (Nobel prizes per capita)	-	-	๒๔	๒๔
๑๙. การวิจัยขั้นพื้นฐาน (Basic research)	๓๔	๔๑	๔๐	๓๒
๒๐. วิทยาศาสตร์กับการศึกษา (Science and education)	๓๕	๔๐	๓๓	๒๘
๒๑. วิทยาศาสตร์กับการศึกษาเยาวชน (Science and education and youth)	๑๒	๔๒	๓๖	๒๒
ดัชนีวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	๑๙๙๗	๑๙๙๘	๑๙๙๙	๒๐๐๐
ทรัพย์สินทางปัญญา (Intellectual Property/Patents)	๑๑	๑๓	๓๒	๔๔
๒๒. จำนวนสิทธิบัตรที่ให้กับคนในประเทศ (Patents granted to residents)	๓๖	๓๖	๔๕	๔๒
๒๓. การเปลี่ยนแปลงในจำนวนสิทธิบัตรที่ให้กับคนในประเทศ (๒๕๓๔-๒๕๓๘) (Change in patents granted to residents (๑๙๙๑-๑๙๙๕)	๒	๒	๙	๔๐
๒๔. จำนวนสิทธิบัตรที่ได้รับความคุ้มครองในต่างประเทศ (Securing patents abroad)	-	-	n/a	n/a
๒๕. จำนวนสิทธิบัตรที่ได้รับทั้งหมด (Number patents in force)	๓๔	๓๗	๓๙	๓๙
๒๖. การคุ้มครองสิทธิบัตรและลิขสิทธิ์ (Intellectual Property)	๔๐	๔๐	๓๗	๓๗

ที่มา : IMD "The World Competitiveness Yearbook, ๑๙๙๗-๒๐๐๐.

จากตารางจะพบว่าในปัจจุบันหลัก ๕ ด้านนี้ แต่ละด้านมีปัจจัยย่อยที่เป็นสาเหตุของการตกอันดับด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของประเทศไทย สรุปดังนี้

๑. ปัจจัยหลักด้าน ค่าใช้จ่ายในการวิจัยและพัฒนา พบสาเหตุที่สำคัญดังนี้

๑.๑ ค่าใช้จ่ายในการวิจัยและพัฒนาทั้งหมดของประเทศต่อ GDP (Total Expenditures on R&D) (% of GDP) ต่ำมาก ได้รับการจัดเป็นอันดับที่สูงกว่า ๔๐ มาตลอด

๑.๒ ค่าใช้จ่ายในการวิจัยและพัฒนาภาคเอกชนลดลง ทั้งค่าใช้จ่ายในการวิจัยและพัฒนาของธุรกิจเอกชน และค่าใช้จ่ายในการวิจัยและพัฒนาของธุรกิจเอกชนต่อประชากร (Business Expenditure on R&D per capita) มีแนวโน้มลดลง

๒. ปัจจัยหลักด้าน บุคลากรด้านการวิจัยและพัฒนา (R&D Personnel) พบสาเหตุที่สำคัญ คือ การขาดแคลนบุคลากรด้านวิจัยและพัฒนา จากการสำรวจของสถาบันวิจัยเพื่อพัฒนาประเทศไทย หรือ TDRi ในโครงการ “ยุทธศาสตร์การพัฒนากำลังคนทางเทคโนโลยีเพื่อพัฒนาเศรษฐกิจและความสามารถในการแข่งขัน” พ.ศ.๒๕๓๘ พบว่าการขาดแคลนบุคลากรจะรุนแรงขึ้นอย่างน่าเป็นห่วงในอนาคตอันใกล้ ซึ่งจำแนกปัญหาได้ดังนี้

- ๒.๑ กำลังและ/หรือประสิทธิภาพของหน่วยผลิต ไม่สอดคล้องกับความต้องการที่เกิดขึ้น
- ๒.๒ สถาบันผลิต กำลังประสบปัญหาหลายด้านทั้งค่าตอบแทนและการบริหาร จึงทำให้ขาดอาจารย์ผู้สอน
- ๒.๓ การเร่งผลิตบุคลากร โดยมีได้เพิ่มจำนวนอาจารย์ผู้สอน ทำให้ผลผลิตมีคุณภาพไม่ตรงกับความต้องการของผู้ประกอบการ
- ๒.๔ ขาดโครงสร้างการผลิต

