บทที่ 2

แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง เป็นการศึกษาข้อมูลพื้นฐานทั้งด้านการสื่อสารโทรคมนาคม ระบบการสื่อสารทั้งด้านระบบดาวเทียมและระบบเคเบิลใต้น้ำ เพื่อประกอบการวิเคราะห์เปรียบเทียบทางเทคนิค รวมทั้งการศึกษาแนวทางการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมเพื่อใช้ในการวิเคราะห์เปรียบเทียบทางการเงิน โดยมีการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องโดยเฉพาะด้านการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

2.1 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องจะประกอบด้วยความเข้าใจพื้นฐานด้านการสื่อสารคมนาคม ระบบดาวเทียม

2.1.1 การสื่อสารโทรคมนาคม(Telecommunications)

คำว่า “Tele” เป็นรากศัพท์ที่มาจากภาษากรีก หมายความว่า “ไกล” หรือ “อยู่ไกลออกไป”ดังนั้นคำว่า Telecommunications สามารถให้ความหมายอย่างกว้างๆตามรูปศัพท์ได้ว่าหมายถึงการสื่อสารไปยังผู้รับปลายทางที่อยู่ไกลออกไป ซึ่งจะเห็นได้ว่าความหมายดังกล่าวนั้นค่อนข้างคลุมเครือไม่ชัดเจน ทั้งนี้เนื่องจากมันสามารถรวมความถึงการสื่อสารไปรษณีย์ด้วย ดังนั้น คำว่า Telecommunications นี้ สหภาพโทรคมนาคมระหว่างประเทศ หรือ International Telecommunications Union : ITU ได้ให้คำจำกัดความว่า “Telecommunications” หมายถึงการส่งข่าวสารทุกรูปแบบไม่ว่าจะเป็นเสียงพูด, ตัวอักษร, สัญลักษณ์, ภาพถ่าย, graphics, ภาพเคลื่อนไหว(Video) ฯลฯ ไปยังปลายทาง โดยอาศัยสัญญาณไฟฟ้าหรือสัญญาณแม่เหล็กไฟฟ้าไม่ว่ารูปแบบใดและไม่จำกัดว่าจะไปใช้สื่อชนิดใด(เช่นระบบวิทยุ, คู่สายทองแดง หรือ optical fiber ฯลฯ) ช่องทางที่ใช้สำหรับการติดต่อสื่อสารในระบบการสื่อสารโทรคมนาคมนั้นนิยมเรียกกันว่า“ช่องสัญญาณในการสื่อสาร(communication channel) และจุดประสงค์อันเป็น

พื้นฐานของการสื่อสารโทรคมนาคมทุกรูปแบบรวมทั้งระบบสื่อสารข้อมูลก็คือ การแลกเปลี่ยนข่าวสารและสารสนเทศ(message of information)ต้นทางและปลายทาง เช่นการแลกเปลี่ยนข่าวสารระหว่าง data terminal 2 ชุด โดยการใช้สัญญาณไฟฟ้า หรือคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ารูปแบบต่างๆในการส่ง message หรือ information ระหว่างอุปกรณ์ทั้งสองชุดนั้น ซึ่งโดยทั่วไปแล้วอุปกรณ์ที่ใช้ในการส่งข่าวสารในระบบการสื่อสารข้อมูล ซึ่งเรียกกันโดยทั่วไปว่า data terminal device นั้น ส่วนมากแล้วก็คือเครื่องคอมพิวเตอร์ประเภทต่างๆ

การสื่อสารข้อมูลที่เกิดขึ้นระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์สองชุด โดยที่ชุดหนึ่งทำหน้าที่เป็นผู้ส่ง(transmitter) ขณะที่อีกเครื่องหนึ่งทำหน้าที่เป็นผู้รับ(receiver) ที่ด้านส่ง(transmitting station) ข่าวสารที่ต้องการจะส่งจะถูกเปลี่ยนเป็นสัญญาณไฟฟ้าโดยอุปกรณ์ที่เหมาะสมและส่งสัญญาณไฟฟ้านั้นผ่านสื่อหรือตัวกลาง(medium)ไปยังด้านรับ ที่ด้านรับ(receiving station) จะทำการเปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้านั้นกลับมาเป็นข่าวสาร(message of information) ที่ถูกต้องอีกครั้งหนึ่ง และเพื่อให้เกิดการติดต่อสื่อสารหรือเกิดการเชื่อมโยงเพื่อการสื่อการสื่อสาร(Communication link) ขึ้นระหว่าง transmitter และ receiver เราจำเป็นต้องมีช่องสัญญาณสื่อสาร (communication channel) และนำช่องสัญญาณสื่อสารนั้นมาใช้งาน ช่องสัญญาณสื่อสารโดยความเป็นจริงแล้วก็คือตัวกลาง(medium) ที่จะทำหน้าที่ในการส่งผ่านข้อมูล ในบางครั้งเรานิยมเรียกช่องสัญญาณสื่อสารอย่างย่อๆว่า “link” ช่องสัญญาณสื่อสารหรือ “link” นี้สามารถแบ่งออกได้เป็นหลายประเภทเช่น สายกระจาย(open wire), คู่สายตีเกลียว(twisted pair cable) สายแกนร่วม(coaxial cable), ใยแก้วนำแสง(fiber optics), และ microwave เป็นต้น

โดยพื้นฐานแล้วระบบการสื่อสารโทรคมนาคมที่ครบถ้วนสมบูรณ์จะมีองค์ประกอบที่สำคัญทั้งสิ้นส่วน 5 ส่วน ใหญ่ๆ ดังต่อไปนี้

– <u>ต้นกำเนิดข่าวสาร(Source of Information)</u>

ส่วนนี้เป็นส่วนแรกในระบบการสื่อสารโทรคมนาคม เป็นแหล่งที่มาของข่าวสารต่างๆที่ผู้ส่งต้องการที่จะส่งไปยังผู้รับที่ปลายทาง ตัวอย่างในระบบโทรศัพท์หรือระบบวิทยุกระจายเสียงส่วนนี้ก็คือเสียงพูดของผู้พูดที่ต้นทาง ซึ่งจะถูกไมโครโฟนเปลี่ยนให้เป็นสัญญาณไฟฟ้าที่เหมาะสมและส่งเข้าไปในระบบ หรือในกรณีระบบการสื่อสารข้อมูล(Data Communication)ส่วนนี้อาจจะเป็นเครื่องคอมพิวเตอร์หรือ Data Terminalประเภทต่างๆ

– เครื่องส่ง(Transmitter)

เครื่องส่งหรือตัวส่งนี้ทำหน้าที่ในการแปลงหรือเปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้าที่ใช้แทนข่าวสารจากต้นกำเนิดข่าวสาร ให้เป็นสัญญาณหรือคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่เหมาะสมในการส่งต่อไปยังปลายทาง เช่นระบบโทรศัพท์ตัวเครื่องโทรศัพท์จะแปลงสัญญาณไฟฟ้าที่ใช้แทนเสียงพูด ให้เป็นสัญญาณแม่เหล็กไฟฟ้าที่เหมาะสมและส่งต่อไปยังปลายทาง หรือในระบบวิทยุกระจายเสียง ส่วนนี้ได้แก่เครื่องส่งวิทยุ สำหรับในระบบการสื่อสารข้อมูล ส่วนนี้จะเป็น MODEM หรืออุปกรณ์อื่นที่เหมาะสมในการเปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้าที่มาจากคอมพิวเตอร์หรือ Data Terminal เพื่อให้เป็นสัญญาณแม่เหล็กไฟฟ้าที่เหมาะสมในการผ่านระบบสื่อสัญญาณ(Transmissions)ไปยังปลายทาง

– ระบบการส่งผ่านสัญญาณ(Transmissions)

เมื่อเครื่องส่งได้เปลี่ยนหรือแปลงสัญญาณไฟฟ้าที่ใช้แทนข่าวสารต่างๆ ให้เป็นสัญญาณหรือคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่เหมาะสมแล้ว สัญญาณก็จะถูกส่งผ่านระบบระบบการส่งผ่านสัญญาณ เพื่อส่งต่อไปยังเครื่องรับและผู้รับที่ปลายทาง ดังนั้นระบบการส่งผ่านสัญญาณจึงถือได้ว่านับเป็นส่วนที่สำคัญและจำเป็นมากในระบบการสื่อสารโทรคมนาคม เนื่องจากหากปราศจากระบบการส่งผ่านสัญญาณหรือมีระบบการส่งผ่านสัญญาณที่คุณภาพไม่ดีแล้ว ระบบการสื่อสารโทรคมนาคมที่มีประสิทธิภาพก็ไม่สามารถจะเกิดขึ้นได้

– เครื่องรับ(Receiver)

ส่วนนี้เป็นส่วนที่ทำการแปลงหรือเปลี่ยนสัญญาณหรือคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ที่ถูกส่งผ่านระบบการส่งผ่านสัญญาณจากต้นทาง เพื่อให้กลับมาเป็นสัญญาณไฟฟ้าที่ใช้แทนข่าวสารที่ถูกส่งมาจากต้นทาง ทั้งนี้เพื่อส่งให้อุปกรณ์ปลายทางทำการแปลงหรือเปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้านั้นให้กลับมาเป็นข่าวสารที่ผู้รับสามารถเข้าใจความหมายได้ ในระบบโทรศัพท์ส่วนนี้ก็คือตัวเครื่องรับเครื่องโทรศัพท์ ที่จะทำการเปลี่ยนสัญญาณแม่เหล็กไฟฟ้าที่รับได้นั้น ให้เป็นสัญญาณไฟฟ้าที่เหมาะสมสำหรับการส่งต่อให้หูฟัง หรือในระบบวิทยุกระจายเสียงส่วนนี้ก็คือเครื่องรับวิทยุที่จะแยกสัญญาณเสียงออกจากคลื่นวิทยุเพื่อส่งต่อให้ลำโพง สำหรับระบบการสื่อสารข้อมูลส่วนนี้จะเป็น Modem หรืออุปกรณ์ที่เหมาะสมในการเปลี่ยนสัญญาณแม่เหล็กไฟฟ้าที่รับมานั้น ให้เป็นสัญญาณไฟฟ้าที่ใช้ข้อมูลในรูปแบบที่ถูกต้องและเหมาะสมสำหรับการส่งต่อให้เครื่องคอมพิวเตอร์หรือ Data Terminal

– อุปกรณ์ปลายทางและผู้รับที่ปลายทาง(Destination)

เป็นส่วนสุดท้ายในระบบการสื่อสารโทรคมนาคม เช่นในระบบโทรศัพท์ ก็คือหูฟังที่จะเปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้าให้เป็นเสียงพูดที่เหมือนต้นทาง และผู้รับที่ปลายทางก็คือผู้ใช้โทรศัพท์ที่ปลายทาง ในระบบวิทยุกระจายเสียงส่วนนี้ ก็คือลำโพงและผู้รับฟังรายการวิทยุกระจายเสียงนั้น ส่วนระบบการสื่อสารข้อมูลนั้น ในส่วนนี้ได้แก่เครื่องคอมพิวเตอร์ หรือ Data terminal ประเภทต่าง ๆ

2.1.2 ระบบดาวเทียม

2.1.2.1 ประวัติและความเป็นมาของการสื่อสารระบบดาวเทียม

คนส่วนใหญ่มีความสนใจใคร่รู้ และต้องการมีส่วนร่วมในเหตุการณ์สำคัญ ๆ ไม่ว่าเหตุการณ์นั้นจะเกิดขึ้น ณ มุมใดของโลกก็ตาม ในสมัยก่อน ความต้องการนี้ แทบไม่ได้รับการสนองตอบ จะเห็นว่าไม่ว่าสงครามโลก ครั้งที่หนึ่ง หรือสองเกิดขึ้น และดำเนินไปอย่างไร กว่าคนทั้งโลกจะรับรู้ ก็ใช้เวลาเป็นเดือนๆ แต่ในปัจจุบันมนุษย์ สามารถทราบข่าวสาร การแข่งขันกีฬานัดสำคัญๆ หรือการประกวดนางงามจักรวาล และอื่นๆ ได้อย่างใกล้ชิด เสมือนได้ไปชมเหตุการณ์นั้นด้วยตนเอง

ผู้ที่มีจินตนาการกว้างไกล และจุดประกายความฝันใฝ่ ของมนุษย์ดังกล่าว ก็คือ อาเธอร์ ซี คลาร์ก (Arthur C. Clarke) นักเขียนนิยายและ สารคดีวิทยาศาสตร์ชื่อดัง ในปี ค.ศ. 1945 บทความเรื่อง "Extra-Terrestrial Relays" ในนิตยสาร "Wireless World" บทความนี้กล่าวถึงการเชื่อมระบบสัญญาณวิทยุ จากมุมโลกหนึ่งไปยังอีกมุมโลกหนึ่ง ให้สามารถติดต่อสื่อสารกันได้ตลอด 24 ชั่วโมง โดยใช้สถานีถ่ายทอดวิทยุ ที่ลอยอยู่ในอวกาศเหนือพื้นโลก ขึ้นไปประมาณ 36,000 กิโลเมตร จำนวน 3 สถานี สถานีถ่ายทอดวิทยุของ คลาร์กก็คือ ดาวเทียมในปัจจุบันนั้นเองและเหตุที่ต้องใช้ดาวเทียมอย่างน้อย 3 ดวง ก็เพื่อให้แต่ละดวง รับส่งสัญญาณ กินอาณาบริเวณ 1 ใน 3 ของโลก จึงจะครอบคลุมพื้นที่เกือบทั้งหมดทั่วโลก

สถานีถ่ายทอดวิทยุของ คลาร์กก็คือ ดาวเทียมในปัจจุบันนั่นเอง และเหตุที่ต้องใช้ดาวเทียม อย่างน้อย 3 ดวง ก็เพื่อให้แต่ละดวง รับส่งสัญญาณ กินอาณาบริเวณ 1 ใน 3 ของโลก จึงจะครอบคลุมพื้นที่เกือบทั้งหมดทั่วโลก ในปี ค.ศ. 1957 ความคิดของคลาร์กก็เริ่มเป็นจริง เมื่อรัสเซียได้ส่งสปุตนิก 1 ดาวเทียมดวงแรกขึ้นสู่อวกาศ ได้สำเร็จ ต่อมารัสเซียก็ส่ง ดาวเทียมดวงที่ 2 โดยมีสุนัขชื่อ ไลก้า ขึ้นไปด้วย ปีถัดมาสหรัฐอเมริกา ก็ส่งดาวเทียมชื่อ เอ็กซ์พลอเรอร์ 1 ขึ้นสู่อวกาศบ้าง หลังจากนั้นทั้งสองประเทศ ก็ส่งดาวเทียม ขึ้นสู่อวกาศอีกหลายดวง ล้วนแล้วแต่เป็นดาวเทียมเพื่อสำรวจ บรรยากาศทั้งสิ้น ต่อมาสหรัฐฯ ก็ส่งดาวเทียมเพื่อการสื่อสารดวงแรกชื่อ สกอร์ ขึ้นสู่อวกาศ และได้บันทึกเสียงสัญญาน คำกล่าวอวยพร ของประธานาธิบดี ไอเซนอาวร์ เนื่องในเทศกาลคริศต์มาส ปี ค.ศ. 1958 จากสถานีภาคพื้นดิน แล้วถ่ายทอดมาสู่ชาวโลก นับเป็นการส่งวิทยุกระจายเสียง จากดาวเทียม ลงสู่พื้นโลก ได้เป็นครั้งแรก

ปัจจุบันมีดาวเทียมมากกว่า 5,000 ดวงที่ขึ้นไปโคจรอยู่รอบโลก แต่ละดวงมีขนาดและน้ำหนักหลากหลาย มีรูปร่างต่างๆ และได้รับ การพัฒนาให้ ใช้งานได้หลายด้าน ไม่ว่าจะเป็นด้านสำรวจทรัพยาการธรรมชาติ สำรวจสภาพบรรยากาศ และภูมิอากาศ การสื่อสาร การทหาร การนำร่อง ฯลฯ

ในปี ค.ศ. 1957 ความคิดของคลาร์กก็เริ่มเป็นจริง เมื่อรัสเซียได้ส่งสปุตนิก 1 ดาวเทียมดวงแรกขึ้นสู่อวกาศ ได้สำเร็จปัจจุบันมีดาวเทียมมากกว่า 5,000 ดวงที่ขึ้นไปโคจรอยู่รอบโลก แต่ละดวงมีขนาดและน้ำหนักหลากหลาย มีรูปร่างต่างๆ และได้รับ การพัฒนาให้ ใช้งานได้หลายด้าน ไม่ว่าจะเป็นด้านสำรวจทรัพยาการธรรมชาติ สำรวจสภาพบรรยากาศ และภูมิอากาศ การสื่อสาร การทหาร การนำร่อง ฯลฯ

โครงการดาวเทียมเพื่อการโทรคมนาคมได้เริ่มขึ้นปี พ.ศ. 2505 โดยได้มีการส่งดาวเทียมชื่อ เทลสตาร์ 1 ขึ้นสู่อวกาศและนำมาซึ่งความสำเร็จก้าวแรกในการถ่ายทอดโทรทัศน์และโทรคมระหว่างประเทศ

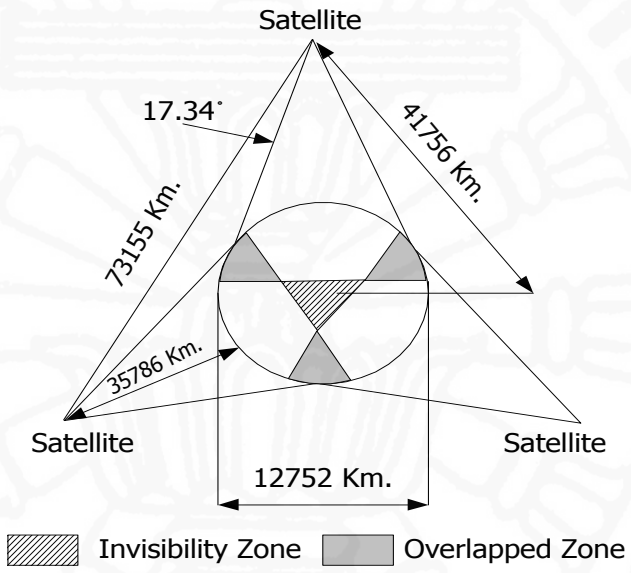
<u>ระบบการสื่อสารผ่านดาวเทียม (Satellite Communication System)</u>

ดาวเทียมสื่อสารมีต้นกำเนิดมาจากความคิดของนักเขียนนิยายวิทยาศาสตร์ชาวอังกฤษ ชื่อ อาร์เธอร์ ซี.คลาร์ก (Arthur C. Clarke) ซึ่งเขียนบทความเรื่อง “Extra Terrestrial Relays ” ลงในนิตยสาร Wireless World เมื่อ พฤษภาคม ค.ศ.1945 โดย อาร์เธอร์ ซี.คลาร์ก ได้

เสนอแนวความคิดในการติดต่อสื่อสารรอบโลก โดยใช้สถานีถ่ายทอดสัญญาณในอวกาศที่ความสูงระยะประมาณ 42,000 กิโลเมตร จากจุดศูนย์กลางโลก โดยมีความเร็วเท่ากับความเร็วที่โลกหมุนรอบตัวเอง 1 รอบ และใช้เพียง 3 สถานีก็จะครอบคลุมพื้นที่รอบโลกทั้งหมด ซึ่งตรงกับหลักการของดาวเทียมวงโคจรค้างฟ้า (GEO Stationary Orbit)ในเวลาต่อมา

ภาพที่ 2.1

ดาวเทียมวงโคจรค้างฟ้าจากแนวความคิดของอาร์เธอร์ ซี.คลาร์ก (Arthur C. Clarke)



ดาวเทียมแบ่งเป็นประเภทใหญ่ๆได้ 5 ประเภท ดังนี้

- ดาวเทียมระหว่างประเทศ (International Communication Satellite)เป็นดาวเทียมที่ใช้ในกิจการโทรคมนาคมระหว่างประเทศ เช่น ดาวเทียม INTELSAT
- ดาวเทียมภายในประเทศหรือภูมิภาค (Domestic and regional Satellite) เป็นดาวเทียมที่ใช้ภายในแต่ละประเทศหรือภายในกลุ่มประเทศใกล้เคียงในภูมิภาคเดียวกัน เช่น ดาวเทียม PALAPA ของอินโดนีเซีย, ASIASAT ของฮ่องกง, THAICOM ของไทย เป็นต้น
- ดาวเทียมทางทหาร (Military Communication Satellite) เป็นดาวเทียมเพื่อใช้ในทางทหารโดยเฉพาะปกติใช้ย่านความถี่ X- band (8/7 GHz) เช่น ดาวเทียม

DSCS(Defense Satellite Communication System) ของสหรัฐอเมริกาที่ใช้ในการสื่อสารทางทหารทั่วโลก เป็นต้น

- ดาวเทียมสำหรับการส่งโทรทัศน์และความมุ่งหมายพิเศษ (Broadcast and Special purpose satellite)เป็นดาวเทียมที่ออกแบบมาใช้ทั้งภายในประเทศและภูมิภาค เพื่อส่งสัญญาณโทรทัศน์กำลังสูงมายังจานสายอากาศรับสัญญาณขนาดเล็กของผู้ชมจำนวนมาก นิยมใช้ย่านความถี่KU- band ส่วนดาวเทียมที่ใช้ในความมุ่งหมายพิเศษ เช่น MARISAT หรือ INMARSAT ในปัจจุบันใช้ในการนำทาง (Navigation) ติดต่อกับยานพาหนะเคลื่อนที่ทางบก ทางเรือ,และทางเครื่องบิน ดาวเทียม NAVSTAR GPS เพื่อกำหนดตำแหน่ง
- ดาวเทียมเพื่อการทดลอง (Experimental Satellite) เป็นดาวเทียมที่ใช้ในการทดลองต่างๆ

ปัญหาที่พบเกี่ยวกับวงโคจรดาวเทียมนั้นเกิดจาก ในปัจจุบันมีดาวเทียมเป็นจำนวนมากในอวกาศ ทำให้ ตำแหน่งอาจทับซ้อนกันโดยเฉพาะดาวเทียมวงโคจรค้างฟ้า ดังนั้น ITU จึงกำหนดให้ดาวเทียมประเภทนี้มีตำแหน่งในวงโคจรให้ห่างกันอย่างน้อย 2 องศา เพื่อไม่ให้สัญญาณรบกวนกัน สำหรับประเทศไทยได้ถูกกำหนดให้อยู่ใกล้กับจีน

ITU (International Telecommunication Union) ได้กำหนดรูปแบบการให้บริการดาวเทียมเป็น 2 แบบ ได้แก่

- ดาวเทียมสำหรับผู้ใช้บริการประจำที่ (Fixed Satellite Service: FSS) ได้แก่ สถานีภาคพื้นดินที่ จานดาวเทียมติดตั้งประจำที่ สามารถพบเห็นได้ในกิจการทั่วไป ดาวเทียมหลักที่ให้บริการแบบนี้ เช่น INTELSAT, THAICOM เป็นต้น
- ดาวเทียมสำหรับผู้ใช้บริการเคลื่อนที่ (Mobile Satellite Service: MSS) ได้แก่ ดาวเทียมที่ใช้สถานีดาวเทียมภาคพื้นดินติดตั้งอยู่บนยานพาหนะบนบก เรียกดาวเทียม LMS (Land Mobile Satellite), ติดตั้งอยู่บนเครื่องบินเรียกดาวเทียม AMS(Airborne Mobile Satellite) หรือติดตั้งบนเรือดาวเทียมที่ให้บริการแบบนี้ เช่น INMARSAT เป็นต้น

