บทที่ 2
คลื่นความถี่วิทยุและพัฒนาการคลื่นความถี่วิทยุ

การวิทยุคมนาคมได้เข้ามามีบทบาทสำคัญต่อชีวิตประจำวันของมนุษย์เป็นอย่างมาก ทั้งในรูปแบบของกิจการที่ให้บริการสำหรับส่วนบุคคล เฉพาะกลุ่มและบริการสาธารณะ ดังจะเห็นได้จากกิจการวิทยุคมนาคมต่างๆ เช่น กิจการวิทยุเซลล์ลูล่าร์ กิจการวิทยุกระจายเสียงและวิทยุโทรทัศน์ กิจการวิทยุติดตามตัว หรือกิจการแพร่ภาพและกระจายเสียงผ่านดาวเทียม เป็นต้น แม้กิจการวิทยุคมนาคมเหล่านี้จะมุ่งให้บริการแตกต่างกันไป แต่ต่างมีองค์ประกอบพื้นฐานของการติดต่อสื่อสารเหมือนกัน นั่นคือ เป็น***การติดต่อสื่อสารโดยใช้คลื่นความถี่วิทยุ*** หรือ การติดต่อสื่อสารโดยไร้สาย อันมี "คลื่นความถี่วิทยุ" เป็นตัวสื่อ อันเป็นทรัพยากรธรรมชาติประเภทหนึ่ง ที่แพร่กระจายอยู่ทั่วไปในชั้นบรรยากาศ ที่มีลักษณะเฉพาะ และหลากหลาย การเลือกใช้งานคลื่นความถี่วิทยุใดๆ จึงต้องมีความเข้าใจสภาพธรรมชาติและลักษณะเฉพาะทางเทคนิคของทรัพยากรประเภทนี้เป็นอย่างดี ***<u>เพื่อให้การติดต่อสื่อสารเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและปราศจากการรบกวนกันอย่างรุนแรง</u>*** และหากพิจารณาถึงความสามารถในการนำคลื่นความถี่วิทยุมาใช้ให้เกิดประโยชน์ได้จริงแล้ว โดยนัยของความสามารถทางเทคโนโลยี คลื่นความถี่วิทยุจะเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่อย่างจำกัด ขณะที่ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีก็เพิ่มความต้องการใช้คลื่นความถี่วิทยุในกิจการวิทยุคมนาคมและกิจการโทรคมนาคมต่างๆ ความมีอยู่อย่างจำกัดของตัวทรัพยากรนี้เอง จึงต้องการระบบและกระบวนการจัดการที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพ ที่สามารถสนองตอบต่อความต้องการของมนุษย์ และก่อให้เกิดการใช้ทรัพยากรอย่างเป็นประโยชน์สูงสุด ทั้งนี้เพื่อขจัดความขัดแย้งอันอาจจะเกิดขึ้น

เนื้อหาของบทนี้ จะศึกษาประเด็นสภาพธรรมชาติและลักษณะเฉพาะของคลื่นความถี่วิทยุ ที่จะทำให้ทราบถึงการเลือกการใช้งานคลื่นความถี่วิทยุอย่างเหมาะสมและถูกต้อง เพื่อลดปัญหาการรบกวนกันอย่างรุนแรงในทางเทคนิคอันอาจเกิดขึ้นได้จากการใช้คลื่นความถี่วิทยุ และประเด็นพัฒนาการทางเทคโนโลยีของคลื่นความถี่วิทยุที่สำคัญๆ จากวิธีง่ายๆ จนกระทั่งเกิดการประสมประสานทางเทคโนโลยี ทำให้การติดต่อสื่อสารมีความซับซ้อนและหลากหลายมากขึ้น อันเป็นข้อมูลพื้นฐานที่ทำให้ทราบถึงความจำเป็นต้องมีระบบและกระบวนการจัดการทางเทคนิคที่ดีและเหมาะสมทั้งนี้เพื่อให้การใช้ทรัพยากรคลื่นความถี่วิทยุเกิดประโยชน์สูงสุดและมีประสิทธิภาพ

2.1 คลื่นความถี่วิทยุ

คลื่นความถี่วิทยุ (Radio Wave หรือ Hertzian Waves) [1] เป็นองค์ประกอบพื้นฐานประการหนึ่งของระบบการติดต่อสื่อสารโดยไร้สาย (Wireless Communication หรือ Radiocommunication[2]) นั่นคือ คลื่นความถี่วิทยุจะทำหน้าที่เป็นตัวพาห์หรือสื่อตัวกลาง (carrier) ผ่านบรรยากาศที่เป็นตัวกลาง (medium) เพื่อส่งสัญญาณข่าวสารที่ต้องการ[3] ด้วยคุณลักษณะของคลื่นวิทยุ แอมพลิจูด หรือความถี่ (frequency) ที่แตกต่างกัน โดยทั่วไป คลื่นความถี่วิทยุ จะถูกแบ่งแยกเป็น "ความยาวคลื่น" (wavelength) ปัจจุบัน เรานิยมแบ่งคลื่นความถี่วิทยุออกเป็นย่านความถี่ต่างๆ ความถี่ (Frequency) [4] หมายถึง จำนวนรอบของการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณใดๆ ในช่วงเวลาหนึ่งโดยหน่วยของการวัดความถี่ตามมาตรฐานระหว่างประเทศ เป็นที่รู้จักกันดี คือ เฮิรตซ์ (Hertz) ประการหนึ่งที่สำคัญ คือ ความถี่และความยาวคลื่นจะมีปฏิสัมพันธ์กันในเชิงผกผันนั่นคือ **คลื่นที่มีความถี่ต่ำมาก ความยาวคลื่นยิ่งมาก** ยกตัวอย่างเช่น กิจการวิทยุกระจายเสียง AM ซึ่งใช้ช่วงความถี่วิทยุกลาง (MF) จะมีความยาวคลื่นมาก ขณะที่กิจการสื่อสารผ่านดาวเทียม ซึ่งใช้ช่วงความถี่ SHF หรือไมโครเวฟจะมีความยาวคลื่นสั้นกว่า เป็นต้น

---

[1] Radio Regulation (1994) Art 1 section I (Nos.1.4) ; " Radio Waves or Hertzian Waves : Electromagnetic waves of frequencies arbitrarily lower than 3000 GHz. propogated in space without artificial guide." ,

[2] Radio Regulation (1994) Art 1 section I (Nos. 1.5) ; "Radiocommunication ; Telecommunication by means of radio waves."

[3] Radio Regulation (1994) Art 1 section I (1.2) ; "Telecommunication : Any transmission , emission or reception of signs, signals, writing, images and sounds or intelligence of any nature by wire, radio, optical or other electromagnetic systems."

[4] ไพโรจน์ ว่องวานิชกิจ และกมล เขมะรังษี, เปิดโลกการสื่อสารไร้สาย, (บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน), 2539) , หน้า 11.

นอกจากนั้น คลื่นความถี่วิทยุ ยังถูกแบ่งแยกเป็น "แถบความถี่วิทยุ" ((bands) ตามลักษณะความยาวของคลื่นหรือชื่อเฉพาะ โดยในแต่ละแถบความถี่วิทยุจะมีความเหมาะสมกับการใช้งานที่แตกต่างกัน ดังจะยกตัวอย่างเฉพาะแถบความถี่วิทยุที่สามารถนำมาใช้กับระบบการสื่อสารโดยไร้สายและสอดคล้องกับระบบการจัดการคลื่นความถี่วิทยุภายใต้ข้อบังคับวิทยุระหว่างประเทศ[5]ของสหภาพโทรคมนาคมระหว่างประเทศ อันอยู่ในกรอบของการศึกษาวิทยานิพนธ์พร้อมกับตัวอย่างของลักษณะการประยุกต์ใช้งาน [6] ดังนี้

1. *ช่วงความถี่ต่ำมาก* (Very Low Frequencies หรือ VLFs) เป็นช่วงความถี่ที่ต่ำกว่า 30 Hz ประยุกต์ใช้งานสำหรับการสื่อสารระยะไกล กิจการวิทยุนำร่อง และกิจการเดินเรือ

2. *ช่วงความถี่ต่ำ* (Low Frequencies หรือ LFs) เป็นช่วงความถี่ 30 kHz-300 kHz ประยุกต์ใช้งานสำหรับการสื่อสารระยะไกล กิจการนำร่องของระบบการบินและการเดินเรือ

3. *ช่วงความถี่กลาง* (Medium Frequency หรือ MFs) เป็นช่วงความถี่ 300 kHz-3000 kHz (3 MHz) ประยุกต์ใช้งานสำหรับการสื่อสารระยะกลาง กิจการวิทยุกระจายเสียง และยังใช้สำหรับการสื่อสารในระบบการบินและการเดินเรือ

4. *ช่วงความถี่สูง* (High Frequency หรือ HFs) เป็นช่วงความถี่ 3 MHz-30 MHz ความถี่สูงหรือที่เรียกว่า "คลื่นสั้น" ประยุกต์ใช้งานสำหรับการสื่อสารระยะยาวและระยะสั้น การติดต่อสื่อสารจุดต่อจุด กิจการวิทยุกระจายเสียง กิจการเคลื่อนที่

5. *ช่วงความถี่สูงมาก* (Very High Frequency หรือ VHFs) เป็นช่วงความถี่ 30 MHz-300 MHz) เป็นช่วงความถี่ที่มีความหนาแน่นของการใช้งานมาก เพราะประยุกต์ใช้งานสำหรับการติดต่อสื่อสารระยะสั้นและระยะกลาง กิจการวิทยุกระจายเสียง การติดต่อสื่อสารส่วนบุคคล

---

[5] Note 1, Ibid. และ ไพโรจน์ ไววานิชกิจ และกมล เขมะรังษี, เปิดโลกการสื่อสารไร้สาย, หน้า 12-13.

