

# บทที่ 14

## การสื่อสารดาวเทียม

### ลักษณะทั่วไปของการสื่อสารดาวเทียม

#### 1.1 คำศัพท์และข้อพิจารณาเกี่ยวกับการสื่อสารด้วยวิทยุในอวกาศ

ดาวเทียมที่สร้างขึ้นได้เป็นผลสำเร็จในระลอกหลังของศตวรรษที่ 20 นั้น มีบทบาทสำคัญในการพัฒนาสังคมเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะในด้านการสื่อสารดาวเทียม ตั้งแต่โซเวียตรัสเซียได้ปล่อยดาวเทียมดวงแรก สปุตนิค 1 (A1) ซึ่งมีลักษณะเป็นประวัติศาสตร์ เมื่อวันที่ 4 ตุลาคม 2500 จนถึงบัดนี้เป็นเวลา 25 ปีแล้ว ได้มีดาวเทียมเป็นจำนวนหลายร้อยดวงที่ได้ขึ้นทะเบียนในระดับประเทศ ถึงแม้ว่าดาวเทียมเหล่านี้ส่วนใหญ่จะมีเพื่อใช้งานด้านการวิจัยทางวิทยาศาสตร์ การสำรวจอวกาศ การท่องอวกาศ การสังเกตสภาพทางอุตุนิยมวิทยา การสำรวจทางธรณีวิทยา การเดินเรือ การสื่อสารและการกระจายเสียง แต่จะสังเกตได้ว่าไม่ว่าจะเป็นกิจการใดที่ใช้คลื่นวิทยุเพื่อการนั้นเสมอมาก่อนอื่นใด จะได้อธิบายเกี่ยวกับศัพท์และคำจำกัดความของการสื่อสารวิทยุในอวกาศตามกฎหมาย (เจเนวา 2517) จากสำนักบริหารการประชุมทางวิทยุสำหรับการสื่อสารโทรคมนาคมในอวกาศแห่งโลก (WARC-ST) ของสหภาพโทรคมนาคมระหว่างประเทศ (ITU)

ตามที่กล่าวแล้วการสื่อสารในอวกาศนั้นเป็นชื่อเรียกการสื่อสารวิทยุ โดยใช้ยานเคลื่อนที่ในอวกาศตั้งแต่หนึ่งหรือสองยานขึ้นไป โดยทั่วไปเรียกกันว่า “การสื่อสารวิทยุในอวกาศ” ซึ่งการสื่อสารวิทยุในอวกาศนี้สามารถจำแนกได้เป็น (i) ระหว่างสถานีภาคพื้นดินกับสถานีภาคอวกาศ (ii) ระหว่างสถานีภาคอวกาศด้วยกัน (iii) ระหว่างสถานีภาคพื้นดินตลอดจนการส่งซ้ำ (retransmit) หรือการสะท้อน โดยสถานีภาคอวกาศนั้นจะเรียกว่า “การสื่อสารดาวเทียม” ซึ่งจะได้อธิบายต่อไป โดยเฉพาะในการส่งโทรทัศน์นั้นจะเรียกว่า การถ่ายทอดจากทางอวกาศ (space relaying) หรือการถ่ายดาวเทียม (satellite relaying)

ดังนั้น ไม่ว่าสถานีใดทั้งภาคพื้นดินและ/หรือภาคอวกาศที่ใช้การสื่อสารวิทยุในอวกาศเพื่อกิจการใดก็ตามจะเรียกว่า “ระบบอวกาศ” (space system) สำหรับในที่นี้จะนิยามสถานีภาคอวกาศ (space station) ว่าเป็น สถานีซึ่งติดตั้งบนยานที่อยู่เหนือหรือต้องการให้อยู่เหนือหรือกำลังอยู่เหนือ บรรยากาศส่วนใหญ่ของโลก ส่วนสถานีภาคพื้นดินนั้น จะนิยามว่าเป็น สถานีซึ่งตั้งอยู่บนพื้นผิวโลก หรือตั้งอยู่ในส่วนใหญ่ของบรรยากาศของโลก (เช่น อัจฉริยะบน