นอกจากนี้ ITU ได้จัดสรรและควบคุมการใช้ความถี่ในกิจการต่างๆทั้งในประเทศและระหว่างประเทศ เพื่อไม่ให้เกิดการซับซ้อนและรบกวนกัน ความถี่ที่ใช้กับดาวเทียมจะใช้หลักการเรียกชื่อคล้ายกับที่ใช้ในเรดาร์และไมโครเวฟ แต่ความถี่ใช้งานอาจแตกต่างกันบ้างตามภารกิจและวิธีการใช้ความถี่ เช่น L-band, C-band, Ku-band, X-band, Ka –band เป็นต้น ความถี่ที่นิยมใช้กันมากคือย่าน C-band สัญญาณย่านขาขึ้น (Uplink) ใช้ย่านความถี่ 6 GHz และสัญญาณขาลง (Downlink) ใช้ย่านความถี่ 4 GHz จึงนิยมเรียกว่า 6/4 GHz ความถี่ C-band นี้อาจรบกวนกับการสื่อสารผ่านคลื่นไมโครเวฟบนภาคพื้นดินได้ง่าย อีกความถี่ที่ใช้งานมาก คือ Ku-bandใช้ความถี่ขาขึ้น 12 - 14 GHz และความถี่ขาลง 11 – 12 GHzโดยประมาณซึ่งนิยมใช้ในกิจการส่งสัญญาณโทรทัศน์โดยตรง (Direct Broadcast System: DBS) แต่มีข้อเสียหลักคือสัญญาณจะถูกลดทอนกำลังจากเม็ดฝนค่อนข้างมาก ความถี่ย่าน X –band (8/7 GHz) ใช้ในกิจการทหารส่วนความถี่ย่าน Ka-band (40/20 GHz) มีแนวโน้มจะนำมาใช้มากในอนาคตเพื่อแก้ปัญหาความแออัดของความถี่ใช้งาน เช่น โครงการ IP-Star ของบริษัท ไทยคม

สำหรับความกว้างของแถบความถี่ (Bandwidth) การใช้งานปกติ C-band กว้าง 500 MHz โดยทั่วไปแบ่งได้ 12 ช่อง ดาวเทียม (Transponder) กว้างช่องละ 40 MHz ซึ่งเพียงพอในการส่งสัญญาณโทรทัศน์ได้ 1 ช่อง หรือส่งสัญญาณเสียงอนาล็อกได้ 1,500 ช่องการสื่อสารหรือสัญญาณโทรทัศน์ข้อมูลขนาด 50 – 10 เมกกะบิท (Megabit)ได้ ความกว้างของแบนด์อาจกว้างขึ้นได้ถึง 1 GHz หรือ 2 GHz เช่นในย่านความถี่ EHF (Ka-band) ที่จะนำมาใช้ในอนาคต

โดยทั่วไปดาวเทียมแต่ละดวงจะถูกจำกัดด้วยความกว้างของความถี่ใช้งาน (Bandwidth) เช่น ย่านความถี่ C-band ซึ่งกว้าง 500 MHz แบ่งได้ 12 ทรานสพอนเดอร์ (Transponder) ขนาดกว้าง 400 MHz การทำให้ดาวเทียมสามารถใช้งานได้มากขึ้นเรามีเทคนิคที่เรียกว่า ความถี่ซ้ำ (Frequency Re-use) ซึ่งมีเทคนิคหลักๆอยู่ 2 วิธี ต่อไปนี้

- ใช้เทคนิค Spatial Isolation คือ การใช้จานสายอากาศเป็นตัวแยกลำคลื่น (beam) ให้ครอบคลุมพื้นที่ต่างกัน เช่น ถ้าปกคลุมครึ่งโลก เรียก Hemispheric beam, ครอบคลุมเฉพาะย่านหรือภูมิภาคเรียก Zone beam หรือครอบคลุมเป็นจุดเฉพาะแห่งเรียก Spotbeam เป็นต้น สถานีภาคพื้นดินที่อยู่ในพื้นที่ครอบคลุมของสัญญาณคนละลำคลื่นไม่มีการเหลื่อมกัน จะสามารถติดต่อได้พร้อมกันโดยไม่มีการรบกวนกัน

- ใช้เทคนิคแยกขั้วสัญญาณการแพร่กระจายคลื่น (Polarization) ซึ่งปกติจะแยกเป็นการแพร่กระจายคลื่นในแนวนอน (Horizontal Polarization) การแพร่กระจายคลื่นในแนวตั้ง (Vertical Polarization) หรือ การแพร่กระจายคลื่นเป็นวงกลม (Circular Polarization)ซึ่งอาจแยกเป็นวงกลมเวียนขวา (Righthand Circular Polarization: RHCP) หรือ เวียนซ้าย (Lefthanded Circular Polarization: LHCP) สถานีที่ใช้ขั้วการแพร่กระจายคลื่นต่างกัน แม้จะใช้ความถี่เดียวกันก็จะไม่รบกวนกัน เช่นในดาวเทียม INTELSAT 6 จะมีการใช้ความซ้ำถึง 6 ค่า

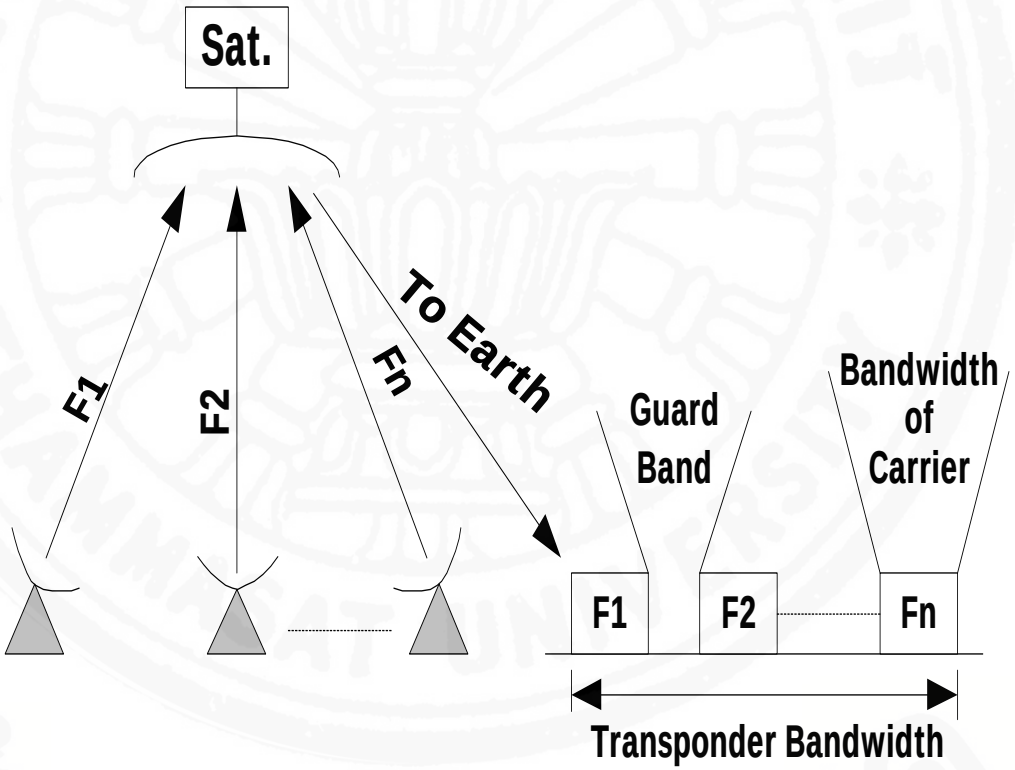
<u>เทคนิคการเข้าถึงหลายทาง (Multiple Access Technique)</u>

เนื่องจากทรัพยากรด้านดาวเทียมเป็นทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด เช่น จำนวนดาวเทียมในวงโคจรค้างฟ้าที่มีอยู่ 360 องศา ห่างกัน 2 องศาเป็นอย่างน้อย จึงดาวเทียมเพียงประมาณ 180 ดวงเท่านั้น นอกจากนี้ ทรานสปอนเดอร์ (Transponder) ที่ใช้งานในดาวเทียมแต่ละดวงก็มีจำกัด แม้จะใช้หลักการความถี่ซ้ำเข้าช่วยแล้ว จึงต้องพัฒนาเทคนิคการเข้าถึงหลายทางเพื่อให้สามารถเข้าไปใช้งานช่องดาวเทียมได้อย่างเต็มที่ และให้ผู้ใช้เข้าใช้ ทรานสปอนเดอร์ (Transponder) ดาวเทียมเดียวกันพร้อมกันได้มากมายโดยไม่รบกวนกันปัจจุบันมีเทคนิคที่นิยมใช้กันอยู่ 3 แบบ คือ

- <u>การเข้าถึงหลายทางแบบแบ่งความถี่ (Frequency Division Multiple Access: FDMA)</u> ผู้ใช้แต่ละรายจะได้รับการจัดสรรช่องความถี่มาให้แม้ช่องความถี่ว่างไม่มีผู้ใช้งาน ผู้อื่นก็ไม่สามารถเข้ามาใช้งานได้ซึ่งเป็นข้อจำกัดประการหนึ่ง แต่ก็มีใช้กันอย่างแพร่หลายเนื่องจากหลักการง่ายคือ สถานีภาคพื้นดินที่อยู่ในข่ายสื่อสารดาวเทียมจะทำการส่งคลื่นพาห์หนึ่งคลื่น หรือ หลายคลื่นความถี่ในทรานสปอนเดอร์ (Transponder) ใดทรานสปอนเดอร์ (Transponder) หนึ่งคลื่นพาห์แต่ละคลื่นจะประกอบด้วยแถบความถี่ที่มีความกว้างตามที่กำหนดในกิจการนั้นๆ เช่น ใช้ความกว้างของแบนด์ 36 KHz สำหรับการส่งแบบ SCPC (Single Carrier Per Channal) หรือกว้าง 30 MHz สำหรับการส่งสัญญาณโทรทัศน์ ทรานสปอนเดอร์ (Transponder) บนดาวเทียมจะรับสัญญาณ แล้ว

ขยายและแปลงความถี่สัญญาณนั้นส่งกลับมายังสถานีภาคพื้นโลกสถานีภาคพื้นดินที่อยู่ภายใต้พื้นที่ที่สัญญาณครอบคลุม จะเลือกรับเฉพาะคลื่นพาห์ที่นำข่าวสารมาถึงตนเท่านั้น ปัญหาสำคัญสำหรับการเข้าถึงแบบ FDMA คือ การเกิด Intermodulation ภายใน เนื่องจากต้องใช้กำลังขยายสูงสุดเกิดเป็นคลื่นที่ไม่ต้องการไปรบกวนสถานีภาคพื้นดินปกติ FDMA ที่ใช้หลักๆมีระบบ SCPC (Single Carrier Per Channel) และ MCPC (Multiple Carrier Per Chanel)

ภาพที่ 2.2
การใช้ช่องการสื่อสารร่วมกันโดยใช้เทคนิค FDMA

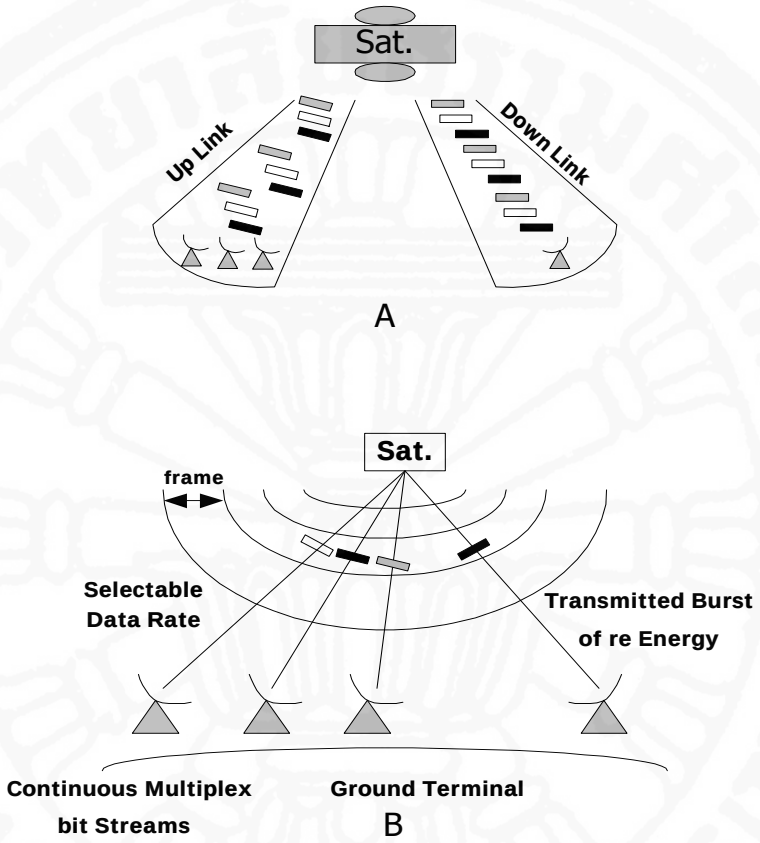


– <u>การเข้าถึงหลายทางแบบแบ่งเวลา</u> (Time Division Multiple Access : TDMA) ผู้ใช้จำนวนมากสามารถใช้ช่องสัญญาณความถี่ร่วมกันได้ แต่จะส่ง

ข้อมูลเฉพาะช่วงเวลาที่ได้รับการจัดสรรมาให้เท่านั้น วิธีการ คือ ทุกสถานีในข่ายการสื่อสารดาวเทียมจะใช้ความถี่คลื่นพาห์เดียวกัน ในการส่งสัญญาณแบบต่างๆผ่าน ทรานสปอนเดอร์ (Transponder)ใด ทรานสปอนเดอร์ (Transponder) หนึ่งทุกสถานีที่ใช้ทรานสปอนเดอร์(Transponder) ร่วมกันจะสื่อสารกันได้เฉพาะช่วงเวลาที่กำหนดให้เท่านั้นหรือ อาจเรียกได้ว่าเป็นการแบ่ง TIME SLOT มาให้ ดังนั้นแต่ละสถานีจึงต้องมีการเข้าจังหวะ(Synchronization) กันเป็นอย่างดีเพื่อให้ข้อมูลไปถึง ทรานสปอนเดอร์ (Transponder) ไม้ซ้ำเวลากันโดยจะมีการเว้นช่องว่างเวลาตามที่กำหนด ทำให้ทุกสถานีภาคพื้นดินสามารถใช้แถบคลื่นความถี่และกำลังขยายในทรานสปอนเดอร์ (Transponder) นั้นได้อย่างเต็มที่ เนื่องจากทรานสปอนเดอร์ (Transponder) ขยายสัญญาณครั้งละสถานีจึงไม่เกิดการ Intermodulation

TDMA เป็นการเข้าถึงที่เหมาะกับการใช้งานในระบบดิจิตอลที่มีสถานีใช้งานร่วมกันจำนวนมาก และสามารถใช้กำลังสูงสุดได้แต่ข้อเสียประการสำคัญคือ การเข้าจังหวะ (Synchronization) ต้องมีการกะเวลา (Timing) อย่างแม่นยำและเที่ยงตรง ประสิทธิภาพจึงถูกลดทอนไปจากการส่งสัญญาณเข้าจังหวะนี้ จึงเหมาะสำหรับการสื่อสารขนาดใหญ่

ภาพที่ 2.3
การใช้ช่องการสื่อสารร่วมกันโดยใช้เทคนิค TDMA



A) การส่งและรับข้อมูลในระบบ TDMA
B) การส่งข้อมูลที่สถานีแต่ละแห่งในระบบ TDMA

– <u>การเข้าถึงหลายทางแบบสุ่ม (Random Multiple Access : RMA)</u> หรือ แบบแบ่งรหัส (Code Division Multiple Access: CDMA) สถานีภาคพื้นดินใช้ความถี่ร่วมกันและจะส่งเวลาใดก็ได้โดยใช้ช่องสัญญาณร่วมกันหลายสถานีโดยผู้รับสามารถแยกแยะข้อมูลที่ส่งมาถึงตนได้ เนื่องจากมีรหัส (Code) เป็นของตนเอง วิธีการเข้าถึงหลายทางแบบแบ่งรหัสที่ใช้กันอย่างแพร่หลายคือ Spread Spectrum Multiple Access : SSMA วิธีนี้ผู้ใช้แต่ละรายจะถูกกำหนดให้ใช้

Code sequence ไม่ซ้ำกันซึ่งเมื่อปรุงคลื่นกับคลื่นพาห์ไปพร้อมกับข้อมูลดิจิตอลแล้วส่งไปในช่องสัญญาณที่ผู้ใช้ทุกรายใช้ร่วมกัน การที่ Multiple Access : TDMA) มีความยาวมาก และ Code symbols / data symbols มีค่าสูงมีผลทำให้ความกว้างของแถบคลื่นสัญญาณที่ใช้ขยายกว้างขึ้นจึงเรียกว่า การแผ่ขยายแถบคลื่นความถี่ (spread spectrum) อัตราส่วนระหว่างความกว้างของแบนด์ของสัญญาณที่ส่งออกไป (transmitted signal bandwidth) ต่อความกว้างของแบนด์ของข่าวสาร (message signal bandwidth) เราเรียก GP ซึ่ง GP จะเป็นตัวบ่งบอกอัตราขยายการประมวลผล (Processing Gain) ของระบบ SSMA - CDMA ด้วยเหตุที่ผู้ใช้แต่ละรายจะถูกระบุ Code sequence โดยวิธีสุ่มจึงเรียกว่า การเข้าถึงหลายทางแบบสุ่ม (RMA)

นอกจากเทคนิคการเข้าถึงหลายทาง (Multiple Access) ยังมีแบบแผนการแบ่งมอบ (Assignment Schemes) ที่นำมาใช้ร่วมกับเทคนิคการเข้าถึงหลายทาง อีก 2 แบบ ที่นิยมกันแพร่หลายคือ แบบแบ่งมอบล่วงหน้า (Pre Assignment) และ การแบ่งมอบตามความต้องการ (Demand Assignment)

- <u>การแบ่งมอบล่วงหน้า</u> (Pre Assignment) นำมาใช้กันมากในการส่งสัญญาณเสียง โดยมีหลักการเบื้องต้นว่า จะจัดสรรความถี่หรือช่วงเวลาให้กับสถานีคู่ใดคู่หนึ่ง เพื่อใช้ในการติดต่อกันไม่ว่าจะมีการส่งข่าวสารหรือไม่ ช่วงเวลาหรือความถี่นั้นจะสงวนไว้สถานีอื่นไม่สามารถนำไปใช้งานได้ จะมีประโยชน์ในข่ายการเก็บข้อมูลคอมพิวเตอร์ที่มีการเรียกเก็บข้อมูลสม่ำเสมอระหว่างสถานีต่างๆเป็นระบบการแบ่งมอบที่ง่าย แต่ข้อเสียคือ ระบบการสื่อสารจะขาดการอ่อนตัว เกิดการสูญเปล่าของช่องสัญญาณ จึงไม่เหมาะในการนำไปใช้ในข่ายการสื่อสารที่มีข้อมูลเปลี่ยนแปลงขึ้นลงอย่างมาก แต่จะมีประโยชน์ที่สามารถตอบสนองการใช้งานได้ทันที ถ้าแบ่งมอบการใช้งานล่วงหน้าถาวร ผู้ใช้ต้องมีปริมาณการส่งข้อมูลจึงจะมีประสิทธิภาพ
- <u>การแบ่งมอบตามความต้องการ</u> (Demand Assignment: DA) ระบบนี้ไม่มีการจัดสรรความถี่หรือช่วงเวลาถาวร จะแบ่งมอบเมื่อต้องการใช้งานเท่านั้น ซึ่งจะ

กระทำเมื่อมีคำขอจองสัญญาณล่วงหน้าผ่านช่องสัญญาณร่วม จึงต้องมีสถานีกลางไม่น้อยกว่า 1 สถานีคอยควบคุมการแบ่งมอบสัญญาณตามคำขอ

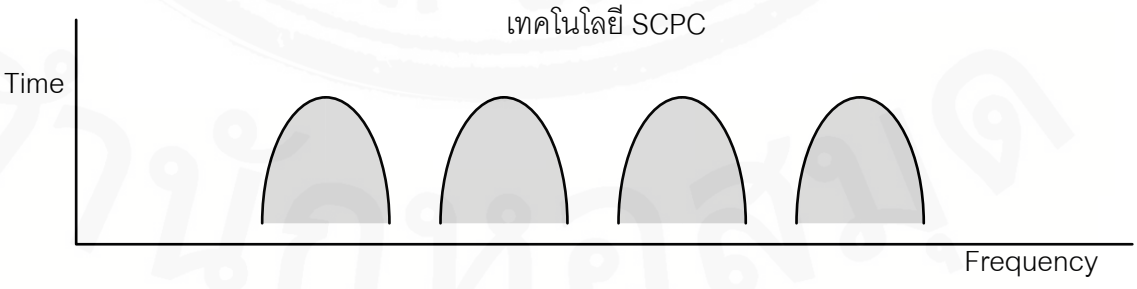
วิธีกำหนดหน้าในข่าย SCPC ของสถานี VSAT สถานีจะใช้คลื่นพาห์ที่ได้รับการแบ่งมอบล่วงหน้าส่งข่าวไปยังสถานีกลาง (Substation) แล้วส่งต่อไปยังปลายทางอีกความถี่หนึ่ง ทำให้สถานี VSAT ไม่ต้องมีอุปกรณ์แปลงความถี่ต้นทุนถูกลง แต่ถ้าเป็นการแบ่งความถี่ตามต้องการ (DA) สถานี VSAT จะถูกแบ่งมอบความถี่ใดความถี่หนึ่งในข่ายมาให้ก็ได้ สถานี VSAT จะต้องมีอุปกรณ์แปลงความถี่ให้ตรงกับที่แบ่งมอบ จึงทำให้ราคาสูงขึ้น แต่ข้อดีคือใช้ประโยชน์ทรานสปอนเดอร์ (Transponder)ได้สูงสุด คุ้มค่าและมีประสิทธิภาพ

นอกจากนี้ยังมีเทคโนโลยีใหม่ในการเข้าถึง คือ Frequency and Time Division Multiple Access (FTDMA) เป็นเทคโนโลยีแบบหนึ่งในการเชื่อมต่อ (Access Scheme) สัญญาณดาวเทียมระหว่าง ดาวเทียมสื่อสาร (Communication Satellite) และสถานีดาวเทียมภาคพื้นดิน (VSAT - Very Small Aperture Antenna) เทคโนโลยีนี้ได้รับการยอมรับจากผู้เชี่ยวชาญด้านระบบสื่อสัญญาณผ่านดาวเทียมทั่วโลกว่า เป็นระบบใหม่ที่มีประสิทธิภาพในการเชื่อมต่อสัญญาณดาวเทียมสูงกว่าเทคโนโลยีเดิม คือ TDMA และ SCPC (FDMA)

ในอดีต การเชื่อมต่อสัญญาณดาวเทียมมีการใช้เทคโนโลยีดั้งเดิมที่เรียกว่า SCPC (Single Channel Per Carrier) ซึ่งเป็นการจัดสรรความถี่ (Frequency Division) ดังรูป เพื่อเชื่อมต่อสัญญาณดาวเทียมแบบง่ายๆ โดยจัดสรรความถี่ที่คงที่ให้สถานีภาคพื้นดินติดต่อกัน แต่ประสิทธิภาพการใช้วงจรดาวเทียม (Transponder) ต่ำมาก ส่งผลให้มีการสิ้นเปลืองการใช้วงจรดาวเทียม (Transponder)