[6] International Telecommunication Union , Handbook National Spectrum Management (Radiocommunication Bureau , 1995) , pp.42-44.

6. ***ช่วงความถี่อุลตร้าไฮ*** (Ultrahigh Frequencies หรือ UHFs) เป็นช่วงความถี่ 300 MHz-3000 MHz เป็นช่วงความถี่ที่มีการใช้งานมากอีกช่วงหนึ่งเช่นกัน ประยุกต์ใช้งานสำหรับการติดต่อสื่อสารระยะสั้นและระยะกลาง กิจการเคลื่อนที่ กิจการวิทยุกระจายเสียง การติดต่อสื่อสารส่วนบุคคล การติดต่อสื่อสารผ่านดาวเทียม สำหรับความถี่ที่สูงกว่า 1000 MHz หรือ 1 GHz ขึ้นไปจะถูกเรียกว่า ***"คลื่นไมโครเวฟ"*** (Microwave)

7. ***ช่วงความถี่ซูเปอร์ไฮ*** (Superhigh Frequencies หรือ SHFs) เป็นช่วงความถี่ 3 GHz -30 GHz คือ ย่านความถี่ไมโครเวฟ ประยุกต์ใช้งานสำหรับการติดต่อสื่อสารระยะสั้น กิจการวิทยุกระจายเสียง กิจการเคลื่อนที่ การติดต่อสื่อสารส่วนบุคคล การติดต่อสื่อสารผ่านดาวเทียม

8. ***ช่วงความถี่สูงสุด*** (Extremely High Frequencies หรือ EHFs) เป็นช่วงความถี่ 30 GHz-300 GHz ประยุกต์ใช้งานสำหรับการติดต่อสื่อสารระยะสั้น การติดต่อสื่อสารจุดต่อจุด การติดต่อสื่อสารส่วนบุคคล การติดต่อสื่อสารผ่านดาวเทียม

แถบความถี่ที่สามารถนำมาปรับใช้งานแก่กิจการวิทยุคมนาคมดังกล่าวข้างต้น ได้รับการรับรองจากสหภาพโทรคมนาคมระหว่างประเทศ ตามตารางการจัดสรรคลื่นความถี่วิทยุแห่งข้อบังคับวิทยุระหว่างประเทศ [7] ที่จัดสรรให้กิจการวิทยุคมนาคมใดๆ เฉพาะช่วงความถี่คลื่นที่ต่ำกว่า 300 GHz เท่านั้น ประกอบกับข้อแนะนำ 431-5 ที่กำหนดชื่อของแถบความถี่คลื่นต่างๆ ไว้เฉพาะช่วงคลื่นความถี่ที่ต่ำกว่า 300 GHz เท่านั้น การพิจารณาถึงความเหมาะสมและลักษณะการใช้งานดังกล่าวข้างต้นนี้ มิได้พิจารณาเพียงความถี่ (frequency) แต่ยังต้องขึ้นอยู่กับลักษณะการแพร่กระจายของคลื่นความถี่ ทั้งนี้เพราะ คลื่นความถี่วิทยุในความถี่ที่ต่างกัน จะมีคุณสมบัติในการแพร่กระจายคลื่นที่ต่างกัน อันมีผลต่อการลดทอนสัญญาณที่ต้องการสื่อสารจริงจากตัวส่งสัญญาณ (transmitter) ไปยังตัวรับสัญญาณ (receiver) และนำมาซึ่งความผิดพลาดและความสามารถในการติดต่อสื่อสารได้ ดังนั้น การใช้ประโยชน์จากคลื่นความถี่วิทยุ จึงต้อง

---

[7] Radio Regulation (1994) Art.8

เลือกความถี่ (frequency) และการแพร่กระจายของคลื่นความถี่วิทยุที่เหมาะสม ถูกต้อง เพื่อให้มีการลดทอนของสัญญาณน้อยที่สุด [8]

---

[8] ลักษณะการแพร่กระจายของคลื่นความถี่วิทยุ มีดังนี้

1. *คลื่นดิน (ground wave)* บางครั้งเรียกว่า คลื่นผิว (surface wave)

มีลักษณะการเดินทางของคลื่นวิทยุที่เดินทางไปบนผิวโลก จะมีลักษณะของความยาวคลื่นที่ยาวมาก จะเดินทางไปได้ไกลและจะเดินทางไปไกลกว่าขอบฟ้า *การเดินทางของคลื่นจะถูกลดทอนด้วยปัจจัยทางลักษณะภูมิประเทศหรือสิ่งกีดขวางทางธรรมชาติอื่นๆ* ยกตัวอย่างเช่น คลื่นที่มีความถี่ 30 กิโลเฮิรตซ์ ความยาวคลื่นจะเท่ากับ 10000 เมตรหรือ 6.2 ไมล์ เมื่อเทียบกับขนาดของภูเขาแล้ว ภูเขายังมีขนาดเล็กกว่าความยาวคลื่น ฉะนั้น*การลดทอนคลื่นดินที่ความถี่ต่ำนี้จะมีน้อยหากเทียบกับคลื่นที่มีความถี่สูงกว่า* เช่น ความถี่ 3 เมกกะเฮิรตซ์ ความยาวคลื่นจะเป็น 100 เมตร วัตถุที่ใหญ่กว่าความยาวคลื่น ไม่ว่าต้นไม้ เนินเขา หรือตึกรามบ้านช่องก็จะเริ่มมีผลโดยตรงต่อการลดทอนคลื่นดิน เป็นต้น เพราะฉะนั้น การติดต่อสื่อสารที่ความถี่ไม่เกิน 4.5 เมกกะเฮิรตซ์ หรือระยะทางในการติดต่อไม่เกิน 150 กิโลเมตร มิฉะนั้นแล้วการเดินทางของคลื่นอวกาศจะไปได้ดีกว่า ช่วงความถี่ที่เหมาะสมกับลักษณะการเดินทางของคลื่นดิน จึงน่าจะเป็นช่วงความถี่ต่ำ LFs หรือ MFs

2. *คลื่นอวกาศ (space wave)*

เมื่อความถี่ของคลื่นวิทยุสูงกว่า 4.5 เมกกะเฮิรตซ์ คลื่นดินเริ่มจะเดินทางไปได้เพียงไม่กี่กิโลเมตร ดังนั้นความถี่ที่สูงขึ้นนับแต่ช่วงความถี่ VHFs และ UHFs ขึ้นไปจึงเหมาะกับ คลื่นอวกาศซึ่งมีลักษณะการเดินทางของคลื่นเป็นเส้นตรงจากสายอากาศเครื่องส่งไปยังเครื่องรับ หรือที่เรียกว่า "คลื่นโดยตรง" (direct wave) ที่ถูกจำกัดด้วยรัศมีการติดต่อไม่เกินระยะสายตา *ความสามารถในการส่งสัญญาณของคลื่นอวกาศจะสัมพันธ์โดยตรงกับความสูงของสายอากาศส่งสัญญาณ*

3. *คลื่นฟ้า (sky wave)*

การเดินทางของคลื่นลักษณะนี้ จะเป็นการเดินทางขึ้นไปบนฟ้าแล้วถูกหักเหลงมายังผิวโลก หรือ เป็นการสะท้อนกลับลงมาจากชั้นไอโอโนสเฟียร์ (ionosphere) ซึ่งการสะท้อนกลับจากชั้นไอโอโนสเฟียร์ของสัญญาณจะขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศเป็นอย่างมาก จึงเหมาะสมต่อการติดต่อในระยะไกล ที่มีระยะทางการเกินกว่า 800 กิโลเมตร และระยะปานกลาง คือ ระยะทางประมาณ 150-800 กิโลเมตร นำมาใช้งานกับกิจการประเภทวิทยุโทรพิมพ์ โทรสาร หรือ การส่งรหัสมอร์ส การติดต่อสื่อสารจะใช้ได้ดีในช่วงความถี่ HF แต่ในบางครั้งเวลากลางคืน ช่วงความถี่ MF ก็สามารถส่งสัญญาณในลักษณะการเดินทางเช่นนี้ได้ , ดู สุชาติ กังวารจิตต์ , เครื่องรับส่งวิทยุและระบบวิทยุสื่อสาร (บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด ,2521) , หน้า 238-246.

เนื่องจาก ความสามารถในการติดต่อสื่อสารโดยไร้สาย มิได้ขึ้นอยู่ตัวสื่อคลื่นความถี่วิทยุเท่านั้น องค์ประกอบพื้นฐานของระบบการสื่อสารเช่นนี้ยังคงประกอบไปด้วย ตัวส่งสัญญาณ (Transmitter) ตัวรับสัญญาณ (Receiver) และสัญญาณรบกวน (Noise) [9] ซึ่งส่งผลกระทบโดยตรงต่อความสามารถในระบบการสื่อสารประเภทนี้

สัญญาณรบกวน (Noise) เป็นสัญญาณที่เข้ามาแทรกแซงหรือรบกวน (interfere) สัญญาณที่ต้องการรับจริง ทั้งนี้ สัญญาณรบกวนอาจเกิดจากวงจรของตัวรับสัญญาณ หรือสัญญาณที่มีอยู่ทั่วไปในอากาศ หรืออาจเป็นสัญญาณที่มาจากสิ่งประดิษฐ์ของมนุษย์ก็ได้ [10] แต่

---

[9] องค์ประกอบพื้นฐานในระบบการสื่อสารโดยไร้สายก็เหมือนกับระบบการสื่อสารอื่นๆ คือ ประกอบด้วย