เรือหรือเครื่องบิน) และมีจุดมุ่งหมายเพื่อการสื่อสารกับสถานีอวกาศ ดาวเทียมแบบพาสซีฟ (passive satellite) หรือยานอื่นใดในอวกาศ โดยเฉพาะสถานีภาคพื้นดินที่อยู่บนพื้นผิวโลกนั้น ในตอนเริ่มแรกมีชื่อเรียกหลายอย่างด้วยกัน เช่น สถานีบนพื้นดิน (ground station) ซึ่งการเรียกนี้อย่าไปสับสนกับ “สถานีบนพื้นภูมิภาค” (terrestrial station) ที่ใช้กับงานการสื่อสารวิทยุทางด้านภูมิภาค ซึ่งเป็นการสื่อสารวิทยุคนละแบบกับการสื่อสารวิทยุในอวกาศ หรือวิทยุดาราศาสตร์

การบริการการสื่อสารวิทยุในอวกาศระหว่างสถานีภาคพื้นดินตามจุดต่าง ๆ ที่แน่นอน หรือเพื่อการติดต่อระหว่างสถานีภาคพื้นดินกับดาวเทียม ซึ่งใช้เพื่อการบริการดาวเทียม-คงที่ นั้น เรียกว่า “บริการดาวเทียมคงที่” (Fixed-satellite service) นอกจากนี้ บริการยังขึ้นอยู่กับยานที่ใช้ จึงทำให้สามารถจำแนกการสื่อสารวิทยุในอวกาศออกเป็น “บริการดาวเทียม-แบบเคลื่อนที่” (แบ่งย่อยออกได้เป็นยานอวกาศ ภาคพื้นน้ำและบนบก) “บริการดาวเทียมสำหรับการกระจายเสียง” “บริการดาวเทียมสำหรับ Radiodetermination” “บริการดาวเทียมวิทยุนาวิ” “บริการดาวเทียมสำรวจพื้นโลก” “บริการดาวเทียมอุตุนิยม” “บริการดาวเทียมสำหรับกิจการสมัครเล่น” “บริการดาวเทียมความถี่มาตรฐาน” “บริการดาวเทียมสัญญาณตามเวลา” “บริการวิจัยอวกาศ” “บริการการปฏิบัติการด้านอวกาศ” “บริการวิทยุดาราศาสตร์” “บริการดาวเทียมระหว่างประเทศ” ฯลฯ

ในประเภทการบริการที่กล่าวนี้ บริการดาวเทียมสำหรับการกระจายเสียงนั้น ITU ได้กำหนดให้เป็นบริการวิทยุสื่อสาร ซึ่งมีการส่งหรือการส่งซ้ำโดยสถานีอวกาศนั้นมีจุดประสงค์เพื่อการรับโดยตรงจากแหล่งต่าง ๆ บริการการรับโดยตรงนี้ รวมถึงสองกรณีด้วยกัน คือ (i) การรับเฉพาะการใช้งานสายอากาศขนาดเล็ก และ (ii) การรับของชุมชนจากการส่งเพื่อให้รับจากสถานีอวกาศด้วยอุปกรณ์การรับและมีงานสายอากาศใหญ่กว่าที่ใช้ในกรณี (i) และมีจุดประสงค์ที่จะใช้โดยกลุ่มจากแหล่งต่าง ๆ ณ. สถานีหนึ่ง หรือผ่านระบบแจกจ่ายที่ครอบคลุมพื้นที่เฉพาะตามที่กล่าวแล้ว การส่งสัญญาณขาขึ้น (up-link) ของบริการดาวเทียมสำหรับการกระจายเสียงนั้น มีลักษณะการทำงานเหมือนกับบริการดาวเทียมแบบคงที่

บริการการปฏิบัติการด้านอวกาศหมายถึง บริการการสื่อสารวิทยุซึ่งเกี่ยวข้องเฉพาะการปฏิบัติการเกี่ยวกับอวกาศโดยเฉพาะ เช่น การติดตาม (tracking) เทเลเมตรี (telemetry) และการส่งการด้านสื่อสาร ลักษณะการทำงานจะมีอยู่ในบริการซึ่งใช้สถานีอวกาศ