๓. ปัจจัยหลักด้านการจัดการด้านเทคโนโลยี จากการสำรวจของสถาบันวิจัยเพื่อพัฒนาประเทศไทย หรือ TDRi ในโครงการ “ยุทธศาสตร์การพัฒนากำลังคนทางเทคโนโลยีเพื่อพัฒนาเศรษฐกิจและความสามารถในการแข่งขัน” พ.ศ.๒๕๓๘ สำรวจโดยแบบสอบถามจากผู้ประกอบการอุตสาหกรรมในการผลิต ๑๖๕ ราย กว่าครึ่งหนึ่งเห็นว่า ผู้จบการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี รวมทั้งวิศวกรและนักวิทยาศาสตร์ ขาดความสามารถในด้านการประยุกต์ใช้ความรู้ อยู่เกือบร้อยละ ๒๐ ซึ่งสะท้อนให้เห็นความคิดเห็นของผู้ตอบแบบสอบถามว่าประเทศไทยยังขาดการจัดการด้านเทคโนโลยีที่ดีพอ

๔. ปัจจัยหลักด้านสิ่งแวดล้อมทางวิทยาศาสตร์ พบสาเหตุที่สำคัญคือ การวิจัยขั้นพื้นฐานของประเทศไทยมีน้อย แต่ขณะเดียวกันกลับพบว่า วิทยาศาสตร์กับการศึกษาเยาวชนของไทยอยู่ในเกณฑ์ดี ในอันดับที่ ๒๒ เท่านั้นซึ่งเป็นผลจากการที่เยาวชนไทยไปแข่งขันตอบปัญหาความรู้ต่าง ๆ ในหลายประเทศ แล้วได้รางวัลชนะเลิศกลับมาให้ประเทศไทยเป็นประจำ

๕. ทรัพย์สินทางปัญญา ได้แก่ปัญหาการลอกเลียนสินค้าทำให้ส่งผลต่อการถูกจัดอันดับของประเทศไทย

จากการศึกษานี้จึงพบว่า สทวช. (NSTDA) มีความเข้าใจวิธีการจัดอันดับ แต่การปรับปรุงหรือแก้ไขให้ประเทศไทยถูกจัดให้อยู่ในอันดับที่ดีขึ้น ในบางปัจจัยไม่สามารถกระทำได้เช่นจำนวนสิทธิบัตรที่ได้รับความคุ้มครองในต่างประเทศ เพราะไทยยังไม่มีสิทธิบัตรนี้ และที่สำคัญคือแม้แต่ฐานข้อมูลด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่ดีพอในทุกวันนี้ ก็ยังไม่มีใครตอบได้ว่า ประเทศไทยมีนักวิจัยจริง ๆ กี่คน ชำนาญด้านใดบ้าง อยู่ที่ใด หรือบริษัทเอกชนใดได้ทำการวิจัยอะไรบ้างแล้ว การดำเนินการปรับอันดับการแข่งขันของประเทศไทยกับประเทศอื่น ๆ จึงควรเริ่มที่ฐานข้อมูลด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นสิ่งแรกที่สำคัญยิ่ง

ศัพท์สงครามและนโยบายทางการทหาร

โดย นาวาเอก รองศาสตราจารย์ ทองใบ วีรานันท์ทางกูร
กองวิชากฎหมายและสังคมศาสตร์

๑. ANZUS PACT แปลว่า กติกาแอนซัส

เป็นสนธิสัญญาความเป็นพันธมิตรแบบไตรภาคี (สามฝ่าย) ที่ลงนามกันเมื่อ ค.ศ.๑๙๕๐ โดย ออสเตรเลีย นิวซีแลนด์ และสหรัฐอเมริกา มีวัตถุประสงค์เพื่อพิทักษ์ความมั่นคงของภาคพื้นแปซิฟิก สนธิสัญญานี้ซึ่งมีผลบังคับใช้โดยไม่กำหนดเวลา มีข้อกำหนดว่าการโจมตีต่อภาคีแห่งสนธิสัญญา สามชาติไม่ว่าจะเป็นชาติใดให้ถือว่าเป็นอันตรายต่อภาคีทั้งสามชาติ และว่าภาคีแห่งสนธิสัญญานี้ แต่ละชาติจะดำเนินการเพื่อเผชิญกับอันตรายร่วมกันตามกระบวนการทางรัฐธรรมนูญของแต่ละชาติภาคี และชาติภาคีได้ตกลงกันด้วยว่าจะเพิ่มศักยภาพการป้องกันร่วมกันด้วยการช่วยเหลือตนเองและให้ความช่วยเหลือซึ่งกันและกันไปพร้อม ๆ กัน

