


เครื่องรับแบบขจัดสัญญาณแทรกสอดแบบขนานชนิดปรับตัวได้แบบบอดโดยการลดความแปรปรวน  
ของพลังงานสัญญาณขาออกจากเครื่องรับในระบบสื่อสารเคลื่อนที่ซีดีเอ็มเอ



นายรัฐพล ศรุติรัตนวรกุล

ศูนย์วิทยทรัพยากร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย


ปีการศึกษา 2544

ISBN 974-03-1019-2

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

BLIND ADAPTIVE PARALLEL INTERFERENCE CANCELLATION RECEIVER BY MINIMIZING  
VARIANCE OF OUTPUT SIGNAL ENERGY IN CDMA MOBILE COMMUNICATION SYSTEMS

Mr. Rathapon Saruthirathanaworakun



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfilment of the Requirements  
for the Degree of Master of Engineering in Electrical Engineering

Department of Electrical Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2001

ISBN 974-03-1019-2



รัฐพล ศฤติรัตนวรกุล : เครื่องรับแบบขจัดสัญญาณแทรกสอดแบบขนานชนิดปรับตัวได้แบบบอด โดยการลดความแปรปรวนของพลังงานสัญญาณขาออกจากเครื่องรับในระบบสื่อสารเคลื่อนที่ซีดีเอ็มเอ (BLIND ADAPTIVE PARALLEL INTERFERENCE CANCELLATION RECEIVER BY MINIMIZING VARIANCE OF OUTPUT SIGNAL ENERGY IN CDMA MOBILE COMMUNICATION SYSTEMS) อ. ที่ปรึกษา : รศ. ดร.วาทิต เบญจพลกุล, 142 หน้า.  
ISBN 974-03-1019-2.

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสนอเครื่องรับแบบขจัดสัญญาณแทรกสอดแบบขนานชนิดปรับตัวได้แบบบอด ( Blind Adaptive Parallel Interference Cancellation (BA\_PIC) Receiver) โดยการลดความแปรปรวนของพลังงานสัญญาณขาออกจากเครื่องรับที่สถานีฐานในระบบสื่อสารเคลื่อนที่ซีดีเอ็มเอ เนื่องจากการตีเทคต์สัญญาณของผู้ใช้ระบบซีดีเอ็มเอในปัจจุบันจะใช้เครื่องรับแบบแมตริกซ์ฟิลเตอร์ซึ่งไม่ได้คำนึงถึงผลของการแทรกสอดจากผู้ใช้คนอื่นๆ ภายในเซลล์ ดังนั้นความจุของระบบซีดีเอ็มเอในปัจจุบันจึงถูกจำกัดด้วยระดับของการแทรกสอดดังกล่าวโดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อเกิดปรากฏการณ์ใกล้ - ไกล เพื่อที่จะแก้ไขข้อจำกัดดังกล่าวเครื่องรับแบบมัลติยูสเซอร์หลายประเภทจึงถูกเสนอขึ้นและหนึ่งในนั้นได้แก่เครื่องรับแบบ BA\_PIC ซึ่งใช้ตัวขจัดแบบบอดประมาณสัญญาณแทรกสอดจากผู้ใช้คนอื่นๆ ภายในเซลล์แล้วจึงหักล้างสัญญาณที่ประมาณได้นั้นออกจากสัญญาณที่ออกจากเครื่องรับแบบแมตริกซ์ฟิลเตอร์ ในงานวิจัยก่อนหน้านี้นี้ตัวขจัดแบบบอดจะถูกปรับโดยอัลกอริทึมเกรเดียนต์ซึ่งใช้ค่าเฉลี่ยของพลังงานของสัญญาณที่ออกจากเครื่องรับ ( Mean of Output Energy, MOE) เป็นฟังก์ชันวัตถุประสงค์ อย่างไรก็ตามจากการจำลองแบบด้วยคอมพิวเตอร์เบื้องต้นพบว่าสมรรถนะของเครื่องรับแบบ BA\_PIC ที่ใช้ MOE เป็นฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (MOE\_BA\_PIC) จะลดลงอย่างเห็นได้ชัดเมื่อจำนวนของผู้ใช้ในเซลล์เพิ่มสูงขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าการลู่เข้าของเครื่องรับดังกล่าวยังคงค่อนข้างช้าอีกด้วย ดังนั้นงานวิจัยในวิทยานิพนธ์นี้จึงเสนอให้ใช้ความแปรปรวนของพลังงานของสัญญาณที่ออกจากเครื่องรับ (Variance of Output Energy, VOE) เป็นฟังก์ชันวัตถุประสงค์สำหรับปรับตัวขจัดแบบบอดแทน MOE โดยคาดว่าสมรรถนะของเครื่องรับที่เสนอ (VOE\_BA\_PIC) จะดีกว่าสมรรถนะของเครื่องรับแบบ MOE\_BA\_PIC ทั้งในแง่ของความถูกต้องในการประมาณสัญญาณแทรกสอดจากผู้ใช้คนอื่นๆ และอัตราการลู่เข้าของตัวขจัดแบบบอด

จากการจำลองแบบด้วยคอมพิวเตอร์โดยใช้ Gold Code ซึ่งมีอัตราขยายการประมวลผล (Processing Gain) เท่ากับ 31 เป็นรหัสแม่พบว่า ในกรณีช่องสัญญาณซิงโครนัส เมื่อกำหนดให้อัตราบิดเบือนพลาตที่ยอมรับได้เท่ากับ 0.001 เครื่องรับแบบ VOE\_BA\_PIC จะรองรับผู้ใช้ได้ประมาณ 25 คน ในขณะที่เครื่องรับแบบ MOE\_BA\_PIC สามารถรองรับผู้ใช้ได้ประมาณ 10 คน นอกจากนี้ยังพบว่าเครื่องรับที่เสนอมีความทนทานต่อปรากฏการณ์ใกล้ - ไกลและมีอัตราการลู่เข้าที่เร็วกว่าอัตราการลู่เข้าของเครื่องรับแบบ MOE\_BA\_PIC ด้วย เมื่อพิจารณาผลการจำลองแบบในกรณีช่องสัญญาณอะซิงโครนัสพบว่า เนื่องจากความเชื่อถือได้ที่ลดลงอย่างรวดเร็วตามจำนวนผู้ใช้ที่เพิ่มขึ้นของบิตข้อมูลซึ่งใช้ประมาณสัญญาณแทรกสอดทำให้สมรรถนะของเครื่องรับแบบ VOE\_BA\_PIC และแบบ MOE\_BA\_PIC ทั้งในแง่ของความถูกต้องในการประมาณสัญญาณแทรกสอดและอัตราการลู่เข้าของตัวขจัดแบบบอด มีค่าใกล้เคียงกันเมื่อจำนวนผู้ใช้มีค่าสูงๆ

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า  
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า  
ปีการศึกษา 2544

ลายมือชื่อนิสิต ..... *Sirapong* .....  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา ..... *Orn* .....