ภาพที่ 2.4

เทคโนโลยี SCPC



ต่อมา เทคโนโลยี TDMA (Time Division Multiple Access) ได้ถูกนำมาใช้โดยมีการจัดสรรเวลา (Time Division) ดังแสดงในรูปที่ 2.4 ให้เป็นหลักในการเชื่อมต่อสัญญาณดาวเทียม

โดยสถานีภาคพื้นดินติดต่อถึงกันภายในความถี่ที่คงที่แต่มีการสลับช่วงเวลาในการติดต่อ ซึ่งช่วยให้ประสิทธิภาพในการใช้งานดีขึ้นบ้าง ส่งผลให้การสิ้นเปลืองการใช้วงจรดาวเทียมลดลง แต่ไม่สามารถลดปัญหาที่เกิดจากการรบกวนอย่างรุนแรงของคลื่นความถี่ (Harmful Interference) จากดาวเทียมดวงอื่น

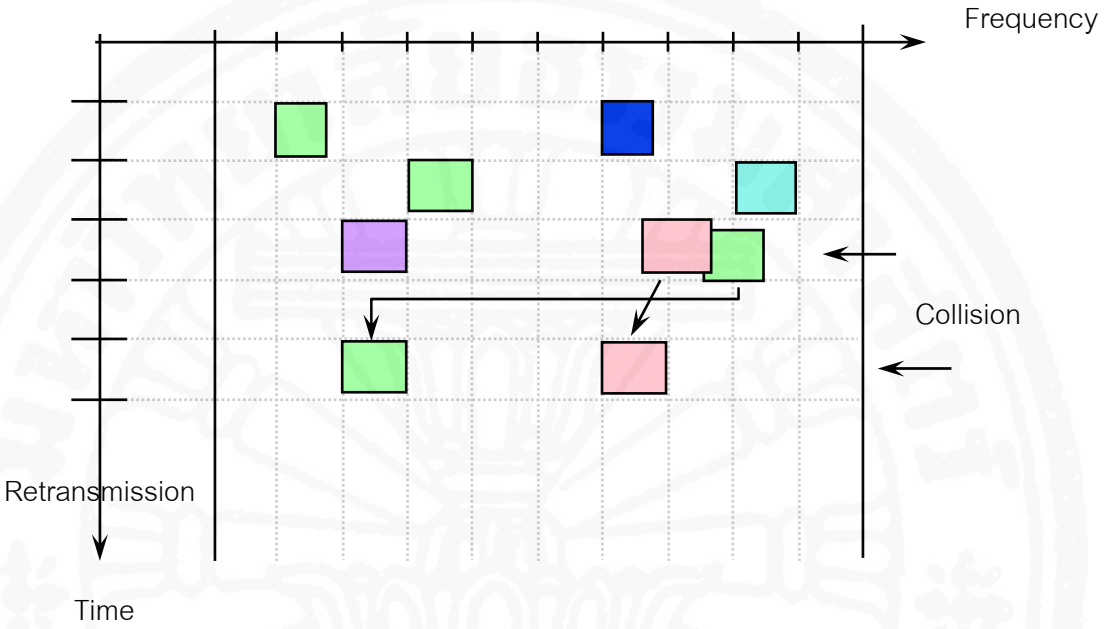
ภาพที่ 2.5

เทคโนโลยี TDMA

FTDMA (Frequency & Time Division Multiple Access) (ข้อมูลจาก บริษัท Gilat ประเทศไทย จำกัด, ๒๕๔๗) เป็นเทคโนโลยีใหม่ที่ได้รับการพัฒนาโดยการนำ เทคโนโลยี TDMA ซึ่งใช้การจัดสรรเวลา (Time) และเทคโนโลยี FDMA ซึ่งใช้การจัดสรรความถี่ (Frequency) มาทำการผสมผสานกัน (Multiplexing) ทำให้สถานีดาวเทียมภาคพื้นดินสามารถจัดสรรแบบสุ่มเวลาและความถี่ช่วงใดช่วงหนึ่งเพื่อเชื่อมต่อสถานีภาคพื้นดินเข้าหากันได้เองโดยอัตโนมัติ เทคโนโลยี FTDMA จึงช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้งานช่องสัญญาณดาวเทียมให้ดียิ่งขึ้น ส่งผลให้เกิดการประหยัดการใช้ช่องสัญญาณดาวเทียมได้มากกว่าเดิม นอกจากนี้ เทคโนโลยี FTDMA ช่วยลดปัญหาที่เกิดจากการรบกวนอย่างรุนแรงของคลื่นความถี่ (Harmful Interference) จากดาวเทียมดวงอื่น โดยการสุ่มเวลาและความถี่ที่ปราศจากการรบกวน แล้วจัดสรรให้แก่สถานีดาวเทียมภาคพื้นดินไปใช้งานโดยอัตโนมัติ

ภาพที่ 2.6

เทคโนโลยี FTDMA

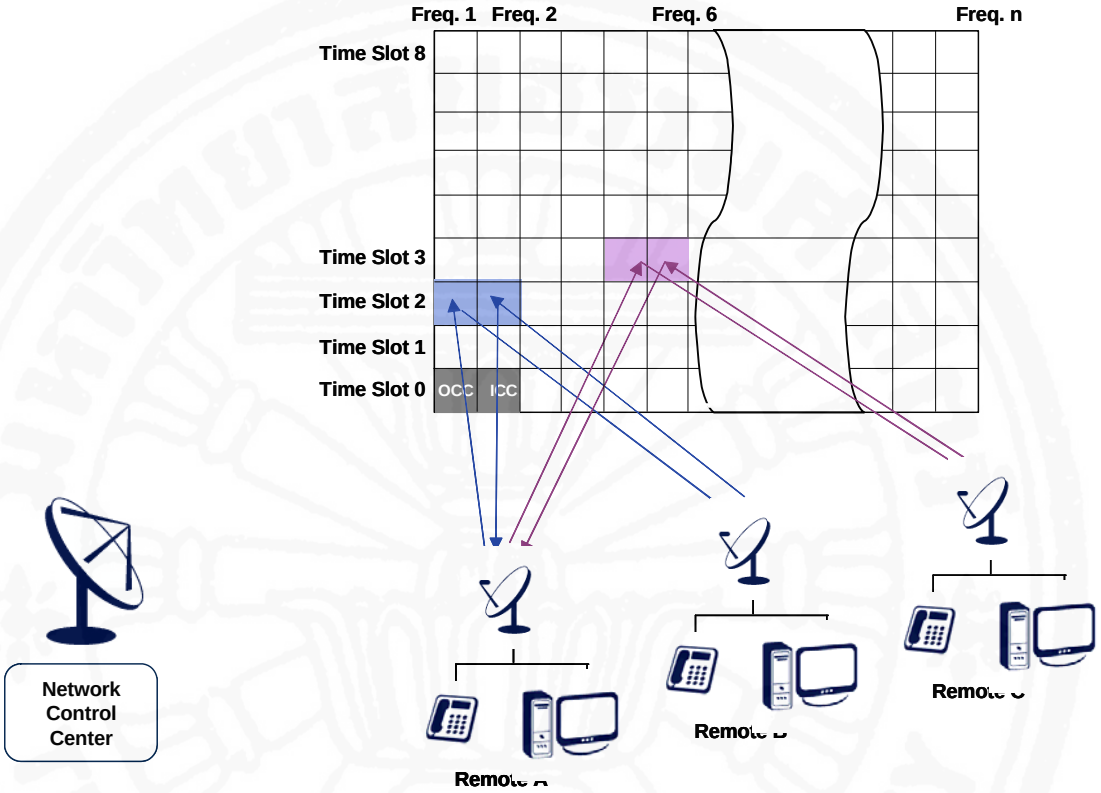


เทคโนโลยี FTDMA ได้รับการยอมรับจากผู้ใช้ทั่วโลก เช่น US Postal Service ในประเทศสหรัฐอเมริกา จำนวน 26,000 แห่ง Global Village Telecom (GVT) ในประเทศโคลัมเบีย จำนวน 4,500 แห่ง Telkom SA ในประเทศแอฟริกาใต้ จำนวน 3,000 แห่ง Xinjiang PTA ในประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน จำนวน 1,050 แห่ง เป็นต้น

ดังนั้น เทคโนโลยี FTDMA จึงมีการใช้งานอย่างแพร่หลายและได้พิสูจน์แล้วว่า FTDMA ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ช่องสัญญาณวงจรดาวเทียม (Transponder) ให้ประหยัดมากขึ้น อันเป็นการช่วยลดค่าใช้จ่ายในการเช่าช่องวงจรดาวเทียมให้แก่องค์กร การเชื่อมต่อสถานีภาคพื้นดินได้ง่ายและรวดเร็วยิ่งขึ้น รวมถึงการช่วยลดปัญหาที่เกิดจากการรบกวนอย่างรุนแรงของคลื่นความถี่จากดาวเทียมดวงอื่น

ภาพที่ 2.7

เครือข่าย VSAT ที่ใช้เทคนิคการเข้าถึงแบบ FTDMA



2.1.2.2 <u>ประวัติและความเป็นมาของการสื่อสารระบบดาวเทียมที่มีใช้กับ กสท</u>

การให้บริการทางด้านโทรคมนาคมระหว่างประเทศของประเทศไทย ในระยะแรกนั้น กรมไปรษณีย์โทรเลข ได้นำเอาระบบวิทยุความถี่สูง (HIGH FREQUENCY) หรือระบบคลื่นสั้น ความถี่ย่าน 3 -30 MHz เป็นสื่อในการถ่ายทอดสัญญาณกับต่างประเทศ แต่ระบบนี้ไม่สะดวก ไม่สามารถ ให้บริการได้ตลอด 24 ชั่งโมง คุณภาพและประสิทธิภาพของระบบนี้ ไม่สามารถสนองความต้องการของผู้ใช้บริการได้ วันที่ 20 สิงหาคม 2507 ได้มีการประชุมจัดตั้งองค์การอินเทลแสท ขึ้นที่ กรุงวอชิงตัน ดี.ซี.ประเทศสหรัฐอเมริกามีหน้าที่ จัดการและดำเนินการให้บริการโทรคมนาคมระหว่างประเทศผ่านดาวเทียมใช้ชื่อย่อว่าINTELSAT(INTERNATIONAL TELECOMMUNICATIONS SATELLITE ORGANIZATION) ในระหว่างปีนั้นเอง ประเทศไทยกำลังมองหาระบบการสื่อสารที่ทันสมัย เพื่อนำมาให้บริการทางด้านโทรคมนาคมระหว่างประเทศ จึงได้สมัครเข้าเป็นสมาชิกของ

องค์การอินเทลแสทอย่างเป็นทางการ เมื่อเดือน พฤษภาคม 2509 เป็นสมาชิกลำดับที่ 49 เข้าร่วมลงทุนด้วยหุ้นครั้งแรก 0.1 % ปัจจุบันมีจำนวนหุ้นเพิ่มขึ้นเป็น 1.15 % มูลค่าประมาณ 460 ล้านบาท ขณะนี้มีสมาชิก 144 ประเทศ

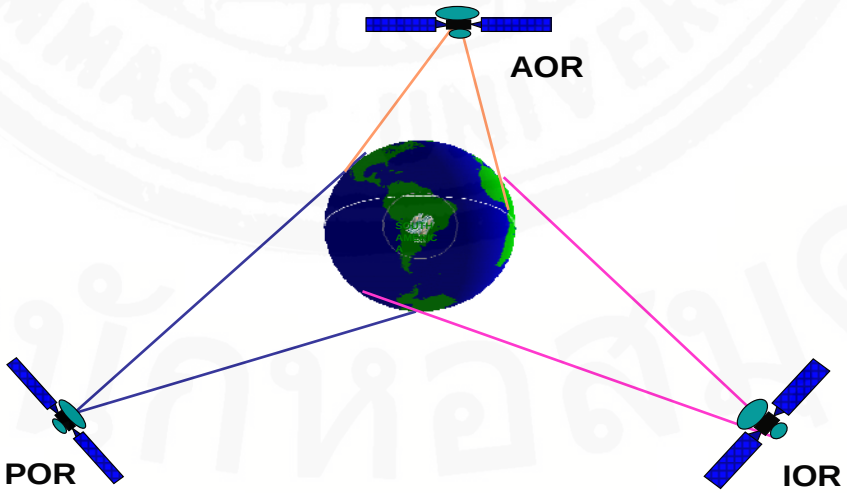
วันที่ 1 เมษายน 2510 กรมไปรษณีย์โทรเลขได้นำเอาระบบ สื่อสารผ่านดาวเทียมเข้ามาใช้งาน โดยเช่าสถานีภาคพื้นดินเป็น การชั่วคราวจาก บริษัท RCA ไปตั้งอยู่ที่บริเวณทิศเหนือของที่ทำการปัจจุบัน โดยติดต่อกับสถานีภาคพื้นดินฮาวาย ผ่านดาว เทียมอินเทลแสททางด้านมหาสมุทรแปซิฟิค คือ ดาวเทียม INTELSAT-II เพื่อให้บริการแก่ทหารอเมริกัน ซึ่งมาทำการรบในสงครามอินโดจีน และในเดือน ธันวาคม พ.ศ . 2510 ได้ทดลองเปิดให้บริการโทรศัพท์ทางไกลผ่านดาวเทียมกับสหรัฐอเมริกา เป็นผลสำเร็จ

อินเทลแสทได้ส่งดาวเทียมขึ้นไปโคจรตามจุดต่างๆ ในอวกาศเหนือพื้นโลก 3 จุดคือ

- เหนือมหาสมุทรอินเดีย เพื่อการติดต่อระหว่างยุโรปกับเอเชีย (IOR)
- เหนือมหาสมุทรแปซิฟิก เพื่อการติดต่อระหว่างเอเชียกับอเมริกา (POR)
- เหนือมหาสมุทรแอตแลนติก เพื่อการติดต่อระหว่างอเมริกากับยุโรป (AOR)

ภาพที่ 2.8

Foot Print ของดาวเทียม



2.1.2.3 <u>เครื่อข่ายระบบดาวเทียมต่างๆที่อยู่ในความดูแลของ กสท</u>

เครือข่ายระบบดาวเทียมต่าง ๆ ที่อยู่ในความดูแลของ กสท ประกอบด้วย

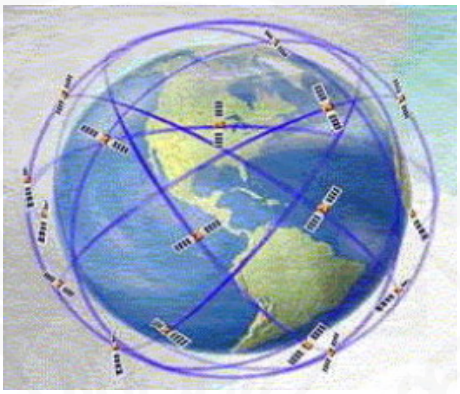
- สถานีคมนาคมภาคพื้นดินผ่านดาวเทียม ศรีราชา ใช้ ดาวเทียม IOR IS 904 60.0 DEG.E และ ดาวเทียม IOR IS 904 60.0 DEG.E และ POR IS 804 174.0 DEGE
- สถานีดาวเทียมนนทบุรี ใช้ดาวเทียม INMARSAT และ INTELSAT
- สถานีดาวเทียมสิรินธร ใช้ดาวเทียม INTELSAT

2.1.2.4 <u>วงโคจรต่าง ๆ ของดาวเทียม</u>

วงโคจรต่าง ๆ ของดาวเทียมสามารถแบ่งได้ 3 ระดับด้วยกัน คือ

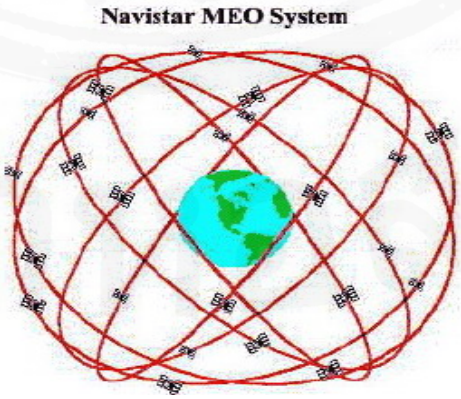
- <u>วงโคจรระดับต่ำ (Low Earth Orbit : LEO)</u> เป็นวงโคจรของดาวเทียมที่อยู่ห่างจากพื้นโลกไม่เกิน 2,000 กิโลเมตร มีวงโคจรเป็นรูปวงกลม โดยมีทิศทางการเคลื่อนที่ในแนวทิศตะวันออกไปยังทิศตะวันตก และด้วยเหตุที่ดาวเทียมในวงโคจรนี้อยู่ในระดับต่ำ การที่จะโคจรรอบโลกได้โดยไม่ตกลงสู่พื้นโลกเนื่องจากแรงดึงดูดของโลกนั้น ดาวเทียมจะต้องเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงประมาณ 28,000 กิโลเมตรต่อชั่วโมง โดยจะใช้เวลา 90 นาทีในการโคจรรอบโลกตัวอย่างของดาวเทียมในวงโคจรระดับต่ำได้แก่ ดาวเทียมโกลบอล สตาร์ (Global Star) ของประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งเป็นโครงข่ายที่ใช้สำหรับโครงการโทรศัพท์เคลื่อนที่ผ่านดาวเทียม โดยใช้ดาวเทียมในโครงการนี้ทั้งสิ้น 48 ดวง

ภาพที่ 2.9
ดาวเทียมวงโคจรระดับต่ำ



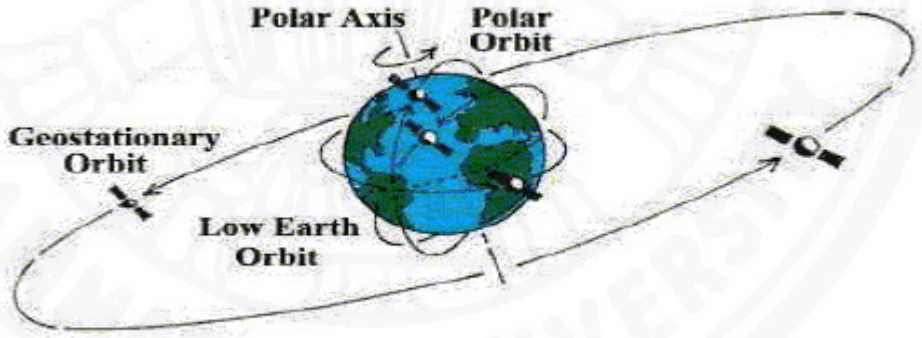
– วงโคจรระดับกลาง (Medium Earth Orbit : MEO) เป็นวงโคจรของดาวเทียมที่อยู่ห่างจากพื้นโลกประมาณ 8,000-12,000 กิโลเมตร มีวงโคจรเป็นรูปวงรี โดยมีทิศทางในการเคลื่อนที่ผ่านขั้วโลกเหนือและขั้วโลกใต้ ตัวอย่างของดาวเทียมในวงโคจรระดับกลางคือ โครงข่าวดาวเทียมในโครงการไอโค่ (ICO) ที่มีดาวเทียมทั้งสิ้น 10 ดวง ของบริษัท ไอโค่ เทเลเดสิค โกลบอล จำกัด ประเทศสหรัฐอเมริกา โครงข่าวดาวเทียมในโครงการโอเดสซี่ (Odessy) มีระยะห่าง 10.345 กิโลเมตรจากผิวโลก โดยใช้ดาวเทียม 12 ดวง

ภาพที่ 2.10
ดาวเทียมวงโคจรระดับกลาง



– <u>วงโคจรค้างฟ้า (Geostationary Orbit : GEO)</u> เป็นวงโคจรของดาวเทียมที่อยู่ห่างจากพื้นโลกประมาณ 36,000 กิโลเมตร ซึ่งเป็นวงโคจรที่มีผลทำให้าวเทียมเคลื่อนที่รอบโลกด้วยเวลาที่โลกหมุนรอบตัวเอง คือ 24 ชั่วโมง ส่งผลให้ตำแหน่งของดาวเทียมที่เห็นอยู่บนท้องฟ้าจะคงที่ตลอดเวลาเหมือนไม่เคลื่อนที่ด้วยเหตุนี้เองวงโคจรค้างฟ้าจึงเป็นวงโคจรที่เหมาะสมสำหรับดาวเทียมสื่อสาร เพราะจานสายอากาศและดาวเทียมจะหันเข้าหาโลกตลอดเวลา ทำให้สามารถส่งสัญญาณติดต่อสื่อสารระหว่างโลกกับดาวเทียมได้อย่างต่อเนื่องและมีประสิทธิภาพตัวอย่างของดาวเทียมในวงโคจรนี้คือ ดาวเทียมไทยคม 1A ดาวเทียมไทยคม 2 และดาวเทียมไทยคม 3

ภาพที่ 2.11
ดาวเทียมวงโคจรค้างฟ้า



2.1.2.5 <u>หลักการทำงานของระบบดาวเทียม</u>

การสื่อสารโทรคมนาคมผ่านดาวเทียม ที่แท้จริงก็คือการส่งสัญญาณวิทยุ ในย่านความถี่ไมโครเวฟ ที่สามารถข้ามน้ำ และข้ามมหาสมุทร ไปต่างประเทศได้ โดยมีตัวดาวเทียมทำหน้าที่เป็นสถานีทวนสัญญาณ (Repeater) ลอยอยู่ในอวกาศเหนือผิวโลก บริเวณเส้นศูนย์สูตร ณ ความสูงที่เหมาะสม ดาวเทียมจึง "มองเห็น" หรือ "ถูกมองเห็น" จากสถานีภาคพื้นดินผ่านดาวเทียม ของประเทศต่าง ๆ บนผิวโลก ซึ่งอยู่ห่างกันหลายพันไมล์ได้ สำหรับระบบโทรคมนาคม