ในปัจจุบัน INTELSAT ได้จัดทำระบบดาวเทียมสื่อสารโทรคมนาคมเพื่อการพาณิชย์ทั่วโลก คำว่า “ภาคอวกาศ” (space segment) จึงหมายถึงดาวเทียมสื่อสารโทรคมนาคม และการติดตาม เทเลเมตรี การสั่งการ การควบคุม การมอนิเตอร์ (monitoring) และอุปกรณ์อำนวยความสะดวกและอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งจำเป็นสำหรับสนับสนุนการทำงานของดาวเทียมเหล่านี้ ขณะที่อุปกรณ์อำนวยความสะดวกอื่น ๆ ของสถานีภาคพื้นดินนั้นเราเรียกว่า “ส่วนภาคพื้นดิน” (earth segment)

บริการวิทยุดาราศาสตร์นั้น เราให้คำนิยามว่าเป็นบริการที่เกี่ยวข้องกับการใช้วิทยุดาราศาสตร์ โดยมีการรับคลื่นวิทยุที่มีจุดกำเนิดจากคอสมิก รวมทั้งหน่วยส่งจากดวงอาทิตย์ตามข้อกำหนดด้านวิทยุของ ITU ลักษณะบริการนี้เป็นรูปบริการวิทยุสื่อสารอวกาศ ซึ่งใช้เพื่อแก้การสอดแทรกของหน่วยส่งและเพื่อส่งเกตนั้น ก็เป็นวิทยุดาราศาสตร์รูปหนึ่ง วิทยุดาราศาสตร์นั้นตอนแรกหมายความรวมถึงการสื่อสารอวกาศ ด้วยทั้งนี้เนื่องจากมีการให้ความหมายกว้างเกินไป

### 1.2 ประวัติการพัฒนาระบบการสื่อสารดาวเทียม

ตั้งแต่ได้มีการสร้างสปุตนิกขึ้นมาแล้ว ทำให้การศึกษาทางวิทยาศาสตร์ เช่น การสำรวจอวกาศและในการศึกษาทางปฏิบัติเช่น เกี่ยวกับการสื่อสาร อดุนิยม และการคำนวณพื้นฐานของโลกนั้น ประสบกับความจำเป็นอย่างมาก หลักการของสิ่งต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับการสื่อสารอวกาศนั้น จะได้อธิบายโดยละเอียดต่อไป

ในปัจจุบัน คลื่นวิทยุที่เราเรียกว่าคอสมิก (cosmic) นอยส์ จะพุ่งจากเทพีฟากฟ้ามายังพื้นโลกไม่หยุดหย่อน นอยส์ของคอสมิกนั้น จะมีประโยชน์อย่างมากต่อการคำนวณสายอากาศขนาดใหญ่หรือเพื่อใช้เป็นแหล่งคลื่นวิทยุสำหรับการคาลิเบรทสายอากาศ ซึ่งจะกล่าวต่อไป คอสมิก นอยส์ นี้ที่แรก เคจี แจนส์กี ของเบลล์ ลาปอราตอรี เป็นผู้วัดด้วยสายอากาศทิศทางเดียว เขาเป็นคนที่บุกเบิกงานด้านวิทยุยานอวกาศที่แพร่หลายในปัจจุบัน

ดวงอาทิตย์ก็เป็นแหล่งใหญ่ที่ทำให้เกิดคอสมิก นอยส์ และนอยส์นี้ก็เป็นเครื่องแสดงการเผาไหม้ที่เป็นอยู่ และบางครั้งก็ทำให้เกิดการสอดแทรกของนอยส์เข้ากับการสื่อสารดาวเทียมในปี 2481 นั้น ศาสตราจารย์ เอ็ม นาตากามิ และดร.เค มิยา ได้จับนอยส์ที่เกิดขึ้นอย่างหนัก โดยการเผ่าดูการรบกวนในชั้นไอโอโนสเฟียร์ เหตุการณ์นี้เรียกว่า “ปรากฏการณ์แคลลิงเจอร์” และหลังจากนั้นก็ได้รับความเข้มและมุกย ซึ่งหลังจากการสังเกตนี้ ต่อมาศาสตราจารย์ ที่ฮาดานาคา แห่งสถานีเผ่าสังเกตด้านอวกาศโตเกียวก็ได้กลายเป็นคนแรกที่ได้บุกเบิกการเผ่าสังเกตนอยส์จากดวงอาทิตย์