1.ตัวส่งสัญญาณ (Transmitter) คือ วงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ถูกออกแบบมาเพื่อที่จะแปลงข้อมูลข่าวสารหรือเสียงพูดให้เป็นสัญญาณรูปแบบที่สามารถส่งออกไปในตัวกลางหรือช่องสัญญาณ ได้แก่ อุปกรณ์ที่ใช้ในการส่งสัญญาณคลื่นวิทยุไมโครเวฟ . เครื่องส่งวิทยุกระจายเสียง เป็นต้น

2.สื่อตัวกลางหรือช่องสื่อสาร (Communication Channel) เป็นตัวกลางที่ให้สัญญาณอิเล็กทรอนิกส์สามารถส่งจากผู้ส่ง ณ สถานที่หนึ่งผ่านไปยังผู้รับในอีกสถานที่หนึ่งได้ ตัวกลางในที่นี้ได้แก่ คลื่นความถี่วิทยุ และในตัวกลางนี้มีส่วนทำให้สัญญาณที่ถูกส่งลดทอนลงไปได้ส่วนหนึ่ง

3.สัญญาณรบกวน (Noise) เป็นสัญญาณของพลังงานรูปแบบต่างๆ ที่มีลักษณะไม่แน่นอนเข้ามาในระบบสื่อสาร มีผลรบกวนสัญญาณข้อมูลที่ถูกส่งมาในช่องสื่อสาร บางครั้งสัญญาณรบกวนอาจเกิดขึ้นในวงจรของตัวรับสัญญาณก็ได้ สำหรับระบบสื่อสารไร้สายนั้น สัญญาณรบกวนมีอยู่ทั่วไปในอากาศ เช่น สัญญาณจากปรากฏการณ์ฟ้าแลบ

4.ตัวรับสัญญาณ (Receiver) เป็นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ถูกออกแบบให้รับสัญญาณที่ถูกส่งออกมาทางช่องสื่อสาร และทำการแปลงสัญญาณให้กลับไปอยู่ในรูปแบบที่ผู้รับปลายทางสามารถเข้าใจได้ เช่น ตัวรับสัญญาณจากดาวเทียม , ดู ไพโรจน์ ว่องวานิชกิจและกมล เขมะรังษี , หน้า 8

[10] นอยส์ที่เกิดขึ้นอาจแบ่งได้เป็น 4 ประเภทด้วยกัน ดังนี้

1. นอยส์บรรยากาศ (atmospheric noise) เกิดขึ้นจากความแปรปรวนของบรรยากาศที่ห่อหุ้มโลก เช่น ฟ้าแลบ ฟ้าผ่า ก่อให้เกิดคลื่นวิทยุแผ่กระจายออกไปรอบโลก นอยส์บรรยากาศเกิดขึ้นอยู่ตลอดเวลา แม้จะไม่มีพายุฝนฟ้าคะนองก็ตาม

2. นอยส์จากอวกาศ (space noise) เกิดจากดวงอาทิตย์และดวงดาวนับล้านๆ ดวงในจักรวาล ดวงอาทิตย์แผ่พลังงานออกมามีสเปกตรัมความถี่กว้างมาก พลังงานนี้ปรากฏออกมาเป็นนอยส์คงที่ นอกจากนั้น

เมื่อใดที่สัญญาณรบกวนมีความแรงมากกว่าสัญญาณที่ต้องการสื่อสารจริง ความผิดพลาดในการติดต่อสื่อสารก็จะเกิดขึ้น อย่างไรก็ตาม ความเป็นจริงประการหนึ่งที่ไม่อาจหลีกเลี่ยงได้ นั่นคือ มนุษย์ไม่สามารถขจัดสัญญาณรบกวนเหล่านี้ให้หมดสิ้นไปได้ แต่สิ่งเดียวที่มนุษย์สามารถทำได้ นั่นคือ การพัฒนาเทคโนโลยีในตัวส่งสัญญาณและตัวรับสัญญาณ ให้สามารถเลือกรับและขยายเอาเฉพาะสัญญาณความถี่ที่ต้องการรับ หรือให้สัญญาณที่ต้องการส่งมีความคมชัดเอาชนะสัญญาณรบกวนที่มีอยู่ตามธรรมชาติให้ได้ อันเป็นกรรมวิธีในการแก้ปัญหาสัญญาณรบกวนที่ดีที่สุด และทำให้เกิดความผิดพลาดในการติดต่อสื่อสารที่น้อยที่สุดเช่นกัน

2.2 พัฒนาการทางเทคโนโลยี

การติดต่อสื่อสารด้วยคลื่นความถี่วิทยุเป็นสื่อตัวนำ เพื่อการส่งสัญญาณข่าวสารไม่ว่าจะเป็นภาพ เสียงหรือข้อมูลนี้ ต่อไปนี้ผู้เขียนขอเรียกว่า "วิทยุคมนาคม" (Radiocommunication) เริ่มเป็นที่รู้จักเป็นครั้งแรกเมื่อ Samuel Morse ได้ค้นคิดวิธีการส่งข่าวสารสู่สาธารณชนด้วยสัญญาณที่เรียกว่า "รหัสมอร์ส" ระหว่าง วอชิงตัน และเมืองบัลติมอร์ และนับแต่นั้นมาการติดต่อสื่อสารโดยใช้คลื่นความถี่วิทยุก็ถูกนำมาใช้และพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ซึ่งอาจแบ่งได้เป็น 4 ช่วงด้วยกันคือ

แล้ว การแปรปรวนอื่นๆ เช่น จุดบนดวงอาทิตย์ (Sun spot) หรือ การลุกโชติช่วงออกไปจากระบบสุริยจักรวาล ก็มีคุณสมบัติเหมือนดวงอาทิตย์ คือ มีความร้อนสูงและสามารถกำเนิดนอยส์มายังโลกได้

3. นอยส์ที่เกิดขึ้นจากสิ่งประดิษฐ์ที่มนุษย์สร้างขึ้น (MAN-MADE NOISE) ได้แก่ นอยส์ที่เกิดจากมอเตอร์ไฟฟ้า เช่น พัดลมที่เป่าผม เครื่องดูดฝุ่น นอกจากนี้ยังมีนอยส์จากระบบจุดระเบิดของรถยนต์ การรั่วของสายไฟฟ้าแรงสูง หลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ ฯลฯ

4. นอยส์ที่เกิดจากภายในตัวอุปกรณ์รับวิทยุ (Internal Noise)

นอยส์ภายในตัวอุปกรณ์รับวิทยุ (Internal Noise) มี 2 ประเภทคือ

4.1 นอยส์อุณหภูมิ (Thermal Noise) เกิดจากการเคลื่อนที่ของอิเล็คตรอนในตัวอุปกรณ์ บางครั้งเรียกว่า Johnson Noise

4.2 ช็อตนอยส์ (Shot Noise) เกิดขึ้นในอุปกรณ์แอกตีฟ (Active Device) ทุกชนิด เนื่องจากการรวมตัวของอิเล็กตรอนกับโฮล (Hole) เช่น ในทรานซิสเตอร์ ซึ่งไม่ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ , ดู สุชาติ กังวารจิตต์ , เครื่องรับส่งวิทยุและระบบวิทยุสื่อสาร , หน้า 38.

2.2.1 ระยะแรกเริ่ม

จุดแรกเริ่มของการปฏิวัติวิทยุคมนาคมก็คือ เมื่อ Marconi สามารถติดต่อสื่อสารโดยไร้สายข้ามจากอีกฝั่งหนึ่งของแอนแลนติกและก่อตั้งบริษัทของตนที่ชื่อว่า "Wireless Telegraph Company" มีการใช้คลื่นความถี่วิทยุสำหรับบริการทางเรือเพื่อการติดต่อสื่อสารระหว่างสถานีเรือและสถานีชายฝั่งเป็นอันดับแรก พร้อมกันนั้นยังได้มีการกำหนดสัญญาณเรียกขอความช่วยเหลือทางเรือระหว่างประเทศ ที่เรียกว่า "SOS" แทนที่ใช้อยู่เดิมคือ "CQD" และการสื่อสารไร้สายทางเรือก็ได้รับความสนใจมากขึ้นภายหลังที่โศกนาฏกรรมทางเรือที่คร่าชีวิตผู้คนในปี ค.ศ.1912 จากเรือ "Titanic" ที่ขาดอุปกรณ์ไร้สายที่จะเอื้ออำนวยต่อการให้ความช่วยเหลือ Marconi ยังได้ติดตั้งบริการส่งข้อมูลข้ามฝั่งแอนแลนติกเพื่อการพาณิชย์เป็นครั้งแรกระหว่าง Nova Scotia , Canada และ Ireland แต่บริการนี้ก็ไม่มีความแน่นอนและขาดความน่าเชื่อถือ อย่างไรก็ตาม ระบบการสื่อสารโดยไร้สายของ Marconi ก็ประสบความสำเร็จในการติดตั้งอุปกรณ์และเครื่องมือสำหรับเรือรบของประเทศหลักๆ ในสงครามหลายประเทศด้วยกัน

หลังจากสงครามโลกทั้งสองครั้งสิ้นสุดลง เทคโนโลยีวิทยุคมนาคมยังคงได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่องเฉกเช่นการโทรคมนาคมอื่นๆ และในประมาณปี ค.ศ.1920 พบว่ากิจการกระจายเสียงทางพาณิชย์ได้รับความสนใจและเปิดกว้างสู่ตลาดโลก และแม้ว่าคุณภาพของการรับส่งขณะนั้นจะแย่มาก แต่อีกไม่นานต่อมาก็ได้รับการปรับปรุงกำลังสูงยิ่งขึ้น เพื่อตอบสนองต่อความต้องการที่เพิ่มมากขึ้น เทคโนโลยีวิทยุคมนาคมยังได้รับการพัฒนาขยายกว้างเพื่อปรับปรุงความปลอดภัยแก่กิจการวิทยุทางน้ำ (maritime radio) และกิจการวิทยุนำร่องทางอากาศ (aeronautical navigation) ดังนั้นในประมาณปี ค.ศ.1930 ประชากรในแต่ละบ้านเริ่มคุ้นเคยกับกิจการวิทยุคมนาคมเพิ่มมากขึ้น และความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีวิทยุคมนาคมยังคงดำเนินต่อไป สินค้าที่ผลิตออกมาจะมีลักษณะที่เล็กกว่า กำลังส่งมากกว่าและหน่วยที่ซับซ้อนยิ่งขึ้น ส่งผลให้มีการพัฒนานวัตกรรมวงจร (circuit) ใหม่ เพื่อเป็นการเพิ่มคุณค่าและความน่าเชื่อถือในอุปกรณ์วิทยุคมนาคมมากขึ้น เช่น frequency modulation , automatic frequency control และ negative feedback เป็นต้น