## 4270509021 MAJOR ELECTRICAL ENGINEERING

KEYWORDS : BLIND ADAPTIVE PARALLEL CANCELLATION, VARIANCE OF OUTPUT ENERGY, CDMA

RATHAPON SARUTHIRATHANAWORAKUN : BLIND ADAPTIVE PARALLEL INTERFERENCE CANCELLATION RECEIVER BY MINIMIZING VARIANCE OF OUTPUT SIGNAL ENERGY IN CDMA MOBILE COMMUNICATION SYSTEMS THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. DR. WATIT BENJAPOLAKUL, 142 pp. ISBN 974-03-1019-2.

In this thesis, a Blind Adaptive Parallel Interference Cancellation (BA\_PIC) receiver by minimizing Variance of Output signal Energy (VOE) in CDMA mobile communication systems is proposed. In conventional CDMA system, a Matched Filter (MF) that treats other users' signal as Additive White Gaussian Noise (AWGN) is used to detect desired user's information. Thus, the capacity of conventional CDMA system is limited by interference, especially, in near-far environment. To alleviate this drawback, a lot of techniques of multiuser receivers are proposed. Among these is the BA\_PIC receiver that utilizes a blind adaptive canceller to estimate Multiple Access Interference (MAI) and, then, subtracts it from the MF's output. In previously proposed research, the blind adaptive canceller is adapted by Gradient Algorithm (GA) using the Mean of Output Energy (MOE) of the receiver as the objective function (MOE\_BA\_PIC). However, from computer simulations, it is found that when the number of users increases, the Bit Error Rate (BER) of the MOE\_BA\_PIC receiver increases rather dramatically. Besides, the convergent rate of this receiver is quite slow. As a result, this thesis proposes to use the VOE of the receiver as the objective function instead of the MOE used in the MOE\_BA\_PIC receiver; expecting that the performance of the proposed receiver, in both BER and convergent rate aspects, should be better than those of the MOE\_BA\_PIC receiver.

The performance of the proposed receiver is evaluated by computer simulations using gold codes with processing gain = 31 as spreading sequences. It is found that, in a synchronous channel, when the acceptable BER is set to 0.001, the system with the VOE\_BA\_PIC receiver can support up to 25 users while that with the MOE\_BA\_PIC receiver can support only 10 users. Besides, it is found that the proposed receiver is more robust to near-far effect and has faster convergent rate than the MOE\_BA\_PIC receiver. However, due to the reliability of data bits, used to estimate the MAI, that decreases with the increase of number of users, it is found that the performance, both in BER and convergent rate aspects, of the proposed receiver and the MOE\_BA\_PIC receiver, in an asynchronous channel, at high level of number of users are almost the same.

Department of Electrical Engineering  
Field of study Electrical Engineering  
Academic year 2001

Student's signature.....*Rathapon Saruthirathanaworakun*.....  
Advisor's signature.....*Watit Benjapolakul*.....

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างยิ่งของ รองศาสตราจารย์ ดร.วาทิต เบญจพลกุล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งได้ให้คำแนะนำ ตลอดจนข้อคิดเห็นต่างๆ ตลอดเวลาในการทำวิจัยด้วยดีมาตลอด ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

ผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) สำหรับทุนบัณฑิตศึกษาภายในประเทศ (Local Graduate Scholarship) ปี 2542 ที่ได้มอบให้แก่ผู้วิจัยซึ่งได้ช่วยให้ผู้วิจัยสามารถศึกษาและทำวิจัยจนสำเร็จลุล่วงได้โดยสะดวก

นอกจากนี้ขอขอบคุณพี่ๆ และเพื่อนๆ ห้องปฏิบัติการโทรคมนาคม, ห้องปฏิบัติการวิจัยกรรมวิธีสัญญาณดิจิทัล และห้องปฏิบัติการคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ได้ให้คำแนะนำ ข้อคิดเห็นต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ และกำลังใจตลอดระยะเวลาที่ทำการวิจัย รวมถึงห้องปฏิบัติการโทรคมนาคม ซึ่งเป็นสถานที่ทำงานวิจัยตลอดจนอำนวยความสะดวกในการทำวิทยานิพนธ์ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ท้ายที่สุด ขอกราบขอบพระคุณบิดามารดาที่ให้การสนับสนุนและให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยตลอดจนสำเร็จการศึกษา

รัฐพล ศรุติรัตนวรกุล

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฎ
สารบัญรูป.....	ฐ
บัญชีคำศัพท์.....	บ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
1.1 ระบบ DS-CDMA.....	2
1.2 เครื่องรับแบบมัลติยูสเซอร์.....	3
1.2.1 เครื่องรับแบบเหมาะสมที่สุด.....	4
1.2.2 เครื่องรับแบบขับออปติมัล.....	4
1.2.2.1 เครื่องรับแบบเชิงเส้น.....	5
1.2.2.2 เครื่องรับซึ่งใช้หลักการของการขจัดสัญญาณแทรก สอดโดยการหักล้าง.....	5
1.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยในวิทยานิพนธ์.....	7
1.4 แนวทางของงานวิจัยในวิทยานิพนธ์.....	9
1.5 วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์.....	11
1.6 เป้าหมายและขอบเขตของวิทยานิพนธ์.....	11
1.7 ขั้นตอนและวิธีดำเนินงาน.....	11
1.8 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	12
1.9 ภาพรวมของเนื้อหาในแต่ละบทของวิทยานิพนธ์.....	12
2 ความรู้พื้นฐาน.....	13
2.1 แบบจำลองของช่องสัญญาณ.....	13
2.2 เครื่องรับแบบแมตซ์ฟิลเตอร์.....	15



## สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
2.2.1 ช่องสัญญาณชิงโครน์ส.....	16
2.2.2 ช่องสัญญาณอะซิงโครน์ส.....	17
2.3 เครื่องรับแบบดีคอรรีเลเตอร์.....	19
2.3.1 ช่องสัญญาณชิงโครน์ส.....	20
2.3.2 ช่องสัญญาณอะซิงโครน์ส.....	20
2.4 เครื่องรับแบบ Approximate Decorrelator.....	22
2.4.1 ช่องสัญญาณชิงโครน์ส.....	22
2.4.2 ช่องสัญญาณอะซิงโครน์ส.....	23
2.5 เครื่องรับแบบ MOE_BA_PIC.....	25
2.5.1 ช่องสัญญาณชิงโครน์ส.....	26
2.5.2 ช่องสัญญาณอะซิงโครน์ส.....	28
3 เครื่องรับที่เสนอ.....	29
3.1 หลักการทำงาน.....	29
3.1.1 ช่องสัญญาณชิงโครน์ส.....	29
3.1.2 ช่องสัญญาณอะซิงโครน์ส.....	32
3.2 การวิเคราะห์สมรรถนะเบื้องต้น.....	32
3.2.1 เครื่องรับแบบ MOE_BA_PIC.....	33
3.2.2 เครื่องรับแบบ VOE_BA_PIC.....	34
3.3 ความซับซ้อนของเครื่องรับ.....	37
3.3.1 ช่องสัญญาณชิงโครน์ส.....	37
3.3.2 ช่องสัญญาณอะซิงโครน์ส.....	40
4 ผลการวิจัย.....	44
4.1 ค่าความสัมพันธ์ต่างๆ ที่ใช้วัดสมรรถนะของเครื่องรับที่เสนอ.....	44
4.2 ข้อกำหนดของการจำลองแบบ.....	45
4.3 การวิเคราะห์ผลที่ได้จากการจำลองแบบด้วยคอมพิวเตอร์.....	46



## สารบัญ (ต่อ)

บทที่

หน้า

4.3.1 ช่องสัญญาณซิงโครนัส.....	46
4.3.1.1 ผลของขนาดหน้าต่างซึ่งใช้ในการประมาณค่าเฉลี่ย ทางสถิติที่มีต่อความผิดพลาดในการประมาณ สัญญาณแทรกสอด และอัตราบิดผิดพลาดของ เครื่องรับแบบ BA_PIC.....	46
4.3.1.2 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราบิดผิดพลาด กับ พลังงาน เฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของ สัญญาณรบกวน.....	49
4.3.1.2.1 กรณีมีการควบคุมกำลังอย่างสมบูรณ์.....	49
4.3.1.2.2 กรณีมีการควบคุมกำลังไม่สมบูรณ์.....	58
4.3.1.3 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราบิดผิดพลาด กับ จำนวน ผู้ใช้ในเซลล์.....	64
4.3.1.4 ความทนทานต่อปรากฏการณ์ไกลล์ – ไกล.....	68
4.3.1.5 ผลของค่าช่วงก้าวต่อความผิดพลาดในการประมาณ สัญญาณแทรกสอด และอัตราบิดผิดพลาดของเครื่อง รับแบบ BA_PIC.....	70
4.3.1.6 ความซับซ้อนของเครื่องรับ.....	76
4.3.2 ช่องสัญญาณอะซิงโครนัส.....	80
4.3.2.1 ผลของขนาดหน้าต่างซึ่งใช้ในการประมาณค่าเฉลี่ย ทางสถิติที่มีต่อความผิดพลาดในการประมาณ สัญญาณแทรกสอด และอัตราบิดผิดพลาดของ เครื่องรับแบบ BA_PIC.....	80
4.3.2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราบิดผิดพลาด กับ พลังงาน เฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของ สัญญาณรบกวน.....	84
4.3.2.2.1 กรณีมีการควบคุมกำลังอย่างสมบูรณ์.....	84
4.3.2.2.2 กรณีมีการควบคุมกำลังไม่สมบูรณ์.....	92

## สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4.3.2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราบิดพลาต กับ จำนวน ผู้ใช้ในเซลล์.....	99
4.3.2.4 ความทนทานต่อปรากฏการณ์ไกลล์ – ไกล.....	102
4.3.2.5 ผลของค่าช่วงก้าวต่อความผิดพลาดในการประมาณ สัญญาณแทรกสอด และอัตราบิดพลาตของเครื่อง รับแบบ BA_PIC.....	104
4.3.2.6 สมรรถนะของเครื่องรับแบบ VOE_BA_PIC ในกรณี อุดมคติ.....	108
4.3.2.7 ความซับซ้อนของเครื่องรับ.....	114
5 สรุป.....	119
5.1 อัตราบิดพลาตและความจุ.....	119
5.2 ลักษณะการลู่เข้าของเครื่องรับ.....	120
5.3 ความทนทานต่อปรากฏการณ์ไกลล์ – ไกล.....	120
5.4 ผลของขนาดหน้าต่างที่ใช้ประมาณค่าเฉลี่ยเชิงสถิติ และค่าช่วงก้าวที่มีต่อ สมรรถนะของเครื่องรับ.....	120
5.5 ความซับซ้อนของเครื่องรับ.....	121
5.6 ข้อเสนอแนะและแนวทางการทำวิจัยในอนาคต.....	121
รายการอ้างอิง.....	123
ภาคผนวก.....	125
ภาคผนวก ก.....	126
ภาคผนวก ข.....	131
ภาคผนวก ค.....	135
บทความทางวิชาการที่ได้รับการเผยแพร่แล้ว.....	136
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	142

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า	
4.1	ค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดกำลังสองที่สถานะอยู่ตัวและอัตราบิดผิดพลาดที่พลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนเท่ากับ 7 dB ของเครื่องรับแบบ VOE_BA_PIC และเครื่องรับแบบ MOE_BA_PIC ในกรณีที่มีการควบคุมกำลังอย่างสมบูรณ์ และมีการควบคุมกำลังไม่สมบูรณ์.....	64
4.2	ความซับซ้อนของเครื่องรับแบบ (ก) แมตซ์ฟิลเตอร์, ดีคอรัลเลเตอร์ และ ADC (ข) เครื่องรับแบบ MOE_DC_BA_PIC, MOE_ADC_BA_PIC, VOE_DC_BA_PIC และ VOE_ADC_BA_PIC ในกรณีช่องสัญญาณซิงโครนัส.....	77
4.3	เปอร์เซ็นต์ของอัตราบิดผิดพลาดที่ลดลงของเครื่องรับที่เสนอเมื่อเทียบกับเครื่องรับแบบแมตซ์ฟิลเตอร์, เครื่องรับแบบดีคอรัลเลเตอร์ และเครื่องรับแบบ ADC ที่พลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนเท่ากับ 7 dB และจำนวนผู้ใช้เท่ากับ 30 คน ในกรณีช่องสัญญาณซิงโครนัส.....	77
4.4	เปอร์เซ็นต์ของอัตราบิดผิดพลาดที่ลดลงของเครื่องรับที่เสนอเมื่อเทียบกับเครื่องรับแบบ MOE_DC_BA_PIC และเครื่องรับแบบ MOE_ADC_BA_PIC ที่พลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนเท่ากับ 7 dB และจำนวนผู้ใช้เท่ากับ 30 คน ในกรณีช่องสัญญาณซิงโครนัส.....	79
4.5	อัตราบิดผิดพลาดที่เพิ่มขึ้นของเครื่องรับแบบ BA_PIC ประเภทต่าง ๆ ในช่องสัญญาณอะซิงโครนัสเมื่อคิดเทียบกับค่าที่ได้จากกรณีช่องสัญญาณซิงโครนัส.....	98
4.6	ความซับซ้อนของเครื่องรับแบบ (ก) แมตซ์ฟิลเตอร์, ดีคอรัลเลเตอร์ และ ADC (ข) เครื่องรับแบบ MOE_DC_BA_PIC, MOE_ADC_BA_PIC, VOE_DC_BA_PIC และ VOE_ADC_BA_PIC ในกรณีช่องสัญญาณอะซิงโครนัส.....	115