กติกาสัญญาแอนซัสได้รับการออกแบบมาเพื่อใช้แก้ปัญหาข้อขัดข้องจากการที่ออสเตรเลียและนิวซีแลนด์ไม่เห็นด้วยกับสนธิสัญญาสันติภาพญี่ปุ่น และภายหลังจากที่ฝรั่งเศสได้พ่ายแพ้ทางการทหารในอินโดจีนเมื่อปี ค.ศ.๑๙๕๔ แล้วนั้นทางรัฐมนตรีว่าการกระทรวงการต่างประเทศของสหรัฐอเมริกา คือ นายจอห์น ฟอสเตอร์ ดัลลัส ได้หาทางขยายสนธิสัญญานี้ และหาทางปกป้องเอเชียใต้จากการขยายตัวของลัทธิคอมมิวนิสต์ โดยการจัดตั้งสนธิสัญญาเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (ซีโต) ซึ่งเป็นองค์การที่มีขอบข่ายการทำงานที่กว้างขวางกว่ากติกาสัญญาแอนซัส ถึงแม้ว่าซีโตจะได้สลายตัวไปแล้วตั้งแต่ปี ค.ศ.๑๙๗๗ แต่กติกาสัญญาแอนซัสยังคงมีผลบังคับใช้ต่อไป กติกาสัญญาแอนซัสยังมีตัวช่วยเสริมคือกติกาสัญญาแบบทวีภาคีอีกหลายฉบับระหว่างสหรัฐอเมริกากับชาติเอเชียหลายชาติ เช่น ที่สหรัฐอเมริกาทำกับฟิลิปปินส์ กับญี่ปุ่น กับไต้หวัน และกับเกาหลี นอกจากนี้แล้วกติกาสัญญาแอนซัสก็ยังเป็นการให้การรับรองด้วยว่าสหรัฐอเมริกาได้เข้ามาสวมบทบาทแทนอังกฤษในการสร้างความมั่นคงให้แก่สองสมาชิกในกลุ่มเครือจักรภพกล่าวคือออสเตรเลียและนิวซีแลนด์อีกด้วย อย่างไรก็ตามเมื่อปี ค.ศ.๑๙๘๗ สถานภาพของกติกาสัญญาแอนซัสในฐานะเป็นข้อตกลงความเป็นพันธมิตรในการป้องกันร่วมกันได้รับการกระทบกระเทือนจากข้อขัดแย้งที่ฝ่ายนิวซีแลนด์ประท้วงสหรัฐอเมริกาที่นำอาวุธนิวเคลียร์เข้ามาในภูมิภาคนี้

๒. BAGHDAD PACT แปลว่า กติกาสัญญาแบกแดด

เป็นสัญญาพันธมิตรมีวัตถุประสงค์เพื่อรักษาสันติภาพและความมั่นคงในตะวันออกกลาง ซึ่งใช้เป็นรากฐานเพื่อพัฒนาเป็นองค์การสนธิสัญญากลาง (เซนโต) ในกาลต่อมา กติกาสัญญาแบกแดดลงนามกันเมื่อ ค.ศ.๑๙๕๕ โดยอิรัก และตุรกี กับมีอังกฤษ ปากีสถาน และอิหร่านให้ภาคยานุวัติในปีเดียวกัน สมาชิกทุกชาติของสันนิบาตอาหรับและมหาอำนาจตะวันตกสำคัญ ๆ ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการชำระไว้ซึ่งความมั่นคงในตะวันออกกลางต่างได้รับเชิญให้เข้าร่วมเป็นภาคี แต่ก็ไม่มีชาติใดมาร่วมด้วยแม้แต่

ชาติเดียว เมื่อปี ค.ศ.๑๙๗๕ ได้เกิดการปฏิวัติในอิหร่านซึ่งส่งผลให้อิหร่านถอนตัวออกจากการเป็นภาคี และเกิดการล่มสลายของเซนโตไปในที่สุด

