บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความสำคัญ ที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

ในปัจจุบันเทคโนโลยีการสื่อสารไร้สาย (Wireless Communication) ได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก อาทิเช่น การสื่อสารผ่านเครือข่ายโทรศัพท์มือถือ (Mobile Communication Network) หรือเครือข่ายไร้สายท้องถิ่น (WLAN) ซึ่งทิศทางการวิจัยและพัฒนาของเทคโนโลยีในกลุ่มนี้เป็นไปในทิศทางเดียว คือต้องการพัฒนาการส่งและรับข้อมูลให้มีสมรรถนะที่สูงมากขึ้น ตัวอย่างเช่น การพัฒนาส่งการข้อมูลแบบไร้สายเพื่อรองรับข้อมูลจำนวนมากจากบริการอินเตอร์เน็ตไร้สาย (Wireless Internet) และการส่งข้อมูลด้วยอัตราการส่งข้อมูลความเร็วสูงสำหรับสื่อสั่งได้ (Multimedia on Demand) เพื่อเป็นการตอบสนองความต้องการเหล่านี้ การวิจัยและพัฒนาเพื่อหาเทคโนโลยีใหม่ที่สอดคล้องกับความต้องการทั้งหมดจึงกำลังได้รับความสนใจมากที่สุดในขณะนี้ และในกลุ่มเทคโนโลยีใหม่ที่ถูกยอมรับเข้าเป็นส่วนหนึ่งของมาตรฐานต่างๆ ในอนาคตคือเทคโนโลยีการส่งและรับแบบหลายช่องทาง (Multiple Input Multiple Output : MIMO) หรือเรียกระบบนี้ว่าระบบไมโม ระบบนี้สามารถให้อัตราการส่งข้อมูลและความจุของช่องสัญญาณในปริมาณที่มากเมื่อเทียบกับการรับส่งแบบช่องทางเดียว (Single Input Single Output : SISO) อีกทั้งยังมีงานวิจัยในเชิงทฤษฎีอีกมากมายที่พิสูจน์ศักยภาพของระบบนี้ อย่างไรก็ตามงานวิจัยเหล่านี้ได้ตั้งสมมุติฐานไว้หลายประการ ประการที่สำคัญประการหนึ่งคือสมมุติให้ช่องสัญญาณมีการกระจายตัวรอบทิศทางไปที่เครื่องรับ ซึ่งภายใต้เงื่อนไขนี้สมรรถนะของระบบไมโม สามารถให้อัตราการส่งข้อมูลได้สูงถึง N เท่าของระบบ SISO เมื่อ N คือจำนวนสายอากาศส่งและรับ ข้อสมมุตินี้สามารถถูกยอมรับได้ในทางทฤษฎี แต่ในทางปฏิบัตินั้นแทบที่จะไม่สามารถเกิดขึ้นได้เลย เพราะเราไม่สามารถกำหนดรูปแบบของช่องสัญญาณได้ และจากงานวิจัยอื่นๆ ได้แสดงให้เห็นว่าช่องสัญญาณสัมพันธ์กับทิศทางการส่งสัญญาณจากเครื่องส่ง (Angle of Delivery : AoD) และทิศทางการรับสัญญาณที่เครื่องรับ (Angle of Arrival : AoA) ทำให้ช่องสัญญาณที่มาจากทุกทิศทางนั้นจึงเป็นไปไม่ได้เลย ผลกระทบที่สำคัญคือความจุของช่องสัญญาณที่ใช้งานในทางปฏิบัติจึงมีค่าไม่มากเท่ากับทางทฤษฎีที่คาดการณ์ไว้ ดังนั้นโครงการวิจัยนี้จึงมีแนวคิดที่จะพัฒนารูปแบบการประมวลผล

ของระบบไมโมโดยนำเอาทิศทางของสัญญาณเข้ามาเกี่ยวข้อง เพื่อให้ได้ความจุของช่องสัญญาณที่เพิ่มขึ้น และนอกจากนี้โครงการวิจัยยังมีแนวคิดที่จะพัฒนาสายอากาศให้เหมาะสมกับการประมวลผลเชิงมุมนี้ด้วย