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า	
4.7	เปอร์เซ็นต์ของอัตราบิดผิวดผลาดที่ลดลงของเครื่องรับที่เสนอ (ในกรณีอุดมคติ) เมื่อเทียบกับเครื่องรับแบบแมตซ์ฟิลเตอร์, เครื่องรับแบบดีคอรรีเลเตอร์ และเครื่องรับแบบ ADC ที่พลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนเท่ากับ 7 dB และจำนวนผู้ใช้เท่ากับ 30 คน ในกรณีช่องสัญญาณอะซิงโครนัส.....	116
4.8	เปอร์เซ็นต์ของอัตราบิดผิวดผลาดที่ลดลงของเครื่องรับที่เสนอ (ในกรณีอุดมคติ) เมื่อเทียบกับเครื่องรับแบบ MOE_BA_PIC ที่พลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนเท่ากับ 7 dB และจำนวนผู้ใช้เท่ากับ 30 คน ในกรณีช่องสัญญาณอะซิงโครนัส.....	118
ข1	Gold code ความยาว 31 ชิปที่ใช้ในการจำลองแบบด้วยคอมพิวเตอร์.....	131
ข2	ค่าการประวิง (ชิป) ของผู้ใช้ในกรณีช่องสัญญาณอะซิงโครนัส.....	133
ข3	ค่าช่วงก้าวของเครื่องรับแบบ BA_PIC ในกรณีช่องสัญญาณซิงโครนัส ที่ใช้ในการจำลองแบบด้วยคอมพิวเตอร์.....	133
ข4	ค่าช่วงก้าวของเครื่องรับแบบ BA_PIC ในกรณีช่องสัญญาณอะซิงโครนัส ที่ใช้ในการจำลองแบบด้วยคอมพิวเตอร์.....	134
ข5	ค่าช่วงก้าวของเครื่องรับแบบ BA_PIC อุดมคติ ในกรณีช่องสัญญาณอะซิงโครนัส ที่ใช้ในการจำลองแบบด้วยคอมพิวเตอร์.....	134



## สารบัญญรูป

รูปที่	หน้า
1.1 การเข้าถึงหลายทางแบบ (ก) แบ่งความถี่ (FDMA) (ข) แบ่งเวลา (TDMA) และ (ค) แบ่งรหัส (CDMA).....	1
1.2 เครื่องรับแบบซัพพอร์ติมัล.....	5
1.3 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราบิดผิดพลาด กับ จำนวนผู้ใช้ในเซลล์ ของเครื่องรับแบบ MOE_DC_BA_PIC และแบบ MOE_ADC_BA_PIC ในกรณีช่องสัญญาณซิงโครนัสและมีการควบคุมกำลังไม่สมบูรณ์จากการจำลองแบบเบื้องต้น.....	9
1.4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดกำลังสอง กับ จำนวนผู้ใช้ในเซลล์ ของเครื่องรับแบบ MOE_DC_BA_PIC และแบบ MOE_ADC_BA_PIC ในกรณีช่องสัญญาณซิงโครนัสและมีการควบคุมกำลังไม่สมบูรณ์ จากการจำลองแบบเบื้องต้น.....	10
1.5 ลักษณะการลู่เข้าของเครื่องรับแบบ MOE_DC_BA_PIC และแบบ MOE_ADC_BA_PIC ในกรณีช่องสัญญาณซิงโครนัสและไม่มีการควบคุมกำลัง เมื่อจำนวนผู้ใช้ในระบบเท่ากับ 10 คน จากการจำลองแบบเบื้องต้น.....	10
2.1 โครงสร้างของสัญญาณที่สถานีฐานรับได้ในกรณี (ก) ช่องสัญญาณซิงโครนัส (ข) ช่องสัญญาณอะซิงโครนัส.....	13
2.2 กลุ่มของเครื่องรับแบบแมตซ์ฟิลเตอร์.....	15
2.3 เครื่องรับแบบแมตซ์ฟิลเตอร์ของผู้ใช้คนที่ $k$ .....	15
2.4 เครื่องรับแบบดีคอรรีเลเตอร์.....	19
2.5 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราบิดผิดพลาด กับ จำนวนผู้ใช้ ของเครื่องรับแบบแมตซ์ฟิลเตอร์, ดีคอรรีเลเตอร์, ADC1 (ประมาณ $R^{-1}$ ) และ ADC2 (ประมาณ $R_p^{-1}$ ) กรณีช่องสัญญาณอะซิงโครนัสและมีการควบคุมกำลังไม่สมบูรณ์จากการจำลองแบบเบื้องต้น.....	24
2.6 โครงสร้างของเครื่องรับแบบ MOE_BA_PIC.....	25
3.1 โครงสร้างของเครื่องรับแบบ VOE_BA_PIC.....	29

