บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาของ OFDM

ช่วงกลางยุคปี ค.ศ. 1960 Chang [1] ได้เสนอหลักการส่งข้อความผ่านช่องสัญญาณโดยปราศจาก ICI (interchannel interference) และ ISI (intersymbol interference) ต่อมาไม่นาน Saltzberg [2] ก็ได้ทำการวิเคราะห์แนวคิดนั้น และสรุปว่าควรจะมุ่งเน้นศึกษาวิธีการส่งสัญญาณในแบบขนานที่มีประสิทธิภาพมากกว่าที่จะมุ่งเน้นไปที่การลดการไขว้แทรก (crosstalk) ระหว่างช่องสัญญาณข้างเคียงในการส่งสัญญาณคลื่นพาห์เดียว [3, 4] เพราะว่าการลดทอนส่วนใหญ่เป็นผลมาจากการไขว้แทรก คำว่า OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) นี้เริ่มเป็นที่แพร่หลายอย่างจริงจังในปี ค.ศ. 1971 เมื่อ Weinstein และ Elbert [5] ได้นำวิธีการแปลงฟูริเยร์ (Discrete Fourier Transform : DFT) มาใช้ในการมอดูเลตสัญญาณเบสแบนด์ ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการลดจำนวนมอดูเลเตอร์ที่ใช้ นอกจากนี้ยังได้เสนอเวลาคุม (guard time) เพื่อแก้ปัญหา ICI และ ISI อีกด้วย แต่เวลาคุมในตอนนี้ยังให้ผลลัพธ์ไม่ดีนักจนกระทั่งในปี ค.ศ. 1980 เมื่อ Paled และ Ruiz [6] สามารถแก้ปัญหาความตั้งฉากของสัญญาณได้โดยการใส่ cyclic prefix (CP) หรือ cyclic extension ในเวลาคุมของแต่ละสัญลักษณ์ OFDM แทนของเก่าซึ่งไม่ได้ใส่อะไรเลยในเวลาคุม ปัจจุบัน OFDM นำไปใช้กับ digital audio broadcasting (DAB) ในแถบยุโรปและอเมริกาเหนือ นอกจากนี้ยังสามารถประยุกต์เพื่อนำไปใช้กับการส่งสัญญาณโทรทัศน์แบบดิจิทัลได้อีกด้วย OFDM โดยพื้นฐานคือการส่งสัญญาณแบบหลายคลื่นพาห์รูปแบบหนึ่ง ข้อมูลจะถูกแยกส่งไปกับคลื่นพาห์ย่อย ๆ จำนวนหนึ่งด้วยอัตราบิตที่ต่ำกว่าเมื่อเทียบกับในกรณีที่ใช้คลื่นพาห์เดียว ซึ่งจากลักษณะนี้ทำให้มองได้ว่า OFDM เป็นเทคนิคในการมอดูเลตหรือการมัลติเพลกซ์แบบหนึ่งก็ได้ ข้อดีของการมอดูเลตสัญญาณด้วยวิธี OFDM ซึ่งเป็นการส่งสัญญาณที่ใช้คลื่นพาห์หลายชุด เมื่อเทียบกับการส่งสัญญาณด้วยวิธีทั่วไปที่ใช้เพียงคลื่นพาห์เดียวคือ การมอดูเลตด้วยวิธี OFDM สามารถช่วยเพิ่มความทนทานต่อ frequency selective fading หรือ narrow band interference ซึ่งเมื่อเกิดการรบกวนเช่นนี้ก็จะส่งผลต่อสัญญาณเพียงบางส่วนของ OFDM เท่านั้น ในขณะที่จะเกิดกับสัญญาณทั้งหมดในกรณีของคลื่นพาห์เดียว และการเข้ารหัสสัญญาณสามารถนำมาใช้ในกรณีนี้เพื่อแก้ไขความผิดพลาดบางส่วนที่เกิดขึ้นได้