นอกจากที่ได้มีการจับคลื่นวิทยุดังกล่าวแล้ว ในปี พ.ศ. 2489 ก็ได้มีการจับการสะท้อนสัญญาณจากดวงจันทร์ (moon echo) ได้โดยการใช้เทคนิค-เรดาร์ ซึ่งพัฒนาขึ้นระหว่างสงครามโลกครั้งที่สอง จากการที่ได้เฝ้าสังเกตอย่างต่อเนื่อง จึงทำให้ทราบคุณสมบัติ คลื่นวิทยุบนผิวดวงจันทร์อย่างชัดเจน ต่อจากนั้น ก็ได้มีการทดสอบการรับสัญญาณวิทยุโทรศัพท์ที่สะท้อนจากดวงจันทร์ในปี พ.ศ. 2500 ในเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2502 ได้มีการทดลองการสื่อสารข้ามประเทศระหว่างอังกฤษกับสหรัฐ โดยการสะท้อนสัญญาณจากดวงจันทร์ และในเดือนมิถุนายน ก็ได้ทดลองระหว่างสหรัฐกับแคนาดา การทดสอบนี้เป็นประโยชน์ทางด้านวิทยาศาสตร์เป็นอันมาก ถึงแม้ว่าจะไม่เป็นการเหมาะที่จะนำมาใช้ในการสื่อสาร เนื่องจากสัญญาณที่รับได้มีความเข้มต่ำ มีการผิดเพี้ยนเนื่องจากทิศทางสัญญาณหลายทิศ เวลาในการถ่ายทอดสัญญาณนานเกินไปและยังมีข้อจำกัดจากการที่มองเห็นดวงจันทร์ไม่พร้อมกัน

จากความก้าวหน้าด้านการปล่อยดาวเทียมจึงได้มีการทำการทดลองด้านการสื่อสารหลายประการด้วยกัน และมีการทดลองหลายอย่างที่น่าสนใจซึ่งจะได้กล่าวต่อไป

ประการแรก ซึ่งจัดเป็นแบบการสื่อสารวิทยุในอวกาศชนิด (i) กองทัพอากาศสหรัฐได้พยายามที่จะส่งเสียงจากเครื่องบินที่ตกด้วยสัญญาณ VHF โดยใช้ดาวเทียมสกอร์ ซึ่งมิวเจอร์โคจรต่ำเมื่อเดือนธันวาคม 2502 นอกจากนี้องค์การบินและอวกาศแห่งชาติ (NASA) ของสหรัฐได้ส่งดาวเทียมอุณหภูมิดวงแรกคือโทโรส 1 เข้าสู่วงโคจรที่มีความสูงประมาณ 700 กม. โดยมีความเอียง 48.3 องศา และอยู่ในระยะมินิต 99.2 เมื่อเดือนเมษายน พ.ศ. 2503 และดาวเทียมนี้ได้ส่งภาพกลับมา 22,952 ภาพในระยะสองเดือน

ประการที่สอง ซึ่งจัดเป็นแบบการสื่อสารวิทยุในอวกาศชนิด (iii) คือ ดาวเทียมสื่อสาร NASA ได้ปล่อยดาวเทียมบอลลูน เอคโค 1 มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 30 เมตร ดาวเทียมนี้ทำด้วยไมลาร์ หุ้มด้วยแผ่นอะลูมิเนียม โคจรอยู่ที่ความสูง 1,600 กม. โดยมีความเอียง 47.2 องศา เมื่อเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2503 NASA เบลล์ ลาโบราตอรี และเจ็ด โปรพัลชัน ลาโบราตอรี ได้ร่วมมือกันส่งสัญญาณโทรศัพท์และโทรทัศน์ด้วยระบบ FM ใช้ย่านความถี่ 1 และ 2.5 KHz และได้ศึกษาคุณสมบัติการส่ง

การทดลองนี้เป็นการทดลองระบบการถ่ายทอดสัญญาณแบบพาสซีฟเป็นครั้งแรก ดาวเทียมแบบนี้ไม่มีอุปกรณ์สำหรับการขยายกำลัง MIT แห่งสหรัฐได้ทดลองการสื่อสาร

แบบกระจายโดยใช้ดาวเทียม-โคโพล 400 ล้านอัน เหมือนกับการทดลองการถ่ายทอดสัญญาณแบบพาสซีฟภายใต้โครงการ เวสฟอร์ด ในเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2506