ผลการจำลองแบบในกรณีช่องสัญญาณซิงโครนัส

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดกำลังสอง กับ ขนาดของหน้าต่างที่ใช้ประมาณค่าทางสถิติ ที่ (ก) สถานะชั่วคราว (Transient State) (ข) สถานะอยู่ตัว (Steady State) เมื่อจำนวนผู้ใช้เท่ากับ 10 คน, พลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนเท่ากับ 7 dB และมีการควบคุมกำลังอย่างสมบูรณ์.....	46
4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราบิดผิดพลาด กับ ขนาดของหน้าต่างที่ใช้ประมาณค่าทางสถิติ เมื่อจำนวนผู้ใช้เท่ากับ 10 คน, พลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนเท่ากับ 7 dB และมีการควบคุมกำลังอย่างสมบูรณ์ .....	47
4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดกำลังสอง กับ ขนาดของหน้าต่างที่ใช้ประมาณค่าทางสถิติ ที่ (ก) สถานะชั่วคราว (ข) สถานะอยู่ตัว เมื่อจำนวนผู้ใช้เท่ากับ 10 คน, พลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนเท่ากับ 7 dB และมีการควบคุมกำลังไม่สมบูรณ์.....	48
4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราบิดผิดพลาด กับ ขนาดของหน้าต่างที่ใช้ประมาณค่าทางสถิติ เมื่อจำนวนผู้ใช้เท่ากับ 10 คน, พลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนเท่ากับ 7 dB และมีการควบคุมกำลังไม่สมบูรณ์.....	49
4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดกำลังสอง กับ จำนวนบิตที่ปรับค่าสัมประสิทธิ์ของฟิลเตอร์ ที่ (ก) สถานะชั่วคราว (ข) สถานะอยู่ตัว เมื่อจำนวนผู้ใช้เท่ากับ 10 คน, พลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนเท่ากับ 7 dB และมีการควบคุมกำลังอย่างสมบูรณ์.....	51
4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราบิดผิดพลาด กับ พลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวน เมื่อจำนวนผู้ใช้เท่ากับ 10 คน และมีการควบคุมกำลังอย่างสมบูรณ์.....	52
4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดกำลังสอง กับ จำนวนบิตที่ปรับค่าสัมประสิทธิ์ของฟิลเตอร์ ที่ (ก) สถานะชั่วคราว (ข) สถานะอยู่ตัว เมื่อจำนวนผู้ใช้เท่ากับ 20 คน, พลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนเท่ากับ 7 dB และมีการควบคุมกำลังอย่างสมบูรณ์.....	53

## สารบัญญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราบิดผิตพลาด กับ พลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวน เมื่อจำนวนผู้ใช้เท่ากับ 20 คน และมีการควบคุมกำลังอย่างสมบูรณ์.....	54
4.9 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดกำลังสอง กับ จำนวนบิตที่ปรับค่าสัมประสิทธิ์ของฟิลเตอร์ ที่ (ก) สถานะชั่วคราว (ข) สถานะอยู่ตัว เมื่อจำนวนผู้ใช้เท่ากับ 30 คน, พลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนเท่ากับ 7 dB และมีการควบคุมกำลังอย่างสมบูรณ์.....	55
4.10 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราบิดผิตพลาด กับ พลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวน เมื่อจำนวนผู้ใช้เท่ากับ 30 คน และมีการควบคุมกำลังอย่างสมบูรณ์.....	56
4.11 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราบิดผิตพลาด กับ พลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนที่ได้จากการวิเคราะห์ เมื่อจำนวนผู้ใช้เท่ากับ 30 คน และมีการควบคุมกำลังอย่างสมบูรณ์.....	57
4.12 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดกำลังสอง กับ จำนวนบิตที่ปรับค่าสัมประสิทธิ์ของฟิลเตอร์ ที่ (ก) สถานะชั่วคราว (ข) สถานะอยู่ตัว เมื่อจำนวนผู้ใช้เท่ากับ 10 คน, พลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนเท่ากับ 7 dB และมีการควบคุมกำลังไม่สมบูรณ์.....	58
4.13 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราบิดผิตพลาด กับ พลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวน เมื่อจำนวนผู้ใช้เท่ากับ 10 คน และมีการควบคุมกำลังไม่สมบูรณ์.....	59
4.14 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดกำลังสอง กับ จำนวนบิตที่ปรับค่าสัมประสิทธิ์ของฟิลเตอร์ ที่ (ก) สถานะชั่วคราว (ข) สถานะอยู่ตัว เมื่อจำนวนผู้ใช้เท่ากับ 20 คน, พลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนเท่ากับ 7 dB และมีการควบคุมกำลังไม่สมบูรณ์.....	60
4.15 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราบิดผิตพลาด กับ พลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวน เมื่อจำนวนผู้ใช้เท่ากับ 20 คน และมีการควบคุมกำลังไม่สมบูรณ์.....	61



## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.16 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดกำลังสอง กับ จำนวนบิตที่ปรับค่าสัมประสิทธิ์ของฟิลเตอร์ ที่ (ก) สถานะชั่วคราว (ข) สถานะอยู่ตัว เมื่อจำนวนผู้ใช้เท่ากับ 30 คน, พลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนเท่ากับ 7 dB และมีการควบคุมกำลังไม่สมบูรณ์.....	62
4.17 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราบิตผิดพลาด กับ พลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวน เมื่อจำนวนผู้ใช้เท่ากับ 30 คน และมีการควบคุมกำลังไม่สมบูรณ์.....	63
4.18 ความสัมพันธ์ระหว่าง (ก) ค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดกำลังสองที่สถานะอยู่ตัว กับ จำนวนผู้ใช้ (ข) อัตราบิตผิดพลาด กับ จำนวนผู้ใช้ ที่พลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวน เท่ากับ 7 dB และมีการควบคุมกำลังอย่างสมบูรณ์.....	65
4.19 ความสัมพันธ์ระหว่าง (ก) ค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดกำลังสองที่สถานะอยู่ตัว กับ จำนวนผู้ใช้ (ข) อัตราบิตผิดพลาด กับ จำนวนผู้ใช้ ที่พลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวน เท่ากับ 7 dB และมีการควบคุมกำลังไม่สมบูรณ์.....	67
4.20 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดกำลังสองที่สถานะอยู่ตัว กับ ผลต่างระหว่างพลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวน เมื่อจำนวนผู้ใช้เท่ากับ 10 คน และพลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนของผู้ใช้คนที่พิจารณาเท่ากับ 7 dB.....	68
4.21 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราบิตผิดพลาด กับ ผลต่างระหว่างพลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวน เมื่อจำนวนผู้ใช้เท่ากับ 10 คน และพลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนของผู้ใช้คนที่พิจารณาเท่ากับ 7 dB.....	69



## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.22 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดกำลังสอง กับ จำนวนบิตที่ปรับค่าสัมประสิทธิ์ของฟิลเตอร์ ในสถานะชั่วคราวเมื่อมีการควบคุมกำลัง (ก) อย่างสมบูรณ์ (ข) ไม่สมบูรณ์ ที่ค่าช่วงก้าวเท่ากับ 0.005, 0.001 และ 0.0006 ที่จำนวนผู้ใช้เท่ากับ 10 คน, พลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนของผู้ใช้คนที่พิจารณาเท่ากับ 7 dB.....	71
4.23 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดกำลังสอง กับ จำนวนบิตที่ปรับค่าสัมประสิทธิ์ของฟิลเตอร์ ในสถานะอยู่ตัวเมื่อมีการควบคุมกำลัง (ก) อย่างสมบูรณ์ (ข) ไม่สมบูรณ์ ที่ค่าช่วงก้าวเท่ากับ 0.005, 0.001 และ 0.0006 ที่จำนวนผู้ใช้เท่ากับ 10 คน, พลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนของผู้ใช้คนที่พิจารณาเท่ากับ 7 dB.....	72
4.24 ความสัมพันธ์ระหว่าง (ก) พลังงานของสัญญาณที่ออกจากเครื่องรับแบบ MOE_BA_PIC กับ จำนวนบิตที่ปรับค่าสัมประสิทธิ์ของฟิลเตอร์ (ข) ค่าสัญญาณแทรกสอดที่ประมาณได้จากเครื่องรับแบบ MOE_BA_PIC กับ จำนวนบิตที่ปรับค่าสัมประสิทธิ์ของฟิลเตอร์ ที่สถานะชั่วคราว เมื่อค่าช่วงก้าวเท่ากับ 0.005, จำนวนผู้ใช้เท่ากับ 10 คน, พลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนของผู้ใช้คนที่พิจารณาเท่ากับ 7 dB และมีการควบคุมกำลังอย่างสมบูรณ์.....	74
4.25 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราบิตผิดพลาด กับ ค่าช่วงก้าว เมื่อมีการควบคุมกำลัง (ก) อย่างสมบูรณ์ (ข) ไม่สมบูรณ์ ที่จำนวนผู้ใช้เท่ากับ 10 คน, พลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนของผู้ใช้คนที่พิจารณาเท่ากับ 7 dB.....	75
4.26 ความซับซ้อนของเครื่องรับแบบ (ก) ไม่ใช้ตัวขจัดแบบบอด (ข) ใช้ตัวขจัดแบบบอด ในกรณีช่องสัญญาณเชิงโคโรนัส.....	78
4.27 ความซับซ้อนที่เพิ่มขึ้นของเครื่องรับแบบ VOE_DC_BA_PIC เทียบกับความซับซ้อนของเครื่องรับแบบ MOE_DC_BA_PIC (—) และของเครื่องรับแบบ VOE_ADC_BA_PIC เทียบกับของเครื่องรับแบบ MOE_ADC_BA_PIC (—).....	79

## สารบัญญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.28 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดกำลังสอง กับ ขนาดของหน้าต่างที่ใช้ประมาณค่าทางสถิติ ที่ (ก) สถานะชั่วคราว (ข) สถานะอยู่ตัว เมื่อจำนวนผู้ใช้เท่ากับ 10 คน, พลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนเท่ากับ 7 dB และมีการควบคุมกำลังอย่างสมบูรณ์.....	81
4.29 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราบิดผิดพลาด กับ ขนาดของหน้าต่างที่ใช้ประมาณค่าทางสถิติ เมื่อจำนวนผู้ใช้เท่ากับ 10 คน, พลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนเท่ากับ 7 dB และมีการควบคุมกำลังอย่างสมบูรณ์.....	82
4.30 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดกำลังสอง กับ ขนาดของหน้าต่างที่ใช้ประมาณค่าทางสถิติ ที่ (ก) สถานะชั่วคราว (ข) สถานะอยู่ตัว เมื่อจำนวนผู้ใช้เท่ากับ 10 คน, พลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนเท่ากับ 7 dB และมีการควบคุมกำลังไม่สมบูรณ์.....	83
4.31 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราบิดผิดพลาด กับ ขนาดของหน้าต่างที่ใช้ประมาณค่าทางสถิติ เมื่อจำนวนผู้ใช้เท่ากับ 10 คน, พลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนเท่ากับ 7 dB และมีการควบคุมกำลังไม่สมบูรณ์.....	84
4.32 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดกำลังสอง กับ จำนวนบิตที่ปรับค่าสัมประสิทธิ์ของฟิลเตอร์ ที่ (ก) สถานะชั่วคราว (ข) สถานะอยู่ตัว เมื่อจำนวนผู้ใช้เท่ากับ 10 คน, พลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนเท่ากับ 7 dB และมีการควบคุมกำลังอย่างสมบูรณ์.....	86
4.33 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราบิดผิดพลาด กับ พลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวน เมื่อจำนวนผู้ใช้เท่ากับ 10 คน และมีการควบคุมกำลังอย่างสมบูรณ์.....	87
4.34 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดกำลังสอง กับ จำนวนบิตที่ปรับค่าสัมประสิทธิ์ของฟิลเตอร์ ที่ (ก) สถานะชั่วคราว (ข) สถานะอยู่ตัว เมื่อจำนวนผู้ใช้เท่ากับ 20 คน, พลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนเท่ากับ 7 dB และมีการควบคุมกำลังอย่างสมบูรณ์.....	88

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.35 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราบิดผดพลาด กับ พลังงานเฉลี่ยต่อบิดต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวน เมื่อจำนวนผู้ใช้เท่ากับ 20 คน และมีการควบคุมกำลังอย่างสมบูรณ์.....	89
4.36 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดกำลังสอง กับ จำนวนบิดที่ปรับค่าสัมประสิทธิ์ของฟิลเตอร์ ที่ (ก) สถานะชั่วคราว (ข) สถานะอยู่ตัว เมื่อจำนวนผู้ใช้เท่ากับ 30 คน, พลังงานเฉลี่ยต่อบิดต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนเท่ากับ 7 dB และมีการควบคุมกำลังอย่างสมบูรณ์.....	90
4.37 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราบิดผดพลาด กับ พลังงานเฉลี่ยต่อบิดต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวน เมื่อจำนวนผู้ใช้เท่ากับ 30 คน และมีการควบคุมกำลังอย่างสมบูรณ์.....	91
4.38 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดกำลังสอง กับ จำนวนบิดที่ปรับค่าสัมประสิทธิ์ของฟิลเตอร์ ที่ (ก) สถานะชั่วคราว (ข) สถานะอยู่ตัว เมื่อจำนวนผู้ใช้เท่ากับ 10 คน, พลังงานเฉลี่ยต่อบิดต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนเท่ากับ 7 dB และมีการควบคุมกำลังไม่สมบูรณ์.....	92
4.39 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราบิดผดพลาด กับ พลังงานเฉลี่ยต่อบิดต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวน เมื่อจำนวนผู้ใช้เท่ากับ 10 คน และมีการควบคุมกำลังไม่สมบูรณ์.....	93
4.40 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดกำลังสอง กับ จำนวนบิดที่ปรับค่าสัมประสิทธิ์ของฟิลเตอร์ ที่ (ก) สถานะชั่วคราว (ข) สถานะอยู่ตัว เมื่อจำนวนผู้ใช้เท่ากับ 20 คน, พลังงานเฉลี่ยต่อบิดต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนเท่ากับ 7 dB และมีการควบคุมกำลังไม่สมบูรณ์.....	94
4.41 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราบิดผดพลาด กับ พลังงานเฉลี่ยต่อบิดต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวน เมื่อจำนวนผู้ใช้เท่ากับ 20 คน และมีการควบคุมกำลังไม่สมบูรณ์.....	95
4.42 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดกำลังสอง กับ จำนวนบิดที่ปรับค่าสัมประสิทธิ์ของฟิลเตอร์ ที่ (ก) สถานะชั่วคราว (ข) สถานะอยู่ตัว เมื่อจำนวนผู้ใช้เท่ากับ 30 คน, พลังงานเฉลี่ยต่อบิดต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนเท่ากับ 7 dB และมีการควบคุมกำลังไม่สมบูรณ์.....	96



## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.43 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราบิดผัดพลาด กับ พลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวน เมื่อจำนวนผู้ใช้เท่ากับ 30 คน และมีการควบคุมกำลังไม่สมบูรณ์.....	97
4.44 ความสัมพันธ์ระหว่าง (ก) ค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดกำลังสองที่สถานะอยู่ตัว กับ จำนวนผู้ใช้ (ข) อัตราบิดผัดพลาด กับ จำนวนผู้ใช้ ที่พลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวน เท่ากับ 7 dB และมีการควบคุมกำลังอย่างสมบูรณ์.....	99
4.45 ความสัมพันธ์ระหว่าง (ก) ค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดกำลังสองที่สถานะอยู่ตัว กับ จำนวนผู้ใช้ (ข) อัตราบิดผัดพลาด กับ จำนวนผู้ใช้ ที่พลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวน เท่ากับ 7 dB และมีการควบคุมกำลังไม่สมบูรณ์.....	101
4.46 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดกำลังสองที่สถานะอยู่ตัว กับ ผลต่างระหว่างพลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวน เมื่อจำนวนผู้ใช้เท่ากับ 10 คน และพลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนของผู้ใช้คนที่พิจารณาเท่ากับ 7 dB.....	102
4.47 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราบิดผัดพลาด กับ ผลต่างระหว่างพลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวน เมื่อจำนวนผู้ใช้เท่ากับ 10 คน และพลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนของผู้ใช้คนที่พิจารณาเท่ากับ 7 dB.....	103
4.48 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดกำลังสอง กับ จำนวนบิตที่ปรับค่าสัมประสิทธิ์ของฟิลเตอร์ ในสถานะชั่วคราวเมื่อมีการควบคุมกำลัง (ก) อย่างสมบูรณ์ (ข) ไม่สมบูรณ์ ที่ค่าช่วงก้าวเท่ากับ 0.005, 0.001 และ 0.0006 ที่จำนวนผู้ใช้เท่ากับ 10 คน, พลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนของผู้ใช้คนที่พิจารณาเท่ากับ 7 dB.....	105



## สารบัญญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.49 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดกำลังสอง กับ จำนวนบิตที่ปรับค่าสัมประสิทธิ์ของฟิลเตอร์ ในสถานะอยู่ตัวเมื่อมีการควบคุมกำลัง (ก) อย่างสมบูรณ์ (ข) ไม่สมบูรณ์ ที่ค่าช่วงก้าวเท่ากับ 0.005, 0.001 และ 0.0006 ที่จำนวนผู้ใช้เท่ากับ 10 คน, พลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนของผู้ใช้คนที่พิจารณาเท่ากับ 7 dB.....	106
4.50 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราบิดผิดพลาด กับ ค่าช่วงก้าว เมื่อมีการควบคุมกำลัง (ก) อย่างสมบูรณ์ (ข) ไม่สมบูรณ์ ที่จำนวนผู้ใช้เท่ากับ 10 คน, พลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนของผู้ใช้คนที่พิจารณาเท่ากับ 7 dB.....	107
4.51 ความสัมพันธ์ระหว่าง (ก) ค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดกำลังสอง กับ จำนวนผู้ใช้ (ข) อัตราบิดผิดพลาด กับ จำนวนผู้ใช้ ในกรณีอุดมคติและมีการควบคุมกำลังอย่างสมบูรณ์.....	109
4.52 ลักษณะการลู่เข้าของเครื่องรับแบบ BA_PIC เมื่อ (ก) จำนวนผู้ใช้เท่ากับ 20 คน (ข) จำนวนผู้ใช้เท่ากับ 30 คน ในกรณีอุดมคติและมีการควบคุมกำลังอย่างสมบูรณ์.....	110
4.53 ความสัมพันธ์ระหว่าง (ก) ค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดกำลังสอง กับ จำนวนผู้ใช้ (ข) อัตราบิดผิดพลาด กับ จำนวนผู้ใช้ ในกรณีอุดมคติและมีการควบคุมกำลังไม่สมบูรณ์.....	112
4.54 ลักษณะการลู่เข้าของเครื่องรับแบบ BA_PIC เมื่อ (ก) จำนวนผู้ใช้เท่ากับ 20 คน (ข) จำนวนผู้ใช้เท่ากับ 30 คน ในกรณีอุดมคติและมีการควบคุมกำลังไม่สมบูรณ์.....	113
4.55 ความซับซ้อนของเครื่องรับแบบ (ก) ไม่ใช้ตัวจัดแบบบอด (ข) ใช้ตัวจัดแบบบอด ในกรณีช่องสัญญาณอะซิงโครนัส.....	117
4.56 ความซับซ้อนที่เพิ่มขึ้นของเครื่องรับแบบ VOE_DC_BA_PIC เทียบกับความซับซ้อนของเครื่องรับแบบ MOE_DC_BA_PIC (—) และของเครื่องรับแบบ VOE_ADC_BA_PIC เทียบกับของเครื่องรับแบบ MOE_ADC_BA_PIC (—).....	118

## สารบัญญรูป (ต่อ)

- ค1 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราบิดผิดพลาด และ ค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดกำลัง  
สองในการประมาณสัญญาณแทรกสอดของเครื่องรับแบบ BA\_PIC ที่พลังงาน  
เฉลี่ยต่อบิตต่อ ความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนเท่ากับ  
7 dB .....