ผ่านดาวเทียมของ INTELSAT นั้น เพื่อให้การบริการครอบคลุม ได้ทั่วโลก จึงกำหนดให้ใช้ดาวเทียม INTELSAT จำนวน 3 ดวงยิงขึ้นไปโคจร อยู่เหนือเส้นศูนย์สูตร ห่างจากผิวโลกประมาณ 36000 กม. (ซึ่งจะทำให้ความเร็ว ในการโคจรรอบโลก ของตัวดาวเทียม เท่ากับความเร็วของโลกหมุนรอบตัวเอง ตัวดาวเทียมจึงเสมือนกับลอยอยู่นิ่ง ๆ เมื่อเทียบกับจุดอ้างอิงใดใดบนผิวโลก) โดยให้ดาวเทียม INTELSAT ดวงที่หนึ่ง โคจรอยู่บริเวณ เหนือมหาสมุทรแอตแลนติค Atlantic Ocean Region (AOR) เหนือเส้นแวง (LONGITUDE) ที่ 335 องศาตะวันออก ใช้ติดต่อระหว่างทวีป ยุโรป - อัฟริกา - อเมริกา ดาวเทียม INTELSAT ดวงที่สอง โคจรอยู่บริเวณ เหนือมหาสมุทรแปซิฟิค Pacific Ocean Region (POR) เหนือเส้นแวงที่ 174 องศาตะวันออก ใช้ติดต่อระหว่างทวีปเอเชีย - ออสเตรเลีย - อเมริกา และดาวเทียม INTELSAT ดวงที่สาม โคจรอยู่บริเวณเหนือมาสมุทรอินเดีย Indian Ocean Region (IOR) เหนือเส้นแวงที่ 60 องศาตะวันออก ใช้ติดต่อระหว่าง ทวีปเอเชีย - อาฟริกา - ยุโรป ประเทศไทย สามารถติดต่อกับดาวเทียม INTELSAT ได้สองด้าน คือดาวเทียม INTELSAT ด้าน POR และดาวเทียม INTELSAT ด้าน IOR เพราะอยู่ในบริเวณที่ BEAM COVERAGE ของดาวเทียม INTELSAT ทั้งสองดวงเกิดการ OVER LAPPING หรือคาบเกี่ยวกัน และประเทศไทย อยู่ในบริเวณที่เกือบจะเรียกได้ว่าเป็น OUTER LIMIT ของ COVERAGE ZONE คือประเทศสุดท้าย ที่สามารถมองเห็น ดาวเทียม INTELSAT ด้าน POR ได้ ประเทศทางทิศตะวันตก ของประเทศไทย จะไม่สามารถมองเห็นดาวเทียม INTELSATดวงนี้ และเราสามารถมองเห็นดาวเทียม INTELSAT ด้าน POR เหนือขอบฟ้าได้ที่ตำบลทุ่งสุขลา อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี ด้วยมุม ELEVATION (มุมเงย) ประมาณ 8 องศาเท่านั้น สำหรับทางด้าน IOR สามารถมองเห็นดาวเทียม INTELSAT ด้วยมุม ELEVATION ประมาณ 40-47 องศา

ดาวเทียมมีการใช้ช่องรับส่งผ่านสัญญาณ (tranponders) ซึ่งเป็นอุปกรณ์การสื่อสารภายในดาวเทียมที่มีชุดของเครื่องส่งและเครื่องรับเพื่อใช้ในการหน่วงสัญญาณที่ส่งมาและรับมาจากพื้นโลก โดยมีสถานีภาคพื้นดินจะส่งสัญญาณขึ้นไปยังดาวเทียม ซึ่งเรียกว่า “ความถี่เชื่อมโยงขึ้น” (uplink frequency) เมื่อดาวเทียมได้รับสัญญาณแล้ว ช่องรับส่งผ่านสัญญาณจะทำการขยายสัญญาณนั้นและแปลี่ยนความถี่ที่จะส่งลงมาใหม่ให้แตกต่างไปจากความถี่ที่ส่งขึ้นไป ทั้งนี้เพื่อป้องกันมิให้เกิดการรบกวนสัญญาณกันเองระหว่างสัญญาณที่ส่งขึ้นไปและสัญญาณที่ส่งกลับลงมา ความถี่ที่ส่งกลับลงมายังสถานีภาคพื้นดินจะเรียกว่า “ความถี่เชื่อมโยงลง” (downlink frequency)

บริเวณพื้นที่บนโลกที่สามารถรับสัญญาณดาวเทียมได้เรียกว่า “เขตคลุมสัญญาณ” (footprint) ขนาดของเขตคลุมสัญญาณจะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับกำลังการส่งและจุดโฟกัสของเขตคลุมสัญญาณนั้นจะกระจายออกไปยังพื้นที่ใกล้เคียงรอบๆ ซึ่งจะทำให้เกิดปัญหาในเรื่องการส่งสัญญาณรบกวนไปยังประเทศหรือพื้นที่ที่ไม่ต้องการรับสัญญาณนั้นได้

องค์ประกอบระบบสื่อสารดาวเทียม (Satellite System)

ในระบบการสื่อสารดาวเทียมจะมีองค์ประกอบหลัก 3 ส่วน คือ ดาวเทียมอยู่ในอวกาศ, ระบบควบคุมและสั่งการ และสถานีดาวเทียมภาคพื้นดิน โดยมีการทำงานง่ายๆ ดังนี้ สถานีภาคพื้นดินจะส่งสัญญาณขาขึ้น (Uplink) กำลังส่งสูงผ่านจานสายอากาศไปยังจานสายอากาศไปยังจานสายอากาศและเครื่องบนดาวเทียม ทำการขยายสัญญาณ, แปลงความถี่แล้วขยายให้กำลังสูงส่งผ่าน จานสายอากาศเป็นสัญญาณขาลง (Downlink) มายังจานสายอากาศรับสถานีภาคพื้นดิน สถานีรับจะทำการขยายสัญญาณแล้วดำเนินกรรมวิธีนำข้อมูลต่างๆ ไปใช้งาน

1. สถานีภาคพื้นดิน (Earth Station) ประกอบด้วยส่วนหลักๆ คือระบบจานสายอากาศ, ระบบการส่ง, ระบบการรับ และอุปกรณ์ช่องสัญญาณ โดยมีภาคย่อยที่สำคัญ คือ

— จานสายอากาศ (Antenna) ทำหน้าที่แพร่กระจายคลื่นสัญญาณขาขึ้นไปยังดาวเทียม และทำหน้าที่รับคลื่นสัญญาณขาลงมาเข้าเครื่องรับจานสายอากาศที่ดีต้องมีคุณสมบัติ อัตราขยายกำลังสูง, ลำคลื่น (Beamwidth) แคบ , ลำคลื่นข้าง (Sidelobe) ต่ำ, ค่า Noise Temperature ต่ำ และมีความเที่ยงตรงสูง สามารปรับทิศทางไปยังตำแหน่งดาวเทียมได้ตามต้องการ ปกตินิยมใช้สายอากาศแบบพาราโลลอยด์เป็นตัวสะท้อนสัญญาณ (Reflector) เพื่อให้รวมลำคลื่นได้แคบ ขนาดของจานสายอากาศโดยทั่วไปขึ้นกับความถี่ใช้งาน ความถี่ยิ่งสูงขนาดจานสายอากาศยิ่งเล็ก เช่น จานสายอากาศย่านความถี่ Ku-band จะเล็กกว่าย่านความถี่ C-band นอกจากนี้ยังขึ้นกับอัตราขยายกำลัง (Gain) ของสายอากาศ ถ้าต้องการอัตราขยายกำลังขยายสูง จานสายอากาศจะมีขนาดใหญ่ขึ้นเพื่อให้สามารถติดตามตำแหน่งดาวเทียมได้แม่นยำ จะต้องมีระบบควบคุมการหันของจานสายอากาศทั้งทางมุม

ทิศ (Azimuth) และทางมุมสูง (Elevation) อย่างดี ค่า G/T หรือ Gain ต่อ Thermal noise จะเป็นตัวกำหนดคุณภาพของจานสายอากาศ

- ภาคขยายกำลังสูง (High Power Amplifier:HPA) ทำหน้าที่ขยายกำลังให้สูงก่อนส่งกำลังออกอากาศ อาจใช้หลอด Klystron, TWT (Travelling Wave Tube) หรือ Solid State เป็นภาคขยายกำลังก็ได้โดยหลอด Klystron จะให้กำลังขยายค่อนข้างสูงแต่ค่อนข้างยุ่งยากในการใช้งาน แบบ Solid State ที่เรียกว่า SSPA (Solid State Power Amplifier) ให้กำลังขยายไม่สูงหนักแต่สะดวกในการใช้งาน ส่วนภาคขยายปานกลางและมีใช้งานมาพอสมควร
- ภาคขยายสัญญาณรบกวนต่ำ (Low Noise Amplifier: LNA) ทำหน้าที่ขยายสัญญาณกำลังต่ำมากๆ ที่เครื่องรับรับได้เพื่อให้มีกำลังพอที่จะนำมาใช้งาน โดยให้มีสัญญาณรบกวน ต่ำที่สุดซึ่งจะดูคุณสมบัติได้จากค่า Noise Temperature
- ภาคแปลงความถี่ขาขึ้น (Up Converter) และภาคแปลงความถี่ขาลง (Down Converter) ภาคแปลงความถี่ขาขึ้น ทำหน้าที่แปลงความถี่ IF ให้เป็นความถี่ RF ก่อนส่งอากาศ และภาคแปลงความถี่ IF เพื่อให้สะดวกในการขยายสัญญาณ

2. ดาวเทียม (Satellite) ดาวเทียมมีส่วนประกอบที่สำคัญ คือ ระบบควบคุมตำแหน่งและวงโคจร, ระบบตรวจจับและสั่งการดาวเทียม (TT&C), ระบบจ่ายกำลังไฟฟ้า, ระบบสื่อสารของดาวเทียมและระบบสายอากาศดาวเทียม

- ระบบควบคุมตำแน่งและวงโคจรดาวเทียม ปกติจะประกอบด้วยมอเตอร์จรวดที่คอยทำหน้าที่ปรับเปลี่ยนวงโคจรดาวเทียม ให้อยู่ในวงโคจรถูกต้องเมื่อเกิดการคลาดเคลื่อน (Beam) มายังตำแหน่งบนพื้นโลกอย่างถูกต้อง ระบบการควบคุมตำแหน่งอาจใช้ตัวดาวเทียมหมุน ที่เรียกว่า spinners หรือ ใช้ Momentum wheels ช่วย วิธีหลังนี้นิยมใช้ในปัจจุบัน เพราะทำให้ลดขนาดแผงโซล่าเซลล์ลงได้ถึง ๑/๓ เท่า ส่วน

ระบบควบคุมวงโคจรนั้นเราใช้ Gas Jet ควบคุมวงโคจรให้อยู่ในระนาบเส้นศูนย์สูตร

- ระบบตรวจจับและสั่งการดาวเทียม (Telemetry, Tracking and Command:TT&C) ระบบนี้มีทั้งส่วนที่อยู่บนดาวเทียมและบนพื้นดินทำงานสัมพันธ์กัน โดย Telemetry จะส่งข้อมูลได้จากการตรวจจับ (Sensor) สัญญาณควบคุมต่างๆ บนดาวเทียม แล้วส่งกลับมายังสถานีภาคพื้นดิน ระบบ Tracking บนภาคพื้นดินจะติดตามดาวเทียมและรับสัญญาณจากระบบ Telemetry ส่งให้ระบบ Command นำเอาสัญญาณไปประมวลในระบบคอมพิวเตอร์เป็นสัญญาณสั่งการส่งไปยังดาวเทียม เพื่อปรับแก้ตำแหน่งวงโคจรและระบบควบคุมต่างๆ ในตัวดาวเทียมให้ถูกต้อง
- ระบบจ่ายกำลังไฟฟ้า ดาวเทียมทุกแบบได้รับพลังงานมาจากแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Cells) เพื่อนำไปใช้ในระบบสื่อสารของดาวเทียมโดยเฉพาะภาคส่งพลังงานที่เหลือจะนำไปใช้ในส่วนอื่นๆ ซึ่งเรียกว่า Housekeeping เพื่อสนับสนุนดาวเทียมให้ทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ
- ระบบสื่อสารดาวเทียม เป็นส่วนประกอบหลักของดาวเทียมสื่อสาร ระบบอื่นเป็นเพียงส่วนสนับสนุนระบบนี้จะประกอบด้วยจานสายอากาศที่คอบรับส่งสัญญาณแบนด์กว้าง , ภาครับ-ส่ง และขยายกำลังของสัญญาณ ที่เรียกว่า Transponder ซึ่งเป็นหน่วยรับ-ส่งสัญญาณแต่ละช่องในตัวดาวเทียม
- ระบบสายอากาศ ระบบนี้อาจถือว่าเป็นส่วนหนึ่งของระบบสื่อสารดาวเทียมโดยแยกออกมาจากทรานสปอนเดอร์ (Transponder) ปัจจุบันดาวเทียมมีระบบจานสายอากาศที่ซับซ้อนเพื่อให้สามารถแยกลำคลื่น (beam) ส่งมาครอบคลุมพื้นโลกในรูปแบบต่างๆ ได้ตามต้องการ

บริการหลักที่จัดให้มีขึ้นโดยการใช้การสื่อสารดาวเทียมภายในประเทศ ได้แก่

- การสื่อสารระบบโทรศัพท์ ซึ่งเป็นแบบจุดถึงจุดโดยใช้เป็นเครือข่ายเพิ่มเติมหรือทดแทนเครือข่ายการสื่อสารที่มีอยู่
- การสื่อสารแบบจุดถึงหลาย ๆ จุด (Point To Multipoint Transmission)
- การสื่อสารแบบเครือข่ายมีการสื่อสารไม่มากนัก (Thin Route) โดยใช้เป็นเครือข่ายเชื่อมโยงไปหาพื้นที่ที่อยู่โดดเดี่ยว เช่น ในหุบเขาหรือหมู่เกาะ เป็นต้น
- การสื่อสารข้อมูล ซึ่งอาจเป็นจุดถึงจุดหรือจุดถึงหลายๆ จุด
- บริการพิเศษ ได้แก่ การประชุมเห็นกันได้ (Video Conference) โทรทัศน์เพื่อการศึกษา และการเชื่อมโยงเข้ากับวิทยุติดรถยนต์ วิทยุมือถือ หรือเรือ
- การแพร่ภาพโทรทัศน์ (TV Boardcast)

2.1.3 <u>วิวัฒนาการและพัฒนาการของเทคโนโลยีระบบดาวเทียม</u>

วิวัฒนาการและพัฒนาการของเทคโนโลยีระบบดาวเทียม แบ่งตามวัตถุประสงค์ของการใช้งานสามารถแบ่งได้ 3 ประเภทดังนี้

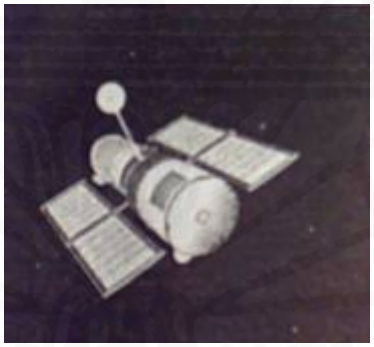
2.1.3.1 <u>ดาวเทียมด้านวิทยาศาสตร์ และดาราศาสตร์</u> ดาวเทียมประเภทนี้ใช้ศึกษาสภาพแวดล้อมของโลกที่เราอาศัยอยู่ และสภาพอวกาศรอบ ๆ โลก ซึ่งถือเป็นการทดลองนำเอาเทคโนโลยีใหม่ ๆ มาปรับใช้กับดาวเทียมในแต่ละรุ่น เป็นผลให้เทคโนโลยีทางด้านดาวเทียมพัฒนากว้างไกลขึ้นในระยะต่อมา

สำหรับดาวเทียมดวงแรกทางด้านนี้คือ ดาวเทียมสปุกนิค (Spuknik) ซึ่งถูกอกแบบมาเพื่อใช้ในการวัดความหนาแน่นของชั้นบรรยากาศโลก และเป็นการทดสอบการส่งสัญญาณแม่เหล็กไฟฟ้า แต่ถัดจากนั้นอีก 1 ปี สหรัฐฯ ก็ได้ส่งดาวเทียมแวนการ์ด (VanGuard-1) ขึ้นไปและข้อมูลที่ได้รับกลับมาจากดาวเทียมแวนการ์ดนั้น ได้บอกลักษณะของโลกเราว่า มีรูปร่างคล้ายกับลูกแพร์

ในปัจจุบันดาวเทียมด้านวิทยาศาสตร์และดาราศาสตร์ที่เป็นที่รู้จักกันโดยทั่วไปคือกล้องโทรทัศน์อวกาศฮับเบิ้ล (Hubble) มีลักษณะเป็นรูปทรงกระบอก ทำหน้าที่เป็นกล้องดูดาว

ลอยฟ้า มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 4.2 เมตร ยาว 13.1 เมตร และหนักถึง 11 ตัน ผลจากการส่งกล้องโทรทัศน์อวกาศฮับเบิ้ล (Hubble) ขึ้นไป ทำให้มนุษย์ได้ค้นพบข้อมูลต่าง ๆ ทางด้านดาราศาสตร์อย่างมากมาย รวมถึงกำเนิดของสรรพสิ่งต่าง ๆ และปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในห้วงอวกาศ

ภาพที่ 2.12
กล้องโทรทัศน์อวกาศฮับเบิ้ล



2.1.3.2 ดาวเทียมสื่อสาร ดาวเทียมเอคโค่ (Echo) ถือเป็นดาวเทียมสื่อสารดวงแรกของโลก มีลักษณะคล้ายกับลูกบอลลูน โดยผิวนอกเคลือบด้วยอลูมิเนียม สร้างโดยสหรัฐฯ ตัวดาวเทียมถูกออกแบบอย่างง่าย ๆ โดยอาศัยหลักการสะท้อนแสงของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าให้ไปกระทบยังผิวของดาวเทียม หลังจากนั้นอีกสองปีก็ได้มีการพัฒนาดาวเทียมสื่อสารในเชิงพาณิชย์ โดยบริษัท เอที แอนด์ ที ได้สร้างดาวเทียมเทลสตาร์ (Telstar) ซึ่งมีรูปร่างกลมหลายเหลี่ยม ดาวเทียมดวงนี้สามารถเชื่อมวงจรโทรศัพท์ได้ถึง 600 สาย ระหว่างประเทศสหรัฐอเมริกากับทวีปยุโรป

ในปี พ.ศ. 2507 ได้มีการรวมตัวกันของประเทศต่าง ๆ เพื่อก่อตั้งองค์กรสำหรับการจัดการความต้องการของช่องสื่อสารข้อมูลและเครือข่ายขึ้น หรือที่รู้จักกันในนามของ TheInternational Telecommunication Satellite Consortium (INTELSAT) โดยหลังจากการก่อตั้งองค์กร INTELSAT เพียง 1 ปี ดาวเทียมอินเทลแซท-1 (Intelsat-1) ก็ได้ขึ้นสู่ห้วงอวกาศ

ภาพที่ 2.13
ดาวเทียมเอคโค่

ภาพที่ 2.14
ดาวเทียมเทลสตาร์

ในขณะที่ความต้องการทางด้านการสื่อสารเพิ่มมากขึ้น ดาวเทียมก็ได้ถูกพัฒนาขึ้นอย่างต่อเนื่องเพื่อตอบสนองความต้องการ อย่างไรก็ตามดาวเทียมสื่อสารระหว่างประเทศก็ไม่

สามารถตอบสนองความต้องการของแต่ละประเทศได้อย่างเพียงพอ ในปี พ.ศ. 2515 บริษัท เทเลแซท แห่งประเทศแคนาดา ได้เริ่มยิงดาวเทียมสื่อสารภายในประเทศดวงแรกซึ่งมีชื่อว่า ANIK ขึ้นสู่ท้องฟ้าเพื่อตอบสนองความต้องการข้างต้น (ดาวเทียมไทยคม-1A ดาวเทียมไทยคม 2 และดาวเทียมไทยคม-3 ก็ถือเป็นดาวเทียมสื่อสารประเภทนี้ด้วยเช่นกัน)

รูปแบบการให้บริการดาวเทียมสื่อสารในยุคแรกนั้น ส่วนใหญ่จะเป็นบริการทางด้านโทรศัพท์ และการถ่ายทอดสัญญาณภาพโทรทัศน์ ซึ่งบริการเหล่านี้ยังมีข้อจำกัดอยู่ที่ต้องใช้จานสายอากาศขนาดใหญ่ที่สถานีภาคพื้นดินทำหน้าที่เป็นตัวเชื่อมสัญญาณจากดาวเทียม และสถานีดังกล่าวมักจะตั้งอยู่บนภาคพื้นทวีปเท่านั้น ดังนั้นในปี พ.ศ. 2519 บริษัท คอมแซท จึงได้ปล่อยดาวเทียมชนิดใหม่ชื่อว่า ดาวเทียมมาริแซท (MARISAT) ขึ้นสู่ท้องฟ้า ซึ่งทำให้สามารถให้บริการแก่ลูกค้าบริเวณภาคพื้นทวีปมหาสมุทรได้ด้วย

ปัจจุบันดาวเทียมสื่อสารประเภทนี้ได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่องและจานสายอากาศก็ได้รับการพัฒนาจนกระทั่งมีขนาดเล็กกะทัดรัด ซึ่งสามารถใช้งานกับโทรศัพท์มือถือทั่วไปได้

ปัจจุบันดาวเทียมสื่อสารได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่องจากโทรศัพท์ โทรทัศน์ มาจนถึงอินเตอร์เน็ตที่ต้องการช่องสัญญาณสื่อสารข้อมูลความเร็วสูง และพื้นที่ครอบคลุมเฉพาะอย่าง ในประเทศไทยเองดาวเทียมไอพีสตาร์ ถือเป็นดาวเทียมบรอดแบนด์ที่สามารถรองรับการใช้งานอินเตอร์เน็ตความเร็วสูงในพื้นที่เอเชียแปซิฟิค

2.1.3.3 <u>ดาวเทียมพัฒนาเพื่อการใช้งานเฉพาะทาง</u> เช่น ทางทหาร ทางสำรวจทรัพยากรดาวเทียมเพื่อการพยากรณ์อากาศ เป็นดาวเทียมเฉพาะทางที่ถูกพัฒนาในยุคแรกโดยพัฒนาขึ้นมาเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ของกลุ่มเมฆ ดาวเทียมไทรอส-1(TIROS-1) ถือเป็นดาวเทียมพยากรณ์อากาศดวงแรกและได้ถูกยิงขึ้นสู่วงโคจรในอากาศเมื่อปี พ.ศ. 2503 แต่การศึกษาสภาวะอากาศด้วยดาวเทียมไทรอส-1ก็ไม่สามารถที่จะตอบคำถามการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องของสภาวะอากาศในแต่ละพื้นที่ได้อย่างเพียงพอ เนื่องจากดาวเทียมไทรอส-1 อยู่ในวงโคจรที่ต่ำ ทำให้มุมมองมายังโลกแคบ (น้อยกว่า1 ใน 3 ของพื้นผิวทั้งหมด) รวมถึงมุมมองนั้นสามารถเปลี่ยนแปลงได้ตามเวลา ดังนั้นจึงได้มีการพัฒนาดาวเทียมที่มีชื่อว่าดาวเทียมโกส์ (GOES-Geostationary Operational Environment Satellite) ซึ่งเป็นดาวเทียมพยากรณ์อากาศที่ถูกออกแบบให้มีขนาดครอบคลุมผิวโลกถึง 1 ใน 3 ของพื้นผิวทั้งหมด รวมถึงเป็นมุมมองที่ไม่เปลี่ยนแปลงไม่ว่าโลกจะหมุนไปอย่างไร หรืออีกนัยหนึ่งคือหมุนไปพร้อม ๆ กับโลก ดาวเทียมดวง

นี้ได้ถูกส่งขึ้นเมื่อปี พ.ศ. 2517 และปัจจุบันดาวเทียมชุดนี้ก็ยังถูกพัฒนาอย่างต่อเนื่อง สำหรับประเทศไทยก็ได้ใช้ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมชุดนี้มาประกอบการพยากรณ์อากาศอีกด้วย

ภาพที่ 2.15
ดาวเทียมไทรอส -1

ดาวเทียมเพื่อการสำรวจทรัพยากร ดาวเทียมชนิดนี้ถูกพัฒนามาตั้งแต่ปี พ.ศ.2513 โดยอาศัยความรู้และเทคโนโลยีของดาวเทียมพยากรณ์อากาศที่ถูกพัฒนามาก่อนหน้านี้ ดาวเทียมแลนด์แซท-1 (LANDSAT-1) ถูกยิงขึ้นไปเมื่อปี พ.ศ. 2515 เพื่อศึกษาธรณีวิทยา โดยข้อมูลที่ดาวเทียมชุดนี้ส่งกลับมายังโลกคือภาพถ่ายกว่า 300,000 รูป ซึ่งภาพถ่ายดังกล่าวได้ถูกนำมาใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ

ดาวเทียมจารกรรม เป็นดาวเทียมที่มักจะปรากฏอยู่ในจอภาพยนต์มากที่สุด เราจะเห็นความสามารถในการถ่ายภาพ การเคลื่อนไหวของบุคคล หรือปฏิบัติการยามค่ำคืนที่สามารถเห็นได้จากภาพถ่ายอินฟาเรด ประเทศที่ผลิตดาวเทียมจารกรรมเหล่านี้ มักจะเอ่ยอ้างว่าเป็นการสร้างเพื่อป้องกันตัวเอง แต่ในความเป็นจริงแล้ว การใช้งานดาวเทียมเหล่านี้มักจะยืนอยู่บนเส้นระหว่างความถูกต้องกับการล่วงละเมิดสิทธิของแต่ละประเทศที่ถูกจารกรรมข้อมูล นอกจากนั้นข้อมูลของดาวเทียมจารกรรมมักจะถูกเก็บไว้เป็นความลับสุดยอด

2.1.4 ระบบเคเบิลใต้น้ำ

2.1.4.1 ประวัติและความเป็นมาของการสื่อสารระบบเคเบิลใต้น้ำ

เริ่มแรก เคเบิลใต้น้ำที่เป็นทองแดงล้วนๆ มีฉนวนหุ้ม ใช้วางใต้น้ำตั้งแต่ ปี คศ. 1865-1924 รวม 59 ปี วางเชื่อมโยงระหว่างประเทศ และจากเมืองถึงเมือง เช่น จากอเมริกา-อังกฤษ จากอังกฤษ - อินเดีย - สิงคโปร์ - เวียดนาม - ฮ่องกงจากญี่ปุ่น เชื่อมไปยังยุโรป และ อเมริกาและใช้สำหรับรับส่งโทรเลขด้วยสัญญาณมอสและวงจรเสียงบ้างเพียงเล็กน้อย และต่อมาเมื่อมีความต้องการที่จะใช้การติดต่อเพิ่มขึ้น ก็ได้นำเคเบิลใต้น้ำที่เป็นเคเบิลใยแก้วมาใช้

2.1.4.2 ประวัติและความเป็นมาของการสื่อสารระบบเคเบิลใต้น้ำที่มีใช้กับ กสท

พ.ศ. 2517 ในเดือนมีนาคม ได้มีการประชุมคณะกรรมการถาวรของอาเซียน ว่าด้วยเรื่องการขนส่งทางบกและโทรคมนาคม ครั้งที่ 5 (ASEAN Permanent Committee on Land Transportation and Telecommunication) ณ กรุงมานิลา ประเทศสิงคโปร์และฟิลิปปินส์ ได้ร่วมกันเสนอให้จัดสร้างระบบเคเบิลใต้น้ำเชื่อมโยงระหว่างประเทศกลุ่อาเซียน เนื่องจากระบบเคเบิลใต้น้ำที่กลุ่มอาเซียนตกลงจะร่วมกันสร้างนี้ ความต้องการใช้วงจรติดต่อระหว่างประเทศต่างๆ มีไม่เท่ากัน โดยพิจารณาจากปริมาณงานสื่อสาร (Traffic) ที่มีติดต่อกันอยู่ในสมัยนั้น ดังนั้นประเทศสมาชิกจึงตกลงกันว่า ให้แต่ละประเทศร่วมลงทุนตามสัดส่วนปริมาณความต้องการใช้วงจรเคเบิลแต่ละช่วง สำหรับประเทศไทย การสื่อสารแห่งประเทศไทยได้รับอนุมัติจากรัฐมนตรี ให้ลงนามผูกพันร่วมลงทุนรวม 3 ระบบ ดังนี้ คือ

- ระบบเคเบิลใต้น้ำอาเซียน ฟิลิปปินส์-สิงคโปร์ (P-S) มีความยาว 1,507 ไมล์ทะเล (Nautical Mile) มีจำนวนช่องสัญญาณ 1,380 วงจร
- ระบบเคเบิลใต้น้ำอาเซียน อินโดนิเซีย-สิงคโปร์ (I-S) มีความยาว 570ไมล์ทะเล มีจำนวนช่องสัญญาณ 480 วงจร
- ระบบเคเบิลใต้น้ำอาเซียน มาเลเซีย-สิงคโปร์-ไทย (M-S-T) มีความยาว 917 ไมล์ทะเล

วันที่ 27 กันยายน 2526 ถือว่าเป็นวันประวัติศาสตร์ของระบบเคเบิลใต้น้ำไทย เนื่องจาก ระบบเคเบิลใต้น้ำ มาเลเซีย-สิงคโปร์-ไทย หรือ M-S-T (Malaysia – Singapore – Thailand) เป็นระบบเคเบิลใต้น้ำระบบแรก ที่มีจุดขึ้นบก (Landing Station) ในประเทศไทย คือ

สถานีโทรคมนาคม เคเบิลใต้น้ำ ชลี-1 เพชรบุรี และ ที่สถานีสถานีโทรคมนาคม เคเบิลใต้น้ำ ชลี-2 สงขลา

ปัจจุบันสถานีโทรคมนาคมเคเบิลใต้น้ำ หรือ Cable Landing Station เป็นจุดขึ้นบกของระบบเคเบิลใต้น้ำ ปัจจุบันมีอยู่ด้วยกัน 5 แห่ง คือ ชลี 1-เพชรบุรี ,ชลี 2-สงขลา ,ชลี 3-ศรีราชา ,ชลี 4-สตูล และ ชลี 5 –ชุมพร ซึ่งชื่อของสถานีฯ ตั้งขึ้นเพื่อเป็นเกียรติ แด่ พลเรือตรี ชลี สินธุโสภณ อดีตรัฐมนตรีว่าการกระทรวงคมนาคม ผู้อนุมัติโครงการเคเบิลใต้น้ำอาเซียน มาเลเซีย-สิงคโปร์-ไทย (M-S-T)

ระบบเคเบิลใต้น้ำที่มีจุดขึ้นบกที่ประเทศไทยดังนี้

- <u>สถานีฯ ชลี1-เพชรบุรี</u> ได้แก่ ระบบเคเบิลใต้น้ำใยแก้ว M-T, ระบบเคเบิลใต้น้ำใยแก้ว APCN และระบบเคเบิลใต้น้ำใยแก้ว เพชรบุรี-ศรีราชา
- <u>สถานีฯ ชลี 2- สงขลา</u> ได้แก่ ระบบเคเบิลใต้น้ำใยแก้ว เพชรบุรี-สงขลา,ระบบเคเบิลใต้น้ำใยแก้ว FLAG ,ระบบเคเบิลใต้น้ำ TIS
- <u>สถานีฯ ชลี 3- ศรีราชา</u> ได้แก่ ระบบเคเบิลใต้น้ำใยแก้ว เพชรบุรี-ศรีราชา, ระบบเคเบิลใต้น้ำใยแก้ว ไทย-เวียดนาม-ฮ่องกง นอกจากนี้ยังดูแลระบบเคเบิลภาคพื้นดินระหว่าง ชลี1-ชลี3-เทเลพอร์ท-ศท.นนทบุรี
- <u>สถานีฯ ชลี 4-สตูล</u> ได้แก่ ระบบเคเบิลใต้น้ำใยแก้ว SEA-ME-WE3, SEA-ME-WE4 ระบบเคเบิลใต้น้ำใยแก้ว FLAG, ระบบเชื่อมโยง Optical Fiber Land Crossing ภายในประเทศ ระหว่างสตูล-สงขลาซึ่งใช้เชื่อมโยงจุดขึ้นบกทั้งสองของระบบเคเบิล FLAG
- <u>สถานีฯ ชลี 5-ชุมพร</u> ได้แก่ ระบบเคเบิลใต้น้ำใยแก้วในประเทศ (Domestic Submarine Cable Network :DSCN) เป็นระบบ SDH ขนาด 2 x STM-16 เชื่อมโยงระหว่างศรีราชา-เพชรบุรี-ชุมพร-เกาะสมุย และ สงขลา

ภาพที่ 2.16
จุดขึ้นบกของเคเบิลใต้น้ำในประเทศ

2.1.4.3 <u>โครงสร้างของระบบเคเบิลใต้น้ำ</u>

ระบบเคเบิลใต้น้ำจะประกอบด้วยอุปกรณ์ 2 ส่วนคือส่วนที่อยู่บนบก(Dry Plant) และส่วนที่อยู่ในน้ำ (Wet Plant) โดยทั้ง 2 ส่วนนี้จะทำงานร่วมกัน

<u>Dry Plant</u> (อุปกรณ์บนบก)

- SLTE (Submarine Line Terminating Equipment) เป็นอุปกรณ์ปลายทางติดตั้งที่สถานีฯ ซึ่งเป็นจุดเชื่อมต่อของเคเบิลใยแก้ว (Optical Fiber) โดย SLTE โดยทั่วไปสามารถแบ่งได้ 2 ส่วนคือ LTU(Line Terminal Unit) , CFU (Common Function Unit)
- LME (Line Monitering Equipment) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้วิเคราะห์และตรวจสอบหาจุดบกพร่องส่วนอุปกรณ์ใต้น้ำของระบบ

- PFE (Power Feed Equipment) ระบบ Power Feeding ในระบบเคเบิลใต้น้ำใยแก้ว เป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับระบบเคเบิลใต้น้ำที่มีตัวทวนสัญญาณ ทั้งนี้ วัตถุประสงค์และหน้าที่ของระบบ Power Feeding ที่สำคัญสามารถสรุปได้ดังนี้
  - ทำหน้าที่จ่ายกระแสไฟตรงคงที่ให้กับอุปกรณ์ตัวทวนสัญญาณในทะเล
  - จัดการ Function เสริมทางด้าน Operation และ Maintenance ของเคเบิลใต้น้ำ เช่น การทำ Power feeding path switching, Low – frequency ac. Singnal superposition (Electroding), Week dc. Current and low dc. Voltage supply และ Fault Location Test Set (FLTS) interface port
  - จัดการ Function เสริมทางด้าน Operation และ Maintenance ของอุปกรณ์ใต้น้ำเช่น Alarm, Status Report
  - จัดการ Function เสริมทางด้านการบริหารเครือข่าย เช่น Historical data storage
- NPE (Network Protection Equipment) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการ Switching เช่น ในกรณีที่ Route ปกติที่ใช้งานอยู่เกิดผิดปติ NPE ก็จะทำการ Switching ไปที่ Route ที่ใช้งานได้

<u>Wet Plant</u> (อุปกรณ์ในทะเล) ประกอบด้วย

- <u>Submarine Cable</u> เคเบิลใต้น้ำได้ถูกออกแบบและผลิตตามความเหมาะสมของระดับน้ำทะเล และการวาง&การฝังเคเบิล ในส่วนของ Core Cable นั้น จะเป็นเคเบิลแบบ Light Weight (LW) ทั้งสิ้น โดยเราสามารถแบ่งเคเบิลใต้น้ำออกเป็นชนิดต่างๆตามระดับการป้องกันของสายเคเบิลใต้น้ำได้ ดังนี้

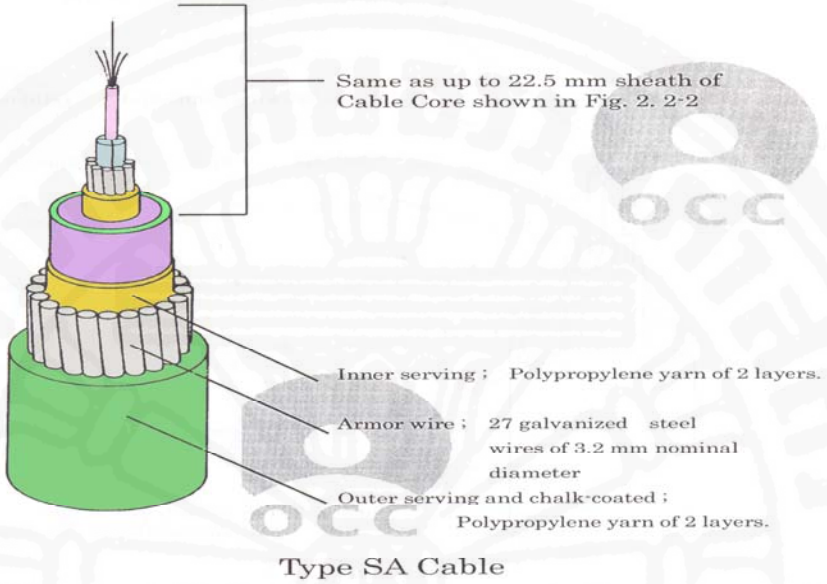
ตารางที่ 2.1

เคเบิลใต้น้ำชนิดต่าง ๆ

	Cable Type	Applied Condition	Sea Depth
Non – Armor Cable	LW (Light Weight)	Deep Water	Down to 8,000 m.
	LWS (LW – Screened)	Deep Water / FBp	Down to 7,000 m.
Armor Cable	SAL (Single Armor Light)	Shallow Water	Down to 2,000 m.
	SAM (SA – Medium		Down to 1,000 m.
	SAH (SA – Heavy)		Down to 500 m.
Double Armor Cable	DA (Double Armor)	Shallow Water	Down to 200 m.
	RA (Rock Armor)	Extra Protection	Down to 200 m.
Special Cable	HT (High Tension)	BU Laying	Down to 3,000 m.

ภาพที่ 2.17

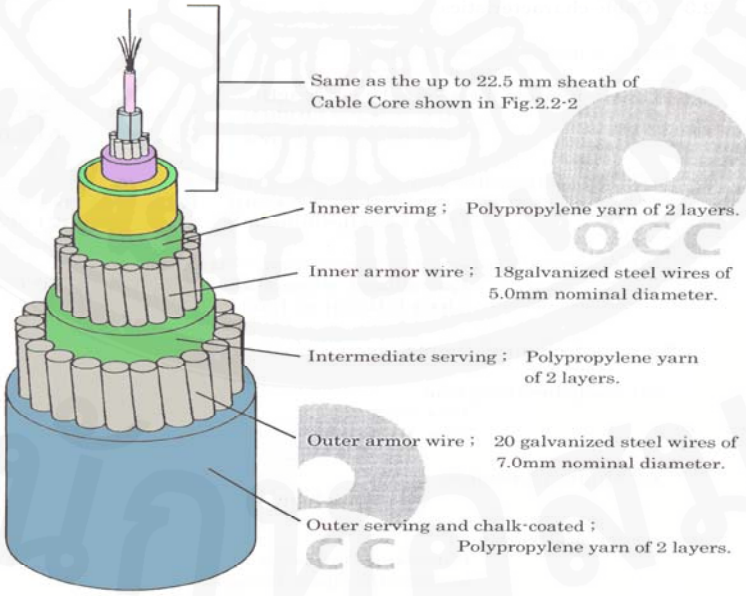
SA Cable



Type SA Cable

ภาพที่ 2.18

DA Cable



Type DA Cable

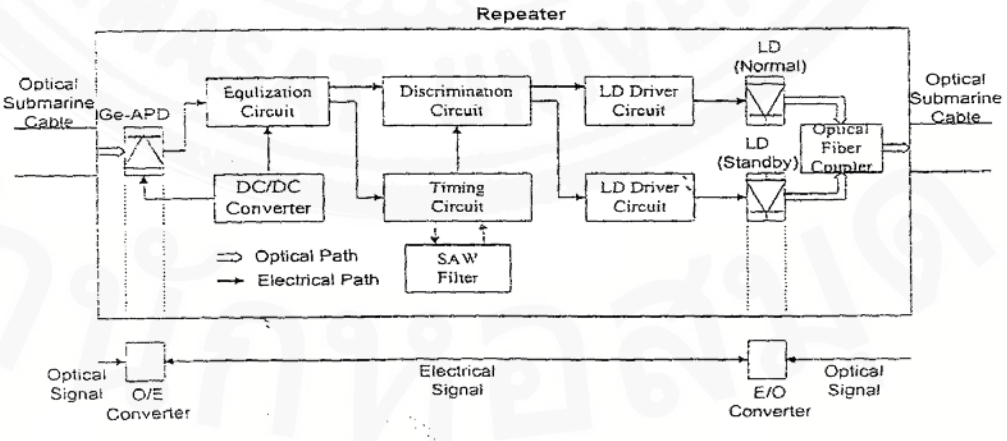
– Repeater ตัวขยายสัญญาณ มีหน้าที่ ขยายสัญญาณให้แรงขึ้น เนื่องจากการส่งสัญญาณแสง ในระยะทางไกล ๆ นั้น เมื่อส่งสัญญาณไปได้ระยะหนึ่ง สัญญาณแสงย่อมอ่อนกำลังลง เนื่องจากเกิดความสูญเสียต่าง ๆ ขึ้นในสาย จึงจำเป็นที่ต้องขยายสัญญาณให้แรงขึ้น แล้วจึงส่งออกไปเพื่อ ให้สัญญาณไปถึงปลายทางอย่างมีคุณภาพและไม่ผิดเพี้ยน โดย Repeater สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิดคือ Regenerative Repeater และ Optical Amplifier Repeater

Repeater ชนิดนี้มีหลักการทำงานคือ เปลี่ยนสัญญาณแสงที่เข้ามาเป็นสัญญาณไฟฟ้าก่อนที่จะขยายสัญญาณไฟฟ้านั้นๆ สัญญาณไฟฟ้าที่ได้รับการขยายสัญญาณแล้วจะเปลี่ยนกลับเป็นสัญญาณแสง ก่อนที่จะถูกส่งออกไปยัง Repeater ตัวถัดไป ด้วยหลักการดังกล่าว Repeater ชนิดนี้จะประกอบด้วยอุปกรณ์ Laser diode, Photo Diode และวงจร JC Circuit ที่ใช้ขยายสัญญาณทางไฟฟ้า

Repeater ชนิดนี้ มีอีกชื่อหนึ่งว่า 3R Repeater เนื่องมาจากฟังก์ชั่นการทำงานของวงจรใน Repeater ชนิดนี้จะประกอบด้วยการทำ Re-timming, Re-shaping และ Regenerating นั้นเอง

ภาพที่ 2.19

วงจรของ Regenerative Repeater

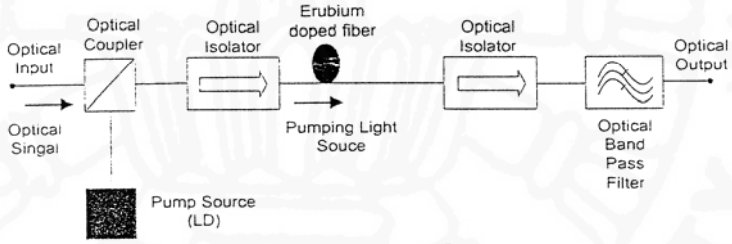


Repeater ชนิด Optical Amplifier Repeater มีหลักการทำงานคือ Pump Source จะส่งคลื่นซึ่งมีความยาวคลื่นที่เหมาะสมไป Excite ที่ EDFA ซึ่งมีผลทำให้มีการคายพลังงาน ที่ย่านความถี่เดียวกันกับคลื่นแสงที่ผ่านเข้ามา ทำให้เป็นการเพิ่มขนาดของคลื่นแสงที่ผ่านเข้ามานั้นๆ ด้วยหลักการดังกล่าวข้างต้น Repeater ชนิดนี้จะประกอบด้วย Pump Source (เช่น Laser diode), Optical Coupler, Optical Isolator และ EDFA เป็นหลัก

ระบบ Repeater ชนิดนี้สามารถขยายสัญญาณแสง โดยไม่มีข้อจำกัดในเรื่องขนาดความเร็ว Bit Rate และ Waveform format รวมทั้ง Bandwidth ที่กว้างในการขยายสัญญาณด้วย

ภาพที่ 2.20

วงจรของ Optical Amplifier Repeater



- Branching Unit มีหน้าที่คือ ทำให้สามารถเชื่อมต่อสัญญาณเป็นระบบเดียวกันในกรณีมี Landing station ตั้งแต่ 3 สถานีขึ้นไป และทำให้สามารถทำ Reconfiguration ของ Optical transmission path และ Power path ในกรณีที่เคเบิลหรือ Repeater เกิดขัดข้อง (ใช้ Vacuum relay ในการ switch ของ Power path และใช้ Supervisory command สำหรับการควบคุมเปลี่ยนแปลงของ Optical fiber path)

ภาพที่ 2.21

Branching Unit ที่ใช้กับระบบเคเบิลใต้น้ำ

– Joint Box เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการเชื่อมต่อเคเบิลใต้น้ำ

ภาพที่ 2.22

Joint Box ที่ใช้กับระบบเคเบิลใต้น้ำ

2.1.4.4 โครงข่ายต่างๆของระบบเคเบิลใต้น้ำในความดูแลของ กสท

กสท.ได้ร่วมลงทุน/ก่อสร้างระบบเคเบิลใต้น้ำใยแก้วต่าง ๆ ดังต่อไปนี้ ระบบเคเบิลที่มีจุดขึ้นบกที่ประเทศไทย มีดังนี้

– M-T เชื่อมโยงระหว่างไทยกับมาเลเซีย มีความยาว 1,318 กิโลเมตร หรือ 711.66 ไมล์ทะเล (Nautical mile) เป็นระบบ PDH ขนาด 560 Mbps. หรือมีจำนวนช่องสัญญาณ 7,560 วงจร เริ่มใช้งาน สิงหาคม 2537 ปัจจุบันได้ยกเลิกระบบนี้ไปแล้ว

- P – S (เพชรบุรี - ศรีราชา) เป็นระบบเคเบิลที่ใช้เชื่อมโยงวงจรภายในประเทศ มีทั้งระบบ PDH ขนาด 565 Mbps และ SDH ขนาด 5 Gbps สามารถใช้เชื่อมโยงภายในประเทศพร้อมกันถึง 67,560 วงจ(7,560+60,480)มีระยะทางประมาณ 111 กม. เปิดใช้งานเมื่อวันที่ 22 สิงหาคม 2537
- T-V-H ไทย-เวียดนาม-ฮ่องกง (T-V-H) เชื่อมโยงระหว่างไทย-เวียดนาม-ฮ่องกง มีความยาว 3,400 กิโลเมตร หรือประมาณ 1,835.85 ไมล์ทะเล(Nautical Mile) เป็นระบบ PDH ขนาด 560 Mbps. หรือ มีจำนวนช่องสัญญาณ 15,120 วงจร เริ่มใช้งาน ธันวาคม 2538
- APCN (Asia Pacific Cable Network) เชื่อมโยงระหว่างไทย มาเลเซีย สิงคโปร์ อินโดนีเซีย ฟิลิปปินส์ ไต้หวัน ฮ่องกง ญี่ปุ่น และเกาหลีใต้ มีความยาว 12,000 กิโลเมตร หรือประมาณ 6,480 ไมล์ทะเล (Nautical Mile) เป็น ระบบ SDH ขนาด 5 Gbps. หรือมีจำนวนช่องสัญญาณ 60,480 วงจรโดยใช้เทคโนโลยี Optical Amplifier (OA) เริ่มใช้งาน ธันวาคม 2539
- FLAG (Fiber optic Link Around the Globe)ของบริษัท Reliance Group มีระยะทางประมาณ 28,000 กม. จะเชื่อมโยง 13ประเทศ ได้แก่ อังกฤษ สเปน อิตาลี อียิปต์ สหรัฐอาหรับเอมิเรตส์ อินเดีย มาเลเซีย ไทยฮ่องกง จีน เกาหลีใต้ และประเทศญี่ปุ่น มีจุดขึ้นบกที่ จ.สตูล และ จ. สงขลาระบบนี้ใช้เทคโนโลยี A และSDHเช่นเดียวกับข่ายเคเบิลใต้น้ำ APCN เริ่มใช้งาน พฤศจิกายน 2540
- SEA-ME-WE 3 (South East Asia-Middle East-Western Europe 3)เชื่อมโยงระหว่างประเทศต่าง ๆ ในทวีป ยุโรปกับทวีปเอเชีย เข้าด้วยกันกว่า 30 ประเทศ ได้แก่ อังกฤษ เยอรมัน เบลเยียม ฝรั่งเศส โปรตุเกตุ โมร็อคโค อิตาลี กรีซ ตุรกี ไซปรัส อียิปต์ Djibouti ซาอุดิอาระเบีย โอมาน UAE ปากีสถาน อินเดีย ศรีลังกา พม่า ไทย มาเลเซีย สิงคโปร์ อินโดนีเซีย ออสเตรเลีย บรูไน เวียดนาม ฟิลิปปินส์ มาเก๊า ฮ่องกง จีน ไต้หวัน เกาหลี และ ญี่ปุ่น ใช้เทคโนโลยี WDM (Wavelength Division Multiplex) ขนาด 10 Gbps หรือ มีจำนวนช่องสัญญาณ 120,960 วงจร และสามารถพัฒนาได้สูงถึง 20 Gbps หรือมีจำนวนช่องสัญญาณ