ในเดือนตุลาคม พ.ศ. 2503 กองทัพบกสหรัฐได้ปล่อยดาวเทียมคูเรียร์ 1 B (2503, N 1) เข้าสู่วงโคจรในระแวกความสูง 1000 กม. และมีความเอียง 28.3 องศา ดาวเทียมดวงนี้ประสบความสำเร็จในการใช้งานสื่อสารแบบถ่ายทอดสัญญาณแบบซ้ำ โดยให้สถานีภาคอวกาศบันทึกข่าวสารจากสถานีภาคพื้นดินด้วยวิธีการบันทึกแบบแม่เหล็กที่มีความไวสูง แล้วส่งข่าวสารไปยังสถานีภาคพื้นดินอื่นที่อยู่ไกลออกไปด้วยความถี่ 2 GHz การทดลองนี้นับเป็นการทดลองครั้งแรกที่ใช้วิธีการถ่ายทอดสัญญาณโดยใช้วงจรแอกทิฟ (มีวงจขยาย)

บริษัท เบลล์ เทเลโฟน ลาปอราตรี ของอเมริกัน เทเลโฟน แอนด์ เทเลกราฟ (AT&T) ได้ปล่อยดาวเทียมเทลสตาร์ 1 เมื่อเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2505 และในเดือนตุลาคม ปีเดียวกัน NASA ได้ปล่อยดาวเทียมรีเลย์ 1 (2505, B 1) และ (4) และสุดท้ายก็ได้มีการทดลองการสื่อสารดาวเทียมครอบคลุมถึงทั่วโลกอย่างเต็มที่ไปพร้อม ๆ กันได้มีการติดตั้งสถานีภาคพื้นดินขนาดใหญ่ ย่านความถี่ที่ใช้ก็เป็นย่านเดียวกับที่ใช้ในการสื่อสารด้วย วิทยุถ่ายทอดสัญญาณบนภูมิภาคคือ 4 และ 6 GHz ที่แรกนั้นดาวเทียมเทลสตาร์ ใช้สำหรับการทดลองส่งโทรทัศน์หรือการส่งโทรศัพท์แบบหลายวงจรโดยใช้ระบบ FM ย่านกว้างระหว่างสถานีแอนโตนีโอในเมืองเมนของสหรัฐ สถานีกันฮิลลี ดาวัน ของสหราชอาณาจักร และสถานีพลูเมอร์ของฝรั่งเศส การทดลองครั้งนี้ได้รับประโยชน์ทางเทคนิคเป็นอย่างยิ่ง อุปกรณ์การสื่อสารดาวเทียมเหล่านี้จำเป็นที่เราจะต้องกล่าวถึงเนื่องจากอุปกรณ์เหล่านี้ เป็นต้น แบบสำหรับสถานีภาคพื้นดินในการสื่อสารโทรคมนาคมทั่วโลก

สำหรับประเทศญี่ปุ่นนั้น มีคณะกรรมการร่วมซึ่งประกอบด้วยรัฐมนตรีกระทรวงไปรษณีย์และโทรคมนาคม บริษัทนิปปอน เทเลโฟน แอนด์ เทเลกราฟ .NHK และ KDD จัดตั้งขึ้นเพื่อกำหนดนโยบายการทดลองและกำหนดบทบาทของแต่ละหน่วยงาน ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2504 เป็นต้นมา บริษัท โคคุไซ เดนวา (KDD) ได้เตรียมการและทำการทดลองสถานีดาวเทียมภาคพื้นดิน และสำหรับในระดับนานาชาตินั้น ประเทศญี่ปุ่นก็ได้มีส่วนร่วมอยู่ในคณะกรรมการสถานีภาคพื้นดิน จึงได้รับการสนับสนุนจาก NASA ให้ใช้ดาวเทียมสื่อสารของ NASA เมื่อวันที่ 23 พฤศจิกายน ปี พ.ศ. 2506 นั้น ได้เริ่มมีการส่งรายการโทรทัศน์ทรานซ์-ปาสฟิค โดยใช้สื่อสารดาวเทียมขึ้นระหว่างศูนย์สื่อสารดาวเทียมโอบาราชิของ KDD กับสถานีภาคพื้นดินโมเจฟในแคลิฟอร์เนียของสหรัฐ ผ่านทางดาวเทียมรีเลย์ 1 ในระหว่าง