กติกาสัญญาแบกแดดได้พัฒนาขึ้นมาภายใต้การสนับสนุนของสหรัฐอเมริกา และสหรัฐอเมริกา ได้ใช้กติกาสัญญาฉบับนี้เป็น "แนวป้องกันแนวเหนือ" ทางด้านภูมิภาคตะวันออกกลางในระบบเครือข่าย พันธมิตรทั่วโลกของสหรัฐอเมริกา ที่จัดสร้างขึ้นโดยรัฐมนตรีว่าการกระทรวงการต่างประเทศสหรัฐอเมริกา นายจอห์น ฟอสเตอร์ ดัลลัส เพื่อใช้ปิดล้อมการขยายตัวของคอมมิวนิสต์ ถึงแม้ว่าสหรัฐอเมริกา จะมีได้ เข้าร่วมเป็นภาคี ของกติกาสัญญานี้โดยตรงแต่ก็มีผู้แทนของสหรัฐอเมริกา เข้าร่วมในการประชุมคณะกรรมการ เซนโตและสหรัฐอเมริกา ก็ยังได้ลงนามในกติกาสัญญาความมั่นคงแบบทวิภาคี (สองฝ่าย) กับ อิหร่าน กับปากีสถาน และกับตุรกี นอกจากนี้แล้วสหรัฐอเมริกา ก็ยังให้ความสำคัญแก่กติกาสัญญา แบกแดดโดยให้การช่วยเหลือทางด้านการทหารและการป้องกันประเทศแก่หมู่ภาคีกติกาสัญญานี้ แต่ฝ่าย สหภาพโซเวียต (ในอดีต) ได้ประณามกติกาสัญญาแบกแดดและเซนโตว่าเป็นเครื่องมือของพวกจักรวรรดินิยมที่มีเป้าหมาย ในทางรุกราน ขัดขวางความเป็นพันธมิตรในทางความมั่นคงฉบับนี้มีลักษณะอ่อนแอ มาตั้งแต่ก่อกำเนิดเพราะว่าไม่มีรัฐอาหรับต่าง ๆ เข้ามาร่วมเป็นสมาชิกเลย แม้แต่ปากีสถานซึ่งเป็นภาคี สมาชิกก็ได้หันไปดำเนินนโยบายเป็นกลางเสียในภายหลัง ส่วนสหภาพโซเวียต (ในตอนนั้น) ก็ไม่ได้ ให้ความเกรงกลัวกติกาสัญญานี้แต่อย่างใด และได้ลำเลียงอาวุธให้แก่ประเทศอาหรับหลายประเทศ สำหรับฝ่ายอังกฤษนั้นก็ให้หมดอำนาจทางทหารในตะวันออกกลางไปเลย

๓. BILATERAL SECURITY PACT แปลว่า กติกาสัญญาความมั่นคงแบบทวิภาคี

เป็นสนธิสัญญาระหว่าง ๒ ชาติที่ให้สัญญากันว่าจะให้การสนับสนุนทางการทหารแก่กันและกัน ในกรณีที่ถูกโจมตีจากรัฐที่สาม กติกาสัญญาความมั่นคงแบบทวิภาคีอาจจะจะเป็นแบบที่ให้การช่วยเหลือ อย่างฉับพลันและโดยไม่มีเงื่อนไขในกรณีที่มีการโจมตีต่อชาติภาคีชาติหนึ่งชาติใด หรืออาจจะ เป็นแบบให้ ชาติภาคีได้แต่ขอคำปรึกษาหารือกันเท่านั้นก็ได้ กติกาสัญญาแบบสองฝ่ายนี้อาจจะใช้กับรัฐที่สามที่ทำการ โจมตีชาติภาคี หรืออาจจำกัดการใช้เฉพาะการโจมตีที่กระทำโดยรัฐนั้นรัฐนี้ตามที่ระบุไว้ในกติกาสัญญาก็ได้