241,920 วงจร โดยประเทศไทยจะมีจุดขึ้นบกที่ จ.สตูล เริ่มใช้งาน สิงหาคม 2542

- SEA-ME-WE-4 (South East Asia-Middle East-Western Europe 4) จะเชื่อมโยงระหว่างประเทศต่าง ๆ ในทวีป ยุโรปกับทวีปเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ผ่าน ประเทศทางตะวันออกกลาง เข้าด้วยกันกว่า 14 ประเทศ ได้แก่ ฝรั่งเศส อัลจีเรีย ตูนีเซีย อิตาลี อียิปต์ ซาอุดิอาระบีย UAE ปากีสถาน ศรีลังกา อินเดีย บังคลาเทศ ไทย มาเลเซีย สิงคโปร์ มีระยะทางประมาณ 20,000 กม. ใช้เทคโนโลยี DWDM (Dense Wavelength Division Multiplex) ที่มีความจุถึงระดับ Tbpsโดยประเทศไทยจะมีจุดขึ้นบกที่ จ.สตูล เริ่มใช้งาน 22 พฤศจิกายน 2548
- TIS (ไทย-อินโดนีเซีย-สิงคโปร์) เชื่อมโยงระหว่างไทย อินโดนีเซีย และสิงคโปร์ มีความยาว 1,100 กิโลเมตร ใช้เทคโนโลยีDWDM ขนาดความจุ 30 Gbps แต่สามารถเพิ่มความจุได้สูงสุดถึง 320Gbit/s หรือเทียบเท่าวงจรโทรศัพท์ 3,840,000 วงจร เริ่มใช้งาน พฤศจิกายน 2546
- DSCN (Domestic Submarine Cable Network)เชื่อมโยงระหว่าง ชลบุรี-เพชรบุรี-ชุมพร-เกาะสมุย-สงขลา เป็นระบบเคเบิลที่ใช้เชื่อมโยงวงจรภายในประเทศ ที่มีการขยายตัวเพิ่มขึ้นอย่าง รวดเร็ว และรองรับปริมาณการเชื่อมโยงวงจรจากระบบเคเบิลใต้น้ำอื่นทางด้านมหาสมุทรอินเดียเป็นระบบ SDH ขนาด 5 Gbps เทียบเท่าวงจรโทรศัพท์ 67,560 วงจร และ DWDM ขนาด 8 x 10 Gbps เทียบเท่าวงจรโทรศัพท์ 967,680 วงจร มีระยะทางประมาณ 900 กม.

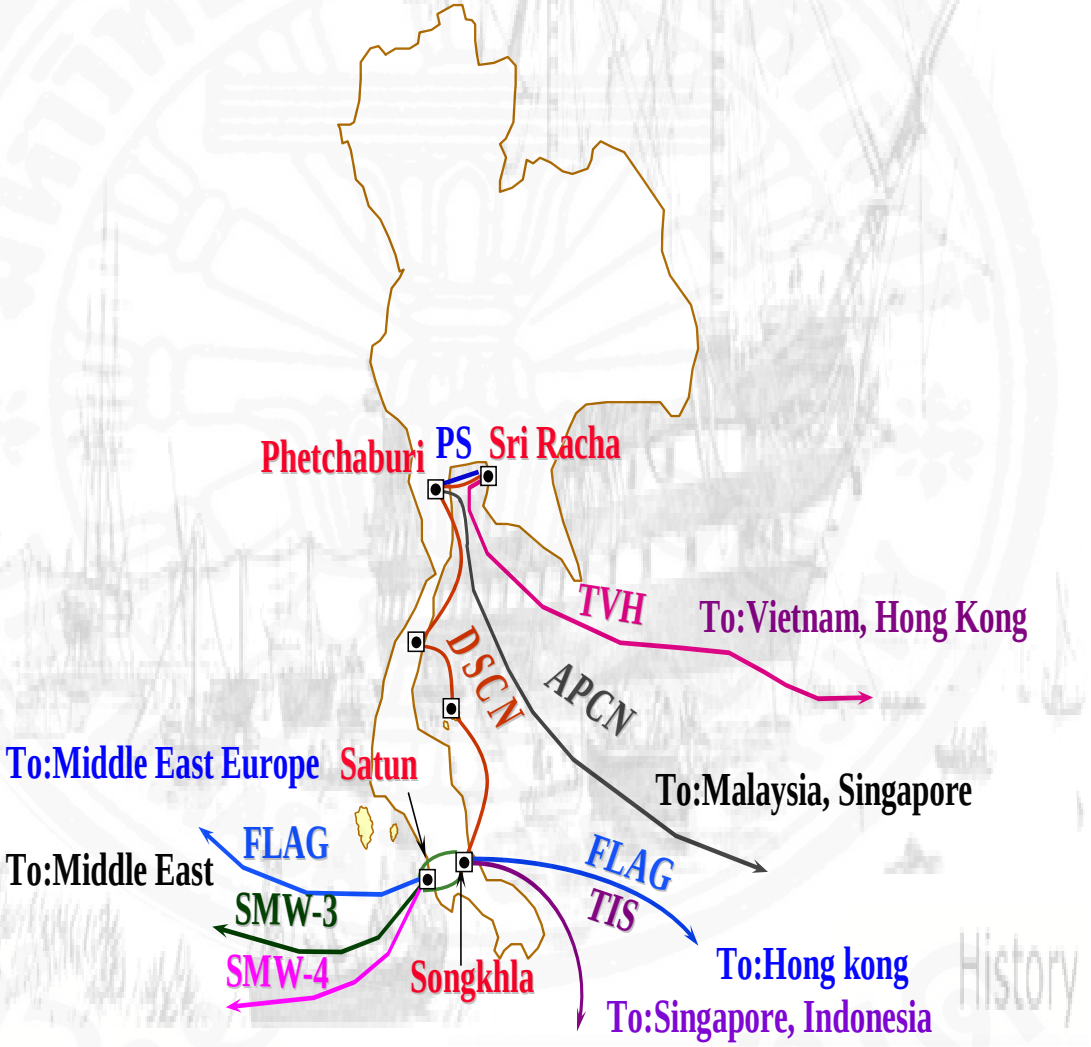
ตารางที่ 2.2

ระบบเคเบิลใต้น้ำใยแก้วระหว่างประเทศของ บมจ กสท โทรคมนาคม

	T-V-H	APCN	FLAG	SEA-ME-WE 3	TIS	SEA-ME-WE 4
Line bit rate	560 Mbps	5 Gbps	5 Gbps	10 Gbps	30Gbps	1.2Tbps
Repeater	Regenertor	Optical Amplifier (OA)	Optical Amplifier	Optical Amplifier	Optical Amplifier	Optical Amplifier
Signal wavelength	1.55 um	1.55 um	1.55 um	1.55 um	1.55 um	1.55 um
Repeater Spacing	120-150 Km	~100 Km	~100 Km	~100 Km	~100 Km	~100 Km
Max.Capacity(64k-Ch)	7,560	60,480	60,480	120,960	362,880	1,935,360
Distance(Km)	3,400	12,000	28,000	30,000	1,035	20,000
RFS Date	31 Dec.1995	9 Jan.1997	22 Nov.1997	30 Aug.1999	Nov.2003	22 Nov.2005

ภาพที่ 2.23

โครงข่ายระบบเคเบิลใต้น้ำที่มีจุดขึ้นบกที่ประเทศไทย



ตารางที่ 2.3

ช่วงการพัฒนาของระบบเคเบิลใต้น้ำใยแก้ว

ช่วงที่	ปีที่ใช้งาน (พ.ศ.)	เทคโนโลยีของ Repeater	Wavelength	ชนิด Fiber	ขนาดความจุ	ระบบเคเบิล
1	2532-2533	Repeater แบบ Regenerative	Single Wavelength ย่าน 1.3 um	Normal Dispersion Fiber	280 Mbps	TPC3/HAW-4 , G-P-TH-J-K เป็นต้น
2	2534-2538	Repeater แบบ Regenerator	Single Wavelength ย่าน 1.55 um	Cut-off Shifted Fiber	560 Mbps	TPC-4 ,AOFSCN,BMP,SEA-ME-WE 2 M-T,T-V-H, เป็นต้น
3	2539-2542	Optical Amplifier Repeater	Single Wavelength ย่าน 1.55 um	Dispersion Shifted Fiber	5-10 Gbps	TPC5,APCN,FLAG เป็นต้น
4	2543-2544	Optical Amplifier Repeater	Wavelength Division Multiplex (WDM)	Dispersion Shifted Fiber	20 – 160 Gbps	SEA-ME-WE 3 ,China-US ,TAT-14 เป็นต้น
5	ปัจจุบัน	Optical Amplifier Repeater	Dense Wavelength Division Multiplex (DWDM)	Dispersion Shifted Fiber	Over 160 Gbps	TIS ,SEA-ME-WE 4

ระบบเคเบิลที่ไม่ได้มีจุดขึ้นบกที่ประเทศไทย

ระบบเคเบิลที่ไม่ได้มีจุดขึ้นบกที่ประเทศไทย มีดังนี้

C2C, CH-US , JAPAN-US , APC , Atlantis-2 , Chikura - Miyazaki , Eurafrica , NPC , R-J-K , SAT-3/WASC/SAFE , SEA-ME-WE 2 , TAT-10 , TouchengFangshan TPC-5

2.1.4.5 วิวัฒนาการและพัฒนาการของเทคโนโลยีระบบเคเบิลใต้น้ำ

ยุคระบบเคเบิลใต้น้ำชนิดเคเบิลแกนร่วม (Coaxial Submarine Cable System) พ.ศ. 2493- พ.ศ.2531ระบบเคเบิลใต้น้ำระหว่างประเทศ ได้เริ่มพัฒนาขึ้นในปี พ.ศ. 2493 ซึ่งถือว่าเป็นระบบเคเบิลใต้น้ำยุคแรก โดยใช้เคเบิลใต้น้ำชนิดเคเบิลแกนร่วม (Coaxial Submarine Cable) ในการรับส่งสัญญาณ มีการส่งสัญญาณเป็นระบบอานาล็อค (Analog System) โดยใช้เทคโนโลยี แบบ FDM (Frequency Division Multiplex) มีความจุของช่องสัญญาณค่อนข้างน้อย

ในระยะแรกสามารถส่งสัญญาณโทรศัพท์เพียงไม่กี่วงจร และได้พัฒนาเรื่อย จนสามารถส่งช่องสัญญาณได้มากขึ้น ตามลำดับ แต่ด้วยข้อจำกัดของ Coaxial Cable ที่ใช้ รับ-ส่งสัญญาณ ช่องสัญญาณยังถือว่าน้อยมาก เมื่อเทียบกับการลงทุนที่มหาศาล ต้นทุนต่อช่องสัญญาณจึงสูงมาก ดังนั้น ในยุคนี้ ระบบเคเบิลใต้น้ำถือได้ว่าเป็นระบบสำรองของระบบสื่อสารดาวเทียม เคเบิลใต้น้ำที่เกิดในยุคนี้ได้แก่ TPC-1 , TPC-2 , OLUHO , China-Japan , ASCOM , SEA-ME-WE และ ATLANTIS เป็นต้น

ระบบเคเบิลใต้น้ำชนิดนี้จะมีอัตราการสูญเสียของระดับสัญญาณสูงจึงต้องมีตัวทวนสัญญาณทุกระยะ 12-15 กิโลเมตร ตลอดความยาวของสายเคเบิลใต้น้ำ ในระบบที่มีระยะทางสั้น ๆ ตัวทวนสัญญาณจะไม่สร้างปัญหาทางเทคนิคให้แก่ระบบ แต่ถ้าระยะทางเพิ่มขึ้น ตัวทวนสัญญาณจำนวนหลายสิบตัวจะสร้างปัญหา เรื่องความแตกต่างของระดับสัญญาณในแถบคลื่นที่ใช้งาน จึงต้องนำอุปรณ์อีกชนิดหนึ่งมาใช้เพื่อแก้ปัญหา อุปกรณ์นี้เรียกว่า ตัวปรับสัญญาณ (Equalizer)

ลักษณะการทำงานของระบบเคเบิลใต้น้ำชนิดแกนร่วมจะเป็นแบบ FDM/FM แต่มีข้อได้เปรียบในด้านเทคนิคที่ทำการรับส่งสัญญาณ ไปตามสายเคเบิล คือไม่จำเป็นต้องแปรความถี่ของแถบคลื่นให้อยู่ในระดับสูงขึ้นเหมือนเดิม ที่จะทำให้เกิดความเพี้ยน หรือสิ่งรบกวนลง 2 ขั้นคือ ด้านส่งหนึ่งขั้น ด้านรับอีกหนึ่งขั้น

ในสายเคเบิลใต้น้ำ แถบคลื่นถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วน โดยการออกแบบที่เหมาะสมของตัวทวนสัญญาณ ส่วนหนึ่งแบ่งเป็นแถบความถี่ที่ใช้ส่งสัญญาณ อีกส่วนหนึ่งแบ่งเป็นแถบความถี่ที่ใช้ในการรับสัญญาณ ตัวทวนสัญญาณซึ่งแท้จริงมีหน้าที่ขยายแถบคลื่นทั้งรับและส่งพร้อม ๆ กัน ทำให้การติดต่อกันด้วยสัญญาณข้อมูลหรือโทรศัพท์เป็นไปได้พร้อม ๆ กันทั้งทางด้านส่งและด้านรับ

การส่งกำลังไฟให้แก่ตัวทวนสัญญาณซึ่งต่ออยู่กับสายเคเบิลเป็นช่วง ๆ ใช้วิธีจ่ายกระแสไฟตรงที่มีค่าคงที่ ลงไปในส่วนกลางของสายเคเบิล ซึ่งเป็นตัวนำแล้วกระแสไฟจะไหลกลับสู่อุปกรณ์ป้อนกระแสไฟได้ โดยทางพื้นดินใต้น้ำทะเล การป้อนกำลังในลักษณะนี้ต้องใช้แหล่งจ่ายไฟที่มีศักดาไฟฟ้าสูง ในระดับหลายร้อยโวลท์ ขึ้นอยู่กับจำนวนตัวทวนสัญญาณและค่าความต้านทานเฉพาะของมัน

ระบบเคเบิลใต้น้ำจะต้องมีสถานีปลายทางหรือที่เรียกว่า สถานีเคเบิลใต้น้ำ (Cable Landing Station) สถานีเคเบิลใต้น้ำทุกแห่งมีรหัสเฉพาะตัวว่า จะเป็นสถานีรหัส “A “ หรือ “ B ” ซึ่งมีความหมายแตกต่างกัน ดังนี้

สถานี A เป็นสถานีเคเบิลใต้น้ำที่ส่งแถบความถี่ด้านต่ำไปยังอีกสถานีหนึ่ง และรับแถบความถี่ด้านสูงมาจากสถานีนั้น การต่อขั้วของแหล่งจ่ายกระแสไฟตรงให้ตัวทวนสัญญาณลงดินใต้ท้องทะเลจะใช้ขั้วลบ

สถานี B เป็นสถานีเคเบิลใต้น้ำที่ส่งแถบความถี่ด้านสูงไปยังอีกสถานีหนึ่ง และรับแถบความถี่ด้านต่ำมาจากสถานีนั้น การต่อขั้วของแหล่งจ่ายกระแสไฟตรงให้ตัวทวนสัญญาณลงดินใต้ท้องทะเลจะใช้ขั้วบวก

ยุคระบบเคเบิลใต้น้ำชนิดใยแก้ว (Optical Fiber Submarine Cable)จากความต้องการของปริมาณวงจรสื่อสารที่เพิ่มมากขึ้น จึงจำเป็นต้องมีการออกแบบระบบเคเบิลใต้น้ำที่มีขนาดใหญ่มากขึ้น เพื่อรองรับปริมาณทราฟฟิก (Traffic) ที่เพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว หากใช้ระบบเก่าซึ่งใช้เทคโนโลยีซองเคเบิลแกนร่วม (Coaxial Technology) และการรับ-ส่งแบบอานาลอค (Analog System) การเพิ่มขนาดของระบบทำให้เกิดความยุ่งยาก ทั้งในด้านปฏิบัติ การบำรุงรักษา และความแน่นอนเพราะการใช้ Coaxial Cable นั้น เมื่อมีขนาด (Capacity) ของระบบใหญ่ขึ้น ก็จะมีผลทำให้ขนาดของเคเบิลใหญ่ขึ้น และแถบความถี่ของระบบ (System Frequency Bandwidth) กว้างมากขึ้น เป็นผลทำให้สัญญาณในสายเคเบิลถูกลดทอน (Attenuation) ลงไป

กว่าเดิม และระยะทางระหว่างตัวทวนสัญญาณ (Repeater Spacing) ก็ลงไปด้วย ทำให้ต้องใช้ระหว่างตัวทวนสัญญาณมากขึ้น

จากข้อจำกัดดังกล่าวข้างต้น จึงได้มีการค้นคว้าเทคโนโลยีใหม่สำหรับระบบเคเบิลใต้น้ำ เพื่อปรับปรุงระบบให้ทันสมัย มีประสิทธิภาพ ความเพียงพอของวงจร สะดวก รวดเร็ว และประหยัด จึงได้มีการนำระบบเคเบิลใต้น้ำใยแก้วตั้งแต่ปี พ.ศ. 2532

ระบบเคเบิลใต้น้ำใยแก้วนั้น เป็นระบบดิจิตอล (Digital System) ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับระบบเคเบิลใต้น้ำชนิดแกนร่วมแล้ว จะพบว่าระบบเคเบิลใต้น้ำใยแก้วมีข้อดีกว่าหลายประการคือ สามารถรับ-ส่งสัญญาณได้ในแถบความถี่ที่กว้างกว่า มีน้ำหนักเบาและราคาต่อวงจรต่ำ นอกจากนี้ยังสามารถรับส่งข้อมูลด้วยอัตราที่เร็วกว่า และที่สำคัญคือระยะทางระหว่างตัวทวนสัญญาณของเคเบิลใต้น้ำใยแก้วจะมากกว่าเคเบิลใต้น้ำชนิดแกนร่วม ดังนั้นในระยะทางที่เท่ากันจำนวนของตัวทวนสัญญาณในเคเบิลใต้น้ำใยแก้วจะน้อยกว่า

ลักษณะการทำงานของระบบเคเบิลใยแก้ว สัญญาณไฟฟ้าแบบดิจิตอล จะถูก modulate เข้ากับแหล่งกำเนิดแสงในที่นี้อาจเป็นเลเซอร์ไดโอด ชนิด ILD (Injection Laser Diode) หรือ LED (Light Emitting Diode) ก็ได้ สัญญาณที่ออกมาจะเป็นสัญญาณแสงซึ่งจะถูกส่งผ่านไปตามสายเคเบิลใยแก้วระยะหนึ่งจนถึงตัวทวนสัญญาณ (repeater หรือ regenerator) ที่ตัวทวนสัญญาณ สัญญาณก็จะถูกเปลี่ยนกลับเป็นสัญญาณไฟฟ้า (electrical signal) โดยใช้โฟโต้ไดโอด ชนิด PIN หรือ APD (Avalache Photo Diode) สัญญาณไฟฟ้านี้ก็จะถูกนำมาขยายและกำเนิดสัญญาณใหม่ (regenerated) แล้วจะเปลี่ยนเป็นสัญญาณแสง (optical signal) โดยถูก modulate กับแหล่งกำเนิดแสงอีกครั้งหนึ่งและผ่านเคเบิลใยแก้วจนถึงปลายทาง (distance terminal) ที่ปลายทางสัญญาณแสงก็จะถูกเปลี่ยนกลับเป็นสัญญาณไฟฟ้า เพื่อต่อเข้ากับชุมสายต่อไป ซึ่งลักษณะการทำงานนี้จะเป็นเช่นเดียวกันทั้งทางด้านรับและส่ง

สำหรับการจ่ายไฟเลี้ยงให้กับตัวทวนสัญญาณใต้น้ำ ระบบการจ่ายไฟจะป้อนกระแสไฟตรงที่มีค่ากระแสคงที่ผ่านตัวนำโลหะ (ทองแดง) ในสายเคเบิลและครบวงจรด้วยระบบพื้นทะเล (Ocean Ground) ที่ปลายทางทั้ง 2 ด้าน ซึ่งมีลักษณะของระบบจ่ายไฟเลี้ยงเหมือนกับระบบเคเบิลใต้น้ำแกนร่วม

ยุคปัจจุบัน เทคโนโลยีของระบบเคเบิลใต้น้ำชนิดใยแก้วนำแสง (Optical Fiber Submarine Cable System) ได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง มีการนำเอาเทคโนโลยี WDM (Wavelength Division Multiple) และ DWDM (Dense Wavelength Division Multiple) มาใช้

ทำให้สายเคเบิลใยแก้ว 1 คู่ ส่งสัญญาณได้หลายๆความยาวคลื่น สามารถรับส่งสัญญาณผ่านเคเบิลใยแก้ว 1 คู่ เป็นล้านวงจร ทำให้ต้นทุนต่อวงจรต่ำมาก

2.1.4.6 <u>หลักการทำงานของระบบเคเบิลใต้น้ำ</u>

ระบบเคเบิลใต้น้ำเป็นระบบที่ใช้สำหรับรับ-ส่ง สัญญาณโทรคมนาคมผ่านสายเคเบิลที่วางฝังอยู่ใต้ทะเล เชื่อมโยงระหว่างสถานีเคเบิลใต้น้ำ 2 สถานีซึ่งอาจเป็นระหว่างจุดต่อจุด หรือประเทศต่อประเทศ การเชื่อมโยงโดยสายเคเบิลใต้น้ำนี้ มักจะมีระยะทางไกลมาก จึงจำเป็นต้องมีการยกระดับของสัญญาณเป็นช่วง ๆ เพื่อชดเชยการสูญเสียกำลังของสัญญาณไปตามความยาวของสายเคเบิล เครื่องอุปกรณ์สำหรับยกระดับสัญญาณนี้เรียกว่า ตัวทวนสัญญาณ (Repeater) ซึ่งต้องทำงานได้โดยไม่ผิดพลาดในระยะเวลา 25 ปีขึ้นไป ตัวทวนสัญญาณจึงเป็นเสมือนหนึ่งหัวใจของระบบ หากตัวใดตัวหนึ่งเกิดชำรุดใช้งานไม่ได้จะทำให้ระบบทั้งระบบใช้งานไม่ได้