การส่งก็บังเอิญมีเหตุการณ์ลอบสังหารประธานาธิบดีจอห์น เอฟ. เคนเนดี ของสหรัฐจึงทำให้สามารถถ่ายทอดได้ทันกับเหตุการณ์ ซึ่งการถ่ายทอดสดนี้สร้างความประทับใจให้กับชาวญี่ปุ่นเป็นอย่างมาก

หลังจากนั้นในเดือนมกราคม พ.ศ. 2507 ก็ได้มีการส่งดาวเทียมรีเลย์ 2 ขึ้นไปอีก ซึ่งได้มีการทดลองในหลายประเทศ ทำให้การวางรากฐานด้านการสื่อสารดาวเทียมแข็งแกร่งยิ่งขึ้น ในการนี้ได้ประสบความสำเร็จในด้านทางเทคนิคหลายประการด้วยกันได้แก่ เทคนิคเกี่ยวกับสายอากาศสื่อสารที่มีประสิทธิภาพสูงและมีแบนด์วิดท์กว้าง เมเซอร์ (Maser) และวงจรรขยายพาราเมตริกที่มีนอยส์ต่ำและแบนด์วิดท์กว้าง การปรับปรุงการทำงานของมอดูเลเตอร์ซึ่งมีความไวสูงในระบบ FM และการสร้างระบบติดตามที่มีความแน่นอน

ทั้งดาวเทียมเทลสตาร์และรีเลย์มีข้อเสียคือ มีอายุการใช้งานน้อยเนื่องจากเป็นดาวเทียมที่มีวงโคจรต่ำ และมีความคลาดเคลื่อนเนื่องจากมีวงโคจรต่ำดังกล่าว แต่ความเชื่อถือในการสื่อสารดาวเทียมทั่วโลกได้รับความนิยมเนื่องจากประสบความสำเร็จในการส่งซินคอม 2 (2506, 31 A) ซึ่งเป็นดาวเทียมตำแหน่งคงที่ โดย NASA ในเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2506 หลังจากนั้นก็ได้มีการส่งดาวเทียมตำแหน่งคงที่ ซินคอม 3 ในเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2507 ดาวเทียมดวงนี้ ใช้ถ่ายทอดสัญญาณโทรทัศน์สำหรับการแข่งขันกีฬาโอลิมปิกในโตเกียว การปล่อยดาวเทียมครั้งนี้ประสบความสำเร็จในการนำวิธีการลดย่านความถี่ โดยใช้สัญญาณซิงโครไนส์ที่เป็นบวกแบบนอน-ลิเนียร์ เป็นผลให้การสื่อสารดาวเทียมได้รับความนิยมมากยิ่งขึ้น และความนิยมนี้ก็ยิ่งเพิ่มมากขึ้นในระยะ 20 ปีต่อมา บริษัทลิวคแห่งประเทศอังกฤษเป็นคนแรกที่เสนอดาวเทียมตำแหน่งคงที่ (Geostationary Satellite) ในปี พ.ศ. 2488

ในระยะเวลาที่กล่าวแล้ว เป็นยุคแห่งการทดลองการสื่อสารดาวเทียม ต่อจากนั้น สมาคมดาวเทียมสื่อสารชั่วคราวก็ได้เปลี่ยนชื่อมาเป็น INTELSAT องค์กรนี้ตั้งขึ้นเพื่อดำเนินกิจการสื่อสารดาวเทียม เพื่อการพาณิชย์ทั่วโลก จึงทำให้วงการเปลี่ยนเข้ามาสู่ยุคการใช้งานโดยเริ่มตั้งแต่ได้ส่งดาวเทียม เออลี เบิร์ต ซึ่งเป็นดาวเทียมตำแหน่งคงที่แบบกึ่งใช้งานทดลองและกิจการพาณิชย์ ขึ้นไปเมื่อเดือนเมษายน พ.ศ. 2508

และหลังจากนั้น NASA ก็ได้เริ่มทดลองใหม่โดยการส่งดาวเทียมสำหรับใช้งานทางเทคโนโลยีขึ้นไปอย่างต่อเนื่องเหล่านี้ได้แก่ ATS-1 เป็นดวงแรกในเดือนธันวาคม พ.ศ. 2509

โครงการเหล่านี้รวมถึงการพัฒนาการใช้คลื่นขนาดเป็นมิลลิเมตร และการใช้ระบบสื่อสารอื่น นอกจากเทคนิคทางด้านดาวเทียม