โครงการวิจัยนี้ให้ความสำคัญกับการพัฒนาเทคโนโลยีใหม่ที่สำคัญอันจะเป็นรากฐานของมาตรฐานต่างๆในอนาคต โดยมุ่งหวังที่จะเพิ่มความจุของช่องสัญญาณในระบบ ทำให้สามารถรองรับบริการที่ต้องการอัตราการส่งข้อมูลสูงๆ ได้ ซึ่งประเด็นปัญหาในงานวิจัยนี้ถือว่าสอดคล้องกับนโยบายและยุทธศาสตร์การวิจัยของชาติ (พ.ศ. 2551-2553) ในยุทธศาสตร์การวิจัยที่ 1 กลยุทธ์การวิจัยที่ 7 แผนงานวิจัยที่ 1 เรื่องการวิจัยเกี่ยวกับการเพิ่มสมรรถนะและพัฒนาศักยภาพขีดความสามารถทางเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร และการเพิ่มความจุของช่องสัญญาณนี้ ทำให้สามารถส่งข้อมูลได้เร็วขึ้น ประหยัดเวลาและพลังงานในการส่งข้อมูล ทำให้มีส่วนช่วยภาวะโลกร้อนในทางอ้อมอีกทางหนึ่งจึงทำให้โครงการวิจัยนี้สอดคล้องกับนโยบายของรัฐบาล นโยบายเร่งด่วนที่ดำเนินการในปีแรก ในหัวข้อ 1.19 เร่งรัดมาตรการและโครงการเพื่อบรรเทาผลกระทบจากวิกฤติโลกร้อน

แต่ทว่าการพัฒนาสายอากาศที่ประมวลผลเชิงมุมของระบบไมโมนี้ยังคงเป็นงานวิจัยที่ไม่มีผลเฉลยในขณะนี้ จากการทบทวนปริทัศน์วรรณกรรมที่เกี่ยวข้องพบว่า งานวิจัยในด้านนี้จะวิเคราะห์ช่องสัญญาณเป็นเชิงมุมเท่านั้น แต่การประมวลผลของภาคส่งและภาครับยังคงเป็นการวิเคราะห์ด้วยรูปแบบของสายอากาศแบบปกติ ทำให้สมรรถนะที่แท้จริงของระบบไมโมที่มีการประมวลผลเชิงมุมยังคงไม่มีงานวิจัยใดแสดงให้เห็นได้ ทั้งนี้เป็นเพราะต้องคำนึงถึงการพัฒนาสายอากาศที่สามารถประมวลผลเชิงมุมควบคู่กันไปด้วย ดังนั้นโครงการวิจัยนี้จึงเสนอแนวคิดที่จะพัฒนาสายอากาศที่ประมวลผลเชิงมุมสำหรับระบบไมโม ผลสำเร็จของโครงการวิจัยนี้ถือว่าเป็นการสร้างผลงานจากเทคโนโลยีใหม่ที่อยู่ในความสนใจ ซึ่งสามารถนำไปแข่งขันกับวิธีการอื่นๆในต่างประเทศได้ จึงสอดคล้องกับกลุ่มเรื่องที่ควรวิจัยเร่งด่วนตามนโยบายและยุทธศาสตร์การวิจัยของชาติ (พ.ศ. 2551-2553) ในกลุ่มเทคโนโลยีใหม่และเทคโนโลยีที่สำคัญเพื่ออุตสาหกรรม นอกจากนี้ผลสำเร็จที่ได้ยังเป็นองค์ความรู้ที่สำคัญในการพัฒนาต่อยอดเพื่อนำไปใช้กับภาคธุรกิจต่างๆ ทำให้ไม่ต้องพึ่งเทคโนโลยีจากต่างประเทศ ลดการนำเข้าเทคโนโลยีราคาแพงและเสริมสร้างความเข็มแข็งทางเศรษฐกิจของประเทศในทางอ้อมได้อีกด้วย ประเด็นนี้ถือว่าสอดคล้องกับยุทธศาสตร์การพัฒนาประเทศตามแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 10 (พ.ศ. 2550-2554) ในยุทธศาสตร์การปรับโครงสร้างเศรษฐกิจให้สมดุลและยั่งยืนเป็นอย่างมาก และยังคงเป็นฐานสำหรับการวิจัยและพัฒนาที่ยั่งยืนในอนาคต ทำให้ตรงกับนโยบายของรัฐบาล นโยบายระยะการบริหารราชการ 4 ปี ของรัฐบาล ในหัวข้อ 2.4 นโยบายด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. เพื่อศึกษาการประมวลผลเชิงมุมในระบบไมโม และพัฒนาสายอากาศสำหรับระบบนี้
2. เพื่อสร้างองค์ความรู้ใหม่สำหรับการวิเคราะห์ระบบไมโม และแนวทางในการใช้งานภาคปฏิบัติ
3. เพื่อสร้างเทคโนโลยีใหม่ที่มีศักยภาพในการแข่งขันกับต่างประเทศได้

1.3 แนวทางการดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาการวิเคราะห์ระบบไมโมด้วยการประมวลผลเชิงมุม
2. จำลองแบบการประมวลผลเชิงมุมในคอมพิวเตอร์ ด้วยโปรแกรม MATLAB
3. วิเคราะห์และเปรียบเทียบผลจากการจำลองแบบของการประมวลผลเชิงมุม
4. ศึกษาและออกแบบสายอากาศที่สามารถรองรับการประมวลผลเชิงมุมได้
5 ทดสอบสมรรถนะของระบบไมโมด้วยสายอากาศที่ศึกษาด้วยการจำลองแบบในคอมพิวเตอร์
6. พัฒนาและสร้างสายอากาศที่ประมวลผลเชิงมุม
7. ทดสอบระบบไมโมที่ใช้สายอากาศที่สร้างขึ้นด้วยการวัดสัญญาณจริง
8. ปรับปรุงและพัฒนาเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ของโครงการ
9. เสนอบทความในงานประชุมวิชาการ
10. นำข้อเสนอแนะในงานประชุมวิชาการมาปรับปรุงวิธีการหาตำแหน่ง
11. สรุปผลสำเร็จของโครงการและทำรายงานโครงการ

1.4 ผลสำเร็จของโครงการ

ผลสำเร็จของโครงการนี้คือการได้ต้นแบบสายอากาศที่ประมวลผลเชิงมุมและสามารถเพิ่มความจุของช่องสัญญาณในระบบไมโมได้ โดยมีการเผยแพร่ผลงานวิจัยนี้ในงานประชุมวิชาการระดับนานาชาติ 1 บทความ และเผยแพร่ผลงานในวารสารวิชาการ 1 บทความ

1.5 การสำรวจปริทรรศน์วรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับโครงการวิจัย

เพื่อให้ทราบถึงปัญหาและแนวทางในการดำเนินงานวิจัยจึงได้มีการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมารวมถึงการค้นคว้าจากห้องสมุดมหาวิทยาลัย และอินเตอร์เน็ท โดยเนื้อหาในส่วนนี้จะกล่าวถึงปริทัศวรรณกรรม

และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องซึ่งสามารถแสดงได้ดังนี้ ความจุช่องสัญญาณระบบไมโม การประมวลผลแถวลำดับในระบบไมโมและการประมวลผลเชิงมุมในระบบไมโม

1.5.1 ความจุช่องสัญญาณระบบไมโม

ความจุช่องสัญญาณในระบบไมโมเป็นงานวิจัยที่ได้รับความสนใจ ไม่ว่าจะเป็นงานของ Foschini G.J. (1996) หรือ Telatar I.E. (1995) ได้แสดงให้เห็นว่าสำหรับช่องสัญญาณแบบ i.i.d. (Independent Identically Distributed) ความจุช่องสัญญาณในระบบไมโมสามารถเพิ่มขึ้นเป็นเชิงเส้นตามจำนวนคู่ของสายอากาศระหว่างภาครับและภาคส่ง เนื่องจากระบบไมโมได้อาศัยผลประโยชน์จากไดเวอซิตีเชิงตำแหน่งของช่องสัญญาณ งานของ Foschini อยู่ภายใต้ข้อสมมติฐานที่ว่ามีเพียงภาครับเท่านั้นที่มีการรับรู้ข้อมูลของช่องสัญญาณโดยถูกต้องสมบูรณ์ นั่นหมายความว่ารูปแบบการจัดสรรกำลังส่งสัญญาณที่เท่ากันสำหรับสายอากาศแต่ละต้น (Telatar I.E., 1995) ถูกนำมาใช้เพื่อคำนวณความจุช่องสัญญาณ นอกจากนี้ความจุช่องสัญญาณยังสามารถเพิ่มขึ้นจากเดิมได้หากมีการรับรู้ข้อมูลสถานะช่องสัญญาณที่ภาคส่งสำหรับการทำความเข้าใจระบบไมโมเบื้องต้นสามารถศึกษาได้จากงานของ Gesbert D., Shafi M., Shan Shiu D., Smith P.J. and Naguib A. (2003) และมีงานวิจัยที่ทำการวัดช่องสัญญาณเพื่อหาความจุช่องสัญญาณในระบบไมโม ไม่ว่าจะเป็น Molisch, A.F., Steinbauer, M., Toeltsch, M., Bonek, E., and Thoma R.S. (2002), Stridh, R., Ottersten, B., and Karlsson, P. (2000). และ Vieira, R.D., Brandao, J.C.B., and Siqueira, G.L. (2006) โดยงานวิจัยหลังนี้ได้นำพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของช่องสัญญาณมาวิเคราะห์ด้วย

1.5.2 การประมวลผลแถวลำดับในระบบไมโม

ระบบไมโมในปัจจุบันส่วนใหญ่ใช้การประมวลผลแถวลำดับ (Tse, D., and Viswanath, P., 2005) โดยมีการใช้สายอากาศส่งและรับ เรียงกันในแนวแถวลำดับ และช่องสัญญาณที่เกิดขึ้นระหว่างภาครับและภาคส่งนั้น มีหลายวิธีที่สามารถพิจารณาได้ เช่น ช่องสัญญาณที่เกิดจากการเฟ้นสุ่ม (Random) ช่องสัญญาณที่เกิดจากการคำนวณมุมตกกระทบ-สะท้อน ช่องสัญญาณเรย์ลีและริเชียน เป็นต้น แต่ส่วนที่จะพิจารณาใช้ช่องสัญญาณที่เกิดขึ้นจากมุมตกกระทบและมุมสะท้อน โดยช่องสัญญาณที่เกิดขึ้นในลักษณะนี้เรียกว่าช่องสัญญาณที่เกิดจากการประมวลผลแถวลำดับ เมื่อนำมาพิจารณาแล้วช่องสัญญาณที่ได้จะเกิดจากการรวมกันของแต่ละทิศทางการเดินทางของคลื่น ซึ่งมีสิ่งที่พิจารณาหลายกรณี เช่น ระยะห่างระหว่างสายอากาศแต่ละต้นที่วางเรียงกันจะต้องมีระยะที่เท่าๆกัน ช่องสัญญาณที่เกิดขึ้นจะให้ความจุช่องสัญญาณเป็นไปตามจำนวนสายอากาศที่เพิ่มมากขึ้น โดยจะเพิ่มเป็นจำนวนเท่าของสายอากาศ แต่วิธีการดำเนินการในกรณีนี้ให้ความจุช่องสัญญาณยังไม่มากเท่าที่ควร ดังนี้ผู้วิจัยจึงหาวิธีการที่จะเพิ่มความจุช่องสัญญาณใน

ระบบไมโมนั่นคือ การใช้การประมวลผลเชิงมุม เพราะถ้าเราพิจารณาพารามิเตอร์ที่เกิดขึ้น เช่น มุมตกกระทบและมุมสะท้อน ล้วนเกิดจากมุมทั้งสิ้น ดังนั้นจึงคิดว่าถ้าใช้การประมวลผลเชิงมุมแทนการประมวลผลเมนแถวลำดับแล้วน่าจะให้ความจุช่องสัญญาณที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้ก็ต้องมีการพิสูจน์สมการทางคณิตศาสตร์เพื่อยืนยันผลการทดลองว่าการประมวลผลเชิงมุมให้ความจุช่องสัญญาณที่มากกว่าการประมวลผลแถวลำดับ และต้องมีการจำลองแบบ รวมถึงสร้าง วัด วิเคราะห์ ผลการทดสอบ เพื่อยืนยันด้วย

1.5.3 การประมวลผลเชิงมุมในระบบไมโม

จากปริทัศน์วรรณกรรมที่ผ่านมาไม่มีการพิจารณาในเรื่องความจุช่องสัญญาณในระบบไมโมที่ใช้การประมวลผลเชิงมุม แต่พิจารณาเรื่องช่องสัญญาณที่เกิดขึ้นจากการประมวลผลเชิงมุม โดยเริ่มพิจารณาจากเมทริกซ์ยูนิแทรี (Unitary matrix) ทั้งภาคส่งและภาครับ นำเมทริกซ์ยูนิแทรีของภาครับมาทำการคอนจูเกต ทรานสโพสต์ แล้วคูณกับช่องสัญญาณแถวลำดับจากนั้นทำการคูณเข้ากับเมทริกซ์ยูนิแทรีที่ภาคส่ง แล้วจะได้ช่องสัญญาณที่เกิดจากการประมวลผลเชิงมุมทันที

จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประมวลผลเชิงมุม (Li, Hang, Bergmans, J.W.M., and Willems, F.M.J., 2007) และ (Li, Huang, Chin, Keong, Ho, Bergmans, J.W.M., and Willems, F.M.J., 2008) เสนอวิธีการใช้การประมวลผลเชิงมุมในการหาช่องสัญญาณที่เกิดขึ้น เพื่อพิจารณาคุณลักษณะการประมาณช่องสัญญาณในแต่ละเทคนิค ซึ่งเป็นวิธีการที่น่าสนใจเพราะมีการเข้าและถอดรหัสที่ดี น่าเชื่อถือ แต่มีความซับซ้อนในการดำเนินการ เช่นการปรับเฟสและแอมพลิจูด ซึ่งในขั้นตอนนี้สามารถทำได้ยาก และไม่มีการนำช่องสัญญาณที่เกิดขึ้นมาใช้ให้เกิดประโยชน์ในเรื่องความจุช่องสัญญาณเลย ดังนั้นงานวิจัยนี้ จึงเป็นการศึกษาหาความจุช่องสัญญาณเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ และคิดหาวิธีการใช้การประมวลผลเชิงมุมสามารถทำให้เป็นจริงได้ในทางปฏิบัติ เพื่อลดความซับซ้อนในการดำเนินการที่เกิดขึ้น และประหยัดค่าใช้จ่ายในการหาชุดวงจารการปรับเฟสและแอมพลิจูด ดังนั้นจึงหันมาประยุกต์ใช้บัทเลอร์ เมทริกซ์ (Liberti, J.C., and Rappaport, J.T.S., 1999) เพราะสามารถใช้ได้จริงกับระบบที่มีสายอากาศส่งและรับ ภาคละ 4 ต้น โดยการนำบัทเลอร์ เมทริกซ์ต่อที่ภาครับและภาคส่ง เพียงเท่านี้ก็จะได้การประมวลผลเชิงมุมในทางปฏิบัติทันที เนื่องจาก บัทเลอร์ เมทริกซ์ มีการปรับเฟสและแอมพลิจูดในตัวแล้ว จึงง่ายสำหรับวิธีการดำเนินการดำเนินงาน เป็นต้น