และภาวะการณ์หลังสงครามโลกครั้งที่สอง ทำให้เริ่มมีการนำพัฒนาการทางเทคโนโลยีสำหรับการวิทยุคมนาคมทางทหารมาปรับใช้การวิทยุคมนาคมเพื่อการพาณิชย์มากขึ้น ดังเช่น

การติดตั้งอุปกรณ์วิทยุในการควบคุมการเคลื่อนย้ายของบริษัทแท็กซี่หรือบริษัทขนส่ง เพื่อให้ได้บริการที่มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น หรือการนำระบบวิทยุคมนาคมสื่อสารด้วยเสียงมาใช้กับรถตำรวจ รถดับเพลิงและรถฉุกเฉิน หรือการใช้คลื่นความถี่วิทยุย่าน VHF เพื่อเพิ่มความปลอดภัยในการสื่อสารทางรถไฟและทางเรือ เป็นต้น และในช่วงปลายปี ค.ศ.1940 นี้เองที่ได้มีการพัฒนาการจาก "transistor" ไปสู่ยุคของ "silicon"

2.2.2 การเข้าสู่ยุคเซลล์ลูล่าร์

ในช่วงปี 1950 เป็นระยะเวลาสำหรับการติดต่อไร้สายระบบใหม่ที่เรียกว่า "วิทยุติดตามตัว" (Radio Paging) เริ่มนับมาใช้ในโรงพยาบาลที่ประเทศอังกฤษเมืองลอนดอนเป็นครั้งแรก และเป็นการนำมาซึ่งการสื่อสารข้อมูลทางเดียว (one-way message) ที่ให้ความสะดวกสบายและความน่าเชื่อถือมากขึ้น ซึ่งในเวลาอีกไม่นานต่อมาด้วยความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี การสื่อสารด้วยวิทยุติดตามตัวสามารถทำได้ทั้งในรูปของตัวอักษร (alphanumeric) และตัวเลข (numeric) พร้อมกันนั้น ได้มีการพัฒนาระบบวิทยุเคลื่อนที่ส่วนบุคคล (Private Mobile Radio หรือที่เรียกโดยย่อว่า "PMR") ในแถบคลื่นความถี่ย่าน VHF และ UHF มาใช้เป็นครั้งแรกสำหรับการติดต่อสื่อสารของบริษัทที่เกี่ยวข้องกับสาธารณประโยชน์ เช่น บริษัทน้ำมัน และบริษัทไฟฟ้า เป็นต้น แต่ในประมาณกลางปี ค.ศ.1970 ก็พบว่า ถึงแม้ว่าระบบ PMR จะนำมาซึ่งประโยชน์ต่อชุมชนธุรกิจแต่ก็ขาดความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีและความยืดหยุ่นเพียงพอที่จะก่อให้เกิดตลาดวิทยุเคลื่อนที่สาธารณะ ข้อจำกัดในเรื่องนี้จึงเป็นการเปิดทางสู่ระบบการติดสื่อสารวิทยุที่มีการเคลื่อนไหวและยืดหยุ่น ด้วยคุณภาพและครอบคลุมที่สามารถทำงานร่วมกับบริการโทรศัพท์สาธารณะได้ บริการเช่นว่านี้ คือ บริการวิทยุเคลื่อนที่ (cellular radio service)

แนวความคิดในเรื่องระบบวิทยุคมนาคมที่แบ่งเป็นเซลล์ถูกพัฒนาในช่วงต้นปี ค.ศ.1947 แต่ดงเป็นเพียงทฤษฎี จนกระทั่งมีการปรับปรุงเทคโนโลยีที่เป็นประโยชน์ต่อระบบนี้ ระบบวิทยุเซลล์ลูล่าร์จึงได้รับการพัฒนาและนำมาปรับใช้อีกครั้งหนึ่ง ซึ่งตามโครงสร้างของระบบวิทยุเซลล์ลูล่าร์ทั้งหลายภายในระบบจะอยู่เรียงติดกันและมักจะครอบคลุมทั่วประเทศ และผู้ใช้สามารถเคลื่อนย้ายจากเซลล์หนึ่งไปยังอีกเซลล์หนึ่งได้ และการเรียกแต่ละครั้งจะเป็นการสลับผ่านเครือข่ายเซลล์ลูล่าร์เพื่อเชื่อมโยงกับระบบโทรศัพท์ในประเทศหรือระหว่างประเทศ อย่างไรก็ดี การสร้างเครือข่ายวิทยุเซลล์ลูล่าร์ในระยะแรกเริ่มนี้ก็ต้องพบกับความยุ่งยาก เพราะขณะที่

รัฐบาลถูกบีบให้มีการจัดสรรคลื่นความถี่วิทยุสำหรับบริการวิทยุเซลล์ลูล่าร์ ผู้ผลิตต้องพัฒนาเทคโนโลยีและบริการในวิถีทางที่เพียงพอต่อสาธารณะขนาดใหญ่ ซึ่งต้องการการลงทุนจำนวนมหาศาลในการสร้างเครือข่ายเช่นว่านี้ ในที่สุดความยุ่งยากก็ได้รับการแก้ไขและเครือข่ายเซลล์ลูล่าร์ก็ถูกสร้างขึ้นในกลุ่มประเทศนอร์ดิก หมายถึง ประเทศสวีเดน เดนมาร์ก นอร์เวย์ และไอร์แลนด์ ในปี ค.ศ.1980 และไม่นานต่อมาเครือข่ายเซลล์ลูล่าร์ก็ถูกสร้างขึ้นในประเทศอเมริกาเหนือ ยุโรป เอเชีย-แปซิฟิก และออสเตรเลีย จะสังเกตได้ว่า แนวความคิดแรกเริ่มของระบบวิทยุเซลล์ลูล่าร์ก็เพื่อเป็นบริการที่จำเป็นสำหรับยวดยาน แต่ในที่สุด ก็กลายเป็นบริการเซลล์ลูล่าร์เพื่อการสื่อสารส่วนบุคคล (Personal Communication) จึงอาจกล่าวได้ว่า ระบบวิทยุเซลล์ลูล่าร์จะดูเหมือนเป็นนวัตกรรมทางเทคโนโลยีที่ประสบความสำเร็จสูงสุดประการหนึ่งในช่วงปลายศตวรรษที่ 20 นี้

เครือข่ายเซลล์ลูล่าร์ในระยะแรกจะใช้เทคโนโลยีแบบอนาล็อก แต่ไม่ช้าก็ได้รับการพัฒนาให้สามารถใช้ระบบดิจิตอล ดังเช่น ระบบ GSM (Global System for Mobiles) ที่พัฒนาจากประเทศยุโรปและได้รับการยอมรับว่าเป็นประเทศผู้นำของโลกในระบบวิทยุเซลล์ลูล่าร์ดิจิตอล ซึ่งในปัจจุบันมีการดำเนินการเครือข่าย GSM มากกว่า 70 เครือข่ายในยุโรป อาฟริกา ตะวันออกกลาง เอเชีย-แปซิฟิก และออสเตรเลีย และคงจะเริ่มมีมากเพิ่มขึ้นในอนาคต และอาจเป็นไปได้ว่า ระบบโทรศัพท์เซลล์ลูล่าร์ได้กลายเป็นรูปแบบการสื่อสารมาตรฐานสำหรับประชากรทั่วโลกนับล้านๆ คน เพราะสภาพธรรมชาติของผู้ใช้บริการวิทยุเซลล์ลูล่าร์ได้เปลี่ยนแปลงไป มีผู้บริโภคที่หลากหลายมากยิ่งขึ้น และแนวโน้มเช่นนี้เป็นการกระตุ้นให้ผู้ดำเนินการเครือข่ายพัฒนาและสร้างแพกเกจใหม่ๆ เพื่อการเข้าสู่ตลาดขนาดใหญ่ (mass market) ด้วยเหตุนี้ในหลายๆ ประเทศจึงได้มีความพยายามหรือได้ทำการลดข้อบังคับ (deregulation) หรือแปรรูป (privatization) ระบบโทรคมนาคม โดยเฉพาะในภาคที่เกี่ยวข้องกับบริการวิทยุเซลล์ลูล่าร์เพื่อเข้าสู่ระบบการแข่งขันที่มากขึ้น

พัฒนาการทางเทคโนโลยีวิทยุคมนาคมที่สำคัญอีกประการหนึ่งในช่วงนี้ คือ การพัฒนาเทคโนโลยีดิจิตอลไร้สาย เช่น CT 2 (Second Generation Cordless Telephony) และ DECT (Digital European Cordless Telecommunication) เป็นต้น ระบบนี้ถูกนำมาใช้กับทั้งในสำนักงานและบ้านอย่างกว้างขวางใน public access และวงท้องถิ่นไร้สาย (wireless local loop)