กติกาสัญญาความมั่นคงแบบทวิภาคีส่วนใหญ่แล้วจะเป็นการให้หลักประกันจากรัฐมหาอำนาจว่า ตนจะมาอยู่เคียงข้างกับรัฐที่อ่อนแอเมื่อยามที่ตกอยู่ในอันตราย ชาติที่มีอำนาจมากซึ่งดำเนินนโยบาย ต่างประเทศเพื่อรักษาสถานภาพเดิมนั้นอาจจะลงนามในกติกาสัญญาความมั่นคงเช่นนี้เพื่อจะได้ใช้ เป็นข้ออ้างหาความชอบธรรมที่จะเข้าแทรกแซงหากความมั่นคงหรือบูรณภาพแห่งดินแดนของรัฐที่ อ่อนแอ นั้น ๆ ถูกคุกคาม ยกตัวอย่างเช่น ในตะวันออกกลางในช่วงสงครามเย็นสหรัฐอเมริกา ได้ให้ ความสำคัญกับระบบความมั่นคงขององค์การสนธิสัญญากลาง (เซนโต) โดยได้ลงนามในข้อตกลงแบบ ทวิภาคีกับอิหร่าน กับปากีสถาน และกับตุรกี ในช่วงทศวรรษปี ๑๙๕๐ ส่วนกติกาสัญญาความมั่นคง แบบทวิภาคีของสหรัฐอเมริกา ฉบับอื่น ๆ ได้แก่ ที่สหรัฐอเมริกา ทำกับฟิลิปปินส์ กับญี่ปุ่น กับเกาหลีใต้ กับไต้หวัน และกับสเปน

๔. DUNKIRK TREATY แปลว่า สนธิสัญญาดันเคิร์ก

เป็นสนธิสัญญาความมั่นคงระยะเวลา ๕๐ ปีที่ลงนามกันระหว่างอังกฤษกับฝรั่งเศสเมื่อปี ค.ศ.๑๙๔๗ มีข้อความเรียกร้องให้มีการปรึกษาหารือและปฏิบัติการร่วมกันในการต่อต้านการรื้อฟื้นการรุกรานใด ๆ ของเยอรมนี สนธิสัญญาดันเคิร์กว่าด้วยความเป็นพันธมิตรและการให้ความช่วยเหลือซึ่งกันและกันนี้ได้กำหนดให้มีการปรึกษาหารือกันอย่างต่อเนื่องเกี่ยวกับเรื่องทางเศรษฐกิจและเรื่องทางการทหาร

สนธิสัญญาดันเคิร์กมีรากฐานมาจากความเกรงกลัวที่ถูกกระตุ้นจากความเป็นมาทางประวัติศาสตร์ที่เยอรมนีชอบเข้าครอบงำทวีปยุโรปมาตลอด สนธิสัญญาฉบับนี้เป็นสัญญาฉบับบ่งบอกถึงการกลับมาเป็นมหาอำนาจอีกครั้งหนึ่งของฝรั่งเศสหลังจากที่ได้ประสบกับความหายนะในสงครามโลกครั้งที่สอง เมื่อปี ค.ศ.๑๙๔๘ สนธิสัญญาดันเคิร์กได้ทำหน้าที่เป็นแกนกลางให้มีการจัดตั้งองค์การสนธิสัญญาบริเตนส์ที่ขยายการให้หลักประกันความมั่นคงแบบทวีภาคีครอบคลุมไปถึงเบลเยียม เนเธอร์แลนด์และลักเซมเบิร์ก เมื่อปี ค.ศ.๑๙๕๕ องค์การสนธิสัญญาบริเตนส์ต่อมาได้เปลี่ยนชื่อเป็นสหภาพยุโรปตะวันตก (ดับเบิลยูอีซี) และมีเยอรมนีกับอิตาลีเข้าร่วมเป็นสมาชิกด้วย ส่วนวัตถุประสงค์ของสหภาพยุโรปตะวันตกก็ได้ถูกเปลี่ยนแปลงไปจากการป้องปรามเยอรมนีไปเป็นการปฏิบัติการร่วมกันในกรณีที่ถูกโจมตีจากสหภาพโซเวียต สหภาพยุโรปตะวันตกเป็นฐานนำไปสู่การขยายนาโตออกไปโดยให้รับเยอรมนีตะวันตกเข้ามาเป็นสมาชิกด้วย อย่างไรก็ตามสนธิสัญญาดันเคิร์กยังมีผลบังคับใช้อยู่จวบจนทุกวันนี้