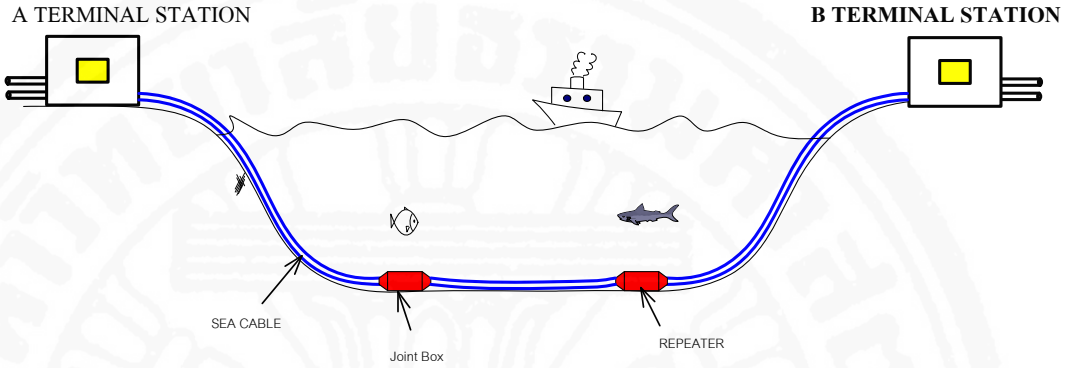
ตัวทวนสัญญาณจะมีทุกระยะ ตลอดความยาวของสายเคเบิลใต้น้ำ แต่ละตัวมักห่างกันไม่เกิน 15 กิโลเมตร ในระบบเคเบิลชนิดแกนร่วม (coaxial cable) เนื่องจากมีอัตราการสูญเสียของระดับสัญญาณสูง แต่ในระบบเคเบิลใยแก้วซึ่งมีอัตราการสูญเสียของระดับสัญญาณในสายเคเบิลต่ำกว่ามาก อาจจะมีตัวทวนสัญญาณที่มีระยะห่างกันถึง 100 กิโลเมตรหรือน้อยกว่านั้นได้

โดยที่ระบบเคเบิลใต้น้ำเป็นระบบการรับ-ส่งสัญญาณ โดยผ่านทางสายเคเบิลซึ่งวางอยู่ใต้ทะเล จึงไม่มีปัญหาด้านการรบกวนของสัญญาณอื่นที่ไม่ต้องการ และแม้ว่าภูมิอากาศแวดล้อมจะเปลี่ยนแปลงก็ไม่มีผลต่อการรับ-ส่งของสัญญาณ ในระบบเคเบิลใต้น้ำมีตัวทวนสัญญาณขยายสัญญาณในการรับ-ส่งเป็นช่วง ทำให้คุณภาพของสัญญาณไม่เปลี่ยนแปลงและการล่าช้าของสัญญาณมีน้อยมาก จึงเหมาะสำหรับใช้ในการรับ-ส่งสัญญาณทุกชนิดด้วยคุณภาพสูง

อีกประการหนึ่ง ระบบเคเบิลใต้น้ำทุกระบบจะต้องได้รับการออกแบบเพื่อใช้งานใต้ทะเลในทุกสภาพและฤดูกาลนานถึง 25 ปี การใช้ชิ้นส่วนและวัสดุจึงต้องคัดเลือกแต่เฉพาะที่มีคุณภาพสูงสุด การประกอบการและการทดสอบต้องเป็นไปอย่างระมัดระวัง และมีคุณภาพที่เชื่อถือได้จริง ๆ เป็นผลทำให้ระบบเคเบิลใต้น้ำมีความแน่นอนสูงมาก จึงได้รับความนิยมจากทั่วโลก แม้บางครั้งการลงทุนจะค่อนข้างสูง แต่ก็มีการวางสายเคเบิลเส้นใหม่ขึ้นอยู่ตลอดเวลาจนกลายเป็นคู่แข่งของระบบสื่อสารทางดาวเทียม

ภาพที่ 2.24

การเชื่อมโยงเคเบิลใต้น้ำระหว่าง 2 สถานี



2.1.4.7 ขั้นตอนการวาง(ฝัง)เคเบิลใต้น้ำ (Cable Laying and Burial)

การวางและการฝังเคเบิลใต้น้ำ เป็นงานก่อสร้างที่สำคัญมากที่สุดอย่างหนึ่งของงานก่อสร้างระบบเคเบิลใต้น้ำ ในการออกแบบระบบเคเบิลใต้น้ำให้มีความปลอดภัยสูงจึงเป็นต้องมีการสำรวจ (Survey) และคัดเลือกเส้นทางวางสายเคเบิล (Cable Route Selection) ที่เหมาะสม และการปรับปรุงเส้นทางหากจำเป็นในระหว่างการวางและการฝังเคเบิลใต้น้ำ เพื่อให้ระบบเคเบิลใต้น้ำสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพตลอดอายุการออกแบบของระบบ และปลอดภัยจากการถูกกระทบกระเทือนจากปัจจัยภายนอก เช่นสภาพภูมิประเทศใต้น้ำ กิจกรรมการทำประมง เป็นต้น โดยการวางและการฝังเคเบิลใต้น้ำนั้น อาจแบ่งขั้นตอนต่างๆได้ดังนี้ (1) การสำรวจ,คัดเลือกเส้นทางและวางแผนก่อสร้าง , (2) การต่อเชื่อม, การทดสอบ และการโหลดอุปกรณ์ใต้น้ำบนเรือ และ (3) การวางและฝังเคเบิลใต้น้ำทั้งในช่วงชายฝั่ง (Shore- end) , ช่วงน้ำลึก (Deep sea)และการทำ Final Spicing

- การสำรวจเส้นทางและวางแผนก่อสร้าง (Cable Route Survey and Construction Plan) ในการพิจารณาของแผนการก่อสร้งระบบเคเบิลใต้น้ำระหว่างประเทศนั้น การตัดสินใจเลือกสถานที่ที่เป็นจุดขึ้นบกของเคเบิลนั้น เป็นเรื่องที่มีความสำคัญเป็นอันดับแรกๆ สถานที่ตั้งที่เป็นจุดขึ้นบกของเคเบิลจะถูก

คัดเลือกตาม requirement โดยอ้างอิงจาก chart ต่างๆ เช่น coastal submarine topographical charts , coastal geological chart and bathymrtric chart เป็นต้น การสำรวจเพิ่มเติมจนถูกดำเนินการในสถานที่ที่เป็นไปได้เพื่อรวบรวมข้อมูลที่จำเป็นอื่นๆ สำหรับการตัดสินใจขั้นสุดท้าย ในส่วนของการคัดเลือกเส้นทางวางเคเบิล (Cable route) นั้น เส้นทางเคเบิลจะถูกกำหนดขึ้นตั้งแต่แรก โดยการศึกษาข้อมูลที่มีอยู่เกี่ยวกับสภาพภูมิประเทศใต้ท้องทะเล หลังจากนั้นการสำรวจสภาพท้องทะเลปริเวณเส้นทางวางเคเบิลที่ออกแบบไว้ จะต้องทำเพื่อรวบรวมข้อมูลทางด้านความลึกของท้องทะเล , สภาพภูมิประเทศใต้ท้องทะเล และวัสดุใต้ทะเล ถ้าการฝังเคเบิลเป็นสิ่งต้องทำก็จะต้องหาข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับสภาพก้นทะเล (Sea bottom) เพื่อที่จะกำหนดขนาดเพลา (Plow) ที่ใช้ในการวางและฝังเคเบิล หลังจากทำการคัดเลือกเส้นทางเป็นที่เรียบร้อยแล้วก็จะทำการสำรวจเส้นทางวางเคเบิล การสำรวจเส้นทางวางเคเบิลเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อให้ได้ข้อมูลที่จำเป็นต้องใช้สำหรับการคัดเลือกสถานีจุดขึ้นบกและเส้นทางวางเคเบิล วัตถุประสงค์ของการสำรวจคือ เพื่อยืนยันว่าเส้นทางที่ได้ออกแบบไว้นั้นเหมาะสมหรือไม่ เพียงใด ในระหว่างหรือหลักการสำรวจเส้นทางนั้น การปรับเปลี่ยนเส้นทางเพียงเล็กน้อยสามารถทำได้ แต่การเปลี่ยนแปลงอย่างมากเป็นสิ่งที่ยาก ดังนั้นการศึกษาข้อมูลในเอกสารและแผนที่จึงต้องทำอย่างละเอียด ช่วงเวลาของการสำรวจทางทะเล ต้องกำหนดขึ้นโดยพิจารณาจากระยะเวลาที่ใช้สำหรับการผลิตเคเบิลและอุปกรณ์ตัวทวนสัญญาณ (Repeaters) และการเปลี่ยนฤดูของสภาพภูมิอากาศทางทะเลด้วย โดยทั่วไป สิ่งที่ต้องสำรวจจะเกี่ยวกับความลึกของน้ำ, สภาพภูมิประเทศทางทะเล, อุณหภูมิของน้ำ, สภาพพื้นทะเล, มหาสมุทรและกระแสน้ำวน และสภาพทางอุตุนิยมวิทยาเช่นกระแสลม การวางแผนก่อสร้าง (Construction Plan) ระบบเคเบิลใต้น้ำโดยทั่วไประกอบด้วย ตัวทวนสัญญาณ (Repeater), Branching unit, เคเบิลและอุกรณ์ปลายทางระยะทางระหว่างตัวทวนสัญญาณที่ตัดกันจะถูกกำหนดโดยหลายๆปัจจัยอันได้แก่ Receiving electric power ของตัวทวนสัญญาณที่น้อยที่สุด, Optical output, ค่าลดทอนในสายเคเบิลใยแก้ว, Dispersoin characteristic ของเคเบิลใยแก้ว

และอื่นๆ ภายหลังจากที่ได้กำหนดชนิดและความยาวทั้งหมดของเคเบิลเรียบร้อยแล้ว จะได้จัดทำแผนภาพที่เรียกว่า Straight Line Diagram (SLD) ซึ่งแสดง Physical layout รายละเอียดทางกายภาพของเคเบิล กล่าวคือ ตำแหน่งของ ตัวทวนสัญญาณ และชนิดของเคเบิลที่ใช้

- การต่อเชื่อม, การทดสอบ และการโหลดอุปกรณ์ใต้น้ำบนเรือ (Connection, Test and Loading of Submarine Facilities) ในการเชื่อมต่อระหว่างเคเบิลและตัวทวนสัญญาณนั้น จำเป็นที่จะต้องตรวจสอบขั้นตอนและวิธีการต่อเชื่อม, วิธีการทดสอบ, สถานที่, เวลา, วิธีการเคลื่อนย้ายภายหลังการเชื่อมต่อให้มีความถูกต้องและเหมาะสม โดยการเชื่อมต่อจะต้องกระทำโดยช่างผู้ชำนาญการที่ได้ผ่านการฝึกอบรมด้านการเชื่อมต่อ (Cable jointing) และการใช้เครื่องมือเชื่อมต่อ (Jointing equipments) มาเป็นอย่างดี ในช่วงการ Evalution test นั้น จะต้องมีการป้อน Electric power เข้าไปในระบบเคเบิลใต้น้ำเพื่อให้เกิดความปลอดภัยขึ้น การป้อนไฟฟ้านั้นจะต้องถูกกระทำภายใต้การกำกับดูแลของบุคคลากรที่มีหน้าที่รับผิดชอบโดยเฉพาะ การโหลดเคเบิลและตัวทวนสัญญาณขึ้นเรือจะเป็นไปตาม Loading order ที่ได้กำหนดไว้ก่อนแล้ว โดยปกติการจัดการเพื่อโหลดอุปกรณ์ใต้น้ำและขั้นตอนการโหลดต่าง ๆ จะจัดทำขึ้นภายหลังขั้นตอนของ Laying operation ที่ถูกตรวจสอบอย่างละเอียดรอบคอบแล้ว เคเบิลใต้น้ำจะถูกโหลดเข้าไปเก็บในถังเก็บเคเบิลทีละส่วนๆด้วย Cable coupling ซึ่งเป็นสถานที่เก็บของตัวทวนสัญญาณ ที่ถูกจัดวางไว้เป็นชั้นๆตาม order ที่ควรจะเป็นปลายสายแต่ละเส้นจะถูกเชื่อมต่อเข้ากับตัวทวนสัญญาณที่ Depot นี้ ในจังหวะเวลาเดียวกับการโหลดเคเบิลส่วนอื่น ๆ ขึ้นเรือ
- การวางและฝังเคเบิลใต้น้ำ(Construction and Installation Work) การฝังเคเบิลเป็นส่วนที่จำเป็นสำหรับการวางเคเบิลเพื่อป้องกันเคเบิลให้ปลอดภัยจากการกระทำต่างๆ ของชาวประมง งานการฝังเคเบิลจะต้องทำตามเส้นทางและระดับความลึกที่ได้กำหนดไว้แน่นอนแล้ว ความลึกของการฝังเคเบิลที่ต้องการถูกกำหนดโดยชนิดของ Soil materials ใต้พื้นทะเลและความลึกที่สามารถทะลุทะลวงได้ เนื่องมาจาก fishing gears หรือสมอเรือ (Anchor) ชนิดของ Soil

material ที่สามารถฝังเคเบิลได้ ได้แก่ Coarse sand, Fine sand, Sand mix with shell, Mud and clay (Rock reef ไม่สามารถฝังเคเบิลได้) โดยในการฝังเคเบิลใต้น้ำจะทำการฝังลึกประมาณ 2 เมตร

2.1.5 การวิเคราะห์ SWOT

การวิเคราะห์ SWOT (SWOT Analysis) เป็นการแยกการวิเคราะห์ระหว่างระบบดาวเทียมและระบบเคเบิลใต้น้ำว่ามีข้อได้เปรียบ/เสียเปรียบอย่างไร โดยเปรียบเทียบกับคู่แข่งขัน โดยจะพิจารณาถึงจุดอ่อนและจุดแข็งของสภาพแวดล้อมภายในของบริษัทและพิจารณาถึงโอกาสและอุปสรรคจากสภาพแวดล้อมภายนอกขององค์กร เมื่อทำการวิเคราะห์ SWOT เสร็จเรียบร้อย ก็จะข้อมูลทั้งสองระบบมาทำการเปรียบเทียบ

2.1.5.1 การวิเคราะห์จุดแข็ง (Strength Analysis) เป็นการวิเคราะห์ถึงข้อเด่นของระบบดาวเทียมและระบบเคเบิลใต้น้ำที่เหนือกว่าคู่แข่งขัน เช่น ผลิตภัณฑ์ที่มีความหลากหลายมากกว่า ราคาถูกกว่า เป็นต้น ซึ่งจุดแข็งเหล่านี้ธุรกิจจะใช้เป็นแนวทางในการกำหนดกลยุทธ์ทางการตลาดต่อไป

2.1.5.2 การวิเคราะห์จุดอ่อน (Weaknesse Analysis) เป็นการวิเคราะห์ถึงปัญหาหรือข้อด้อยของธุรกิจที่ก่อให้เกิดเป็นจุดอ่อนที่คู่แข่งขันจะได้เปรียบจากสิ่งเหล่านี้ เช่น อายุผลิตภัณฑ์สั้นทำให้ไม่สามารถผลิตในปริมาณมาก ๆ ได้ ราคาแพง ช่องทางการจำหน่ายน้อย การส่งเสริมการขายต่ำ พนักงานไม่มีความกระตือรือร้น มีปัญหาด้านการเงิน เป็นต้น ธุรกิจต้องนำจุดอ่อนต่าง ๆ ไปแก้ไขปรับปรุง เพื่อไม่ให้คู่แข่งขันสามารถโจมตีหรือมีข้อได้เปรียบจากจุดอ่อนเหล่านั้นได้ และต้องพยายามพัฒนาให้จุดอ่อนเหล่านั้น อย่างน้อยให้เทียบเท่ากับคู่แข่งขัน

2.1.5.3 การวิเคราะห์โอกาส (Opportunitie Analysis) เป็นข้อได้เปรียบแก่ธุรกิจอันเกิดจากสภาพแวดล้อมภายนอกที่ธุรกิจสามารถสร้างโอกาสให้แก่ตนเอง ทำให้มีศักยภาพเหนือกว่าคู่แข่งขันซึ่งข้อได้เปรียบดังกล่าวนั้นอาจเกิดจากตลาดรวมขยายตัว คู่แข่งขันรายใหม่เข้าสู่ธุรกิจได้ยาก จุดอ่อนของคู่แข่งขัน จำนวนประชากรในส่วนที่เอื้อประโยชน์แก่ธุรกิจมีเพิ่มขึ้น เทคโนโลยีพัฒนาขึ้นทำให้เสริมศักยภาพการผลิตได้ดีขึ้น สังคมและวัฒนธรรมที่เอื้ออำนวยในการ

ยอมรับในผลิตภัณฑ์ของธุรกิจเพิ่มขึ้น การเมืองและกฎหมายให้การสนับสนุนการขยายการลงทุนทรัพยากรธรรมชาติขาดแคลน ในขณะที่ธุรกิจผลิตผลิตภัณฑ์ที่ใช้ทดแทนทรัพยากรธรรมชาตินั้นได้ เป็นต้น

2.1.5.4 การวิเคราะห์อุปสรรค (Threat Analysis) เป็นปัญหาที่เกิดจากสภาพแวดล้อมภายนอก ที่ธุรกิจไม่สามารถแก้ไขได้ เช่น การเปลี่ยนแปลงรสนิยมของตลาด คู่แข่งขันค้นพบนวัตกรรมใหม่ในการผลิต อัตราการเกิดของประชากรลดลง เศรษฐกิจตกต่ำ รัฐบาลไม่ให้การสนับสนุน มีเทคโนโลยีล้ำสมัยเกินไปทำให้หาบุคลากรที่มีความสามารถได้ยากขึ้น วัฒนธรรมการบริโภคเปลี่ยนแปลง การเพิ่มอัตราภาษีมูลค่าเพิ่ม การขาดแคลนวัตถุดิบ เป็นต้น ดังนั้นธุรกิจจะต้องหาทางลดจุดอ่อน และสร้างจุดแข็ง หรือข้อได้เปรียบ อันจะเป็นเกราะป้องกันผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากอุปสรรคเหล่านั้นได้

2.1.6 งบการเงิน

เป็นรายงานข้อมูลทางการเงินที่ได้จัดทำขึ้นจากข้อมูลทางการเงินที่จดบันทึกไว้รอบระยะเวลาหนึ่ง โดยงบการเงินประกอบด้วย

2.1.6.1 งบดุล (Balance Sheet) เป็นรายงานที่แสดงถึงฐานะทางการเงินของกิจการณ วันใดวันหนึ่ง เพื่อทราบว่ากิจการมีฐานะทางการเงินเป็นอย่างไร ณ วันนั้น ในรายงานนี้จึงประกอบด้วยข้อมูลทางการเงินที่แสดงถึงฐานะของกิจการซึ่งได้แก่ข้อมูล สินทรัพย์ หนี้สิน และส่วนของเจ้าของ

2.1.6.2 งบกำไรขาดทุน (Income Statement) เป็นรายงานที่แสดงถึงผลการดำเนินงานของกิจการในรอบระยะเวลาใดเวลาหนึ่งในรายงานนี้จะประกอบด้วยข้อมูลทางการเงินที่เป็นรายได้และค่าใช้จ่าย ถ้าในรอบระยะเวลาใดเวลาหนึ่งรายได้สูงกว่าค่าใช้จ่าย แสดงว่ากิจการนั้นมีกำไร แต่ถ้าค่าใช้จ่ายสูงกว่ารายได้แสดงว่ากิจการนั้นมีผลขาดทุน

2.1.6.3 งบกำไรสะสม (Retained Earning) เป็นรายงานที่แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของกำไรสะสมในระยะเวลาใดเวลาหนึ่ง งบกำไรสะสมนี้เป็นรายงานประกอบงบดุล ในรายงานนี้

จะประกอบด้วย กำไรสะสม+ กำไรสุทธิของงวดนั้น- เงินปันผลที่ประกาศจ่ายในงวดนั้น จะได้ยอดกำไรสะสมในวันสิ้นงวด

2.1.6.4 งบกระแสเงินสด (Statement of Cash flows) เป็นรายงานที่แสดงถึงกระแสเงินสดรับและค่าใช้จ่ายระหว่างรอบระยะเวลาใดเวลาหนึ่ง โดยแยกแสดงเป็น 3 กิจกรรม คือ กิจกรรมดำเนินงาน กิจกรรมทางการเงิน และกิจกรรมการลงทุนและใช้เป็นเครื่องมือในการตัดสินใจในการลงทุนที่จะทำโครงการ

2.2 วิธีการประเมินโครงการลงทุน (เริงรัก จำปาเงิน, 2544, น. 315 - 324)

CAPITAL BUDGETING DECISION RULES

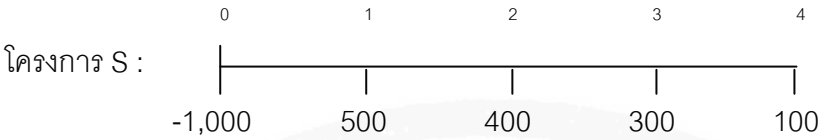
ในการที่จะตัดสินใจลงทุนในโครงการลงทุนต่าง ๆ นั้น จะมีวิธีที่ใช้ในการประเมินคือ

1. ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period : PB)
2. ระยะเวลาคืนทุนที่คำนึงถึงมูลค่าปัจจุบัน (Discounted Payback Period : DPB)
3. มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value : NPV)
4. อัตราผลตอบแทนจากโครงการ (Internal Rate of Return : IRR)

1. ระยะเวลาคืนทุน : Payback Period (PB)

สมมติมีโครงการลงทุน โครงการ S โดยมีกระแสเงินสดสุทธิ(หลังภาษี) เป็นดังนี้ : Net Cash Flows for Project S

ปี	โครงการ S
0	(฿1,000)
1	500
2	400
3	300
4	100



ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period) จะดูว่าเมื่อลงทุนไปแล้ว นานเท่าใด (เช่นกี่ปี) จึงจะคืนทุน

โครงการ S ใช้เงินลงทุน ณ ปีปัจจุบัน (ปีที่ 0) เท่ากับ 1,000 บาท และโครงการนี้จะก่อให้เกิดกระแสเงินสดสุทธิ (หลังภาษี) ในปีแรกเท่ากับ 500 บาท ซึ่งจะเห็นว่ายังไม่คืนทุนที่ลงไป 1,000 บาท ในปีที่ 2 ได้รับเงินสดสุทธิอีก 400 บาท รวมเป็น 900 บาท ก็ยังไม่คืนทุนโดยยังขาดอีก 100 บาท สำหรับในปีที่ 3 ทั้งปี จะได้รับกระแสเงินสดสุทธิทั้งหมด 300 บาท แต่เรายังขาดอีก 100 บาทจึงจะครบ 1,000 บาท เท่ากับที่ได้ลงทุนไป ดังนั้น เงินสดสุทธิ 100 บาท ในส่วนของปีที่ 3 จะใช้เวลาเพียง 1/3 ปี เท่านั้น สรุปก็คือสำหรับโครงการ S จะต้องใช้ระยะเวลาทั้งหมด 2.3 ปี หรือ 2 ปี 4 เดือน จึงจะคืนทุน หรือถ้าจะใช้สูตรในการคำนวณหาระยะเวลาคืนทุน จะเป็นดังนี้

