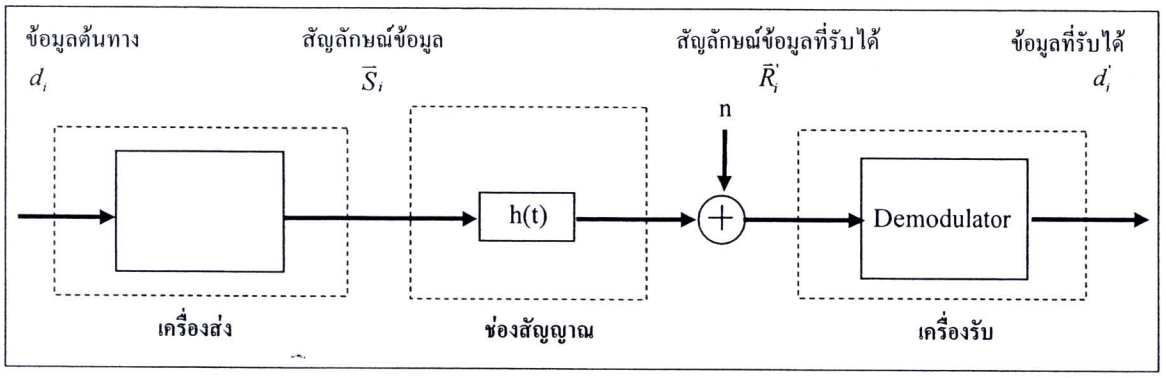
บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ระบบสื่อสารเคลื่อนที่ เป็นรูปแบบหนึ่งของระบบสื่อสารสำหรับส่งข้อมูลแบบแอนะล็อกหรือดิจิทัลจากเครื่องส่งไปสู่เครื่องรับผ่านช่องสัญญาณแบบไร้สายต่างๆ เช่น ระบบโครงข่ายคอมพิวเตอร์ไร้สาย และ ระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ เป็นต้น แต่เนื่องจากคุณลักษณะของช่องสัญญาณไร้สายที่สามารถเปลี่ยนแปลงตามองค์ประกอบต่าง ๆ ได้ เช่น สิ่งแวดล้อมทางกายภาพ ความเร็วในการเคลื่อนที่ของอุปกรณ์เครื่องรับหรือส่ง และ อุณหภูมิ เป็นต้น จึงส่งผลให้สัญญาณข้อมูลที่ถูกรับได้ ณ เครื่องรับอาจมีลักษณะที่ผิดเพี้ยนไป ดังนั้นจึงได้มีการพัฒนาเทคโนโลยีและวิธีการต่าง ๆ ขึ้นมาเพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว ซึ่งมีสาเหตุมาจากสัญญาณรบกวนและการทับซ้อนระหว่างสัญลักษณ์