การส่งสัญญาณด้วยวิธี OFDM ซึ่งเป็นการส่งสัญญาณแบบขนานทางความถี่โดยที่ยอมให้มีการซ้อนทับกัน (overlapping) ของแถบความถี่ได้ จึงทำให้สามารถลดแถบความถี่ที่ต้องใช้ได้กว่า 2 เท่า แต่เพื่อไม่ให้เกิดการรบกวนจากการซ้อนทับกันของแถบความถี่ แต่ละช่องสัญญาณจะต้องมีคุณสมบัติตั้งฉาก (orthogonal) ซึ่งกันและกันเสมอ ข้อดีหลัก ๆ ของระบบ OFDM คือทนต่อการรบกวนที่เกิดในสัญญาณพหุวิถีได้ดีเนื่องจากใช้อัตราในการส่งสัญญาณต่ำ อย่างไรตาม OFDM ก็มีข้อเสียตรงที่มีความไว (sensitive) ต่อการรบกวนทางความถี่และเฟสและมี peak-to-average power ratio มากทำให้ประสิทธิภาพของ RF amplifier ต่ำ [11]

ในงานวิจัยอ้างอิง [7, 8] ได้เสนอวิธีการลดผลกระทบของการแทรกสอดภายในสัญลักษณ์ (innersymbol interference : INSI) โดยการใช้กระบวนการหักล้าง (canceling) ร่วมกับการประมาณค่าเฟดดิงของช่องสัญญาณจากสัญลักษณ์นำ [7-10] โดยมีหลักการคือพยายามหักล้างสัญญาณในวิถีส่วนเกินออกไป และให้เหลืออยู่แต่สัญญาณในวิถีหลักเท่านั้น ผลของงานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่ากระบวนการหักล้างสามารถใช้ลดผลกระทบของ INSI ในระบบ OFDM ได้จริง แต่อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาถึงกระบวนการหักล้างแล้วค่อนข้างซับซ้อน เนื่องจากต้องมีการจำลองสัญญาณทุกบิตตลอดเวลา ซึ่งอาจจะทำให้เวลาในการประมวลผลมากโดยไม่จำเป็น

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงเสนอการใช้อีควอไลเซอร์ (Equalizer) [13, 15] แบบ Zero-Forcing (ต่อจากนี้ไปจะขอเรียกอีควอไลเซอร์แบบ Zero-Forcing สั้น ๆ ว่าอีควอไลเซอร์) ซึ่งสามารถใช้ลดผลกระทบของ INSI จากผลของพหุวิถีได้เช่นเดียวกัน กระบวนการทำงานของอีควอไลเซอร์เมื่อเทียบกับกระบวนการหักล้างจะมีความซับซ้อนน้อยกว่า หากแต่ถ้าจะใช้เพียงอีควอไลเซอร์และให้ได้ประสิทธิภาพเทียบเท่ากับการใช้กระบวนการหักล้างแล้ว อีควอไลเซอร์นั้นจำเป็นที่จะต้องใช้แท็ปจำนวนมากซึ่งจะทำให้สิ้นเปลืองและเพิ่มความซับซ้อนให้ระบบมากเกินไป ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเสนอระบบที่ใช้การทำงานร่วมกันระหว่างอีควอไลเซอร์และกระบวนการหักล้าง ซึ่งจะขอเรียกว่าระบบจัดสรรการทำงาน (Assignment Managing System) และเพื่อให้ระบบมีการทำงานโดยรวมน้อยที่สุดก็จะมีการปรับปรุงรายละเอียดบางอย่างเพิ่มเติมและเรียกว่า ระบบจัดสรรการทำงานแบบปรับค่าได้ (Adaptive Assignment Managing System)

1.2 แนวทางของงานวิจัย

งานวิจัยนี้พยายามจะลดผลกระทบของ INSI ซึ่งเกิดกับสัญญาณพหุวิถีโดยใช้ระบบจัดสรรการทำงานซึ่งเป็นการทำงานร่วมกันของอีควอไลเซอร์และกระบวนการหักล้าง ที่ภาครับจะมีการ