2.2.3 ยุคประสมประสานทางเทคโนโลยี

ในช่วงกลางปี ค.ศ.1980 ได้มีความพยายามประสานเทคโนโลยี circuit กับการพัฒนา microprocessor ทำให้เครื่องคอมพิวเตอร์เล็กๆ นอกสำนักงาน สามารถติดต่อส่งข้อมูลกับเครื่องคอมพิวเตอร์ประจำที่ของสำนักงานแห่งหนึ่ง ด้วยการเชื่อมโยงอุปกรณ์ที่เรียกว่า "โมเด็ม" ผ่านไปยังเครือข่ายโทรศัพท์สาธารณะ การส่งข้อมูลเคลื่อนที่เช่นนี้มีความได้เปรียบหลายประการด้วยกัน เช่น ผู้ใช้สามารถได้รับข้อมูลอย่างรวดเร็ว ลดต้นทุนในเรื่องการใช้ airtime และลดความเป็นไปได้ของความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้น เป็นต้น แต่ในทางกลับกัน การส่งข้อมูลเคลื่อนที่เช่นนี้ก็มีข้อเสีย เช่น ความสามารถในการจัดการข้อมูลที่ถูกจำกัดและศักยภาพสำหรับความผิดพลาดในระหว่างการติดต่อ เป็นต้น อย่างไรก็ตาม ด้วยความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี ปัจจัยจำกัดการเติบโตของการปรับใช้การส่งข้อมูลเคลื่อนที่มีทางแก้ปัญหาได้สองทางด้วยกัน ทางเลือกทางแรก 1) คือ การใช้เซลล์ลูล่าร์ดิจิตอล ด้วยการนำระบบ GSM มาใช้สำหรับการส่งข้อมูลเคลื่อนที่ เพื่อส่งเสริมให้ผู้ให้บริการเครือข่ายเชื่อมโยงกับบุคคลที่สาม เช่น Software Communication และ System Integrations เป็นต้น ก่อให้เกิดแพกเกจที่สมบูรณ์แก่ผู้ใช้ และอีกทางเลือกหนึ่ง 2) คือ การใช้เครือข่ายข้อมูลเคลื่อนที่เฉพาะ (Specialist Mobile Data Network) ซึ่งมีข้อได้เปรียบ คือ เป็นการใช้ต้นทุนที่ต่ำกว่ากรณีแรก และส่วนใหญ่ค่าธรรมเนียมจะเป็นรายเดือนคงที่ และผู้ใช้สามารถปรับปรุงระบบด้วยวิธีง่ายๆ และเป็นระบบที่เหมาะสมกับผู้ใช้ทุกกลุ่ม อย่างไรก็ตาม ถึงแม้ว่า ในระยะแรกของการใช้ข้อมูลเคลื่อนที่จะเริ่มช้ามาก แต่ปัจจุบันกำลังเริ่มมีการเติบโตอย่างชัดเจน ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อทั้งวงการธุรกิจและอุตสาหกรรม

ความต้องการสำหรับการเคลื่อนย้ายข้อมูลเคลื่อนที่ยังได้รับความสนใจจากกลุ่มสำนักงานในระบบที่เรียกว่า "Radio Local Area Network" หรือที่เรียกโดยย่อว่า "LANs" ซึ่งสามารถสร้างผลประโยชน์แก่สำนักงาน และลดความจำเป็นสำหรับการวางสายเคเบิ้ลแพงๆ และเพียงคอมพิวเตอร์ตัวเดียวก็สามารถเคลื่อนย้ายข้อมูลที่ต้องการจากสำนักงานหนึ่งไปยังอีกสำนักงานหนึ่งได้

2.2.4 แนวโน้มของการสื่อสารวิทยุคมนาคมในอนาคต

นอกเหนือจากระบบวิทยุเซลล์ลูล่าร์ ระบบวิทยุคมนาคมอีกประการหนึ่ง คือ เครือข่ายการสื่อสารส่วนบุคคล (Personal Communication Networks หรือที่เรียกโดยย่อว่า "PCN") หรือที่ซึ่งในปัจจุบันรู้จักกันดี เครือข่ายบริการการสื่อสารส่วนบุคคล (Personal Communication Service หรือที่เรียกโดยย่อว่า "PCS") ซึ่งเป็นระบบโทรศัพท์เซลล์ลูล่าร์ระบบแรกที่ออกแบบเพื่อการติดตั้งในรถ และเป็นที่แพร่หลายสำหรับผู้ที่มิได้ดำเนินธุรกิจใดๆ จะเห็นว่าตลอดระยะเวลากว่า 10 ปี ระบบวิทยุเซลล์ลูล่าร์ได้รับความสนใจและพัฒนาเป็นอย่างมาก และอาจกล่าวได้ว่าเรากำลังก้าวเข้าสู่ยุคที่สามของเทคโนโลยีเซลล์ลูล่าร์ นั่นคือ ระบบโทรศัพท์ทางบกเคลื่อนที่สาธารณะ (Future Land Public Mobile System หรือที่เรียกโดยย่อว่า "FPLMTs" หรือ International Mobile Telecommunications หรือ "IMT 2000") ซึ่งเป็นระบบที่มีลักษณะคล้ายคลึงกันตามสถาบันมาตรฐานโทรคมนาคมยุโรป (European Telecommunications Standards Institute หรือ "ETSI") ซึ่งที่เป็นรู้จักกันดี คือ ระบบโทรคมนาคมเคลื่อนที่สากล (Universal Mobile Telecommunications System หรือที่เรียกโดยย่อว่า "UMTs")

นอกเหนือจากพัฒนาการระบบวิทยุเคลื่อนที่แล้ว แนวโน้มของเทคโนโลยีบริการทางบกเคลื่อนที่ผ่านดาวเทียมก็หันเหจากการใช้วงโคจรดาวเทียมค้างฟ้า มาสู่ระบบ Low Earth Orbit Satellite หรือที่เรียกโดยย่อว่า "LEOs" ซึ่งอดีตเคยสงวนไว้สำหรับการสื่อสารในทางทหารเท่านั้น แต่ปัจจุบันได้กลายเป็นบริการวิทยุคมนาคมทางพาณิชย์ เมื่อการประชุมฝ่ายบริหารวิทยุคมนาคมระดับโลกปี ค.ศ.1992 ตกลงจัดสรรคลื่นความถี่วิทยุสำหรับบริการเคลื่อนที่ผ่านดาวเทียมในวงโคจรดาวเทียมต่ำ (LEOs) เพื่อการพาณิชย์เป็นครั้งแรก

LEOs เป็นวิวัฒนาการทางเทคโนโลยีที่มีต้นทุนถูกกว่าดาวเทียมในชั้นวงโคจรสถิตย์และแม้จะถูกออกแบบให้มีระยะเวลาการใช้งานที่สั้นกว่า แต่ปัจจุบันมีการเสนอระบบวิทยุทางบกเคลื่อนที่ผ่านดาวเทียมในชั้น LEO ทั้งในระดับภูมิภาคและระดับโลกเป็นจำนวนไม่น้อย เช่น ระบบวิทยุเคลื่อนที่ที่เรียกว่า "Iridium" ที่ให้บริการโทรคมนาคมมือถือไร้สายทั่วโลก รวมทั้งเสียง แฟกซ์ ข้อมูลและการส่งข้อความด้วยดาวเทียม 66 ดวงในชั้นวงโคจรต่ำ ระบบการสื่อสาร Iridium นี้ถูกออกแบบมาเพื่อให้เป็นเครือข่ายโทรศัพท์อิสระที่เชื่อมโยงกับเครือข่ายโทรศัพท์สาธารณะที่มีอยู่ผ่านทางเกตเวย์ ซึ่งระบบนี้จะเริ่มให้บริการในปี ค.ศ.1998 นี้ และอีกระบบ

หนึ่งที่เรียกว่า "Globalstar" ที่จะใช้ดาวเทียมทั้งหมด 48 ดวงในชั้นวงโคจรต่ำ เพื่อให้บริการวิทยุเคลื่อนที่ครอบคลุมเฉพาะพื้นที่ในประเทศอเมริกาเหนือและใต้ ยุโรปตอนกลาง อาฟริกา ประเทศในตะวันออกกลาง สหภาพโซเวียต (ในอดีต) และพื้นที่ที่อยู่ในละติจูดสูงๆ ของโลก เป็นต้น

นอกจากนั้น ยังมีดาวเทียมในชั้นวงโคจรระดับกลาง หรือ Medium Earth Orbit Satellite (หรือที่เรียกโดยย่อว่า "MEOs") สำหรับบริการทางบกเคลื่อนที่ผ่านดาวเทียม ด้วยดาวเทียมทั้งหมด 12 ดวง ซึ่งมีแผนที่จะดำเนินการในปี ค.ศ.1999