สหรัฐอเมริกาเป็นจุดศูนย์กลางในการดำเนินงานด้านการสื่อสารดาวเทียมนับแต่เริ่มต้น แต่พอถึงเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2508 โซเวียตรัสเซียก็ได้เริ่มต้นส่งดาวเทียมสื่อสารขึ้นไปดวงแรกชื่อ โพลเนีย-1 เข้าสู่วงโคจรเป็นรูปวงรีในระยะความสูง 39,152 กม. มีความเอียง 65 องศา และมีระยะเวลาของรอบการโคจร 11 ชม. 38 นาที ดาวเทียมดวงนี้ใช้ถ่ายทอดสัญญาณการสื่อสารเช่นการส่งโทรทัศน์ โดยมีสถานีรับขนาดเล็กอยู่ภายในประเทศ นอกจากนี้สหภาพโซเวียตก็ได้เริ่มงานการสื่อสารด้วยการสื่อสารวิทยุในอวกาศแบบ (ii) และการส่งโทรทัศน์จากสถานีอวกาศในกรณีที่ใช้กลุ่มยานอวกาศซึ่งมีดาวเทียมติดอยู่คือ วอสตอค 3 และวอสตอค 4 รายละเอียดการทดลองด้านการสื่อสารในอวกาศที่สำคัญ ๆ นั้น ได้แสดงไว้แล้วในตาราง 1.1

### 1.3 คลื่นวิทยุสำหรับการสื่อสารดาวเทียม

#### 1.3.1 การกระจายคลื่นวิทยุ

##### (1) บัญชวิทยุ (Radio window)

คลื่นวิทยุที่จะนำมาใช้ในการสื่อสารด้านอวกาศนั้น สามารถใช้ได้ในช่วงกว้างคือตั้งแต่คลื่นยาว จนถึงคลื่นขนาดเป็นมิลลิเมตร ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับจุดประสงค์ในการใช้งาน ถึงแม้ว่าคลื่นวิทยุสำหรับการสื่อสารวิทยุในอวกาศแบบ (i) และ (ii) จะต้องมีการเคลื่อนที่ผ่านบรรยากาศชั้นไอโอโนสเฟียร์ ซึ่งโดยทั่วไปแล้ว ความถี่ต่ำจะจางหายไปเนื่องจากถูกบรรยากาศชั้นไอโอโนสเฟียร์ดูดกลืนไป และคลื่นความถี่ที่ต่ำกว่าความถี่วิกฤติจะสะท้อนกลับที่ไอโอโนสเฟียร์ แต่ความถี่ที่สูงกว่า 10 GHz ก็จะถูกดูดกลืนในชั้นบรรยากาศโลก และเกิดการลดทอน เนื่องจากแก๊สในบรรยากาศกลุ่มเมฆ และฝนอย่างมากเช่นเดียวกัน

ช่วงความถี่ซึ่งเกิดการลดทอนน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับช่วงอื่นแล้วนั้น เรียก “บัญชวิทยุ” คณะกรรมการที่ปรึกษาด้านวิทยุระหว่างประเทศ (CCIR) ได้ให้ข้อเสนอแนะว่าช่วงความถี่ที่เหมาะสมในทางปฏิบัติสำหรับการสื่อสารดาวเทียมมากที่สุดก็คือ ช่วงความถี่ระหว่าง 1 ถึง 10 GHz และสัญญาณวิทยุในช่วงนี้จัดเป็นสภาพที่มีการกระจายคลื่นแบบฟรี-สเปซ (free-space propagation) ดังนั้น การสื่อสารวิทยุในอวกาศแบบ (ii) จึงจัดอยู่ในกรณีที่มีการกระจายคลื่นแบบฟรี-สเปซ โดยที่ดาวเทียมอยู่เหนือไอโอโนสเฟียร์เป็นระยะทางหลายร้อยกิโลเมตร

(2) การกระจายคลื่นแบบ ฟรี-สเปซ

เพื่อที่จะให้เข้าใจถึงแนวความคิดทั่ว ๆ ไป เกี่ยวกับการสื่อสารวิทยุในอวกาศก็จะขออธิบายถึงกำลังของสัญญาณที่สถานีภาคอวกาศหรือสถานีภาคพื้นดินจะสามารถจับได้ในการกระจายแบบ ฟรี-สเปซ ทั้งนี้ก็เพื่อเป็นพื้นฐานในขั้นแรกก่อนกำลังที่รับได้  $P_R$  นั้น กำหนดดังนี้.-