135



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## บัญชีคำศัพท์

Additive White Gaussian Noise	AWGN
Maximum-Likelihood Sequence Estimation	MLSE
Minimum Mean Square Error	MMSE
กลุ่มของเครื่องรับแบบแมตซ์ฟิลเตอร์	Matched Filter Bank
การเข้าถึงหลายทางแบบแบ่งรหัส	Code Division Multiple Access (CDMA)
โดยการกระโดดเปลี่ยนความถี่	Frequency Hopping CDMA (FH-CDMA)
โดยการกระโดดเปลี่ยนเวลา	Time Hopping CDMA (TH-CDMA)
โดยใช้ลำดับตรง	Direct Sequence CDMA (DS-CDMA)
การควบคุมกำลัง	Power Control
อย่างสมบูรณ์	Perfect Power Control
ไม่สมบูรณ์	Imperfect Power Control
การจำลองแบบด้วยคอมพิวเตอร์	Computer Simulation
การแจกแจงแบบไค-สแควร์	Chi-Square Distribution
การชดเชยข้อดีข้อเสีย	Tradeoff
การแทรกสอดจากการเข้าถึงหลายทาง	Multiple Access Interference (MAI)
การแทรกสอด	Interference
ภายในเซลล์	Intracell Interference
ระหว่างเซลล์	Inter-cell Interference
ระหว่างสัญลักษณ์	Inter Symbol Interference (ISI)
การประมาณ	Approximation
อันดับสูง	High-Order Approximation
อันดับหนึ่ง	First-Order Approximation
การประวิง	Delay
การแปลงเชิงเส้น	Linear Transform
การลู่เข้า	Convergence
การวนซ้ำ	Iteration
แก้การแผ่	Despread
ขอบเขตบน	Upper Bound
ข่ายเชื่อมโยงขาขึ้น	Uplink



## บัญชีคำศัพท์ (ต่อ)

ความจุ	Capacity
ความซับซ้อน	Complexity
ความทนทานต่อปรากฏการณ์ใกล้ไกล	Near-Far Effect Tolerance
ความเป็นอะซิงโครนัส	Asynchronism
ความแปรปรวน	Variance
ของพลังงานของสัญญาณที่ออกจากเครื่องรับ	Variance of Output Energy (VOE)
ของสัญญาณรบกวน	Noise Variance
ค่าเฉลี่ย	Mean
ของความผิดพลาดยกกำลังสอง	Mean Square Error (MSE)
ของพลังงานของสัญญาณที่ออกจากเครื่องรับ	Mean of Output Energy (MOE)
ค่าเฉลี่ยทั้งหมดเชิงสถิติ	Ensemble Average
ค่าช่วงก้าว	Step Size
เครื่องรับ	Receiver
ซึ่งใช้หลักการของการขจัดสัญญาณแทรกสอดโดย	Subtractive Interference Cancellation
การหักล้าง	Receivers
แบบ ADC	Approximate DeCorrelator
Zero-Forcing Decision-Feedback	ZF-DF Receiver
แบบขจัดสัญญาณแทรกสอดแบบขนาน	Parallel Interference Cancellation (PIC)
แบบขจัดสัญญาณแทรกสอดแบบตามลำดับ	Successive Interference Cancellation (SIC)
มัลติยูสเซอร์แบบเชิงเส้น	Linear Multiuser Receivers
แบบซับออปติมัล	Suboptimal Receiver
แบบดีคอร์เรลเตอร์	DeCorrelator (DC)
แบบมัลติยูสเซอร์	Multiuser Receivers
แบบเหมาะสมที่สุด	Optimal Receiver
ช่องสัญญาณ	Channel
ซิงโครนัส	Synchronous Channel
อะซิงโครนัส	Asynchronous Channel
ชุดเทรน	Traning Sequences

## บัญชีคำศัพท์ (ต่อ)

ซอฟต์แฮนด์ออฟ	Soft Handoff
ซิงโครไนซ์	Synchronize
เซลล์	Cell
ดีเทกต์	Detect
ตั้งฉาก	Orthogonal
ตัวแปรสุ่ม	Random Variable
ตัวขจัดที่ปรับตัวแบบบอด	Blind Adaptive Canceller
แบบจำลองของช่องสัญญาณ	Channel Model
ไบอัส	Bias
ปรากฏการณ์ใกล้ - ไกล	Near-Far Effect
เป็นอิสระต่อกันเชิงสถิติ	Statistical Independent
พลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของ สัญญาณรบกวน	Bit Energy Per Noise Spectral Density ( $E_b/N_0$ )
ฟลอป	Flop
ฟังก์ชันวัตถุประสงค์	Objective Function
แฟกเตอร์การใช้ความถี่ซ้ำ	Frequency Reuse Factor
เมตริกซ์	Matrix
ความแปรปรวนร่วม	Covariance Matrix
สมมาตร	Symmetry Matrix
สหสัมพันธ์ข้าม	Cross Correlation Matrix
สหสัมพันธ์ข้ามดัดแปลง	Modified Cross Correlation Matrix
เอกลักษณ์	Identity Matrix
แมตซ์ฟิลเตอร์	Matched Filter (MF)
รหัสแผ่	Spreading Code
ระบบ DS-CDMA ในปัจจุบัน	Conventional DS-CDMA Systems
ระบบโทรคมนาคมยุคที่ 3	Third Generation Communication Systems
ระบบสื่อสารเคลื่อนที่เซลลูลาร์	Cellular Mobile Communication Systems
ลักษณะการลู่เข้า	Transient Behavior

## บัญชีคำศัพท์ (ต่อ)

ลู่ออก	Diverge
เทคนิคการเข้าถึงหลายทาง	Multiple Access Techniques
แบบแบ่งความถี่	Frequency Division Multiple Access (FDM)
แบบแบ่งเวลา	Time Division Multiple Access (TDMA)
เวกเตอร์	Vector
ของสัญญาณรบกวนแบบเกาส์ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเป็นศูนย์	Zero Mean Gaussian Noise Vector
หลัก	Column Vector
เวลาประวิง	Delay Time
สถานีเคลื่อนที่	Mobile Station
สถานีฐาน	Base Station
สถานะชั่วคราว	Transient State
สถานะอยู่ตัว	Steady State
สมรรถนะ	Performance
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	Standard Deviation
สหสัมพันธ์ข้าม	Cross-Correlation
สัญญาณรบกวน	Noise
สัมประสิทธิ์ของตัวขจัด	Canceller Coefficient
ออฟเซตเวลา	Time Offset
อัตราบิตผิดพลาด	Bit Error Rate (BER)
อัตราส่วนสัญญาณต่อสัญญาณรบกวน	Signal-to-Noise Ratio (SNR)
อัลกอริทึมเกรเดียนต์	Gradient Algorithm
อินเนอร์โพรดักต์	Inner Product
อินเวอร์ส	Inverse
อุปกรณ์ตัดสินใจ	Decision Device
เอกซ์โพเนนเชียล	Exponential