จากพัฒนาการทางเทคโนโลยีวิทยุคมนาคมที่กล่าวมาทั้งหมดนี้ แสดงให้เห็นว่าเทคโนโลยีวิทยุคมนาคมได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่องและมีความก้าวหน้าอย่างรวดเร็ว ทำให้ระบอบกฎเกณฑ์และกระบวนวิธีข้อบังคับสำหรับการจัดการคลื่นความถี่วิทยุไม่อาจจะก้าวทันบริการวิทยุคมนาคมที่เกิดขึ้นใหม่ได้อย่างทันท่วงที ในบางครั้ง ระบอบกฎเกณฑ์และกระบวนวิธีข้อบังคับในบางครั้งกลับกลายเป็นอุปสรรคสำคัญต่อการพัฒนาเทคโนโลยีวิทยุคมนาคมไปเสีย ดังเช่น กรณีของบริการทางบกเคลื่อนที่ผ่านดาวเทียมใน LEOs ที่ได้รับการพัฒนาเทคโนโลยีมานาน ก่อนที่การประชุมระดับโลกว่าด้วยวิทยุคมนาคม ปี ค.ศ.1997 จะจัดสรรคลื่นความถี่วิทยุให้แก่บริการนี้ หรือขาดส่งระบอบกฎเกณฑ์ และกระบวนวิธีข้องบังคับเฉพาะหรือโดยตรง กับการใช้คลื่นความถี่วิทยุในระดับวงโคจรต่ำ (Low Earth Orbit) รับรองข้อมติที่ 46 สำหรับการอนุญาตให้นำบทบัญญัติในเรื่องกระบวนวิธีข้อบังคับตามข้อบังคับวิทยุมาปรับใช้กับการแบ่งสรรและการใช้คลื่นความถี่วิทยุใดๆ ในชั้นวงโคจรที่มิใช่ดาวเทียมค้างฟ้า ซึ่งก็หมายรวมถึงการแบ่งสรรใดๆ แก่บริการทางบกเคลื่อนที่ใน LEOs ด้วยนั่นเอง เป็นต้น พัฒนาการทางเทคโนโลยีวิทยุคมนาคมนี้เองเป็นแรงผลักดันสำคัญให้เห็นถึงความจำเป็นที่ต้องมีการปรับรื้อโครงสร้างกฎเกณฑ์และกระบวนวิธีข้อบังคับสำหรับการจัดการคลื่นความถี่วิทยุของสหภาพโทรคมนาคมระหว่างประเทศในปี ค.ศ.1995 ดังจะกล่าวโดยละเอียดในบทที่ 4

2.3 คุณลักษณะเฉพาะของคลื่นความถี่วิทยุ[11]

คลื่นความถี่วิทยุเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่มีลักษณะแตกต่างจากทรัพยากรธรรมชาติทั่วไปหลายประการ นั่นคือ

1. **คลื่นความถี่วิทยุที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้จริงนั้นมีอยู่อย่างจำกัด** เพราะคลื่นความถี่วิทยุที่มนุษย์สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้นั้น มีเพียงร้อยละ 1/13 ของแถบคลื่นความถี่วิทยุที่มีเพื่อการสื่อสารเท่านั้น * ดังนั้น คำกล่าวที่ว่า "คลื่นความถี่วิทยุเป็นทรัพยากรที่มีใช้อย่างจำกัด" จึงหมายถึง การมีอยู่อย่างจำกัดด้วยความสามารถทางเทคโนโลยีในการแสวงหาและดักตวงผลประโยชน์จากทรัพยากร มิใช่ด้วยตัวทรัพยากรเอง [12] การมีอยู่อย่างจำกัดนี้จึงก่อให้เกิดการไม่ยืดหยุ่นของแถบคลื่นความถี่วิทยุและไม่สามารถสับเปลี่ยนได้ นั่นคือ ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนข้อมูลที่ส่งไปในเวลาที่กำหนดและขนาดของความถี่ที่จะใช้ เพราะแถบคลื่นความถี่วิทยุเดียวกัน ไม่สามารถส่งข่าวสารข้อมูลอื่นๆ ในพื้นที่ทางภูมิศาสตร์เดียวกัน เวลาเดียวกัน โดยไม่เสี่ยงต่อการถูกรบกวน ถูกทำลาย ในขณะที่ปัจจุบันมีผู้ต้องการใช้คลื่นความถี่วิทยุมากขึ้น ปัญหาการรบกวนกันของสัญญาณของการติดต่อสื่อสารย่อมเพิ่มมากขึ้นโดยไม่อาจหลีกเลี่ยงได้

---

[11] กรมไปรษณีย์โทรเลข , "การบริหารความถี่วิทยุ" ในวันสื่อสารแห่งชาติ (2527) : หน้า 13-14.

* คือ ความถี่ซึ่งต่ำกว่า สามล้านล้านเฮิรตซ์ เพราะความถี่ต่างๆ ในระดับที่สูงกว่าประมาณร้อยละ 90 ของแถบคลื่นความถี่วิทยุเพื่อการสื่อสาร ถูกไอน้ำทำให้บางลงในบรรยากาศโลก ซึ่งสามารถนำมาใช้ได้เฉพาะอวกาศข้างนอกเท่านั้น

[12] ผลจากการศึกษาของ Joint Technical Advisory Council (JTAC) of the Institute of Electrical and Electronics Engineers and Electronic Industries Association , Radio Spectrum Utilization : A Program for the Administration of the Radio Spectrum , (1965). : 3-6

นอกจากนั้นแถบความถี่คลื่นความถี่วิทยุในแต่ละย่าน มีความเหมาะสมต่อการส่งสัญญาณข่าวสารที่แตกต่างกัน แม้ว่าสภาพการแพร่กระจายของคลื่นความถี่วิทยุในแถบความถี่หนึ่งจะสามารถติดต่อสื่อสารได้ทั่วโลก แต่ขณะเดียวกันแถบคลื่นความถี่อื่นสามารถถ่ายทอดภาพจากโทรทัศน์ หรือสนทนาทางโทรทัศน์เป็นจำนวนมากในเวลาเดียวกันจากเครื่องถ่ายทอดวิทยุเพียงเครื่องเดียว หรือแถบคลื่นความถี่วิทยุอื่นๆ อาจจำกัดระยะทางการติดต่อสื่อสารได้เพียง 2-3 กิโลเมตร หรือแถบคลื่นความถี่นั้นอาจถูกจำกัดการถ่ายทอดข่าวสารข้อมูล ได้เพียงช่องสัญญาณเพียงช่องเดียว ลักษณะเฉพาะของคลื่นความถี่วิทยุที่ถูกจำกัดการติดต่อสื่อสารเฉพาะประเภทใดประเภทหนึ่งเช่นนี้ จึงเป็นปัญหาต่อการนำคลื่นความถี่วิทยุมาใช้ เพราะแถบคลื่นความถี่วิทยุบางส่วนมีความต้องการใช้มาก ในขณะที่แถบคลื่นความถี่บางส่วนไม่มีผู้ใช้หรือมีผู้ใช้แต่น้อยมาก ทั้งที่การบริหารความถี่ที่เกิดประสิทธิภาพ ก็คือ การจัดสรรให้แก่ผู้ใช้จำนวนมากที่สุดเท่าที่จะทำได้ สิ่งนี้จึงเป็นความจำเป็นประการหนึ่งที่ต้องมีการจัดสรรทรัพยากรที่ดี มีประสิทธิภาพ

2. แถบคลื่นความถี่วิทยุไม่มีเขตแดน การแพร่กระจายของคลื่นความถี่วิทยุ มีรัศมีการเดินทางที่แตกต่างกัน เช่น คลื่นดิน ในย่านความถี่ MF มีการเดินทางในระยะที่ใกล้ๆ การติดต่อสื่อสารก็ถูกจำกัดเฉพาะในอาณาเขตของประเทศนั้นๆ แต่ถ้าเป็นคลื่นฟ้า ในย่านความถี่ HF มีการเดินทางโดยการสะท้อนกลับมายังผิวโลกในชั้นบรรยากาศไอโอโนสเฟียร์ ซึ่งสามารถติดต่อสื่อสารได้ในระยะไกลๆ ขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศและความสามารถของอุปกรณ์รับส่งวิทยุประกอบด้วย และในบางครั้งคลื่นความถี่วิทยุในย่านความถี่ MF สามารถติดต่อสื่อสารในลักษณะการเดินทางของคลื่นฟ้าได้เฉพาะเวลากลางคืน เป็นต้น จากความไม่แน่นอนของขอบเขตการส่งสัญญาณ จึงไม่อาจกำหนดเขตแดนการติดต่อได้อย่างแน่ชัด อันแตกต่างจากทรัพยากรอื่นๆ เช่น น้ำมัน ที่สามารถกำหนดเขตแดนได้แน่ชัด

3. คลื่นความถี่วิทยุเป็นทรัพยากรธรรมชาติสากลสำหรับมวลมนุษย์ทุกคน

แม้ทรัพยากรคลื่นความถี่วิทยุจะมิใช่เป็นของรัฐใดรัฐหนึ่งโดยเฉพาะ แต่ในทางปฏิบัติแล้วด้วยปัจจัยต่างๆ ทั้งทางด้านเทคนิค การเมืองและเศรษฐกิจ แต่ละประเทศอาจจะได้รับประโยชน์จากคลื่นความถี่วิทยุที่ไม่เท่าเทียมกัน และภายใต้หลักอำนาจอธิปไตยของรัฐแล้ว แต่ละรัฐมีสิทธิในการดำเนินการแต่เพียงผู้เดียวตราบเท่าที่การกระทำเช่นนั้นไม่เป็นการกระทบต่อการใช้คลื่น

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ความถี่วิทยุของประเทศอื่นๆ ซึ่งโดยส่วนใหญ่การใช้คลื่นความถี่วิทยุของประเทศหนึ่งมักจะกระทบต่อการขยายการใช้คลื่นความถี่วิทยุของอีกประเทศหนึ่ง แต่ทั้งนี้ต้องอยู่ภายใต้เงื่อนไขที่ว่าต้องไม่เป็นเหตุให้เกิดการรบกวนกันอย่างรุนแรง * ต่อการดำเนินการบริการของประเทศข้างเคียง อย่างไรก็ตาม กลไกการจัดการคลื่นความถี่วิทยุใดๆ ภายในแต่ละประเทศจะต้องอยู่ภายใต้กรอบของข้อตกลงหรือระเบียบกฎเกณฑ์ข้อบังคับระหว่างประเทศ

4. ทรัพยากรคลื่นความถี่วิทยุมีลักษณะสามมิติที่เกี่ยวข้องระหว่างกัน นั่นคือ ความถี่ (frequency) เวลา (time) และปริภูมิ (space) [13]