ตาราง 1.1 ตารางแสดงรายการการทดลองการสื่อสารในอวกาศครั้งสำคัญ ๆ

วันเดือนปี	วัตถุประสงค์	ประเทศผู้รับผิดชอบ	บริการและชนิดของการสื่อสารวิทยุในอวกาศ
2475	การวัดกาแลคติกนอยส์	สหรัฐ, เคลจี แจนสกี	วิทยุดาราศาสตร์
2481-8	การวัดนอยส์จากดวงอาทิตย์	ญี่ปุ่น, เอ็ม นาคากามิ เคมียา	วิทยุดาราศาสตร์
2488	การเสนอความเป็นไปได้ ในด้าน การสื่อสารดาวเทียม ด้วยดาวเทียมแบบหยุดนิ่ง (โลกวิทยุวิจารณ์)	สหราชอาณาจักร, คลีค	(iii)
2489	ใช้เรดาร์จับเอโคไค้จาก ดวงจันทร์	สหรัฐ, เจ โมเฟนสัน	(iii)
2500	การถ่ายทอดเสียงโดยสะท้อน จากดวงจันทร์ในลักษณะ พาสซีฟ	สหรัฐ, เจ, เฮ็ช, เทร์กซ์เลอร์	(iii)
2500-10	การสังเกตวิทยุโดยใช้ ดาวเทียมสปุตนิก 1	โซเวียต และอื่น ๆ	(i)
2501-12	การส่งเสียงจากเครื่อง บันทึกเทปโดยใช้ ดาวเทียมสกอร์	สหรัฐ, กองทัพอากาศ	(i)



การสื่อสารดาวเทียม

วันเดือนปี	วัตถุประสงค์	ประเทศผู้รับผิดชอบ	บริการและชนิดของการสื่อสารวิทยุในอวกาศ
2503-4	การส่งแฟคซิมิลี่ อุดหนุนโดยใช้ดาวเทียมไทวอส 1	สหรัฐ, NASA	(i)
2503-8	การถ่ายทอดสัญญาณโทรศัพท์และโทรทัศน์แบบพาสซีฟ โดยใช้ดาวเทียมเอคโค 1	สหรัฐ, กองทัพบก	(iii)
2503-10	การถ่ายทอดสัญญาณแบบช้า โดยใช้ดาวเทียมคูเรียร์ 1 B	สหรัฐ, กองทัพบก	(iii)
2505-7	การถ่ายทอดสัญญาณการสื่อสารทรานซ์แอตแลนติกแบบแอคทีฟโดยใช้ดาวเทียมเทลสตาร์ 1	สหรัฐ, สหราชอาณาจักรและฝรั่งเศส	(iii)
2505-8	การสื่อสารระหว่างดาวเทียมที่บรรจุกอนวอสต็อก 3 และ 4, การส่งโทรทัศน์ผ่านอวกาศ	โซเวียต	(i) และ (ii)
2506-5	การถ่ายทอดสัญญาณสื่อสารแบบพาสซีฟ โดยใช้ดาวเทียมแบบเข็มกระจาย	สหรัฐ	(iii)
2506-11	การถ่ายทอดสัญญาณทรานซ์ปาสซิฟิกแบบแอคทีฟโดยใช้ดาวเทียม รีเลย์ 1	สหรัฐ และ ญี่ปุ่น	(iii)

2501- a	การถ่ายทอดโทรทัศน์ ในกีฬาโอลิมปิกผ่านดาว เทียมคงที่ ซินคอม 3	ญี่ปุ่น และสหรัฐ	(iii)
2508-4	การสื่อสารเพื่อการ พาณิชย์ (กึ่งทดลอง) โดยผ่านดาวเทียมตำแหน่ง คงที่ เออร์ เบิร์ด	สหรัฐ, สหราชอาณาจักร ฝรั่งเศส, เยอรมันนี (สหพันธ์สาธารณรัฐ) และอิตาลี	(iii)
2508-4	การถ่ายทอดโทรทัศน์ สำหรับการส่งกระจาย กระจายภายในประเทศ โดยใช้ดาวเทียม โมลเนีย A 1	โซเวียต	(iii)