การออกแบบและใช้งานระบบสื่อสารเคลื่อนที่เพื่อส่งข้อมูลดิจิทัลนั้น มีความจำเป็นต้องพิจารณาองค์ประกอบต่าง ๆ ของระบบสื่อสาร เช่น ขนาดแบนด์วิดท์ (Bandwidth) ของช่องสัญญาณที่ใช้งาน อัตราเร็วในการส่งข้อมูล และ สัดส่วนกำลังสัญญาณที่ได้รับต่อกำลังสัญญาณรบกวน เป็นต้น โดยจะต้องมีการออกแบบให้เหมาะสมเพื่อให้สามารถใช้งานระบบสื่อสารได้อย่างมีประสิทธิภาพและไม่เป็นการรบกวนช่องสัญญาณอื่น ๆ ซึ่งข้อมูลที่เป็นสัญญาณดิจิทัล d_i ต้องผ่านกระบวนการมอดุเลต (Modulate) ก่อนถูกส่งผ่านระบบสื่อสารเพื่อแปลงข้อมูลให้เป็นสัญลักษณ์ข้อมูล $\vec{S}_i$ ที่คุณสมบัติเหมาะสมต่อการส่งผ่านช่องสัญญาณ และเมื่อเครื่องรับสัญญาณตรวจจับสัญลักษณ์ดังกล่าวได้จะเรียกว่า $\vec{R}_i$ สัญลักษณ์ดังกล่าวนั้นจะถูกนำมาผ่านกระบวนการดีมอดุเลต (Demodulate) เพื่อแปลงสัญญาณข้อมูลให้กลายเป็นข้อมูลดิจิทัล d_i' เพื่อนำไปใช้งานต่อไป โดยพบว่า ข้อมูลดิจิทัลที่ได้จากทำงานของเครื่องรับนั้น อาจมีข้อมูลผิดพลาดไปเมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลที่ถูกส่งออกไปจากเครื่องส่ง ซึ่งเกิดมาจากผลขององค์ประกอบต่าง ๆ ในระบบสื่อสาร สำหรับองค์ประกอบหลักที่จะส่งผลให้ข้อมูลที่ถูกส่งผ่านระบบสื่อสารเกิดความผิดพลาดขึ้นนั้น เกิดมาจากการถูกรบกวนจากสัญญาณรบกวนและเกิดจากลักษณะในการส่งข้อมูลที่สัญญาณข้อมูล $\vec{S}_i$ สามารถเดินทางไปถึงเครื่องรับได้จากหลายทิศทางด้วยกัน โดยที่ในแต่ละวิถี อาจจะมีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน จึงส่งผลให้เกิดการรบกวนระหว่างกันได้และก่อให้เกิดความผิดเพี้ยนของสัญญาณขึ้น



รูปที่ 1.1 การส่งข้อมูลผ่านช่องสัญญาณไร้สาย

เพื่อแสดงถึงลักษณะของช่องสัญญาณแบบไร้สาย แบบจำลองทางคณิตศาสตร์จึงถูกนำมา ใช้สำหรับแสดงผลกระทบของสัญญาณรบกวนและการทับซ้อนระหว่างสัญลักษณ์ที่เกิดขึ้นในช่องสัญญาณ ในกรณีที่มีการพิจารณาสัญญาณข้อมูลทุก ๆ คาบเวลา T พบว่าลักษณะของสัญลักษณ์ข้อมูล $\vec{R}_i$ ที่ถูกตรวจจับได้ที่เครื่องรับ ณ เวลาใด ๆ มีลักษณะความสัมพันธ์กับสัญลักษณ์ข้อมูล $\vec{S}_i$ ที่ถูกส่งออกไปจากต้นทางตามสมการ (1.1)[1]

$$\begin{aligned}\vec{R}_i &= h(t)\vec{S}_i + \vec{n} \\ &= \sum_{k=0}^{L_c-1}(a_{k,i}e^{j\varphi_{k,i}}.\vec{S}_k) + \vec{n}_i \end{aligned} \tag{1.1}$$