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = \text{จำนวนปีก่อนคืนทุน} + \frac{\text{กระแสเงินสดส่วนที่เหลือ}}{\text{กระแสเงินสดทั้งปี}}$$

$$= 2 + (฿100/฿300)$$

$$= 2.33 \text{ ปี}$$

เกณฑ์ในการตัดสินใจก็คือ ถ้าต้องเลือกโครงการใดโครงการหนึ่งเพียงโครงการเดียว จะเลือกโครงการที่มีระยะเวลาคืนทุนสั้นกว่า แต่ถ้าสามารถเลือกได้ทุกโครงการ (กรณีมีเงินทุนไม่จำกัด) จะเลือกทุกโครงการที่ระยะเวลาคืนทุนน้อยกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้

ข้อเสียของวิธีระยะเวลาคืนทุน

1. ไม่คำนึงถึงมูลค่าของเงินตามเวลา (time value of money) โดยปกตินั้น ในการลงทุนมักจะต้องจ่ายเงินลงทุนทันที แต่ผลประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ จะค่อย ๆ ทยอยเข้ามาในอนาคต ซึ่งมูลค่าของเงินในอนาคตจะน้อยกว่ามูลค่าของเงินปัจจุบัน (เช่น เงิน 100 บาท ปัจจุบันมีค่ามากกว่าเงิน 100 บาท อีก 1 ปีข้างหน้า)

2. ไม่คำนึงผลประโยชน์หลังจากคืนทุนแล้ว เช่นกรณีที่เราเลือกโครงการ S ในบางครั้งเมื่อโครงการ S คืนทุนแล้ว อาจจะไม่มีกระแสเงินสดเข้ามาอีก

ข้อดีของวิธีระยะเวลาคืนทุน

1. เป็นวิธีการที่สามารถคำนวณได้ง่าย และทำให้เราทราบว่าเมื่อลงทุนไปแล้ว จะคืนทุนเมื่อใด นอกจากนี้ยังแสดงให้เห็นว่าโครงการที่คืนทุนเร็วจะมีสภาพคล่อง (liquidity) สูงกว่าโครงการที่คืนทุนช้า

2. สามารถบอกถึงความเสี่ยง (riskiness) ของโครงการได้ในเบื้องต้น โดยโครงการที่คืนทุนได้เร็วกว่า จะมีความเสี่ยงน้อยกว่านั่นเอง

ประเภทของโครงการ

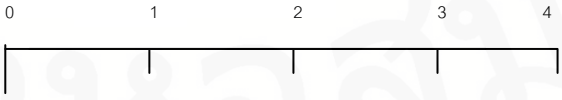
เราสามารถแบ่งโครงการลงทุนออกได้เป็นสามประเภทด้วยกันคือ

1. โครงการที่ทดแทนกันได้ (mutually exclusive projects) โครงการประเภทนี้จะมีข้อแม้ว่า ถ้าเลือกโครงการใดโครงการหนึ่งแล้วจะปฏิเสธโครงการอื่นที่เหลือ เนื่องจากเป็นโครงการที่สามารถทดแทนกันได้ เช่น บริษัทกำลังพิจารณาว่า จะติดตั้งระบบสายพานเพื่อลำเลียงผลิตภัณฑ์ภายในโรงงาน หรือว่าจะใช้รถยกเพื่อใช้ลำเลียงผลิตภัณฑ์ ถ้าบริษัทตัดสินใจใช้ระบบสายพานแล้วก็ไม่จำเป็นต้องใช้รถยกอีก เป็นต้น

2. โครงการที่เป็นอิสระต่อกัน (independent projects) เป็นโครงการที่ทุกโครงการเป็นอิสระต่อกัน สามารถรับโครงการได้ทุกโครงการ ถ้าเป็นไปตามเกณฑ์ในการตัดสินใจ

3. โครงการที่พึ่งพาอาศัยกัน (dependent projects) โครงการประเภทนี้จะขึ้นต่อกัน คือถ้ารับโครงการหนึ่งแล้วก็จะต้องรับอีกโครงการหนึ่งด้วย และถ้าไม่รับโครงการหนึ่งก็จะไม่รับอีกโครงการเช่นเดียวกัน เช่น ถ้ายอมรับโครงการขยายผลิตภัณฑ์ใหม่ ก็จำเป็นต้องรับโครงการบำบัดน้ำเสียด้วย (โครงการบำบัดน้ำเสีย อาจจะเป็นข้อกำหนดของรัฐบาล) เป็นต้น

Project S Discounted Cash Flows



โครงการ S :					
กระแสเงินสดสุทธิ	-1,000	500	400	300	100
มูลค่าปัจจุบันของ					
กระแสเงินสด	-1,000	455	331	255	68

2. ระยะเวลาคืนทุนที่คำนึงถึงมูลค่าปัจจุบัน : Discounted Payback Period (DPB)

วิธีนี้เหมือนกับวิธีแรกทุกอย่าง เพียงแต่ทำกระแสเงินสดที่คาดว่าจะได้รับในอนาคตให้เป็นมูลค่าปัจจุบัน โดยใช้ต้นทุนของเงินทุน (cost of capital) เป็นอัตราส่วนลด

โครงการจะคิดมูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดในอนาคต โดยใช้อัตราส่วนลด 10 เปอร์เซ็นต์ (cost of capital) จะได้มูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดรับในแต่ละปีในอนาคต แล้วจึงใช้วิธีการเดิม เพื่อหาระยะเวลาคืนทุน

โครงการ S = 2 + ฿214/฿225 = 2.95 ปี

โครงการ S นั้นใช้เงินลงทุน 1,000 บาท (มูลค่าปัจจุบันก็เท่ากับ 1,000 บาท) โดยจะได้รับกระแสเงินสดสุทธิ เช่น ปีแรกกระแสเงินสดสุทธิเท่ากับ 500 บาท และทำให้เป็นมูลค่าปัจจุบัน ซึ่งเท่ากับ 455 บาท (แทนที่จะเป็น 500 บาท เหมือนเดิม) และในปีที่ 2 กระแสเงินสดโดยคิดมูลค่าปัจจุบันจะเท่ากับ 331 บาท จนถึงปีสุดท้าย

สำหรับระยะเวลาคืนทุนของโครงการ S ในปีแรกนั้นได้รับเงินคืนมา 455 บาท ในปีที่ 2 ได้รับอีก 331 บาท รวมเป็น 786 บาท ยังขาดอีก 214 บาท จึงจะครบ 1,000 บาทเท่าที่ลงทุนไป แต่ในปีที่ 3 ทั้งปี โครงการ S จะมีกระแสเงินสดสุทธิเข้ามา 225 บาท ดังนั้น เงินที่ยังขาดอยู่ 214 บาท จะใช้เวลาทั้งหมดเท่ากับ ฿214/฿225 หรือ 0.95 ปี นั่นเอง ระยะเวลาคืนทุนโดยคำนึงมูลค่าปัจจุบัน (DPB) จะเท่ากับ 2.95 ปี

วิธีระยะเวลาคืนทุนที่คำนึงถึงมูลค่าปัจจุบันนี้ จะแก้ไขข้อเสียในเรื่องของมูลค่าของเงินตามเวลาได้ แต่อย่างไรก็ตาม ก็ยังมีจุดอ่อนในเรื่องของกระแสเงินสดหลังจากที่ครบระยะเวลาคืนทุนแล้ว เช่นเดียวกับวิธีแรก

3. มูลค่าปัจจุบันสุทธิ : Net Present Value (NPV)

เนื่องจากข้อเสียของวิธีระยะเวลาคืนทุนดังกล่าว จึงได้มีการค้นหาวิธีการอื่น ๆ เพื่อที่จะใช้ในการประเมินโครงการให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น วิธีการหนึ่งก็คือ วิธีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value : NPV) ซึ่งวิธีการนี้จะคำนึงถึงมูลค่าปัจจุบันของเงินด้วย โดยมีขั้นตอนดังนี้

- หามูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดในแต่ละปี ทั้งกระแสเงินสดรับ (inflows) และกระแสเงินสดจ่าย (outflows) โดยใช้ต้นทุนของเงินทุนของโครงการ (project's cost of capital) เป็นอัตราส่วนลด

- รวมกระแสเงินสด (ที่คิดมูลค่าปัจจุบันแล้ว) ซึ่งก็เป็นกระแสเงินสดสุทธิของโครงการ (project's NPV) นั่นเอง
- ถ้า NPV เป็นบวก ก็จะรับโครงการนั้น แต่ถ้า NPV เป็นลบ ก็จะปฏิเสธโครงการ ถ้าสองโครงการต่างมี NPV เป็นบวกทั้งคู่ และเป็นโครงการที่ทดแทนกันได้ (mutually exclusive) เราจะเลือกโครงการที่ NPV เป็นบวกมากกว่า

สมการของวิธี NPV สามารถเขียนได้ดังนี้

$$NPV = CF_0 + \frac{CF_1}{(1+k)^1} + \frac{CF_2}{(1+k)^2} + \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots + \frac{CF_n}{(1+k)^n}$$

$$= \sum_{t=0}^{n} \frac{CF_t}{(1+k)^t}$$

เมื่อ CF_0 = เงินลงทุนครั้งแรก (intial outlay)

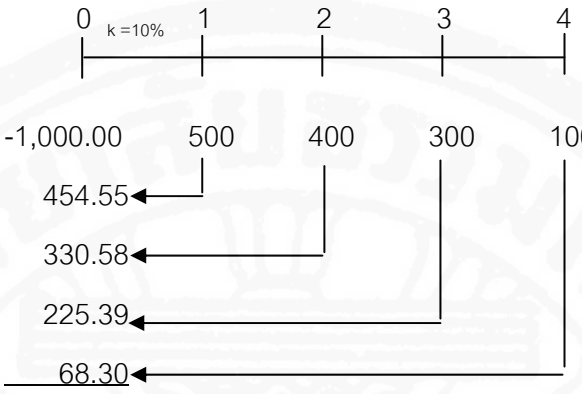
CF_t = กระแสเงินสดสุทธิในปีที่ t

K = ต้นทุนของเงินทุนของโครงการ (project's cost of capital) ซึ่งจะใช้เป็นอัตราส่วนลด (discount rate)

ในการประเมินโครงการ S นั้น จะเห็นว่ากระแสเงินสดที่เป็นลบมีเพียงปีปัจจุบัน (CF_0) เพียงปีเดียวเท่านั้น ในทางปฏิบัติ โดยเฉพาะโครงการขนาดใหญ่ กระแสเงินสดสุทธิอาจจะเป็นลบได้หลาย ๆ ปี ก่อนที่กระแสเงินสดสุทธิจะเป็นบวก

มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) เป็นวิธีการที่จะต้องคิดมูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดสุทธิทั้งหมด (ทั้งกระแสเงินสดออกและเข้า) และดูว่ากระแสเงินสดสุทธิเป็นจำนวนเท่าใด ถ้ากระแสเงินสดเข้าสุทธิสูงกว่า กระแสเงินสดออกจะพบว่า NPV เป็นบวก หมายถึง ผลประโยชน์ในอนาคตคิดมูลค่าปัจจุบันแล้วมีค่ามากกว่าเงินลงทุน นั่นคือการลงทุนในโครงการนั้นได้รับผลตอบแทนคุ้มกับการลงทุนนั่นเอง

Net Present Value (NPV)



คำนวณหา NPV ของโครงการ S

$$NPV = -1{,}000 + \frac{500}{(1+.1)^1} + \frac{400}{(1+.1)^2} + \frac{300}{(1+.1)^3} + \frac{100}{(1+.1)^4}$$

เปิดตาราง $PVIF_{10\%}$ $= -1{,}000 + 500(0.91) + 400(0.83) + 300\,(0.75) + 100(0.68)$

$= 78.82$ บาท

โครงการส่วนใหญ่มีอายุมากกว่า 4 ปี ต้องทำการคำนวณค่อนข้างมาก เพื่อประเมินหากระแสเงินสด ดังนั้น นักวิเคราะห์การเงินส่วนใหญ่มักจะใช้ spreadsheets ประเมินโครงการลงทุนต่าง ๆ

เกณฑ์การตัดสินใจสำหรับวิธีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ : Rationale for the NPV Method

วิธีค่ามูลค่าปัจจุบันสุทธินั้น ถ้ามูลค่าปัจจุบันสุทธิเท่ากับศูนย์ (NPV = 0) หมายถึงกระแสเงินสดสุทธิ (คิดมูลค่าปัจจุบันแล้ว) ที่ได้รับจากโครงการเพียงพอที่จะจ่ายคืนเงินที่ลงทุนไปพอดี หรือมองอีกด้านหนึ่งก็คือโครงการนั้นให้ผลตอบแทน 10 เปอร์เซ็นต์พอดี ถ้ามูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นบวก (NPV = +) หมายถึงโครงการนั้นสามารถก่อให้เกิดกระแสเงินสดสุทธิ (คิดมูลค่าปัจจุบันแล้ว) มากกว่าเงินลงทุน และมูลค่าที่มากกว่าเงินลงทุนนั้นจะเป็นของผู้ถือหุ้นสามัญ ซึ่ง1

มูลค่านั้นจะมีผลทำให้มูลค่าของกิจการ (value of firm) สูงขึ้นด้วย ตัวอย่างเช่น โครงการ S จะมีผลทำให้มูลค่าของกิจการเพิ่มขึ้นอีก 78.82 บาท และเกณฑ์ในการตัดสินใจจะเป็นดังนี้

1. ถ้าเป็นโครงการแบบ matually exclusive จะเลือกโครงการที่ให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) สูงกว่า

2. ถ้าเป็นโครงการแบบ independent จะรับทุกโครงการที่มูลค่าปัจจุบัน (NPV) เป็นบวก (สมมติว่ามีเงินลงทุนไม่จำกัด)

มีความสัมพันธ์โดยตรงระหว่าง NPV และ EVA (economic value added) ซึ่ง NPV นั้นจะเท่ากับมูลค่าปัจจุบันของการคาดการณ์ EVA ในอนาคตนั่นเอง การรับโครงการที่มี NPV เป็นบวก ก็จะทำให้ EVA และ MVA (market value added หรือมูลค่าตามราคาตลาดที่สูงกว่ามูลค่าตามบัญชีของบริษัท) เป็นบวกด้วย ดังนั้น ระบบการให้รางวัลแก่ผู้บริหารที่ทำให้บริษัทมี EVA เป็นบวก ก็จะมีผลทำให้ผู้บริหารใช้วิธี NPV ในการตัดสินใจในเรื่องของงบลงทุนด้วย

อัตราผลตอบแทนจากโครงการ : Internal Rate of Return (IRR)

อัตราผลตอบแทนจากโครงการ (IRR) เราจะหาอัตราส่วนลด (discount rate) ที่ทำให้กระแสเงินสดสุทธิหรือผลประโยชน์ทั้งหมดในอนาคต คิดมูลค่าปัจจุบันแล้วมีค่าเท่ากับเงินลงทุนในครั้งแรกพอดี (คืออัตราส่วนลดที่ทำให้ NPV = 0)

$$CF_0 = \frac{CF_1}{(1 + IRR)^1} + \frac{CF_2}{(1 + IRR)^2} + \cdots\cdots\cdots\cdots + \frac{CF_n}{(1 + IRR)^n}$$

สำหรับโครงการ S จะแทนค่าตัวเลขในสมการได้ดังนี้

$$1{,}000 = \frac{500}{(1 + IRR)^1} + \frac{400}{(1 + IRR)^2} + \frac{300}{(1 + IRR)^3} + \frac{100}{(1 + IRR)^4}$$

จากสมการด้านบน เราจะพยายามหา IRR (หรืออัตราส่วนลด) ที่ทำให้ผลรวมของด้านขวามือของสมการเท่ากับ 1,000 พอดี

วิธีการหา IRR นั้น ถ้าใช้ตาราง interest table (PVIF) จะต้องทดลองว่า อัตราส่วนลดกี่เปอร์เซ็นต์ จึงจะทำให้ผลรวมของจำนวนด้านขวามือของสมการเท่ากับ 1,000 พอดี ในทางปฏิบัติแล้วเป็นงานที่เสียเวลาค่อนข้างมากเพราะจะต้องทดลอง (trial and error) จนกว่าจะพบอัตราส่วนลดที่ทำให้ผลรวมด้านขวามือของสมการ เท่ากับ 1,000 พอดี

เกณฑ์ในการตัดสินใจสำหรับวิธีอัตราผลตอบแทนจากโครงการ : Rationale for the IRR Method

อัตราผลตอบแทนจากโครงการ (IRR) หมายถึง อัตราผลตอบแทนที่จะได้รับจากโครงการหนึ่ง ๆ ตัวอย่างเช่น IRR ของโครงการ S เท่ากับ 14.5 เปอร์เซ็นต์ หมายความว่า ลงทุน 1,000 บาท แล้วได้รับกระแสเงินสดสุทธิปีที่ 1 500 บาท ปีที่ 2 400 บาท ปีที่ 3 300 บาท และปีที่ 4 100 บาท เมื่อคิดเป็นอัตราผลตอบแทนแล้วเท่ากับว่าโครงการนี้ให้ผลตอบแทน 14.5 เปอร์เซ็นต์ต่อปี จากการที่ต้นทุนของเงินลงทุน (cost of capital) 1,000 บาทนั้นเท่ากับ 10 เปอร์เซ็นต์ เมื่อนำไปลงทุนแล้วได้ผลตอบแทน 14.5 เปอร์เซ็นต์ จึงควรรับโครงการนั้น สรุปก็คือ สำหรับวิธี IRR แล้ว เราจะรับโครงการทุกโครงการที่อัตราผลตอบแทนจากโครงการ (IRR) มากกว่าต้นทุนของเงินทุน (cost of capital) ถ้าเป็นโครงการแบบ mutually exclusive จะรับโครงการที่ให้ IRR สูงกว่า

การเปรียบเทียบวิธีมูลค่าปัจจุบันสุทธิกับวิธีอัตราผลตอบแทนจากโครงการ COMPARISON OF THE NPV AND IRR METHODS

ในหลายโอกาสวิธี NPV จะดีกว่า IRR ดังนั้น บางครั้งเราจะพูดถึงแต่วิธี NPV เท่านั้น อย่างไรก็ตามวิธี IRR ก็นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในทางปฏิบัติ จึงมีความจำเป็นที่จะต้องเข้าใจวิธีนี้ และต้องสามารถอธิบายให้ได้ว่าทำไมในบางครั้งโครงการที่มี IRR ต่ำกว่า จึงเหมาะสมกว่าโครงการที่มี IRR สูงกว่า

2.3 การประเมินโครงการลงทุน

การประเมินผลและตัดสินใจลงทุนในโครงการใดก็ตามควรจะต้องคำนึงถึงประโยชน์และ ผลตอบแทนจากการลงทุนที่จะได้รับจากโครงการลงทุนนั้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่กิจการมีเงินลงทุนจำกัด ก็มีความจำเป็นที่จะต้องวิเคราะห์และจัดสรรว่า จะนำเงินทุนที่มีอยู่จำกัดนั้นไปลงทุนในโครงการใดบ้าง ดังนั้น จึงต้องมีการวัดผลตอบแทนจากการลงทุนก่อนที่จะตัดสินใจลงทุน เพื่อจะได้เปรียบเทียบเสียก่อนว่า ผลตอบแทนที่จะได้รับจากโครงการลงทุนนั้นสูงกว่าผลตอบแทนขั้นต่ำที่ต้องการหรือสูงกว่าโครงการอื่น ๆ หรือไม่ ปัจจัยเกี่ยวกับผลตอบแทนจากการ

ลงทุนนั้นเป็นปัจจัยที่มีน้ำหนักความสำคัญต่อการตัดสินใจลงทุนมาก หากปัจจัยอื่น ๆ ไม่มีความสำคัญเฉพาะตัวแล้วการประเมินโครงการ และตัดสินใจลงทุนจะมีปัจจัยในการพิจารณาดังนี้

1) ผลตอบแทนจากการลงทุน (IRR)
2) ระยะเวลาคืนทุน (PB)
3) มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV)

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การการทำงานวิจัยเฉพาะกรณี “การศึกษาเปรียบเทียบระบบดาวเทียมและระบบเคเบิลใต้น้ำในระบบโทรคมนาคม” ได้มีการนำข้อมูลอ้างอิงจากงานวิจัยอื่นๆที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

“ความคุ้มค่าของการลงทุนธุรกิจสื่อสารดาวเทียมไอพีสตาร์ในประเทศไทย” (The worth of investment for IPSTAR Satellite in Thailand) จัดทำโดยนางสาวศิริพร ปิ่นศรีวราภรณ์ วิทยาลัยนวัตกรรมอุดมศึกษา มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ พ.ศ. 2547 โดยงานวิจัยฉบับนี้จะเคราะห์ถึงลักษณะทั่วไปของธุรกิจสื่อสารดาวเทียม ความเป็นไปได้ของโครงการดาวเทียมไอพีสตาร์ และแนวโน้มของธุรกิจต่าง ๆ โดยอาศัยการวิเคราะห์จากแหล่งข้อมูลทุติยภูมิ เพื่อให้ทราบถึงความคุ้มค่าของการลงทุน และแนวทางในการดำเนินธุรกิจในอยู่รอดได้ท่ามกลางการแข่งขัน และสภาพตลาดในปัจจุบัน

“การศึกษาการใช้เทคโนโลยี Optical Fiber Cable ร่วมกับอุปกรณ์ Digital Loop Carrier (DLC)ทดแทนเคเบิลทองแดง เพื่อเพิ่มศักยภาพการให้บริการด้านสื่อสารข้อมูล(Study on Increasing Broadband Services Capability via Adoption of Hybrid Optical Fiber – Digital Loop Carrier) จัดทำโดยนายสุระชัย อัคคะภิญโญ วิทยาลัยนวัตกรรมอุดมศึกษา มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ พ.ศ. 2548 โดยงานวิจัยฉบับนี้จะกล่าวถึงอุตสาหกรรมการสื่อสารโทรคมนาคม (Telecommunication Industry) มีการแข่งขันการให้บริการที่หลากหลายและรุนแรงมากขึ้น การเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วของเทคโนโลยี การเกิดระบบอินเตอร์เน็ต การสื่อสารข้อมูลความเร็วสูงมีผลกระทบต่อการให้บริการโครงข่ายโทรศัพท์เดิม (POTS : Plain Old Telephone Service) อย่างมากเนื่องจากการใช้งานต้องการ Bandwidthที่สูงขึ้น Content ที่หลากหลาย ทำให้ผู้ให้บริการ (Operator) แต่ละรายพยายามสรรหาเทคโนโลยีใหม่ๆมาพัฒนาและปรับปรุงโครงข่าย

เพื่อเพิ่มศักยภาพการให้บริการรูปแบบการสื่อสารข้อมูลที่รวดเร็วและมีความถูกต้องสูงบริษัท ทีโอที จำกัด (มหาชน) มีจุดแข็งที่มีเครือข่ายโทรศัพท์พื้นฐานทั่วประเทศ เทคโนโลยี Optical Fiber Cable ร่วมกับอุปกรณ์ DLC ทดแทนเคเบิลทองแดง เพื่อเพิ่มศักยภาพการให้บริการด้านสื่อสารข้อมูล