ยกตัวอย่างเช่น ในความเกี่ยวข้องระหว่างมิติทางด้านเวลาและความถี่ ที่จะเป็นตัวบ่งชี้ถึงความเป็นไปได้ในการนำคลื่นความถี่วิทยุกลับมาใช้ใหม่ในหลายๆ พื้นที่ทางภูมิศาสตร์ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับคุณลักษณะการแพร่กระจายทางกายภาพของคลื่นความถี่วิทยุที่เลือก ในทางกลับกัน ด้วยความเกี่ยวข้องระหว่างมิติทั้งสอง ทำให้สามารถนำคลื่นความถี่วิทยุมาใช้ในพื้นที่เดียวกันได้ หากมีการสับเปลี่ยนทางด้านเวลา เป็นต้น ทั้งนี้ ความเกี่ยวข้องระหว่างกันของมิติทางด้านเวลา ความถี่และปริภูมิ จะเกิดประโยชน์และเป็นผลดีอันก่อให้เกิดการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด หากมีระบอบกฎเกณฑ์และกระบวนการประสานงานระหว่างประเทศที่มีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ดีคุณลักษณะข้อนี้หมายถึงว่า แต่ละช่วงที่แตกต่างกันของคลื่นความถี่วิทยุมีคุณลักษณะทางเทคนิคที่แตกต่างกันซึ่งจะเหมาะสมกับบริการวิทยุคมนาคมที่แตกต่างชนิดกัน ด้วยเหตุผลเช่นนี้ จึงเป็นการยากต่อการวางหลักที่เกี่ยวกับคลื่นความถี่วิทยุ เนื่องจาก เงื่อนไขทางเทคนิคและการดำเนินการจะมีความหลากหลายในแต่ละช่วงของคลื่นความถี่วิทยุ

---

* Harmful Interference ตามข้อบังคับวิทยุระหว่างประเทศ 1992 ให้คำนิยามไว้ว่า NOS . 163

"Interference which endangers the functioning of a radionavigation service or of other satety services or seriously degrades, obstructs, or repeatedly interrupts a radiocommunication service operating in accordance with these Regulations."

[13] ปริภูมิ หมายถึง สถานที่หรือพื้นที่ใช้คลื่นความถี่วิทยุ มีลักษณะโครงสร้างแบบเรขาคณิตหรือโครงสร้างแบบอื่น , ดู พจนานุกรม ฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ.2525 , หน้า 515.

ความเกี่ยวข้องระหว่างกันของมิติทางด้านเวลา (time) ความถี่ (frequency) และปริภูมิ (space) ของการใช้คลื่นความถี่วิทยุ ซึ่งจะทำให้สามารถนำเอาทรัพยากรกลับมาใช้หรือนำทรัพยากรมาใช้ร่วมกันได้อย่างมีประสิทธิภาพและเป็นประสิทธิผล คุณลักษณะเช่นนี้เป็นที่ยอมรับในวงวิชาการทางวิศวกรรมศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการคลื่นความถี่วิทยุอย่างกว้างขวาง แม้แต่ในเวทีระหว่างประเทศ ดังที่จะศึกษาในบทถัดไปจะทำให้พบว่า หลักการและแนวความคิดประการหนึ่งในการจัดการคลื่นความถี่วิทยุภายใต้กรรมสารทั้งหลายของสหภาพโทรคมนาคมระหว่างประเทศ (International Telecommunication Union) โดยเฉพาะในช่วงก่อนการปฏิรูปโครงสร้างและกรอบระเบียบกฎเกณฑ์ให้สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงเข้าสู่ยุคเทคโนโลยีสารสนเทศ ข้อพิจารณาทางด้านเทคนิคได้กลายเป็นปัจจัยหลักในการสร้างกรอบและระเบียบกฎเกณฑ์ในการจัดการคลื่นความถี่วิทยุ

หลักการและแนวความคิดในการจัดการคลื่นความถี่วิทยุทางวิศวกรรมศาสตร์ประกอบด้วยหลักการกว้างๆ 3 ประการคือ

1. การใช้งานในสถานที่เดียวกัน ในเวลาเดียวกัน จะต้องจัดสรรให้ใช้ความถี่ต่างกัน
2. การใช้งานในความถี่เดียวกัน ในเวลาเดียวกัน จะต้องจัดสรรให้ใช้สถานที่ต่างกัน
3. การใช้งานในสถานที่เดียวกัน ในความถี่เดียวกัน จะต้องจัดสรรให้ใช้เวลาต่างกัน

หลักการทั้งสามประการสอดคล้องกับหลักวิชาการในการจัดการคลื่นความถี่วิทยุของสหภาพโทรคมนาคมระหว่างประเทศ ซึ่งการจัดการภายใต้หลักการนี้ต้องพิจารณารายละเอียดในเรื่องเวลา (time) ความถี่ (frequency) และปริภูมิหรือที่ตั้งทางภูมิศาสตร์ (space) ดังต่อไปนี้

ก. การพิจารณาเกี่ยวกับเวลา

ในกรณีที่กิจการวิทยุคมนาคมที่มีการใช้งานแน่นอนสม่ำเสมอ มีลูกข่ายจำนวนมากหรือกรณีที่ความถี่ในย่านที่ต้องการใช้จำกัด หรือใช้งานเต็มแล้ว แต่มีความจำเป็นที่จะต้องใช้ความถี่นั้นอีก การแบ่งเวลาการใช้งานเพื่อให้ใช้ความถี่เดียวกัน ในสถานที่เดียวกัน เช่น ระบบการส่งวิทยุโทรเลขทุกจังหวัดในภาคอีสาน อาจกำหนดระยะเวลา 08.00 น.-12.00 น. รับส่งวิทยุโทรเลขระหว่างกรุงเทพฯ-ขอนแก่น และเวลา 13.00 น.-16.00 น. ใช้สำหรับรับส่งวิทยุโทรเลข

ระหว่างกรุงเทพฯ-ยโสธร เป็นต้น จะเห็นว่าการจัดสรรคลื่นความถี่วิทยุ โดยแบ่งเวลาการใช้งาน จะก่อให้เกิดการใช้ทรัพยากรที่มีคุณค่าอย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถใช้งานได้ทั่วทั้งประเทศ หรืออย่างน้อยก็หลายๆ จังหวัดในแถบภูมิภาคหนึ่งๆ

ข. การพิจารณาเกี่ยวกับความถี่

คลื่นความถี่วิทยุในแต่ละย่านมีคุณสมบัติการแพร่กระจายคลื่นที่แตกต่างกัน เช่น ย่านความถี่ LF และ MF ส่วนใหญ่จะแพร่ไปบนพื้นผิวโลกเป็นแบบ Ground Wave ย่าน HF ซึ่งมีคุณสมบัติสะท้อนบรรยากาศชั้นไอโอโนสเฟียร์ สำหรับการติดต่อระยะทางไกลๆ และย่าน UHF แพร่กระจายคลื่นทางตรงในแนวระดับสายตา ใช้สำหรับการติดต่อจุดต่อจุด เป็นต้น ซึ่งคลื่นความถี่วิทยุตั้งแต่ 10 กิโลเฮิรตซ์ ถึง 227 กิกะเฮิรตซ์ ยังสามารถแบ่งออกเป็นแถบคลื่นความถี่ย่อยๆ อีกมากมายหลายช่วง การจัดสรรช่องความถี่จึงต้องให้ใช้ช่องสัญญาณความถี่ที่น้อยที่สุด โดยมีแถบความถี่ที่เหมาะสม นำความถี่ที่ใช้อยู่แล้วในบริเวณอื่นนำมาใช้ซ้ำให้ได้มากที่สุด ซึ่งการแบ่งช่องสัญญาณจะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบที่สำคัญ 3 ประการด้วยกันคือ

- Channel Bandwidth And Spacing คือ การพิจารณาช่องแถบความถี่ โดยจัดช่องแถบความถี่ให้เท่าที่จำเป็น เพียงพอต่อการรับส่งข่าวสารข้อมูลได้อย่างมีคุณภาพและใช้ความเร็วที่เหมาะสม ซึ่งขึ้นอยู่กับประเภทของข่าวสารที่ส่งและประเภทของการมอดูเลต การจัดเช่นนี้เรียกว่า "Channel Bandwidth" และ "Channel Spacing" คือ การจัดให้เป็นไปตามระบบวิทยุที่ใช้ และมี Guard Band ที่เหมาะสม

- Channel Traffic Load คือ การพิจารณาจำนวนความถี่ช่องสัญญาณวิทยุที่ต้องการ ซึ่งต้องพิจารณาระบบวิทยุที่ใช้ และจำนวน traffic ซึ่งขึ้นอยู่กับจำนวนผู้ใช้ จำนวนการเรียกและเวลาที่พูดติดต่อ

- Coverage Area And Frequency Reuse Distance คือ การพิจารณาให้ใช้ครอบคลุมพื้นที่กว้างและนำความถี่ที่ใช้ในพื้นที่หนึ่งแล้ว มาใช้งานใหม่ในพื้นที่อื่นๆ ซึ่งอยู่ในระยะที่ห่างกัน เช่น กรณีวิทยุโมบายล์ (Radio Mobile) เป็นการใช้หลักการแบ่งพื้นที่ที่ต้องการออกเป็น เซลล์หลายเซลล์ โดยแต่ละเซลล์มีขนาดเท่ากัน และความถี่ที่จะนำมาใช้ซ้ำควรมีสถานีที่ห่างกัน เป็นต้น

ค. การพิจารณาเกี่ยวกับปริภูมิ

เนื่องจากลักษณะสภาพทางภูมิศาสตร์มีผลต่อรัศมีการแพร่กระจายของคลื่นความถี่วิทยุ ว่าจะครอบคลุมพื้นที่ได้มากกว่าเพียงใด ซึ่งต้องขึ้นอยู่กับสภาพภูมิประเทศ ระบบวิทยุที่ใช้ชุดเครื่องอุปกรณ์วิทยุและนอยส์ (Noise) และสัญญาณรบกวนอื่นๆ หากเข้าใจสภาพภูมิศาสตร์ได้ดี จะสามารถจัดสรรคลื่นความถี่ที่เรียกว่า " Frequency Reuse" คือ นำความถี่ที่ใช้อยู่ในพื้นที่อื่นมาใช้ซ้ำได้ ในบริการวิทยุคมนาคมอีกพื้นที่หนึ่ง หรือหลายๆ พื้นที่พร้อมกันในเวลาเดียวกัน

ประการสำคัญจะต้องพิจารณาเกี่ยวกับปริภูมิหรือที่ตั้งทางภูมิศาสตร์ ได้แก่ การคำนวณเขตบริเวณที่อาจก่อให้เกิดการรบกวนกันระหว่างสถานีวิทยุตั้งแต่ 2 สถานีขึ้นไป โดยการกำหนด Usable Field Strength ของสถานีวิทยุที่ต้องการ และต้องมี Protection Ratio ระหว่างสัญญาณที่ต้องการรับกับสัญญาณที่ไม่ต้องการรับ นอกจากนั้นต้องคำนึงถึงสถานีข้างเคียงที่ใช้ช่องสัญญาณเดียวกัน (Co-Channel) และใช้ความถี่ข้างเคียง (Adjacent Channel) และในบางครั้งต้องคำนึงถึงสถานีต่างประเทศด้วย (Co-Ordinate)

หลักการและแนวความคิดทางเทคนิคดังกล่าวทั้งหมด เป็นที่ยอมรับกันอย่างกว้างขวางทั้งในระดับประเทศและโดยเฉพาะในระดับระหว่างประเทศ ที่แม้จะไม่มีบทบัญญัติมาตราใดในธรรมนูญหรืออนุสัญญาสหภาพโทรคมนาคมระหว่างประเทศหรือข้อบังคับวิทยุระหว่างประเทศกล่าวถึงการยอมรับหลักการและแนวความคิดดังกล่าวไว้โดยตรง แต่หากพิจารณาจากที่มาแห่งเนื้อหาแห่งบทบัญญัติข้อบังคับวิทยุระหว่างประเทศทั้งในส่วนที่เป็นกฎเกณฑ์ข้อบังคับ เช่น การจัดสรรตามตารางการจัดสรรคลื่นความถี่วิทยุ (Table of Frequency Allocation) หรือการจัดทำแผนจัดแบ่งคลื่นความถี่วิทยุ (Allotment Plan) ที่อนุญาตให้มีการใช้คลื่นความถี่วิทยุย่านเดียวกัน เพื่อให้บริการที่แตกต่างกัน รวมถึงการอนุญาตให้มีการทำ footnote สำหรับบางประเทศที่อาจมีปัญหาด้วยลักษณะทางภูมิประเทศ จึงไม่อาจใช้คลื่นความถี่วิทยุเพื่อให้บริการวิทยุคมนาคมตามที่กำหนดในตารางการจัดสรรคลื่นความถี่วิทยุได้ เป็นต้น และในส่วนที่เป็นกระบวนวิธีข้อบังคับภายใต้ธรรมนูญสหภาพโทรคมนาคมระหว่างประเทศและข้อบังคับวิทยุระหว่างประเทศ เช่น การประสานงานการใช้คลื่นความถี่วิทยุร่วมกันของบริการวิทยุคมนาคมเดียวกันแต่ต่างพื้นที่ หรือบริการวิทยุคมนาคมที่แตกต่างกันในพื้นที่เดียวกัน เป็นต้น ก็จะพบว่าระบอบกฎเกณฑ์หรือกระบวนวิธีข้อบังคับดังตัวอย่าง ได้ปรับหลักการและแนวความคิดทาง

เทคนิคมาใช้สำหรับการจัดการคลื่นความถี่วิทยุในเวทีระหว่างประเทศ ทั้งนี้เพื่อให้บรรลุผลแห่งการจัดการคลื่นความถี่วิทยุอย่างประหยัดและมีประสิทธิภาพสูงสุด

หลักการและแนวความคิดทางเทคนิคเพียงลำพังคงไม่เพียงพอ หลักการทางกฎหมายสำหรับการจัดการคลื่นความถี่วิทยุจึงเป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างยิ่ง **ด้วยคุณสมบัติการไร้พรมแดนของทรัพยากรคลื่นความถี่วิทยุ** อันเป็นลักษณะเฉพาะตัวที่สำคัญและเป็น**จุดเกาะเกี่ยวของการสร้างระบอบกฎเกณฑ์ระหว่างประเทศ**เพื่อกำกับหรือควบคุมการใช้คลื่นความถี่วิทยุในระดับระหว่างประเทศ เพราะแม้ว่าทุกรัฐจะสามารถใช้สิทธิอธิปไตยเหนือทรัพยากรธรรมชาติของตน แต่สิ่งที่ต้องตระหนักก็คือ สภาพความเป็นทรัพยากรธรรมชาติระหว่างประเทศของตัวทรัพยากรที่ได้กลายเป็นปัจจัยสำคัญในการจำกัดหรือกำหนดขอบเขตของการใช้อำนาจรัฐเหนือทรัพยากร และที่สำคัญยิ่งกว่านั้น ก็คือ สภาพการมีอยู่อย่างจำกัดของทรัพยากร (limited resource) ซึ่งในที่นี้หมายถึง ***ความจำกัดในแง่ของความสามารถทางเทคโนโลยีในการเข้าใช้ประโยชน์และเป็นการเข้าใช้ประโยชน์อย่างมีประสิทธิภาพ*** ไม่ก่อให้เกิดการสูญเปล่าของทรัพยากรอันเนื่องมาจากการลดทอนของสัญญาณในการรับหรือส่งสัญญาณ ซึ่งแม้การลดทอนดังกล่าวจะไม่กระทบต่อความสามารถติดต่อสื่อสารทีเดียว แต่ก็ถือว่าเป็นการสูญเสียทางเศรษฐกิจ นอกจากนั้นในแง่ของทรัพยากรที่สามารถนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์ได้ก็อยู่ในความหมายอีกประการหนึ่งของสภาพการมีอยู่อย่างจำกัดอีกด้วย ทั้งนี้เพราะคลื่นความถี่วิทยุที่มนุษย์สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ ส่วนใหญ่ก็ถูกนำมาใช้เกือบหมดแล้ว ขณะที่ความต้องการใช้ทรัพยากรคลื่นความถี่วิทยุกลับมีมากขึ้น โดยเฉพาะในบางช่วงของแถบคลื่นความถี่วิทยุหรือในบางภูมิภาค (แบ่งตามลักษณะทางภูมิศาสตร์) ที่จะมีการใช้อย่างหนาแน่น ไม่มีช่องว่างสำหรับบริการวิทยุคมนาคมต่างๆ ที่จะเกิดขึ้นใหม่ ด้วยลักษณะเฉพาะตัวเช่นนี้ ปัญหาหรือความขัดแย้งอันมาจากความเป็นทรัพยากรที่หายาก (scare resource) ได้กลายเป็นปัจจัยสำคัญของการสร้างกระบวนการหรือกฎระเบียบในการจัดการคลื่นความถี่วิทยุในระดับระหว่างประเทศ

ความขัดแย้งที่เกิดขึ้น จะเกิดขึ้นระหว่างผู้ที่สามารถเข้าใช้ประโยชน์และผู้ที่ไม่สามารถเข้าใช้ประโยชน์ในทรัพยากรนี้ได้ ซึ่งไม่ใช่เป็นเพียงความขัดแย้งในเรื่องของการแข่งขันการเข้าใช้ประโยชน์เท่านั้น แต่รวมถึงความขัดแย้งที่ว่าใครจะเป็นผู้ที่เข้าไปจัดการและสามารถใช้ประโยชน์ได้บ้าง และลักษณะการเป็นทรัพยากรหายากซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะตัวนี้ มิใช่เกิดจากปัจจัยเพียงข้างต้นนี้เท่านั้น แต่เกิดจากหลายปัจจัยด้วยกัน เช่น การขาดอุปกรณ์และเครื่องมือที่

ทันสมัยเพียงพอ อาจก่อให้เกิดการลดทอนของสัญญาณหรือการรบกวนต่อสถานีรับและสถานีส่งในระบบการติดต่อสื่อสารไร้สาย ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของความสูญเปล่าของทรัพยากรทางเศรษฐกิจหรือการสร้างข้อผูกพันใดๆ ในการลงทุนในเทคโนโลยีเก่าๆ ที่ได้รับการปกป้องเป็นเวลาหลายปี และการแก้ไขเทคโนโลยีเพื่อการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้คลื่นความถี่วิทยุที่ต้องเสียค่าใช้จ่ายแพงและแพงกว่าเทคโนโลยีเก่ามาก เป็นต้น

แนวความคิดในการจัดการคลื่นความถี่วิทยุในระดับระหว่างประเทศเกิดเป็นรูปธรรมครั้งแรกในปี ค.ศ.1903 เมื่อมีการก่อตั้งสหภาพวิทยุโทรเลข และเปลี่ยนเป็น "สหภาพโทรคมนาคมระหว่างประเทศ" (International Telecommunication Union) อย่างไรก็ตาม ระบบการจัดการคลื่นความถี่วิทยุระหว่างประเทศของสหภาพโทรคมนาคมระหว่างประเทศเป็นลักษณะของความสมัครใจ (voluntary) ภายใต้ธรรมนูญหรืออนุสัญญาสหภาพโทรคมนาคมระหว่างประเทศ และข้อบังคับวิทยุระหว่างประเทศ ซึ่งจะมีสภาพผูกพันทางกฎหมายเฉพาะประเทศสมาชิกสหภาพโทรคมนาคมระหว่างประเทศ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย