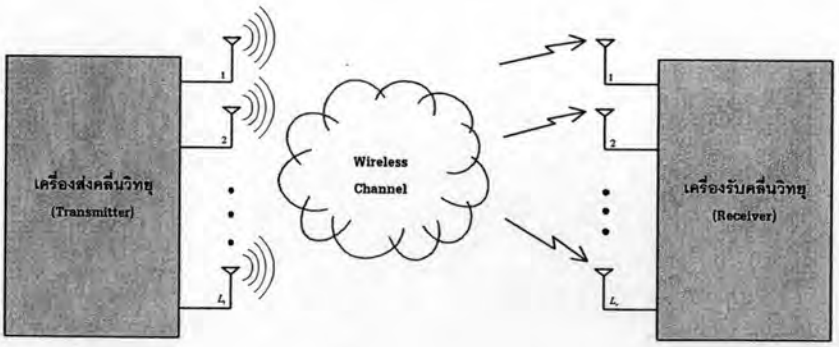
หอสมุดกลาง ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันการสื่อสารไร้สายได้เข้ามามีบทบาทสำคัญอย่างมากต่อการดำเนินชีวิตประจำวันของมนุษย์และมีการคาดหมายว่าในอนาคตการให้บริการการสื่อสารแบบมัลติมีเดีย ซึ่งประกอบด้วย ข้อมูลภาพ ข้อมูลเสียง และข้อมูลสื่อสาร จะเติบโตขึ้นอย่างรวดเร็ว ดังนั้นจึงมีความต้องการ การรับส่งข้อมูลในอัตราความเร็วสูง ซึ่งมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องใช้แบนด์วิดท์ (Bandwidth) เป็นจำนวนมาก แต่เนื่องจากแบนด์วิดท์ของช่องสัญญาณแบบไร้สายที่สามารถนำมาใช้งานได้มีอยู่อย่างจำกัดและเป็นที่รู้กันเป็นอย่างดีว่าช่องสัญญาณแบบไร้สายมีความไม่แน่นอนสูง อันเนื่องมาจากสภาพภูมิศาสตร์ที่เปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา การเคลื่อนที่ของผู้ใช้งาน รวมถึงการจางหายของสัญญาณ (Fading) ซึ่งเกิดจาก การสะท้อน (Reflection) การเลี้ยวเบน (Diffraction) และการกระเจิง(Scattering) ที่เกิดจากสิ่งกีดขวางต่างๆ ในปัจจุบันได้มีการนำเสนอระบบสื่อสารแบบไร้สายที่มีความสามารถในการรองรับความต้องการ ดังกล่าวข้างต้น สามารถทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงของช่องสัญญาณแบบไร้สาย และสามารถเพิ่มความน่าเชื่อถือให้แก่ระบบสื่อสารไร้สายได้ ซึ่งเรียกว่า การสื่อสารแบบหลายทางเข้าหลายทางออก (Multiple-Input Multiple-Output Communications : MIMO) [1] - [3]

ระบบสื่อสารไร้สายแบบหลายทางเข้าหลายทางออก ประกอบไปด้วยชุดสายอากาศที่มีมากกว่าหนึ่งตัวติดตั้งทั้งที่เครื่องรับและเครื่องส่ง ดังแสดงในรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 ระบบสื่อสารไร้สายแบบหลายทางเข้าหลายทางออก

จากที่ระบบสื่อสารไร้สายแบบหลายทางเข้าหลายทางออกใช้งานชุดสายอากาศมากกว่าหนึ่งตัว จึงทำให้สมรรถนะของระบบสูงขึ้น สามารถอธิบายได้ดังต่อไปนี้

1. เพิ่มอัตราการขยายไดเวอร์ซิตี (Diversity Gain)

เนื่องจากมีการส่งชุดข้อมูลหนึ่งชุดออกจากสายอากาศทางด้านเครื่องส่งมากกว่าหนึ่งทาง โดยมีการเข้ารหัสปริภูมิ-เวลา (Space-Time Coding) [3] ทำให้ความน่าเชื่อถือของระบบเพิ่มสูงขึ้น เนื่องมาจากช่องทางการแพร่กระจายของสัญญาณมีมากขึ้น และโดยทั่วไปหากการกระจายของสัญญาณในเส้นทางใดเส้นทางหนึ่งถูกรบกวนอย่างมาก ก็สามารถรับสัญญาณจากเส้นทางอื่นได้ ซึ่งจะส่งผลทำให้ค่าความน่าจะเป็นของการตัดสินบิตข้อมูลผิดพลาดของการส่งข้อมูลมีค่าลดลง เมื่อเทียบกับระบบสื่อสารไร้สายแบบเสาเดี่ยว โดยที่ไม่มีความจำเป็นต้องเพิ่มกำลังส่งสำหรับการส่งสัญญาณข้อมูลแต่อย่างใด

2. เพิ่มอัตราการสหสัญญาณ (Multiplexing Gain)

จากการส่งชุดข้อมูลที่มีความอิสระต่อกัน และมีจำนวนเท่ากับจำนวนของเสาอากาศทางด้านเครื่องส่ง โดยการส่งชุดข้อมูลออกจากเสาอากาศแต่ละเสาพร้อมๆ กัน จากนั้นเครื่องรับทำการแยกชุดข้อมูลที่รับได้จากเครื่องส่งในแต่ละเสา ด้วยกรรมวิธีการประมวลสัญญาณดิจิทัล ซึ่งทำให้ระบบสามารถมีค่าอัตราการสหสัญญาณเพิ่มขึ้นและมีค่าทวีคูณกับจำนวนของเสาอากาศทางด้านเครื่องส่ง

3. เพิ่มอัตราการขยายแถวลำดับ (Array Gain)

เนื่องจากสามารถออกแบบการวางตำแหน่งของเสาอากาศส่งแต่ละเสาให้ห่างกันไม่เกินครึ่งหนึ่งของความยาวคลื่นของสัญญาณคลื่นพาห์ในลักษณะแบบแถวลำดับ แล้วใช้อุปกรณ์ควบคุมการเลื่อนเฟส (Phase Shifter) สำหรับการบังคับให้ชุดแถวลำดับของเสาอากาศให้มีทิศทางการแพร่กระจายคลื่นไปในทิศทางที่ต้องการซึ่งเป็นตำแหน่งของเครื่องรับสัญญาณนั่นเอง และยังสามารถช่วยลดทอนสัญญาณรบกวนในทิศทางอื่นที่ไม่ต้องการ โดยการใช้ตำแหน่งศูนย์ (Null) ของรูปแบบการแพร่กระจายคลื่นเข้ามาช่วย ซึ่งทำให้ระบบสามารถเพิ่มความเข้มของสัญญาณที่รับได้ในทิศทางที่ต้องการ และการลดทอนของความเข้มของสัญญาณแทรกสอดในทิศทางอื่น ๆ

ในทางปฏิบัติการที่จะนำเอาเสาอากาศจำนวนมากติดตั้งยังอุปกรณ์สื่อสารแบบเคลื่อนที่นั้นเป็นไปได้ยากซึ่งปกติแล้วอุปกรณ์สื่อสารต้องทำให้มีขนาดเล็ก เพื่อความสะดวกสบายสำหรับการพกพาและใช้พลังงานไฟฟ้าต่ำ ดังนั้นจึงมีการคิดค้นระบบสื่อสารไร้สายแบบใหม่ที่มีความสามารถเพิ่มอัตราการขยายไดเวอร์ซิตีได้เช่นเดียวกับ ระบบสื่อสารไร้สายแบบหลายทางเข้าหลายทางออก แต่ไม่มีความจำเป็นต้องติดตั้งเสาอากาศจำนวนมากที่อุปกรณ์สื่อสาร เรียกระบบสื่อสารชนิดนี้ว่า ระบบสื่อสารไร้สายแบบร่วมมือ (Wireless Cooperative Communication System) [4] - [6]

ในงานวิจัยที่ผ่านมาในปี ค.ศ.2004 นักวิจัยชื่อ J.N. Laneman [5] ได้นำเสนอบทความวิจัยเกี่ยวกับการออกแบบโพรโทคอลสำหรับระบบสื่อสารแบบร่วมมือซึ่งได้พิจารณาในแถบความถี่แคบ โดยใช้ดัชนีชี้วัด คือ ค่าความน่าจะเป็นของสัญญาณขาดหาย (Outage Probability) ซึ่งประกอบด้วยโพรโทคอลแบบไม่เปลี่ยนแปลง (Fixed Relaying Protocol) โพรโทคอลแบบเลือก (Selecting Relaying Protocol) และโพรโทคอลแบบมีการป้อนกลับ (Incremental Relaying Protocol) โดยมีวิธีการส่งต่อสัญญาณ 2 แบบคือ Amplify-and-Forward (AF) และ Decode-and-Forward (DF) ซึ่งโพรโทคอลที่นำเสนอสามารถเพิ่มอัตราขยายไดเวอร์ซิตีสูงสุดเท่ากันหมดทั้ง 3 แบบ ข้อดีของโพโทคอลที่นำเสนอคือ มีความประหยัดในการใช้พลังงานและตัดปัญหาของการติดตั้งสายอากาศจำนวนมากในเครื่องส่ง

ระบบสื่อสารที่ใช้งานในปัจจุบันสามารถแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ การสื่อสารแบบร่วมนัย (Coherent Communications) และการสื่อสารแบบไม่ร่วมนัย (Noncoherent Communications) ทั้งสองแบบนี้มีคุณสมบัติแตกต่างกันซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้ การสื่อสารแบบร่วมนัยเป็นการสื่อสารที่เครื่องรับจะพิจารณาการประมาณค่าช่องสัญญาณเพื่อใช้สำหรับการดีเทคข้อมูล ดังนั้นหากต้องการ การส่งข้อมูลที่มีค่าความผิดพลาดบิตต่ำจะต้องใช้กรรมวิธีการประมาณค่าช่องสัญญาณที่ซับซ้อน เพื่อให้ได้ค่าใกล้เคียงกับช่องสัญญาณทางด้านเครื่องส่งให้มากที่สุด ซึ่งทำให้การออกแบบเครื่องรับมีความซับซ้อนและยุ่งยากมาก แต่สำหรับการสื่อสารแบบไม่ร่วมนัยนั้นเป็นการสื่อสารที่เครื่องรับไม่จำเป็นต้องทำการประมาณค่าช่องสัญญาณที่ใช้สำหรับการส่งข้อมูล ซึ่งในการส่งข้อมูลจะใช้สัญญาณก่อนหน้านั้นเป็นสัญญาณอ้างอิงเพื่อใช้สำหรับการดีเทคข้อมูลทางด้านเครื่องรับ [7],[8] ดังนั้นจึงทำให้การออกแบบเครื่องรับมีความซับซ้อนน้อย จากเหตุผลดังที่กล่าวมาข้างต้นจึงทำให้การส่งข้อมูลในการสื่อสารแบบร่วมนัย มีค่าอัตราส่วนสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนมากกว่า 3 เดซิเบล เมื่อเทียบกับการสื่อสารแบบไม่ร่วมนัย ในตำแหน่งค่าอัตราความผิดพลาดบิตเดียวกันและเนื่องจากในการสร้างเครื่องส่งและเครื่องรับของ

ระบบการสื่อสารแบบไม่ร่วมนัยนั้นไม่ยุ่งยากซับซ้อน และใช้งบประมาณในการลงทุนน้อย แต่ค่าอัตราความผิดพลาดบิตของการส่งข้อมูลเป็นที่ยอมรับได้ ดังนั้นวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จึงทำการศึกษาการส่งข้อมูลในระบบการสื่อสารแบบไม่ร่วมนัย จากงานวิจัยที่ผ่านมาได้ศึกษาการส่งข้อมูลในระบบสื่อสารไร้สายแบบร่วมมือสำหรับกรณีการสื่อสารแบบไม่ร่วมนัย ดังนี้คือ

ในปี ค.ศ. 2005 นักวิจัยชื่อ T.Himsoon [9] ได้นำเสนอวิธีการวิเคราะห์สมรรถนะของการส่งข้อมูลในระบบสื่อสารไร้สายแบบร่วมมือในกรณีที่ระบบมีผู้ใช้งานทั้งหมด 2 คน ช่วยร่วมกันส่งสัญญาณ โดยใช้วิธีการมอดูเลตแบบ Quadrature-Differential Phase Shift Keying (Q-DPSK) สำหรับการส่งข้อมูลในโพรโทคอลแบบไม่เปลี่ยนแปลงและผู้ใช้งานที่ทำหน้าที่เป็น Relay จะส่งต่อสัญญาณแบบ Amplify-and-Forward ไปยังเครื่องรับ ต่อมาในปีเดียวกัน นักวิจัยชื่อ P.Tarasak [10] ได้เสนอวิธีการวิเคราะห์สมรรถนะของการส่งข้อมูลในระบบสื่อสารไร้สายแบบร่วมมือในกรณีที่ระบบมีผู้ใช้งานทั้งหมด 2 คน เช่นเดียวกับ นักวิจัยชื่อ T.Himsoon แต่นักวิจัยชื่อ P.Tarasak ได้พิจารณาในรูปแบบโพรโทคอลแบบเลือกโดยที่ผู้ใช้งานที่ทำหน้าเป็น Relay จะส่งต่อสัญญาณแบบ Decode-and-Forward ไปยังเครื่องรับ และทำการเข้ารหัสแบบการตรวจสอบด้วยส่วนซ้ำซ้อนแบบวน (cyclic redundancy check :CRC) ก่อนการมอดูเลตแบบ Q-DPSK สำหรับการส่งข้อมูล ในการร่วมกันส่งข้อมูลของระบบนั้นมีการส่งสัญญาณในรูปแบบของการเข้ารหัสปริภูมิ-เวลา ด้วยรหัส Alamouti และต่อมานักวิจัยชื่อ Qiang Zhao [11] ได้นำเสนอการวิเคราะห์สมรรถะของระบบสื่อสารไร้สายแบบร่วมมือในกรณีที่ระบบมีผู้ใช้งานทั้งหมด 2 คน เช่นกัน สำหรับการส่งข้อมูลในโพรโทคอลแบบไม่เปลี่ยนแปลงและผู้ใช้งานที่ทำหน้าที่เป็น Relay จะส่งต่อสัญญาณแบบ Amplify-and-Forward ไปยังเครื่องรับเช่นเดียวกัน แต่ได้เสนอการวิเคราะห์ จากฟังก์ชันความหนาแน่นของค่าความน่าจะเป็น (Probability Density Function)

1.2 แนวทางของวิทยานิพนธ์

จากการศึกษางานวิจัยของ T.Himsoon [9] P.Tarasak [10] และ Qiang Zhao [11] ซึ่งได้เสนอการวิเคราะห์สมรรถนะการส่งข้อมูลในระบบสื่อสายไร้สายแบบร่วมมือในกรณีที่ระบบมีจำนวนผู้ใช้งานทั้งหมด 2 คน ร่วมกันส่งสัญญาณเท่านั้น ดังนั้นวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะนำเสนอการวิเคราะห์สมรรถนะการส่งข้อมูลในระบบสื่อสารไร้สายแบบร่วมมือ ในกรณีที่ระบบมีจำนวนผู้ใช้งานมากกว่า 2 คนขึ้นไป และเมื่อระบบมีผู้ใช้งานมากกว่า 2 คน เส้นทางสำหรับการส่งสัญญาณในระบบสื่อสารไร้สายแบบร่วมมือก็มีเส้นทางเพิ่มมากขึ้นและค่าอัตราความผิดพลาดบิต

หอสมุดกลาง ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ของการส่งข้อมูลในแต่ละเส้นทางก็มีค่าแตกต่างกัน ยกตัวอย่างเช่น ระบบสื่อสารไร้สายแบบร่วมมือมีผู้ใช้งานทั้งหมดในระบบ 3 คน จึงทำให้มีผู้ใช้งานที่ทำหน้าที่เป็น Relay เพื่อส่งต่อสัญญาณไปยังเครื่องรับมีจำนวน 2 คน ดังนั้นจึงมีจำนวนเส้นทางการส่งสัญญาณทั้งหมด 4 เส้นทาง คือ การส่งสัญญาณโดยไม่มีผู้ใช้งานอื่นช่วยเหลือ การส่งสัญญาณโดยที่มีผู้ใช้งานอื่นช่วยเหลือ 1 คน กรณีเลือกผู้ใช้งานทำหน้าที่เป็น Relay 1 ช่วยส่งต่อสัญญาณ การส่งสัญญาณโดยที่มีผู้ใช้งานอื่นช่วยเหลือ 1 คน กรณีเลือกผู้ใช้งานทำหน้าที่เป็น Relay 2 ช่วยส่งต่อสัญญาณ และการส่งสัญญาณโดยที่มีผู้ใช้งานอื่นช่วยเหลือ 2 คน ตามลำดับ จากคุณสมบัติของระบบสื่อสารไร้สายแบบร่วมมือ การส่งสัญญาณโดยที่มีผู้ใช้งานอื่นช่วยเหลือ จะทำให้ระบบมีค่าอัตราขยายไดเวอร์ซิตีมีค่าเพิ่มสูงขึ้น จึงส่งผลทำให้ค่าอัตราความผิดพลาดบิตของการส่งข้อมูลที่ได้มีค่าลดต่ำลง และจากคุณสมบัติของอัตราขยายไดเวอร์ซิตีจะส่งผลต่อระบบเมื่อค่าอัตราส่วนสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนมีค่าสูงๆ ดังนั้น การส่งสัญญาณโดยที่ไม่มีผู้ใช้งานอื่นช่วยเหลือ จึงทำให้ค่าอัตราความผิดพลาดบิตมีค่าต่ำที่สุดในกรณีที่ระบบมีค่าอัตราส่วนสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนน้อยๆ แต่ในขณะเดียวกันหากค่าอัตราส่วนสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนมีค่าสูงขึ้น การส่งสัญญาณโดยที่มีผู้ใช้งานอื่นช่วยเหลือ 1 คนและ 2 คน ก็จะส่งผลทำให้ค่าอัตราความผิดพลาดบิตมีค่าลดต่ำลง ตามลำดับ และอีกปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลทำให้ค่าอัตราความผิดพลาดบิตมีค่าลดต่ำลงนั่นก็คือ ค่าแวเรียนซ์ของช่องสัญญาณ และเนื่องจากช่องสัญญาณในแต่ละช่องที่ใช้สำหรับการส่งข้อมูลนั้นเป็นช่องสัญญาณที่มีการเกิดเฟดดิงอยู่ตลอดเวลา ซึ่งทำให้ค่าแวเรียนซ์ของแต่ละช่วงเวลาที่เกิดขึ้นตลอดการส่งข้อมูลนั้นไม่คงที่ ดังนั้นการเลือกเส้นทาง การระบุผู้ใช้งานที่ทำหน้าที่เป็น Relay เพื่อช่วยส่งต่อสัญญาณไปยังเครื่องรับ รวมทั้งการเลือกเส้นทางการส่งสัญญาณที่เหมาะสม ภายใต้ช่องสัญญาณที่มีการเกิดเฟดดิงตลอดเวลา เพื่อทำให้ค่าอัตราความผิดพลาดบิตของระบบมีค่าต่ำที่สุดในระบบสื่อสารไร้สายแบบร่วมมือ เมื่อจำนวนผู้ใช้งานในระบบมีค่ามากกว่า 2 คนขึ้นไปจึงเป็นประเด็นที่น่าสนใจ

ในปีค.ศ. 2006 นักวิจัยชื่อ C.Pirak [12] ได้นำเสนอโพรโทคอลแบบปรับตัว (Adaptive Protocol) สำหรับทำหน้าที่ในการเลือกจำนวนและระบุผู้ใช้งานที่จะทำหน้าที่ช่วยส่งต่อสัญญาณไปยังเครื่องรับและเลือกเส้นทางการส่งสัญญาณได้อย่างเหมาะสม ซึ่งส่งผลทำให้สมรรถนะของระบบมีค่าอัตราความผิดพลาดบิตต่ำดีที่สุด ภายใต้การส่งข้อมูลผ่านช่องสัญญาณที่มีการเกิดเฟดดิงราบแบบเรย์ลี (Flat Rayleigh Fading) ในระบบสื่อสารไร้สายแบบร่วมมือสำหรับการสื่อสารแบบร่วมนัย

ดังนั้นวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ จึงนำแนวความคิดและหลักการทำงานของโพรโทคอลแบบปรับตัว [12] มาประยุกต์ใช้ในระบบสื่อสารไร้สายแบบร่วมมือสำหรับการสื่อสารแบบไม่ร่วมนัยที่มีจำนวนผู้ใช้งานมากกว่า 2 คน เพื่อทำให้ระบบมีสมรรถนะของการส่งข้อมูลที่ดีที่สุด ภายใต้ช่องสัญญาณที่มีการเกิดเฟดดิงราบแบบเรย์ลี

1.3 วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์

วิเคราะห์สมรรถนะและเสนอโพรโทคอลแบบปรับตัว เพื่อทำหน้าที่ในการเลือกจำนวน และระบุผู้ใช้งานที่จะทำหน้าที่ช่วยส่งต่อสัญญาณรวมทั้งเลือกเส้นทางการส่งสัญญาณ ซึ่งทำให้ระบบมีค่าอัตราความผิดพลาดบิตของการส่งข้อมูลที่ต่ำที่สุด ในระบบสื่อสารไร้สายแบบร่วมมือสำหรับในการสื่อสารแบบไม่ร่วมนัยและใช้วิธีการมอดูเลตแบบดีพีเอสเค โดยที่ระบบมีผู้ใช้งานทั้งหมด 3 คน และมีเครื่องรับ 1 เครื่อง ภายใต้ช่องสัญญาณที่มีการเกิดเฟดดิงราบแบบเรย์ลี

1.4 ขอบเขตของวิทยานิพนธ์

วิเคราะห์สมรรถนะของการส่งข้อมูลในระบบสื่อสารไร้สายแบบร่วมมือในการสื่อสารแบบไม่ร่วมนัย ซึ่งในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะพิจารณาผู้ใช้งานในระบบทั้งหมด 3 คน เครื่องรับ 1 เครื่อง ผู้ใช้งานที่ทำหน้าเป็น Relay จะส่งต่อสัญญาณแบบ Amplify-and-Forward ไปยังเครื่องรับ ใช้การมอดูเลตแบบดีพีเอสเคและมีสัญญาณรบกวนแบบเกาส์สีขาวแบบบวก โดยจะถือว่าระบบมีการส่งสัญญาณที่มีการซิงโครไนซ์ (Synchronize) อย่างสมบูรณ์ โดยจะพิจารณาสมรรถนะของระบบจากค่าอัตราความผิดพลาดบิตเป็นหลัก ซึ่งจากคุณสมบัติของการส่งสัญญาณโดยที่มีผู้ใช้งานอื่นช่วยส่งต่อสัญญาณในระบบสื่อสารไร้สายแบบร่วมมือนั้นจะส่งผลทำให้ระบบมีสมรรถนะดีขึ้น เนื่องจากค่าอัตราความผิดพลาดบิตมีค่าลดต่ำลง นอกจากนี้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ยังได้นำเสนอการใช้โพรโทคอลแบบปรับตัว เพื่อใช้ทำหน้าที่ในการเลือกจำนวนและระบุผู้ใช้งานที่จะทำหน้าที่ช่วยส่งต่อสัญญาณ รวมทั้งเลือกเส้นทางการส่งสัญญาณ ภายใต้สภาวะช่องสัญญาณที่เกิดการเฟดดิงราบแบบเรย์ลีตลอดเวลา

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เข้าใจถึงความรู้พื้นฐานของการสื่อสารไร้สายแบบร่วมมือและวิธีการมอดูเลตแบบดีพีเอสเค

2. เข้าใจถึงวิธีการวิเคราะห์สมรรถนะของการส่งข้อมูลสำหรับช่องสัญญาณที่มีการเกิดเฟดดิงราบแบบเรย์ลี

3. เข้าใจถึงการจัดสรรกำลังส่ง สำหรับระบบสื่อสารไร้สายแบบร่วมมือในการสื่อสารแบบไม่ร่วมนัย

4. เพื่อประยุกต์ใช้โพรโทคอลแบบปรับตัว ในระบบสื่อสารไร้สายแบบร่วมมือที่นำเสนอในการสื่อสารแบบไม่ร่วมนัย

5. ระบบสื่อสารไร้สายแบบร่วมมือที่นำเสนอสามารถเลือกวิธีการส่งสัญญาณเพื่อทำให้ระบบมีสมรรถนะของการส่งข้อมูลที่สูงที่สุดหรือมีค่าอัตราความผิดพลาดบิตต่ำที่สุด

1.6 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการ

1. ศึกษาวิธีการทำงานและวิธีการส่งสัญญาณของระบบสื่อสารไร้สายแบบร่วมมือ

2. ศึกษาความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับวิธีการมอดูเลตแบบดีพีเอสเค

3. ศึกษาเทคนิคการรวมสัญญาณทางด้านเครื่องรับ

4. ศึกษาการวิเคราะห์สมรรถนะของการส่งข้อมูลในระบบสื่อสารไร้สายสำหรับการสื่อสารแบบไม่ร่วมนัย ในช่องสัญญาณที่มีการเกิดเฟดดิงแบบเรย์ลี

5. วิเคราะห์สมรรถนะของการส่งข้อมูลในระบบสื่อสารไร้สายแบบร่วมมือที่นำเสนอ

6. นำเสนอโพรโทคอลแบบปรับตัวเพื่อทำหน้าที่ในการเลือกจำนวนระบุผู้ใช้งานที่จะทำหน้าที่ช่วยส่งต่อสัญญาณและเลือกเส้นทางการส่งสัญญาณ ในระบบสื่อสารไร้สายแบบร่วมมือที่นำเสนอ

7. เขียนโปรแกรมจำลองการทำงานของระบบและทดสอบโพรโทคอลแบบปรับตัวในระบบสื่อสารไร้สายแบบร่วมมือที่นำเสนอ

8. สรุป รวบรวม วิจารณ์ผลการทดสอบระบบ และจัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์