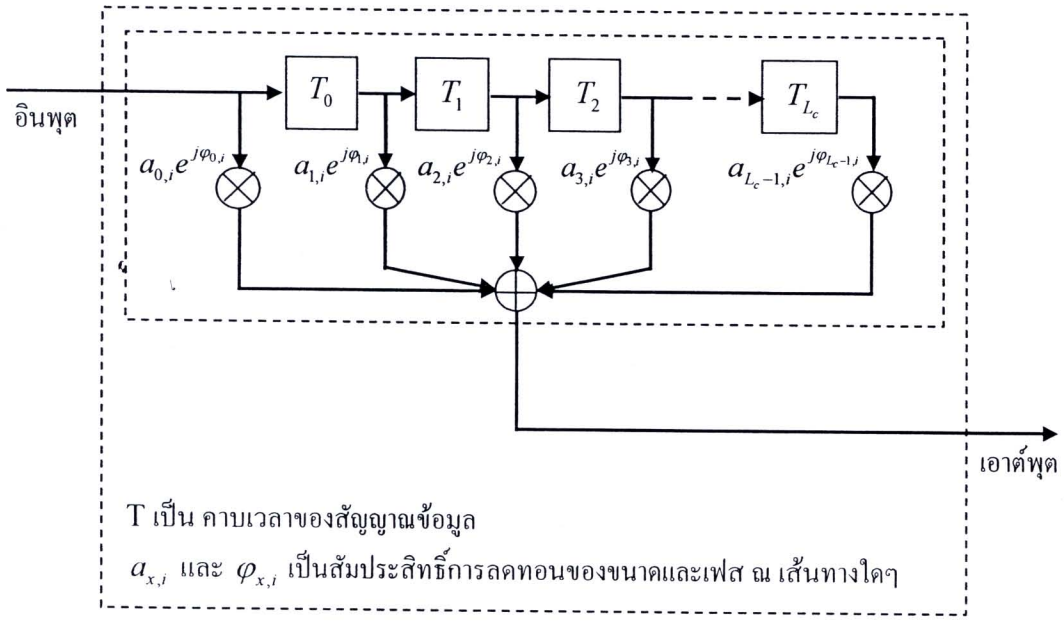
โดยตัวแปร $a_{k,i}$ และ $\varphi_{k,i}$ เป็นขนาดและเฟสของการจางหายของสัญญาณสัญลักษณ์ในวิถีใด ๆ L_c เป็นจำนวนวิถีที่ถูกนำมาคำนวณ และ $\vec{n}_i$ เป็นตัวแปรสุ่มสำหรับแสดงลักษณะของสัญญาณรบกวน เป็นตัวแปรที่มีการแจกแจงแบบเกาส์ (Gaussian Distribution) ที่มีลักษณะดังสมการ

$$p(n) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}}e^{-(n-\bar{n})^2/2\sigma^2} \tag{1.2}$$

---

[1] C. Douillard, M. Jezequel, C. Berrou, A. Picart, P.Didier, and A. Glavieux. (1995). "Iterative correction of intersymbol interference: Turbo-equalization." **European Transactions on Telecommunications**. (Vol. 6, pp.507-511).

สำหรับ σ^2 และ $\bar{n}$ เป็นความแปรปรวน (Variance) และค่าเฉลี่ย (Mean) ของสัญญาณรบกวนที่ได้จากการสุ่ม ดังนั้น จากสมการที่ (1.1) สามารถนำไปใช้ในการเขียนแบบจำลองสำหรับช่องสัญญาณแบบไร้สายได้ดังรูปที่ 1.2



รูปที่ 1.2 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของช่องสัญญาณไร้สาย h(t)

จากการศึกษาคุณสมบัติของช่องสัญญาณแบบไร้สาย พบว่าลักษณะของสัญลักษณ์ข้อมูล $\bar{R}_i$ ที่ถูกตรวจจับได้ ณ เครื่องรับ อาจมีลักษณะที่ผิดเพี้ยนไปได้จากสาเหตุต่างๆ จึงได้มีการพัฒนาวิธีการต่างๆขึ้นมาเพื่อลดความผิดพลาดของข้อมูลที่ถูกส่งผ่านระบบสื่อสาร เช่น การใช้ตัวปรับแต่งสัญญาณ (Equalizer) เป็นต้น ซึ่งจะช่วยลดผลกระทบที่เกิดจากการผิดเพี้ยนของสัญลักษณ์ข้อมูลที่รับได้

การปรับแต่งสัญญาณล่วงหน้า (Precoding)[1][2][3] ที่เครื่องรับ หรือการเข้ารหัสเพื่อแก้ไขข้อมูลที่ผิดพลาดที่เครื่องส่ง เป็นวิธีการหนึ่งที่ใช้สำหรับลดความผิดพลาดในการส่งข้อมูลผ่าน

---

[1] Kenichi Kobayshi, Tomoaki Ohtsuki, and Toshinobu Kaneko. (2007, November). "Precoding for MIMO System in Line-Of-Sight (LOS) Environment". **IEEE Global Telecommunications conference**. (pp. 4370-4374).

[2] Frank A. Dietrich, Peter Breun, and Wolfgang Utschick. (2007, February). "Robust Tomlinson-Harashima Precoding for the Wireless Broadcast Channel". **IEEE Transactions Signal Processing**. (Vol. 55, pp.631-644).

[3] T. Philosof, U. Erez, and R. Zamir. (2002, December). "Precoding for Interference Cancellation at Low SNR". **Electrical and Electronics Engineer**. (pp.144-147). ISRAEL.

ระบบสื่อสาร ผลลัพธ์ที่ได้จากการทำงานทำให้ข้อมูลที่ถูกส่งผ่านระบบสื่อสารมีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น ซึ่งถูกนำมาใช้ในงานหลายประเภทด้วยกัน เช่น ระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ ระบบสื่อสารผ่านดาวเทียม เป็นต้น โดยมีวิธีการปรับแต่งสัญญาณล่วงหน้าที่ใช้หลายวิธีด้วยกัน ซึ่งแต่ละวิธีนั้นมีจุดเด่นและจุดด้อยในลักษณะที่แตกต่างกันออกไป จากปัญหาที่กล่าวข้างต้น ในวิทยานิพนธ์นี้จึงเป็นการนำเสนอวิธีการอีกรูปแบบ เพื่อที่จะเพิ่มประสิทธิภาพของระบบการสื่อสารเคลื่อนที่ โดยเป็นวิธีการที่ไม่มีความซับซ้อน ซึ่งหลักการพื้นฐานและวิธีการปรับแต่งสัญญาณที่นิยมใช้งานจะมีการกล่าวถึงในบทที่ 2 และวิธีการจัดกลุ่มสัญลักษณ์แบบชดเชยสำหรับวิทยานิพนธ์นี้ จะมีการนำเสนอในบทที่ 3

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 ศึกษาและพัฒนา วิธีการจัดกลุ่มสัญลักษณ์แบบชดเชย เพื่อลดการเกิดความผิดพลาดในการส่งข้อมูล ที่อยู่ในสภาวะแวดล้อมของช่องสัญญาณที่มีการจางหายเรย์ลีห์แบบเลือกความถี่

1.2.2 จำลองสถานการณ์เพื่อวัดประสิทธิภาพของระบบที่นำเสนอ เพื่อให้ทราบถึงความผิดพลาดในการส่งข้อมูล ของระบบการสื่อสารเคลื่อนที่ ที่อยู่ในสภาวะแวดล้อมที่กำหนดไว้

1.3 สมมติฐานของการวิจัย

1.3.1 ศึกษาวิจัยและพัฒนารูปแบบการทำงานเชิงทฤษฎีสำหรับระบบการสื่อสารเคลื่อนที่ เพื่อป้องกันความผิดพลาดในการส่งข้อมูลดิจิทัล ที่นำหลักการทำงานของวิธีการจัดกลุ่มสัญลักษณ์แบบชดเชยมาใช้ เพื่อลดผลกระทบของการจางหายในสภาวะแวดล้อมของช่องสัญญาณที่เป็นรูปแบบของการจางหายเรย์ลีห์

1.3.2 สร้างระบบจำลองที่จำลองระบบที่ใช้การจัดกลุ่มสัญลักษณ์แบบชดเชย สำหรับการสื่อสารไร้สายที่อยู่ในสภาวะแวดล้อมของช่องสัญญาณที่เป็นรูปแบบของการจางหายเรย์ลีห์

1.3.3 ศึกษารูปแบบการทำงานของระบบการจัดกลุ่มสัญลักษณ์แบบชดเชยที่มีการใช้งานร่วมกับระบบสื่อสารเคลื่อนที่

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ได้ระบบที่ใช้แบนด์วิดท์อย่างมีประสิทธิภาพ มีสมรรถนะที่ดีขึ้นในแง่ของอัตราบิตผิดพลาด และมีความซับซ้อนไม่มากนัก เหมาะสมกับระบบการสื่อสารเคลื่อนที่โดยที่เครื่องรับมีการส่งข้อมูลป้อนกลับมาที่เครื่องส่งในอัตราที่ต่ำมาก เพื่อให้ทราบถึงลักษณะของช่องสัญญาณ ณ ช่วงเวลาขณะนั้น