ประมาณค่าเฟดดิงของช่องสัญญาณจากสัญลักษณ์นำ (pilot symbol) เพื่อนำมาใช้ในระบบจัดสรรการทำงานด้วย ข้อดีของระบบที่มีการจัดสรรการทำงานเมื่อเทียบกับระบบทั่วไปคือจะทำให้อีควอไลเซอร์ที่ใช้มีจำนวนแท็ปที่น้อยกว่า แต่ยังคงสามารถให้ประสิทธิภาพเทียบเท่าอีควอไลเซอร์ซึ่งใช้จำนวนแท็ปมาก ๆ ทั้งนี้เนื่องจากมีส่วนกระบวนการหักล้างเข้ามาช่วยเหลือ แม้ว่ากระบวนการหักล้างจะมีความซับซ้อนกว่าดังได้กล่าวไว้ในข้างต้น แต่การใช้กระบวนการหักล้างในร่วมกับระบบจัดสรรการทำงานนั้นจะทำให้เกิดการทำงานเพียงบางส่วนเท่านั้น นอกจากนี้เพื่อให้สัดส่วนการพึ่งพากระบวนการหักล้างมีค่าเหมาะสมที่สุด ก็จะมีการปรับให้ระบบจัดสรรการทำงานมีความสามารถในการปรับค่าการตัดสินใจ ซึ่งเป็นค่าที่ใช้บอกว่าจะให้กระบวนการหักล้างทำงานหรือไม่ โดยค่านี้จะเปลี่ยนไปตามความเหมาะสมในแต่ละค่าพลังงานของสัญญาณ ระบบเช่นนี้เรียกว่าระบบจัดสรรการทำงานแบบปรับค่าได้

1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อหาแนวทางในการเพิ่มสมรรถนะของระบบ OFDM จากการลดผลกระทบที่เกิดจากสัญญาณพหุวิถีโดยการประยุกต์นำเอาอีควอไลเซอร์มาทำงานร่วมกับกระบวนการหักล้าง

1.4 ขอบเขตวิทยานิพนธ์

1. เขียนโปรแกรมจำลองระบบ OFDM แบบทั่วไปรวมถึงวิธีการประมาณค่าเฟดดิงของช่องสัญญาณจากสัญลักษณ์นำและกระบวนการหักล้าง พร้อมทั้งทดสอบสมรรถนะของวิธีการดังกล่าว
2. ปรับปรุงวิธีการแก้ปัญหาในสัญญาณที่เกิดพหุวิถี โดยการนำอีควอไลเซอร์มาใช้ร่วมกับกระบวนการหักล้างและเปรียบเทียบผลที่ได้กับวิธีการเดิม

1.5 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน

1. ศึกษาหลักการของ OFDM
2. ศึกษาการประมาณค่าเฟดดิงของของช่องสัญญาณจากสัญลักษณ์นำ
3. ศึกษาการแก้ปัญหาสัญญาณพหุวิถีด้วยกระบวนการหักล้าง
4. เขียนโปรแกรมจำลองระบบและกำหนดพารามิเตอร์ต่าง ๆ ในการจำลองเพื่อทดสอบสมรรถนะของกระบวนการหักล้างและเปรียบเทียบกับงานวิจัยที่ผ่านมา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5. ปรับปรุงวิธีการแก้ปัญหาสัญญาณพหุวิถีโดยนำเอาอีควอไลเซอร์มาประยุกต์ใช้ร่วมกับกระบวนการหักล้าง
6. เขียนโปรแกรมจำลองระบบและทดสอบสมรรถนะของกระบวนการที่ปรับปรุงขึ้น
7. สรุปงานวิจัยและจัดทำวิทยานิพนธ์

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

สามารถเพิ่มสมรรถนะของระบบ OFDM ให้สามารถแก้ไขปัญหาที่เกิดจากสัญญาณพหุวิถีได้โดยกระบวนการที่ใช้มีความซับซ้อนน้อยลง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย