

บทที่ 4

ผลการวิจัย

เนื้อหาในบทนี้กล่าวถึง ค่าความสัมพันธ์ต่างๆ ที่ใช้วัดสมรรถนะของเครื่องรับที่เสนอ, ข้อกำหนดของการจำลองแบบด้วยคอมพิวเตอร์ (Computer Simulation) และการวิเคราะห์ผลที่ได้จากการจำลองแบบด้วยคอมพิวเตอร์

4.1 ค่าความสัมพันธ์ต่างๆ ที่ใช้วัดสมรรถนะของเครื่องรับที่เสนอ

การวิเคราะห์สมรรถนะของเครื่องรับที่เสนอ จะทำการจำลองแบบด้วยคอมพิวเตอร์ในกรณีช่องสัญญาณซิงโครนัส (Synchronous Channel) และช่องสัญญาณอะซิงโครนัส (Asynchronous Channel) ทั้งในกรณีที่มีการควบคุมกำลังอย่างสมบูรณ์ (Perfect Power Control) และมีการควบคุมกำลังไม่สมบูรณ์ (Imperfect Power Control) โดยจะพิจารณาจากค่าความสัมพันธ์ต่างๆ ที่ได้จากการจำลองแบบด้วยคอมพิวเตอร์ดังต่อไปนี้

1. ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราบิดผิดพลาด (Bit Error Rate, BER) กับ ขนาดของหน้าต่างที่ใช้ในการประมาณค่าเฉลี่ยทางสถิติ (W_d) ที่พลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวน (E_b / N_0) เท่ากับ 7 dB โดยที่พลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวน แสดงได้ดังสมการที่ (4.1)

$$(E_b / N_0)_k = \frac{A_k^2}{2\sigma^2} \quad (4.1)$$

A_k และ σ^2 คือขนาดสัญญาณที่รับได้ของผู้ใช้ที่ k และความแปรปรวนของสัญญาณรบกวน (Noise Variance) ตามลำดับ

2. ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดกำลังสอง (Mean Square Error, MSE) กับ จำนวนบิตที่ปรับค่าสัมประสิทธิ์ของฟิลเตอร์ ที่พลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนเท่ากับ 7 dB
3. ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราบิดผิดพลาด กับ พลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวน
4. ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราบิดผิดพลาด กับ จำนวนผู้ใช้ในเซลล์ ที่พลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนเท่ากับ 7 dB

5. ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราบิดผิดพลาด กับ ผลต่างระหว่างกำลังของผู้ใช้คนอื่นๆ กับผู้ใช้ที่พิจารณา
6. ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราบิดผิดพลาด กับ ค่าช่วงก้าว (Step Size) ที่ใช้ในการปรับค่าสัมประสิทธิ์ของฟิลเตอร์ที่ พลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวน เท่ากับ 7 dB
7. ความสัมพันธ์ระหว่างความซับซ้อนของเครื่องรับ (Complexity of Detectors) กับ จำนวนผู้ใช้ โดยในที่นี้นิยามความซับซ้อนเป็นจำนวนการบวกหรือการคูณที่ต้องใช้ต่อการตัดสินใจ 1 บิต

4.2 ข้อกำหนดของการจำลองแบบ

ในการจำลองแบบด้วยคอมพิวเตอร์ จะกำหนดให้พารามิเตอร์ต่างๆ มีค่าดังต่อไปนี้

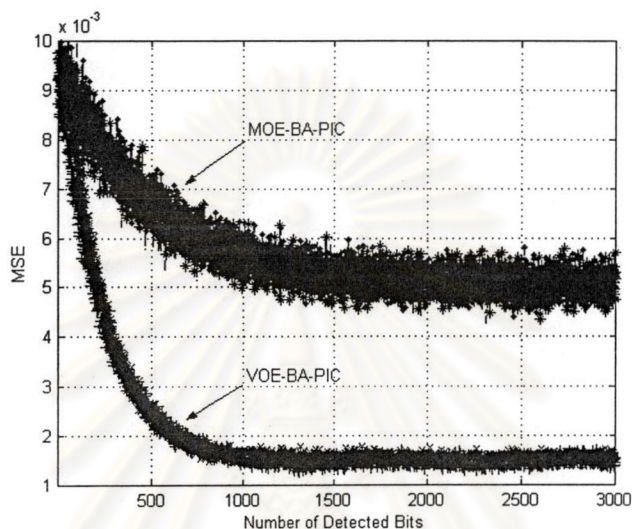
1. พิจารณาข่ายเชื่อมโยงขาขึ้น (Uplink) คือ พิจารณาเครื่องรับที่สถานีฐาน
2. กำหนดให้ช่องสัญญาณมีผลของ Additive White Guassian Noise (AWGN) เท่านั้น ไม่คิดผลของการแทรกสอดระหว่างเซลล์ (Intercell Interference), ผลของเฟดดิ้ง (Fading) และผลของการได้รับสัญญาณแบบหลายวิถี (Multipath)
3. ทำการจำลองแบบทั้งในกรณีที่สัญญาณของผู้ใช้แต่ละคนมาถึงเครื่องรับพร้อมกัน (ซิงโครนัส) และสัญญาณของผู้ใช้แต่ละคนมาถึงเครื่องรับไม่พร้อมกัน (อะซิงโครนัส) โดยมีการประวิงแบบสุ่ม (Random) ในช่วง 0 ถึง 30 ชิพ (Chip)
4. ให้ความแปรปรวนของสัญญาณรบกวนมีค่าเท่ากับ 0.0998^{10}
5. กำลังของสัญญาณ: ในกรณีควบคุมกำลัง ให้กำลังสัญญาณของผู้ใช้แต่ละคนมาถึงเครื่องรับเท่ากันเป็น 0 dBw ที่ พลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนเท่ากับ 7 dB และในกรณีควบคุมกำลังไม่สมบูรณ์ ให้กำลังสัญญาณของผู้ใช้คนที่พิจารณา (ในที่นี้คือผู้ใช้คนที่ 1) เป็น 0 dBw ที่ พลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนเท่ากับ 7dB และกำลังส่งของผู้ใช้คนอื่นๆ ในเซลล์สูงกว่ากำลังส่งของผู้ใช้คนที่พิจารณาอยู่ 10 dB
6. เลือกใช้ รหัสแม่ Gold code ความยาว 31 ชิพ (อัตราขยายการประมวลผล (Processing Gain, P_G) เท่ากับ 31)
7. ในการจำลองแบบด้วยคอมพิวเตอร์ แต่ละรอบกำหนดให้จำนวนบิตที่เก็บข้อมูลเท่ากับ 1000 บิต และทำการจำลองแบบทั้งสิ้น 1000 รอบเพื่อหาค่าเฉลี่ยทั้งหมดเชิงสถิติ (Ensemble Average)

¹⁰ คำนวณได้จากสมการที่ (4.1) เมื่อกำหนดให้กำลังส่งของผู้ใช้ที่ E_b/N_0 เท่ากับ 7 dB มีค่าเป็น 0 dBw

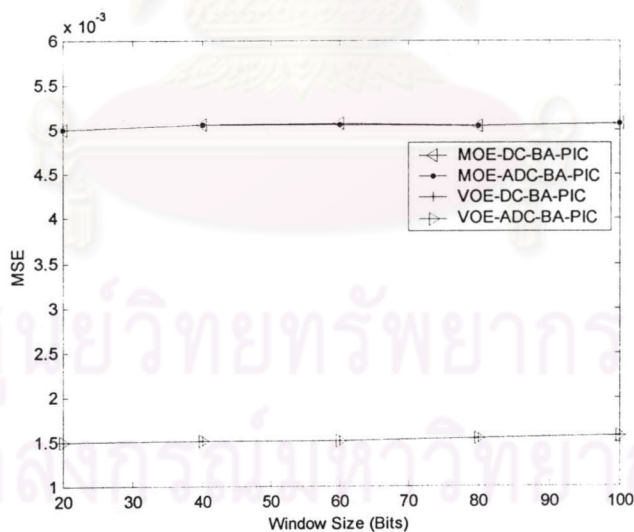
4.3 การวิเคราะห์ผลที่ได้การจำลองแบบด้วยคอมพิวเตอร์

4.3.1 ช่องสัญญาณเชิงโคโรนัส

4.3.1.1 ผลของขนาดหน้าต่างซึ่งใช้ในการประมาณค่าเฉลี่ยทางสถิติ (W_d) ที่มีต่อความผิดพลาดในการประมาณสัญญาณแทรกสอด และอัตราบิดเบือนของเครื่องรับแบบ BA_PIC

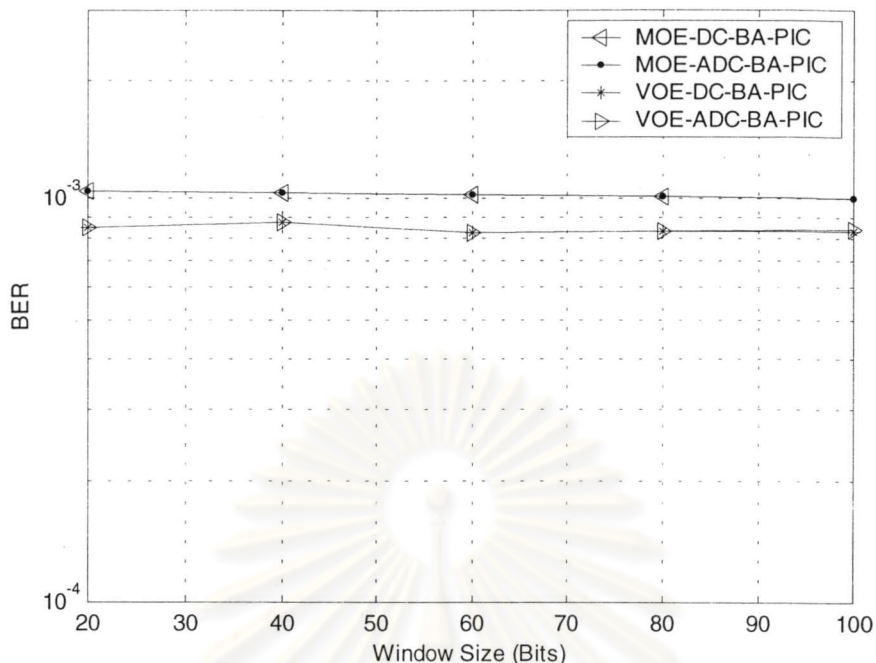


(ก)



(ข)

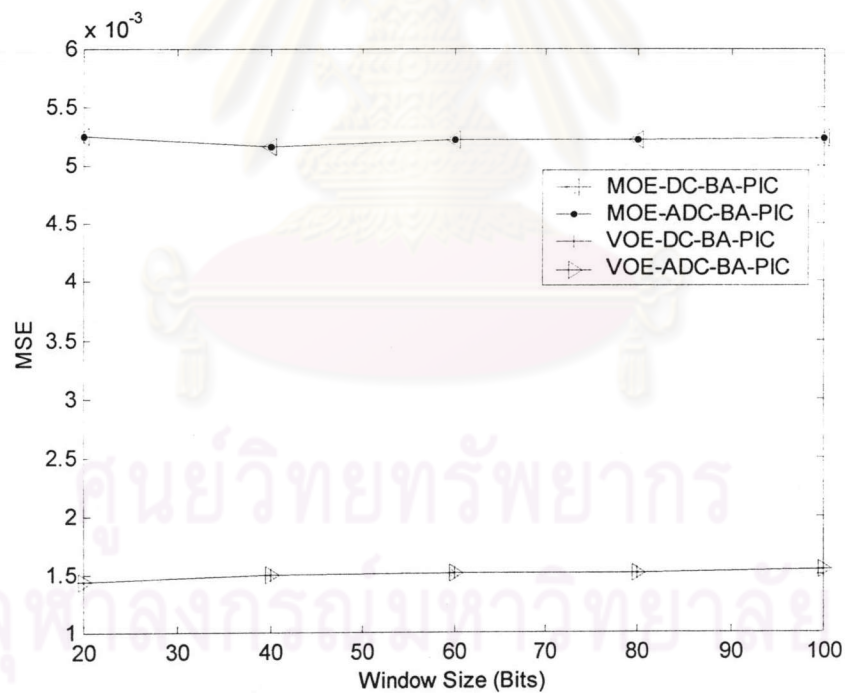
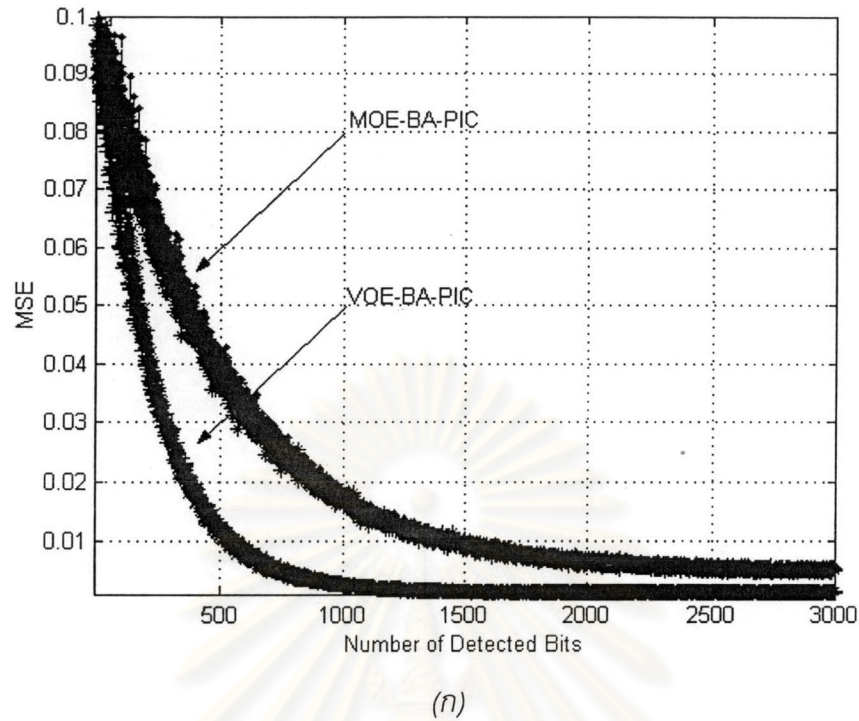
รูปที่ 4.1 (ก) ลักษณะการจู่เข้า (Transient Behavior) (ข) ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดกำลังสอง กับ ขนาดของหน้าต่างที่ใช้ประมาณค่าทางสถิติ ที่สถานะอยู่ตัว (Steady State) เมื่อจำนวนผู้ใช้เท่ากับ 10 คน, พลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนเท่ากับ 7 dB และมีการควบคุมกำลังอย่างสมบูรณ์



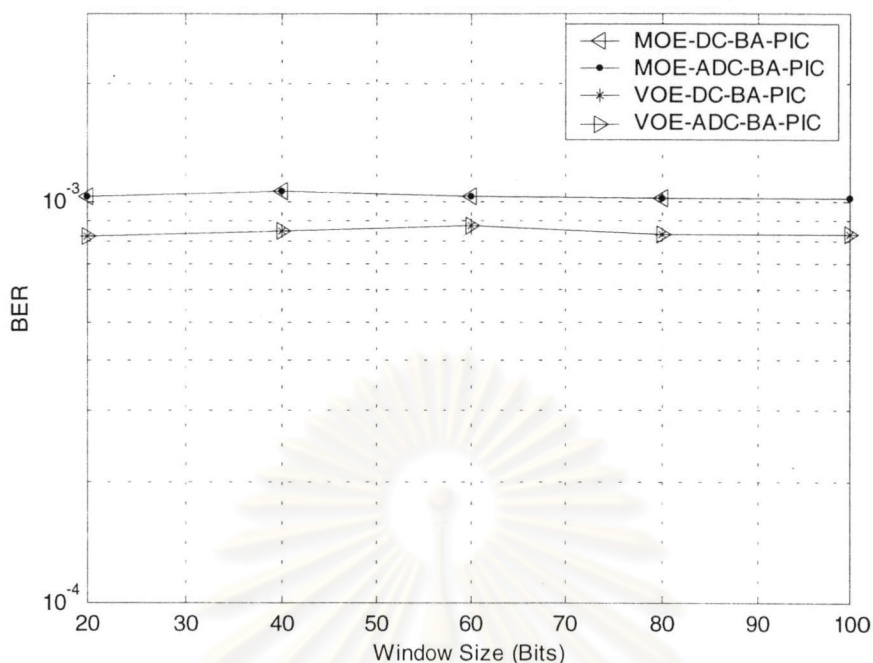
รูปที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราบิดผิดพลาด กับ ขนาดของหน้าต่างที่ใช้ประมาณค่าทางสถิติ เมื่อจำนวนผู้ใช้เท่ากับ 10 คน, พลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนเท่ากับ 7 dB และมีการควบคุมกำลังอย่างสมบูรณ์

จากรูปที่ 4.1 (ก) พบว่า ในกรณีที่มีการควบคุมกำลังอย่างสมบูรณ์ ลักษณะการลู่เข้าของเครื่องรับแบบ MOE_BA_PIC และเครื่องรับแบบ VOE_BA_PIC ที่ใช้ขนาดของหน้าต่างในการประมาณค่าเฉลี่ยเชิงสถิติเป็นค่าต่างๆ ในช่วงที่พิจารณา มีค่าใกล้เคียงกัน โดยเมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดกำลังสองที่สถานะอยู่ตัว จากรูปที่ 4.1 (ข) พบว่าค่าดังกล่าวค่อนข้างคงที่ ซึ่งจะส่งผลให้ค่าอัตราบิดผิดพลาดเมื่อเปลี่ยนขนาดของหน้าต่างเป็นค่าต่างๆ มีค่าคงที่ด้วย ดังจะเห็นได้จากรูปที่ 4.2

เมื่อทำการจำลองแบบด้วยคอมพิวเตอร์ในกรณีที่มีการควบคุมกำลังไม่สมบูรณ์ จากรูปที่ 4.3 และรูปที่ 4.4 ก็พบว่าแนวโน้มของความสัมพันธ์ต่างๆ ยังคงเหมือนกับกรณีที่มีการควบคุมกำลังอย่างสมบูรณ์ ดังนั้นจากผลที่ได้ข้างต้นจะกำหนดให้ใช้ขนาดของหน้าต่างที่ใช้ประมาณค่าเฉลี่ยทางสถิติเท่ากับ 50 บิต



รูปที่ 4.3 (ก) ลักษณะการลู่เข้า (ข) ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดกำลังสอง กับ ขนาดของหน้าต่างที่ใช้ประมาณค่าทางสถิติที่สถานะอยู่ตัว เมื่อจำนวนผู้ใช้เท่ากับ 10 คน, พลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนเท่ากับ 7 dB และมี การควบคุมกำลังไม่สมบูรณ์



รูปที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราบิตผิดพลาด กับ ขนาดของหน้าต่างที่ใช้ประมาณค่าทางสถิติ เมื่อจำนวนผู้ใช้เท่ากับ 10 คน, พลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนเท่ากับ 7 dB และมีการควบคุมกำลังไม่สมบูรณ์

4.3.1.2 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราบิตผิดพลาด กับ พลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวน

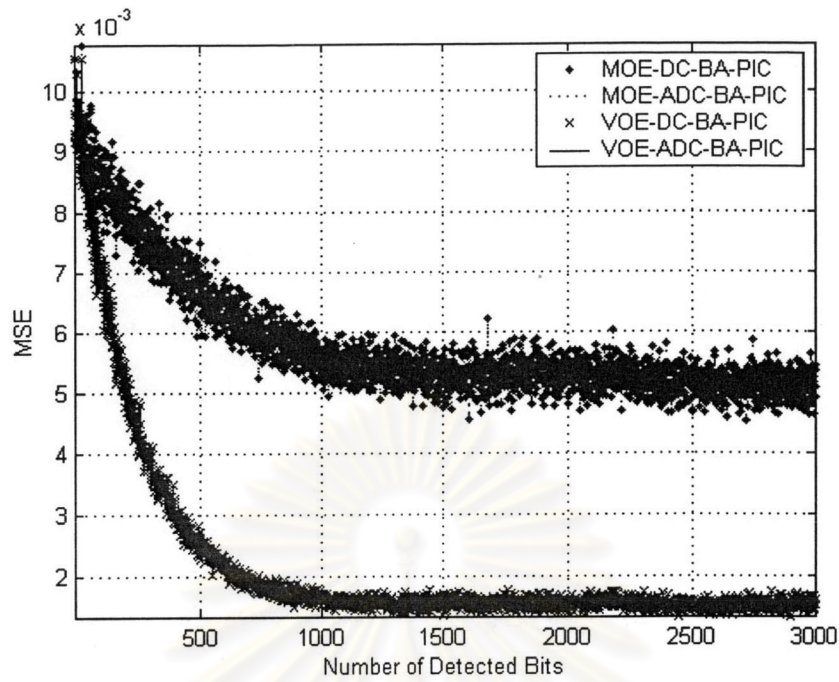
การพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราบิตผิดพลาด กับ พลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวน จะทำการจำลองแบบด้วยคอมพิวเตอร์ใน 3 กรณีคือกรณีที่ผู้ใช้ในเซลล์มีจำนวนน้อย, ปานกลาง และ มาก ซึ่งในที่นี้เท่ากับ 10 คน, 20 คน และ 30 คน ตามลำดับ

4.3.1.2.1 กรณีที่มีการควบคุมกำลังอย่างสมบูรณ์

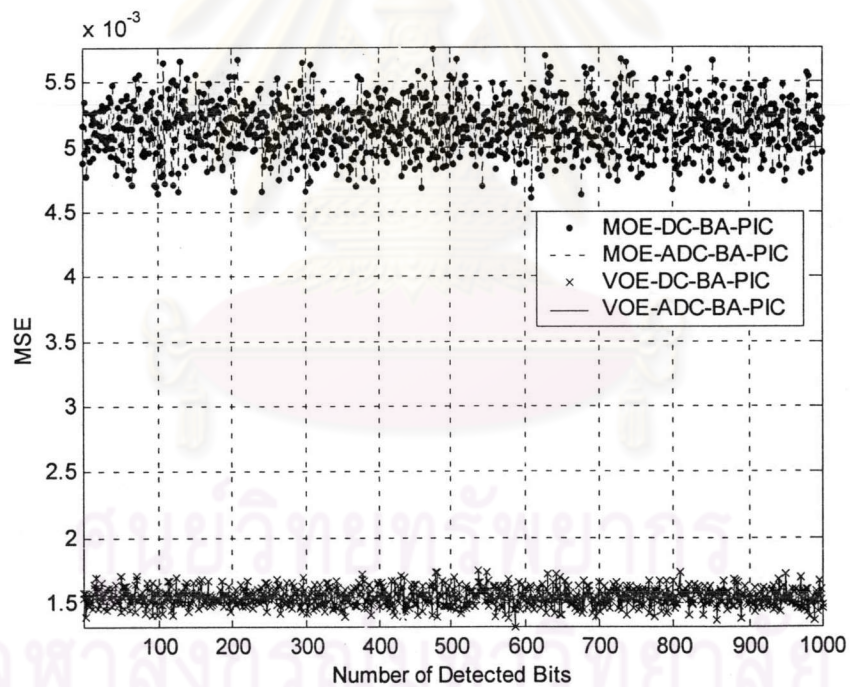
จากรูปที่ 4.5 (ก) พบว่าเครื่องรับแบบ VOE_DC_BA_PIC และเครื่องรับแบบ VOE_ADC_BA_PIC สามารถประมาณสัญญาณแทรกสอดได้ใกล้เคียงกัน เช่นเดียวกับกับเครื่องรับแบบ MOE_DC_BA_PIC และเครื่องรับแบบ MOE_ADC_BA_PIC โดยเครื่องรับแบบ BA_PIC ที่เสนอ (ได้แก่เครื่องรับแบบ VOE_DC_BA_PIC และ เครื่องรับแบบ VOE_ADC_BA_PIC โดยในที่นี้จะเรียกโดยรวมว่า เครื่องรับแบบ VOE_BA_PIC) ซึ่งใช้ความแปรปรวนของพลังงานของสัญญาณที่ออกจากเครื่องรับ (Variance of Output Energy, VOE) เป็นฟังก์ชันวัตถุประสงค์จะเข้าสู่ค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดกำลังสองที่สถานะอยู่ตัว

ด้วยอัตราที่เร็วเป็น 1.50 เท่าของอัตราการลู่เข้าของเครื่องรับแบบ BA_PIC ซึ่งใช้ค่าเฉลี่ยของพลังงานของสัญญาณที่ออกจากเครื่องรับ (Mean of Output Energy, MOE) (ในที่นี้คือ เครื่องรับแบบ MOE_DC_BA_PIC และเครื่องรับแบบ MOE_ADC_BA_PIC และเรียกโดยรวมว่า เครื่องรับแบบ MOE_BA_PIC) เป็นฟังก์ชันวัตถุประสงค์ และจากรูปที่ 4.5 (ข) พบว่า เครื่องรับแบบ VOE_BA_PIC สามารถประมาณสัญญาณแทรกสอดได้ถูกต้องกว่าเครื่องรับแบบ MOE_BA_PIC โดยค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดกำลังสองที่สถานะอยู่ตัวของเครื่องรับแบบ VOE_BA_PIC จะต่ำกว่าของเครื่องรับแบบ MOE_BA_PIC อยู่ประมาณ 69.90 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นค่าอัตราบิดผิดพลาดของเครื่องรับแบบ VOE_BA_PIC ก็น่าจะต่ำกว่าอัตราบิดผิดพลาดของเครื่องรับแบบ MOE_BA_PIC ด้วยการคาดการณ์ดังกล่าวสอดคล้องกับผลที่ได้ในรูปที่ 4.6 จากรูปที่ 4.6 พบว่า เครื่องรับแบบ VOE_DC_BA_PIC และเครื่องรับแบบ VOE_ADC_BA_PIC ให้อัตราบิดผิดพลาดที่ใกล้เคียงกัน เช่นเดียวกับกับเครื่องรับแบบ MOE_DC_BA_PIC และเครื่องรับแบบ MOE_ADC_BA_PIC โดยพบว่า ที่พลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนเท่ากับ 7 dB อัตราบิดผิดพลาดของเครื่องรับแบบ VOE_BA_PIC จะต่ำกว่าอัตราบิดผิดพลาดของเครื่องรับแบบ MOE_BA_PIC อยู่ประมาณ 17.65 เปอร์เซ็นต์ จะเห็นได้ว่าถึงแม้ค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดกำลังสองที่สถานะอยู่ตัวของเครื่องรับแบบ VOE_BA_PIC จะต่ำกว่าของเครื่องรับแบบ MOE_BA_PIC อยู่ประมาณ 69.90 เปอร์เซ็นต์ แต่อัตราบิดผิดพลาดของเครื่องรับแบบ VOE_BA_PIC ที่ได้ ต่ำกว่าอัตราบิดผิดพลาดของเครื่องรับแบบ MOE_BA_PIC อยู่เพียง 17.65 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้เนื่องจากในกรณีที่ผู้ใช้น้อยๆ (10 คน) สัญญาณแทรกสอดระหว่างกันมีค่าต่ำอยู่แล้วจึงทำให้อัตราบิดผิดพลาดของเครื่องรับแบบ VOE_BA_PIC ไม่ต่างจากอัตราบิดผิดพลาดของเครื่องรับแบบ MOE_BA_PIC มากนักถึงแม้ว่าจะสามารถประมาณสัญญาณแทรกสอดได้ถูกต้องกว่ามาก และเมื่อพิจารณาเทียบกับเครื่องรับแบบอื่นๆ พบว่า (เนื่องจากผลของการแทรกสอดระหว่างกัน) เครื่องรับแบบแมตซ์ฟิลเตอร์จะให้อัตราบิดผิดพลาดสูงที่สุด รองลงมาคือเครื่องรับแบบ MOE_BA_PIC รวมทั้งยังพบว่า เครื่องรับแบบดีคอร์เรเลเตอร์, เครื่องรับแบบ ADC และเครื่องรับแบบ VOE_BA_PIC จะมีอัตราบิดผิดพลาดที่ใกล้เคียงกัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

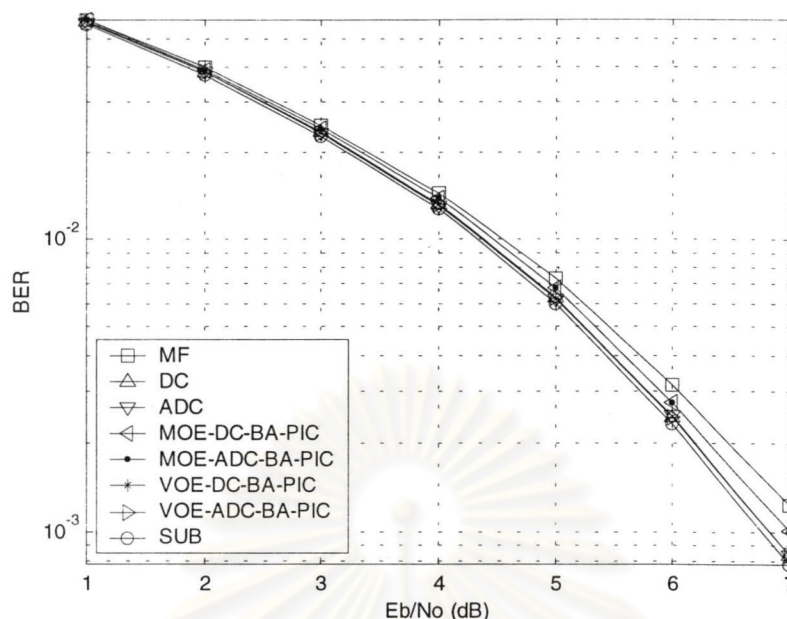


(a)



(b)

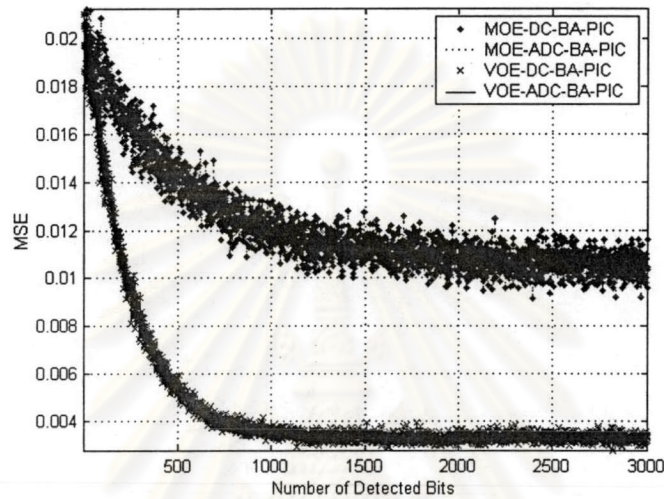
รูปที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดกำลังสอง กับ จำนวนบิตที่ปรับค่าสัมประสิทธิ์ของฟิลเตอร์ ที่ (a) สถานะชั่วคราว (Transient State) (b) สถานะอยู่ตัว เมื่อจำนวนผู้ใช้เท่ากับ 10 คน, พลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนเท่ากับ 7 dB และมีการควบคุมกำลังอย่างสมบูรณ์



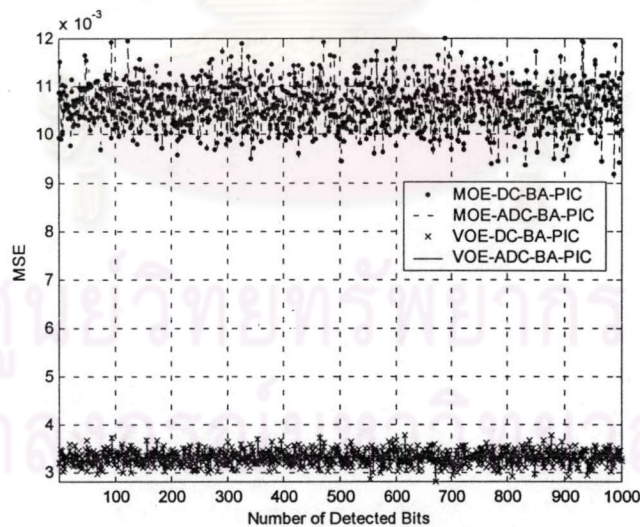
รูปที่ 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราบิดผิดพลาด กับ พลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวน เมื่อจำนวนผู้ใช้เท่ากับ 10 คน และมีการควบคุมกำลังอย่างสมบูรณ์

เมื่อจำนวนผู้ใช้สูงขึ้นเป็น 20 คน ผลของสัญญาณแทรกสอดที่มีต่อการตัดสินใจของข้อมูลของผู้ใช้แต่ละคนก็จะสูงขึ้น ซึ่งจะเห็นได้จากค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดกำลังสองของการประมาณสัญญาณในช่วงเริ่มต้นเพิ่มขึ้นจาก 0.01 ในรูปที่ 4.5 (ก) เป็น 0.02 ในรูปที่ 4.7 (ก) และจากรูปที่ 4.7 (ก) พบว่าอัตราการสูญเสียของเครื่องรับแบบ VOE_BA_PIC จะเร็วเป็น 1.60 เท่าของอัตราการสูญเสียของเครื่องรับแบบ MOE_BA_PIC โดยตามรูปที่ 4.7 (ข) พบว่าค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดกำลังสองที่สถานะอยู่ตัวของเครื่องรับแบบ VOE_BA_PIC จะต่ำกว่าของเครื่องรับแบบ MOE_BA_PIC อยู่ประมาณ 68.74 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งถึงแม้ว่าความสามารถในการประมาณสัญญาณแทรกสอดของเครื่องรับแบบ VOE_BA_PIC เมื่อเทียบกับเครื่องรับแบบ MOE_BA_PIC จะลดลงกว่าในกรณีที่มีผู้ใช้เท่ากับ 10 คนเล็กน้อย (เนื่องจากจำนวนผู้ใช้ที่เพิ่มมากขึ้น) แต่เมื่อพิจารณาอัตราบิดผิดพลาดของเครื่องรับในรูปที่ 4.8 กลับพบว่า ที่พลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนเท่ากับ 7 dB อัตราบิดผิดพลาดของเครื่องรับแบบ VOE_BA_PIC ที่ได้จะต่ำกว่าอัตราบิดผิดพลาดของเครื่องรับแบบ MOE_BA_PIC ถึง 28.46 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้ก็เกิดมาจากสัญญาณแทรกสอดที่เพิ่มมากขึ้นนั่นเอง โดยในกรณีที่ผู้ใช้เท่ากับ 20 คน สัญญาณแทรกสอดที่เกิดขึ้นจะรบกวนการตัดสินใจของผู้ใช้ได้มากขึ้นกว่าในกรณีที่มีผู้ใช้เท่ากับ 10 คน ดังนั้นผลของการกำจัดสัญญาณแทรกสอดจึงชัดเจนกว่าในกรณีที่มีผู้ใช้เท่ากับ 10 คน นอกจากนั้นเมื่อพิจารณาอัตราบิดผิดพลาดของเครื่องรับแบบต่างๆ ตามรูปที่ 4.8

พบว่า แนวโน้มยังคงเหมือนกับในกรณีที่ผู้ใช้เท่ากับ 10 คนคือ เครื่องรับแบบแมตซ์ฟิลเตอร์ยังคงมีอัตราบิดผิดพลาดที่สูงที่สุด รองลงมาคือเครื่องรับแบบ MOE_BA_PIC และเครื่องรับแบบ ดีคอรรีเลเตอร์มีอัตราบิดผิดพลาดที่ใกล้เคียงกับเครื่องรับแบบ VOE_BA_PIC อย่างไรก็ตามพบว่า อัตราบิดผิดพลาดของเครื่องรับแบบ ADC จะเริ่มสูงกว่าอัตราบิดผิดพลาดของเครื่องรับแบบ ดีคอรรีเลเตอร์ทั้งนี้เนื่องจากความผิดพลาดในการประมาณอินเวอร์สของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ข้ามที่เพิ่มสูงขึ้น

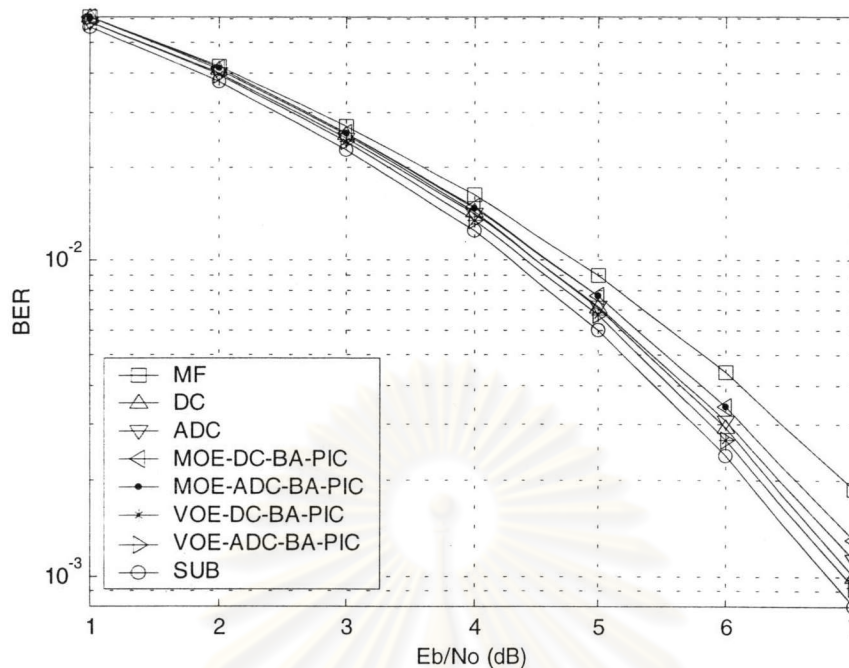


(ก)



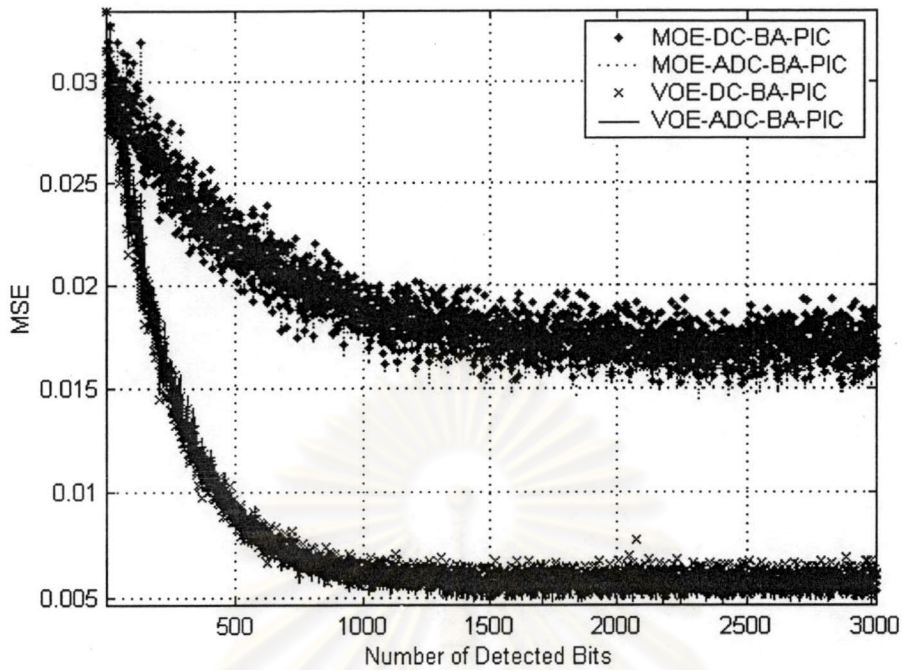
(ข)

รูปที่ 4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดกำลังสอง กับ จำนวนบิตที่ปรับค่าสัมประสิทธิ์ของฟิลเตอร์ ที่ (ก) สถานะชั่วคราว (ข) สถานะอยู่ตัว เมื่อจำนวนผู้ใช้เท่ากับ 20 คน, พลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนรบกวนเท่ากับ 7 dB และมี การควบคุมกำลังอย่างสมบูรณ์

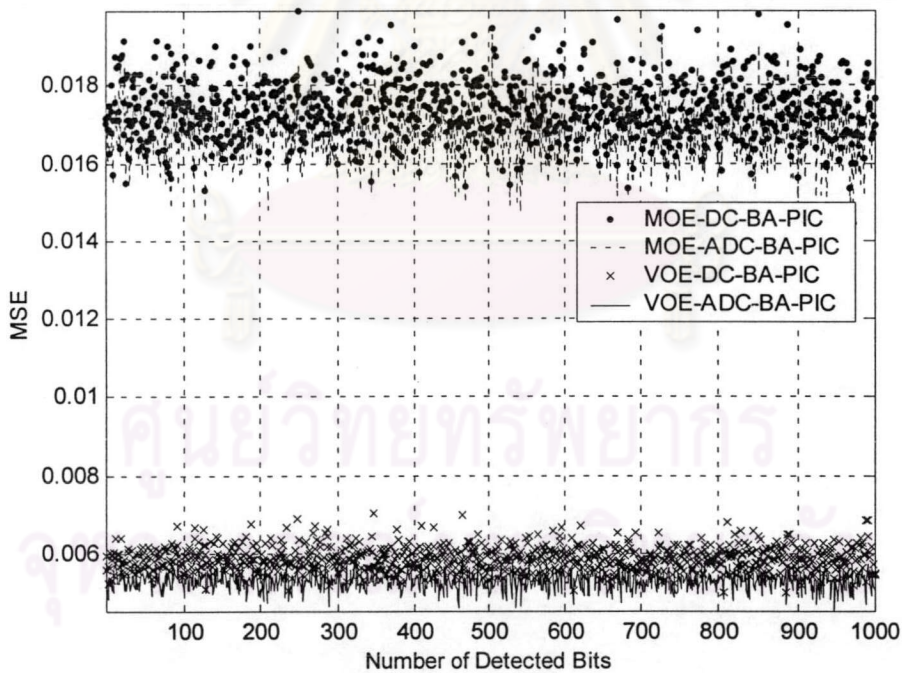


รูปที่ 4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราบิดผิดพลาด กับ พลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวน เมื่อจำนวนผู้ใช้เท่ากับ 20 คน และมีการควบคุมกำลังอย่างสมบูรณ์

เมื่อพิจารณาสมรรถนะของเครื่องรับในกรณีที่ผู้ใช้เป็นจำนวนมาก (ในที่นี้พิจารณาที่จำนวนผู้ใช้เท่ากับ 30 คน) พบว่าผลที่ได้ยังคงมีแนวโน้มเช่นเดียวกันกับกรณีที่มีผู้ใช้น้อย และปานกลาง (10 คน และ 20 คน ตามลำดับ) โดย จากรูปที่ 4.9 (ก) พบว่าค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดกำลังสองของการประมาณสัญญาณแทรกสอดในช่วงเริ่มต้นเพิ่มขึ้นเป็น 0.03 และอัตราการลู่ออกของเครื่องรับแบบ VOE_BA_PIC จะเร็วเป็น 1.50 เท่าของอัตราการลู่ออกของเครื่องรับแบบ MOE_BA_PIC นอกจากนี้จากรูปที่ 4.9 (ข) พบว่าค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดกำลังสองที่สถานะอยู่ตัวของเครื่องรับแบบ VOE_BA_PIC จะต่ำกว่าของเครื่องรับแบบ MOE_BA_PIC อยู่ประมาณ 66.17 เปอร์เซ็นต์

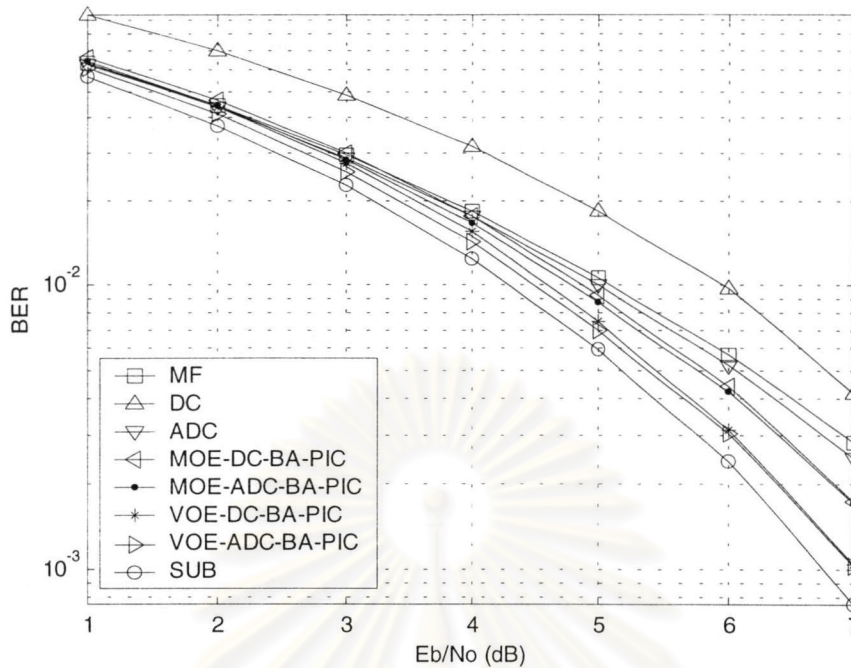


(ก)



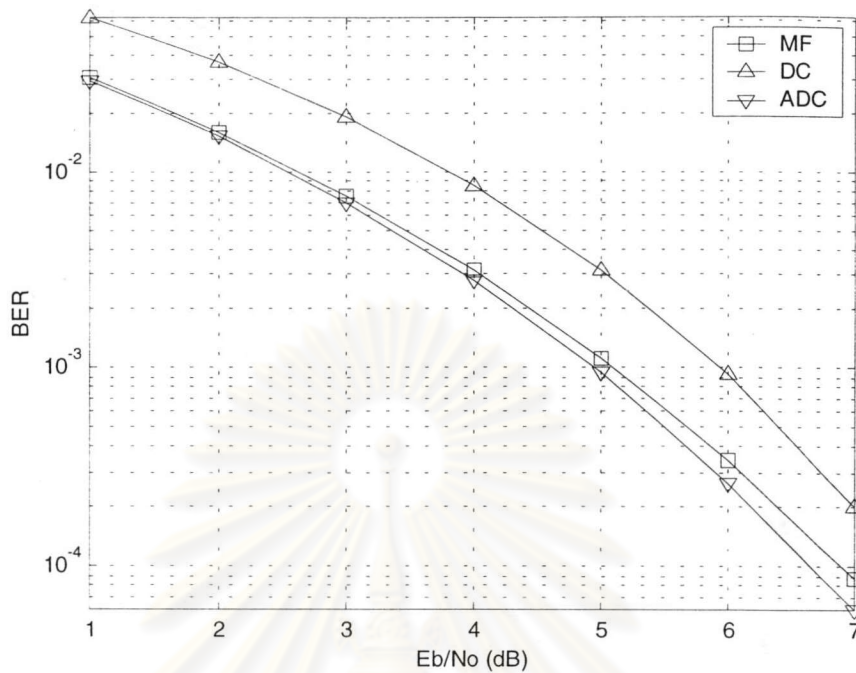
(ข)

รูปที่ 4.9 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดกำลังสอง กับ จำนวนบิตที่ปรับค่าสัมประสิทธิ์ของฟิลเตอร์ ที่ (ก) สถานะชั่วคราว (ข) สถานะอยู่ตัว เมื่อจำนวนผู้ใช้เท่ากับ 30 คน, พลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนเท่ากับ 7 dB และ มีการควบคุมกำลังอย่างสมบูรณ์



รูปที่ 4.10 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราบิดผิดพลาด กับ พลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวน เมื่อจำนวนผู้ใช้งานเท่ากับ 30 คน และมีการควบคุมกำลังอย่างสมบูรณ์

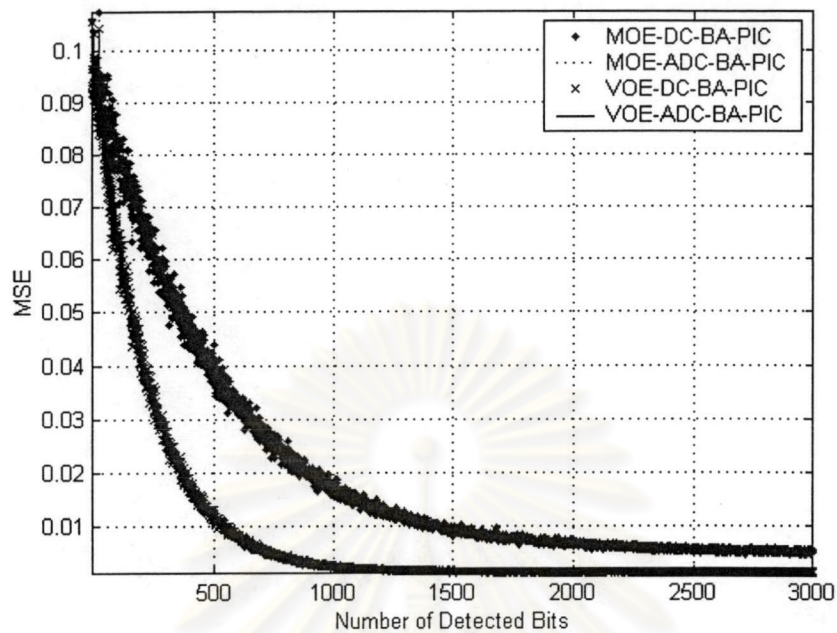
จากรูปที่ 4.10 พบว่า ที่พลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนเท่ากับ 7 dB อัตราบิดผิดพลาดของเครื่องรับแบบ VOE_BA_PIC ที่ได้จะต่ำกว่าอัตราบิดผิดพลาดของเครื่องรับแบบ MOE_BA_PIC อยู่ประมาณ 39.66 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตามจากรูปที่ 4.10 พบว่าที่จำนวนผู้ใช้งานสูงๆ อัตราบิดผิดพลาดของเครื่องรับแบบดีคอร์ดรีเลเตอร์ จะสูงกว่าอัตราบิดผิดพลาดของเครื่องรับแบบแมตซ์ฟิลเตอร์ ทั้งนี้ก็น่าจะมีสาเหตุจาก 1) เมื่อจำนวนผู้ใช้งานสูงขึ้นขนาดของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ข้ามก็จะมีใหญ่ขึ้นซึ่งจะทำให้เกิดการขยายสัญญาณรบกวนมากขึ้นด้วย 2) รหัสแม่ที่ใช้ในการจำลองแบบด้วยคอมพิวเตอร์เป็น Gold Code ซึ่งในกรณีช่องสัญญาณเชิงโคโรนาค่าสหสัมพันธ์ข้ามระหว่างรหัสแม่ต่ำมาก (เท่ากับ $-1/31$) รวมทั้ง 3) ในหัวข้อนี้เป็นการพิจารณาในกรณีที่มีการควบคุมกำลังอย่างสมบูรณ์ซึ่งไม่มีผลของปรากฏการณ์ใกล้ - ไกล ดังนั้นเมื่อจำนวนของผู้ใช้เพิ่มขึ้นจนถึงระดับหนึ่ง ก็อาจเป็นไปได้ว่าผลของการขยายสัญญาณรบกวนอาจจะมีค่าสูงกว่าผลของสัญญาณแทรกสอดได้ จึงทำให้อัตราบิดผิดพลาดของเครื่องรับแบบดีคอร์ดรีเลเตอร์สูงกว่าของเครื่องรับแบบแมตซ์ฟิลเตอร์ โดยพบว่าผลที่ได้จากการจำลองแบบด้วยคอมพิวเตอร์ข้างต้นสอดคล้องกับผลที่ได้จากการวิเคราะห์ในภาคผนวก ก ดังแสดงในรูปที่ 4.11



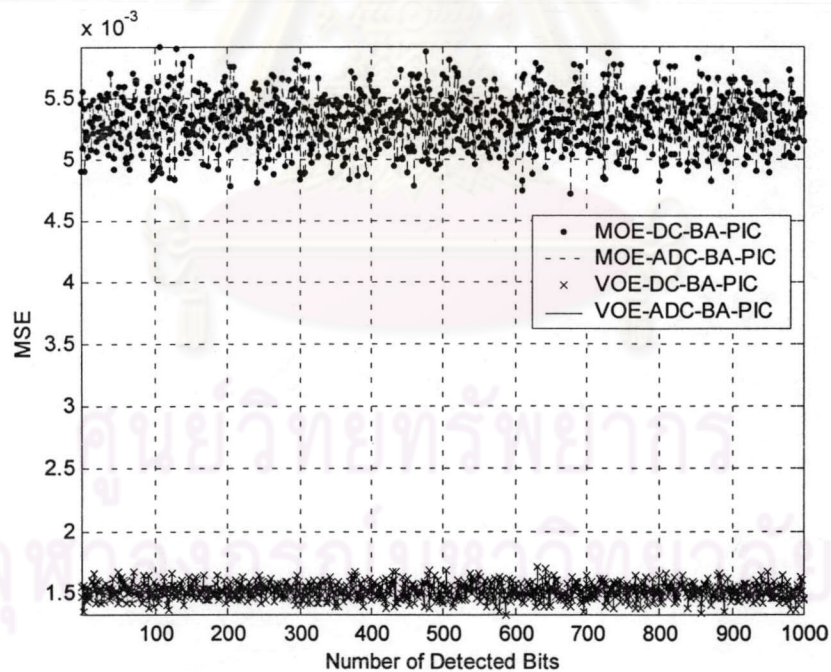
รูปที่ 4.11 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราบิดผิดพลาด กับ พลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนที่ได้จากการวิเคราะห์ เมื่อจำนวนผู้ใช้เท่ากับ 30 คน และมีการควบคุมกำลังอย่างสมบูรณ์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.3.1.2.2 กรณีที่มีการควบคุมกำลังไม่สมบูรณ์

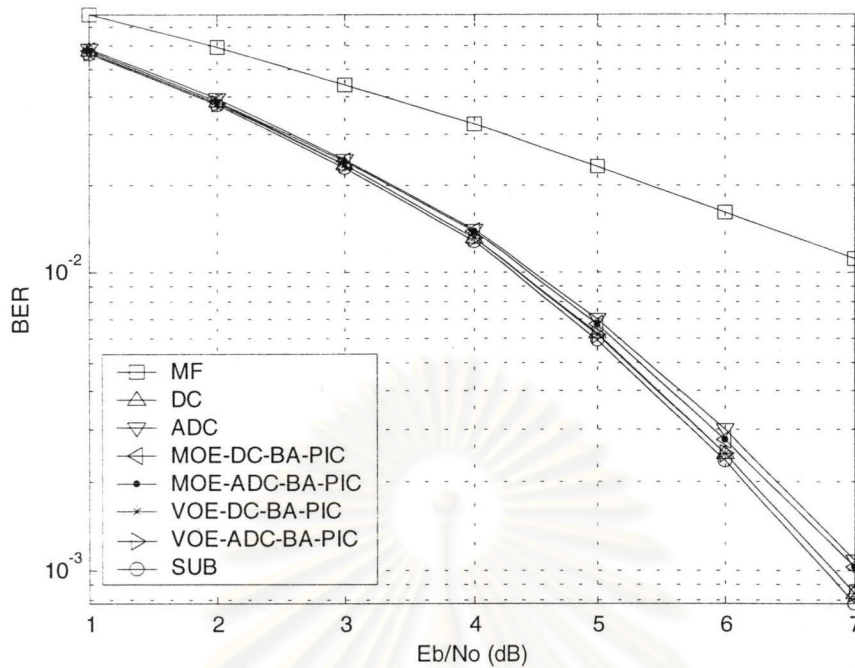


(ก)



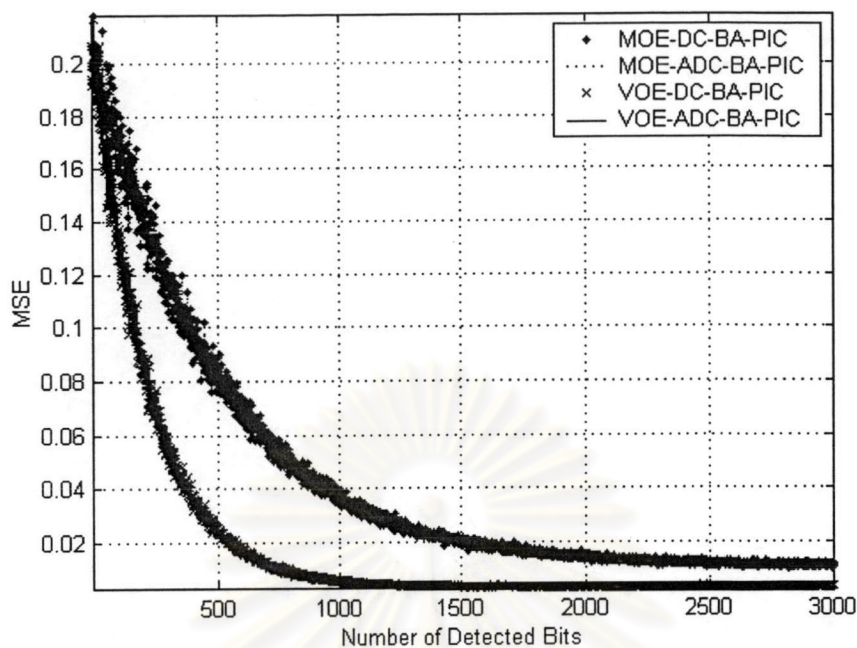
(ข)

รูปที่ 4.12 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดกำลังสอง กับ จำนวนบิตที่ปรับค่าสัมประสิทธิ์ของฟิลเตอร์ ที่ (ก) สถานะชั่วคราว (ข) สถานะอยู่ตัว เมื่อจำนวนผู้ใช้เท่ากับ 10 คน, พลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนเท่ากับ 7 dB และมีการควบคุมกำลังไม่สมบูรณ์

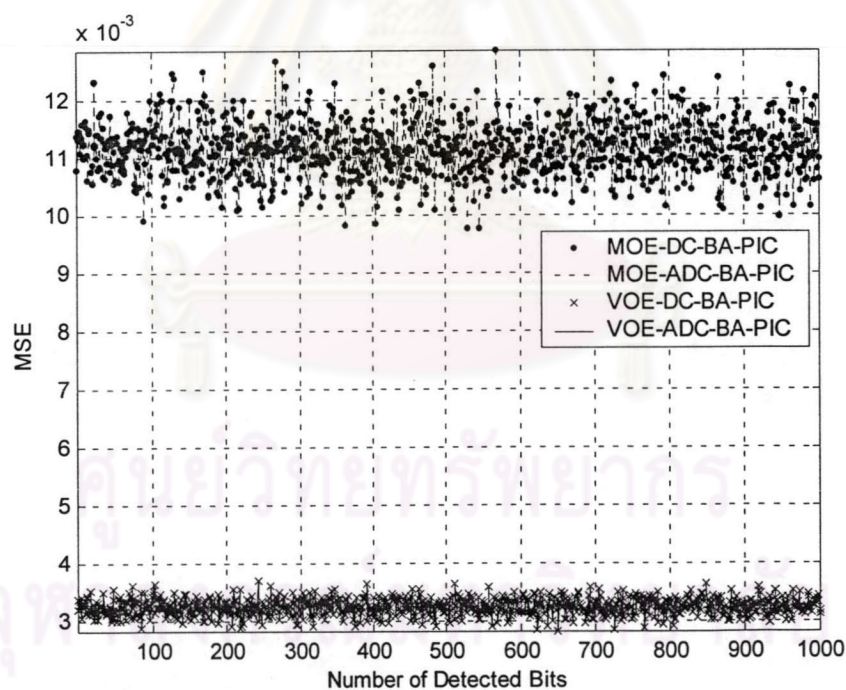


รูปที่ 4.13 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราบิดผิดพลาด กับ พลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวน เมื่อจำนวนผู้ใช้เท่ากับ 10 คน และมีการควบคุมกำลังไม่สมบูรณ์

รูปที่ 4.12 และรูปที่ 4.13 เป็นผลที่ได้จากการจำลองสมรรถนะของเครื่องรับด้วยคอมพิวเตอร์ในกรณีที่มีผู้ใช้น้อยๆ (10 คน) และมีการควบคุมกำลังไม่สมบูรณ์ จากรูปที่ 4.12 (ก) พบว่าผลของการแทรกสอดเมื่อมีการควบคุมกำลังไม่สมบูรณ์ จะสูงกว่าในกรณีที่มีการควบคุมกำลังอย่างสมบูรณ์ โดยสังเกตได้จากค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดกำลังสองของการประมาณสัญญาณแทรกสอดในช่วงเริ่มต้นซึ่งมีค่าสูงถึง 0.1 ในขณะที่ค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดกำลังสองของการประมาณสัญญาณแทรกสอดในช่วงเริ่มต้นดังกล่าวเมื่อมีการควบคุมกำลังอย่างสมบูรณ์ จะมีค่าเพียง 0.01 เท่านั้น และเมื่อเปรียบเทียบอัตราการรู้เข้าระหว่างเครื่องรับแบบ VOE_BA_PIC และเครื่องรับแบบ MOE_BA_PIC ก็พบว่าแนวโน้มที่ได้ยังคงเหมือนกับกรณีที่มีการควบคุมกำลังอย่างสมบูรณ์ กล่าวคืออัตราการรู้เข้าของเครื่องรับแบบ VOE_BA_PIC จะเร็วเป็น 1.67 เท่าของอัตราการรู้เข้าของเครื่องรับแบบ MOE_BA_PIC โดยจากรูปที่ 4.12 (ข) พบว่าค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดกำลังสองที่สถานะอยู่ตัวของเครื่องรับแบบ VOE_BA_PIC จะต่ำกว่าของเครื่องรับแบบ MOE_BA_PIC อยู่ประมาณ 71.56 เปอร์เซ็นต์ จึงส่งผลให้อัตราบิดผิดพลาดที่พลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนเท่ากับ 7 dB ของเครื่องรับแบบ VOE-VA-PIC ต่ำกว่าอัตราบิดผิดพลาดของเครื่องรับแบบ MOE_BA_PIC อยู่ 18.45 เปอร์เซ็นต์

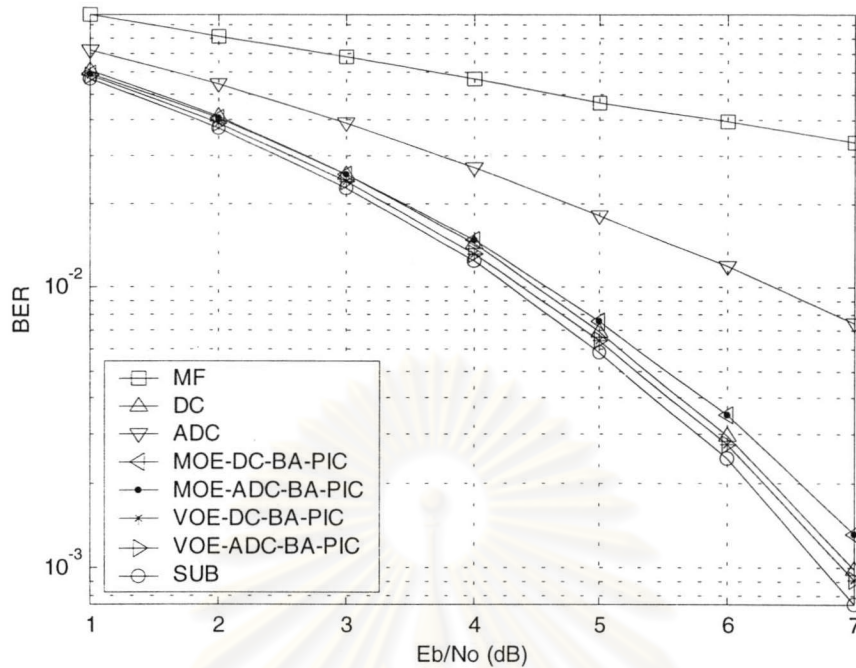


(ก)



(ข)

รูปที่ 4.14 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดกำลังสอง กับ จำนวนบิตที่ปรับค่าสัมประสิทธิ์ของฟิลเตอร์ ที่ (ก) สถานะชั่วคราว (ข) สถานะอยู่ตัว เมื่อจำนวนผู้ใช้เท่ากับ 20 คน, พลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนเท่ากับ 7 dB และมีการควบคุมกำลังไม่สมบูรณ์

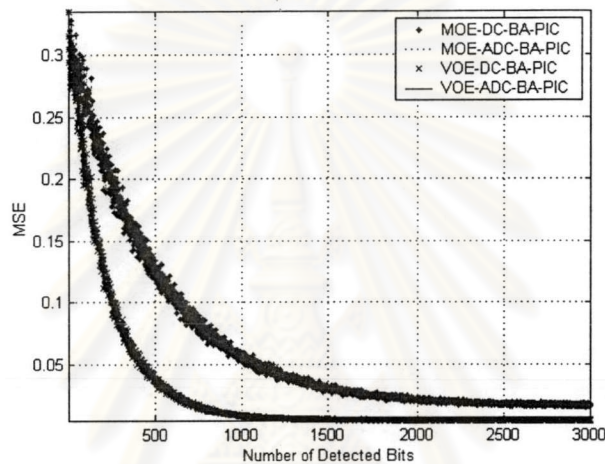


รูปที่ 4.15 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราบิดผิดพลาด กับ พลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวน เมื่อจำนวนผู้ใช้เท่ากับ 20 คน และมีการควบคุมกำลังไม่สมบูรณ์

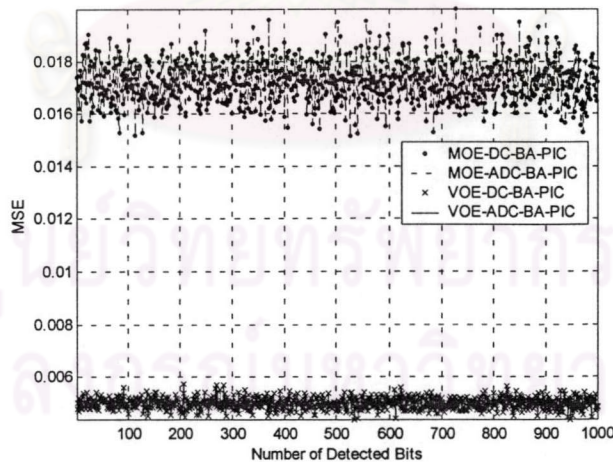
เมื่อจำนวนผู้ใช้เพิ่มมากขึ้นแนวโน้มของผลที่ได้ก็จะเหมือนกับในกรณีที่มีการควบคุมกำลังอย่างสมบูรณ์ กล่าวคือเครื่องรับแบบ VOE_BA_PIC จะมีอัตราการสูญเสียที่เร็วกว่าอัตราการสูญเสียของเครื่องรับแบบ MOE_BA_PIC นอกจากนี้ค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดกำลังสองที่สถานะอยู่ตัวและอัตราบิดผิดพลาดของเครื่องรับแบบ VOE_BA_PIC ก็ต่ำกว่าของเครื่องรับแบบ MOE_BA_PIC ด้วย โดยในกรณีที่ผู้ใช้เท่ากับ 20 คน จากรูปที่ 4.14 และรูปที่ 4.15 พบว่า อัตราการสูญเสียของเครื่องรับแบบ VOE_BA_PIC จะเร็วเป็น 1.67 เท่าของอัตราการสูญเสียของเครื่องรับแบบ MOE_BA_PIC นอกจากนี้ ค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดกำลังสองที่สถานะอยู่ตัวและอัตราบิดผิดพลาดที่พลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนเท่ากับ 7 dB ของเครื่องรับแบบ VOE_BA_PIC ก็ต่ำกว่าของเครื่องรับแบบ MOE_BA_PIC อยู่ 70.92 เปอร์เซ็นต์ และ 31.06 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

จากรูปที่ 4.16 และรูปที่ 4.17 พบว่า เมื่อจำนวนผู้ใช้เพิ่มขึ้นเป็น 30 คน อัตราการสูญเสียของเครื่องรับแบบ VOE_BA_PIC จะเร็วเป็น 1.67 เท่าของอัตราการสูญเสียของเครื่องรับแบบ MOE_BA_PIC นอกจากนี้ ค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดกำลังสองที่สถานะอยู่ตัวของเครื่องรับแบบ VOE_BA_PIC ก็ต่ำกว่าของเครื่องรับแบบ MOE_BA_PIC อยู่ 71.04 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่อัตราบิดผิดพลาดที่พลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวน

เท่ากับ 7 dB ของเครื่องรับแบบ VOE_BA_PIC จะต่ำกว่าของเครื่องรับแบบ MOE_BA_PIC อยู่ที่ 41.95 เปรอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตามจากรูปที่ 4.17 พบว่าเมื่อมีการควบคุมกำลังไม่สมบูรณ์ อัตราบิดผิดพลาดของเครื่องรับแบบดีคอดริเลเตอร์จะต่ำกว่าอัตราบิดผิดพลาดของเครื่องรับแบบแมตซ์ฟิลเตอร์ โดยสามารถอธิบายได้ว่า เมื่อมีการควบคุมกำลังไม่สมบูรณ์ สัญญาณแทรกสอดในสัญญาณที่ออกจากเครื่องรับแบบแมตซ์ฟิลเตอร์จะมีผลกระทบต่อการตัดสินใจข้อมูลของผู้ใช้สูงกว่าผลของการขยายสัญญาณรบกวนในสัญญาณที่ออกจากเครื่องรับแบบดีคอดริเลเตอร์ ดังนั้นจึงทำให้อัตราบิดผิดพลาดของเครื่องรับแบบแมตซ์ฟิลเตอร์สูงกว่าอัตราบิดผิดพลาดของเครื่องรับแบบดีคอดริเลเตอร์

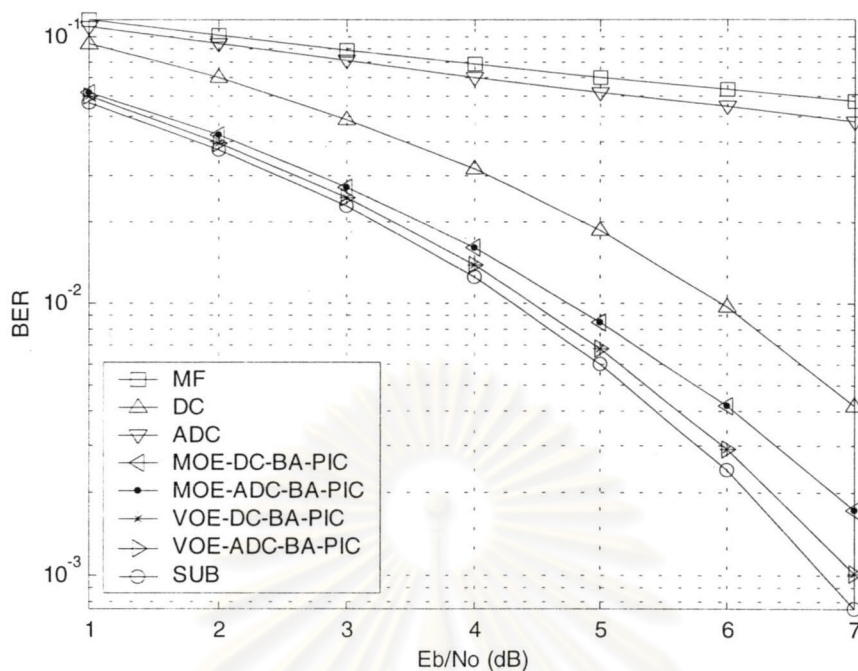


(ก)



(ข)

รูปที่ 4.16 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดกำลังสอง กับ จำนวนบิตที่รับค่าสัมประสิทธิ์ของฟิลเตอร์ ที่ (ก) สถานะชั่วคราว (ข) สถานะอยู่ตัว เมื่อจำนวนผู้ใช้เท่ากับ 30 คน, พลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนเท่ากับ 7 dB และ มีการควบคุมกำลังไม่สมบูรณ์



รูปที่ 4.17 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราบิดผิดพลาด กับ พลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวน เมื่อจำนวนผู้ใช้เท่ากับ 30 คน และมีการควบคุมกำลังไม่สมบูรณ์

เมื่อเปรียบเทียบผลการจำลองแบบด้วยคอมพิวเตอร์ที่ได้ในกรณีที่มีการควบคุมกำลังอย่างสมบูรณ์และไม่สมบูรณ์พบว่า ค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดกำลังสองที่สถานะอยู่ตัวและอัตราบิดผิดพลาด ที่พลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนเท่ากับ 7 dB ของเครื่องรับแบบ VOE_BA_PIC และเครื่องรับแบบ MOE_BA_PIC ไม่แตกต่างกันมากนัก ดังแสดงในตารางที่ 4.1 ดังนั้นจึงสามารถคาดการณ์ได้ว่า ทั้งเครื่องรับแบบ VOE_BA_PIC และเครื่องรับแบบ MOE_BA_PIC น่าจะทนต่อปรากฏการณ์ไกล - ไกลได้ในระดับหนึ่ง ซึ่งจะได้กล่าวถึงในหัวข้อที่ 4.3.1.4 ความทนทานต่อปรากฏการณ์ไกล - ไกลต่อไป

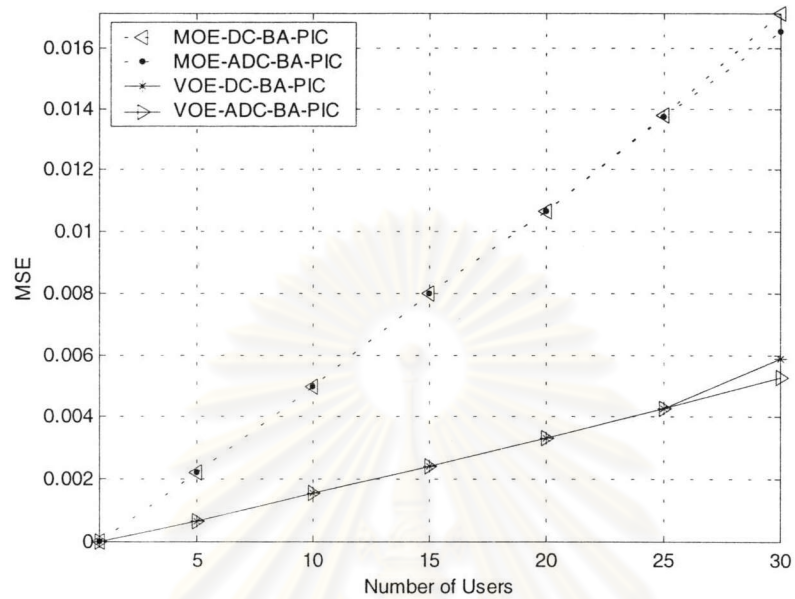
ตารางที่ 4.1 ค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดกำลังสองที่สถานะอยู่ตัวและอัตราบิดผิดพลาดที่ พลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวน เท่ากับ 7 dB ของเครื่องรับแบบ VOE_BA_PIC และเครื่องรับแบบ MOE_BA_PIC ในกรณีที่มีการควบคุมกำลังอย่างสมบูรณ์ และมีการควบคุมกำลังไม่สมบูรณ์

พารามิเตอร์ที่เปรียบเทียบ	จำนวนผู้ใช้ (คน)	การควบคุมกำลัง			
		สมบูรณ์		ไม่สมบูรณ์	
		MOE_BA_PIC	VOE_BA_PIC	MOE_BA_PIC	VOE_BA_PIC
MSE ($\times 10^{-3}$)	10	5.15	1.55	5.31	1.51
	20	10.62	3.32	11.14	3.24
	30	17.38	5.88	17.23	4.99
BER ($\times 10^{-3}$)	10	1.02	0.84	1.03	0.84
	20	1.30	0.93	1.32	0.91
	30	1.74	1.05	1.74	1.01

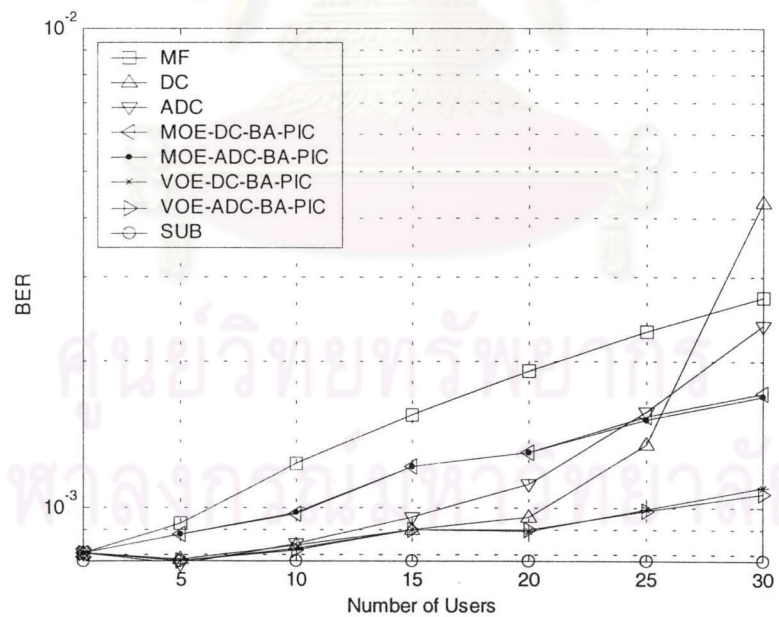
4.3.1.3 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราบิดผิดพลาด กับ จำนวนผู้ใช้ในเซลล์

รูปที่ 4.18 เป็นการประเมินความสามารถในการประมาณสัญญาณแทรกสอด และอัตราบิดผิดพลาดที่จำนวนผู้ใช้ค่าต่างๆ ของเครื่องรับแบบ VOE_BA_PIC ที่พลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนเท่ากับ 7 dB และมีการควบคุมกำลังอย่างสมบูรณ์ โดยจากรูปที่ 4.18 (ก) พบว่า เครื่องรับแบบ BA-PIC ทั้งที่ใช้บิตข้อมูลจากเครื่องรับแบบ ดีคอร์ดรีเลเตอร์และเครื่องรับแบบ ADC สามารถประมาณสัญญาณแทรกสอดได้ใกล้เคียงกัน โดยความผิดพลาดของการประมาณสัญญาณแทรกสอดที่สถานะอยู่ตัวของเครื่องรับแบบ VOE_BA_PIC จะเพิ่มขึ้นอย่างเชิงเส้นตามจำนวนผู้ใช้ แต่ในอัตราที่ต่ำกว่าเครื่องรับแบบ MOE_BA_PIC ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าความสามารถในการประมาณสัญญาณแทรกสอดของเครื่องรับแบบ BA-PIC ทั้งสองวิธีไม่ได้ด้อยลงตามจำนวนผู้ใช้ที่เพิ่มขึ้น โดยจากรูปที่ 4.18 (ข) พบว่า เครื่องรับแบบ ดีคอร์ดรีเลเตอร์มีอัตราบิดผิดพลาดสูงที่สุดในบรรดาเครื่องรับแบบต่างๆ ที่พิจารณาเมื่อจำนวนผู้ใช้มากกว่า 25 คน (ทั้งนี้เนื่องมาจากเหตุผลดังที่ได้กล่าวถึงแล้วในหัวข้อที่ 4.3.1.1.1) นอกจากนั้นจากรูปที่ 4.18 (ข) ยังพบด้วยว่า อัตราบิดผิดพลาดของเครื่องรับแบบ BA_PIC จะเพิ่มขึ้นอย่างค่อนข้างที่จะเป็นความสัมพันธ์เชิงเส้นตามจำนวนผู้ใช้ที่เพิ่มขึ้นเช่นเดียวกันกับความผิดพลาดกำลังสองของการประมาณสัญญาณแทรกสอด โดยพบว่าอัตราบิดผิดพลาดของเครื่องรับแบบ VOE_BA_PIC จะเพิ่มตามจำนวนผู้ใช้ในอัตราที่ต่ำกว่าอัตราบิดผิดพลาดของเครื่องรับ

แบบ MOE_BA_PIC นอกจากนั้นอัตราบิดผิดพลาดของเครื่องรับแบบ VOE_BA_PIC จะมีค่าต่ำ และใกล้เคียงกับ SUB ที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องรับแบบอื่นๆ ด้วย



(ก)



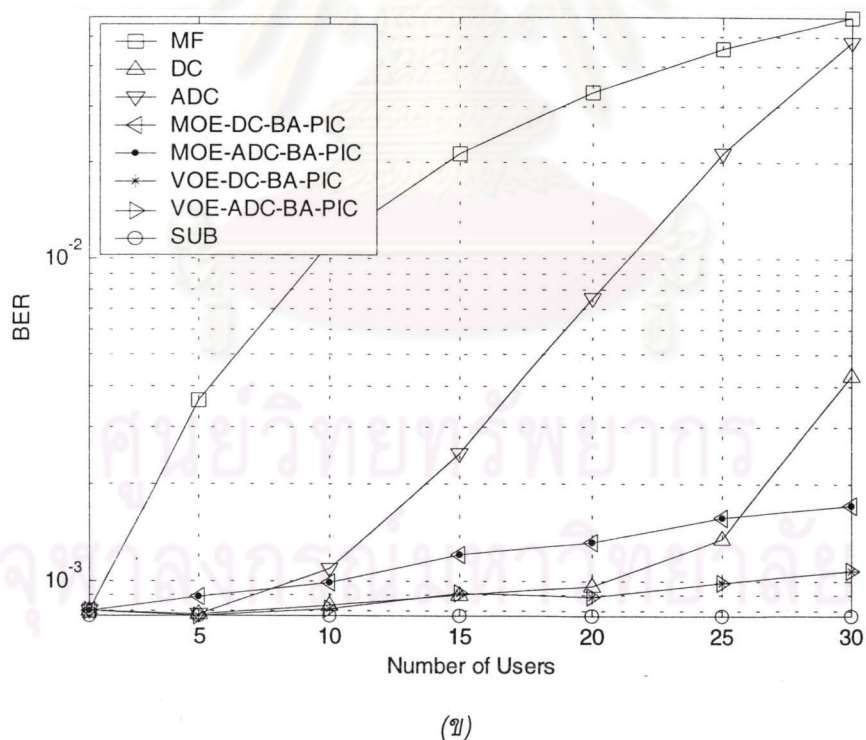
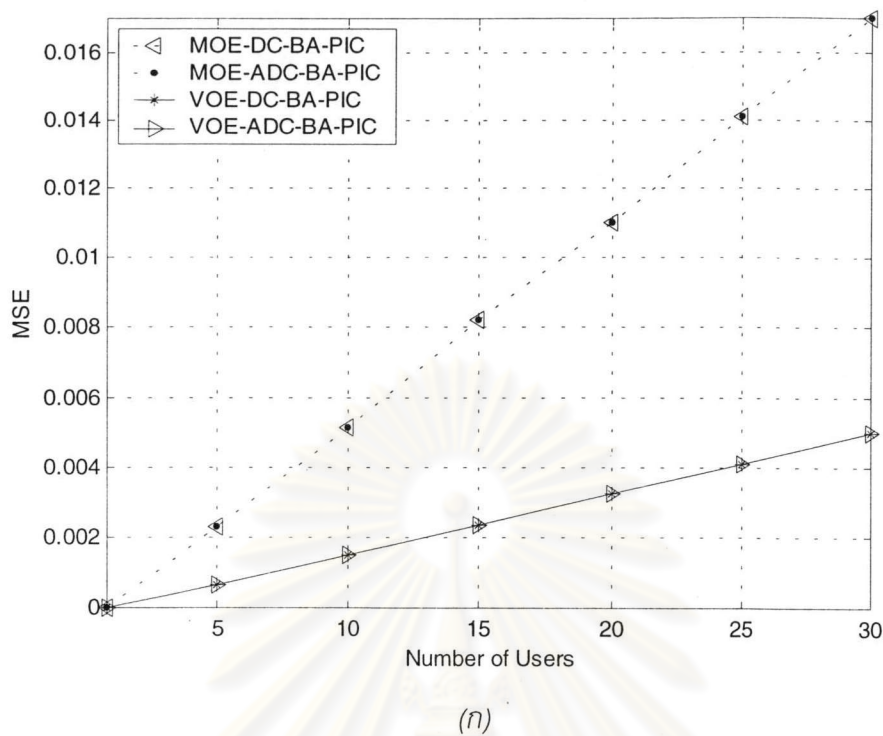
(ข)

รูปที่ 4.18 ความสัมพันธ์ระหว่าง (ก) ค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดกำลังสองที่สถานะอยู่ตัว กับ จำนวนผู้ใช้ (ข) อัตราบิดผิดพลาด กับ จำนวนผู้ใช้ ที่พลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่น สเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวน เท่ากับ 7 dB และมีการควบคุมกำลังอย่างสมบูรณ์

เมื่อพิจารณาในกรณีที่มีการควบคุมกำลังไม่สมบูรณ์ ดังแสดงในรูปที่ 4.19 พบว่า แนวโน้มของผลที่ได้ยังคงเหมือนกับในกรณีที่มีการควบคุมกำลังอย่างสมบูรณ์ กล่าวคือ ความผิดพลาดกำลังสองและอัตราบิดผิดพลาดของเครื่องรับแบบ VOE_BA_PIC จะเพิ่มขึ้นอย่างเชิงเส้นตามจำนวนผู้ใช้ด้วยอัตราที่ต่ำกว่าเครื่องรับแบบ MOE_BA_PIC โดยอัตราบิดผิดพลาดของเครื่องรับแบบ VOE_BA_PIC จะมีค่าใกล้เคียงกับ SUB มากที่สุด

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างผลการจำลองแบบด้วยคอมพิวเตอร์ที่ได้ในกรณีที่มีการควบคุมกำลังอย่างสมบูรณ์และไม่สมบูรณ์ พบว่า ผลที่ได้ในหัวข้อที่ 4.3.1.3 จะสอดคล้องกับผลในหัวข้อที่ 4.3.1.2 กล่าวคือ ความผิดพลาดกำลังสองของการประมาณสัญญาณแทรกสอดของเครื่องรับทั้งแบบ VOE_BA_PIC และ MOE_BA_PIC เมื่อมีการควบคุมกำลังอย่างสมบูรณ์จะมีค่าใกล้เคียงกับผลที่ได้เมื่อมีการควบคุมกำลังไม่สมบูรณ์ และเมื่อพิจารณาอัตราบิดผิดพลาดก็พบว่า เนื่องจากผลของปรากฏการณ์ใกล้ - ไกล อัตราบิดผิดพลาดของเครื่องรับแบบแมตซ์ฟิลเตอร์และเครื่องรับแบบ ADC จะสูงขึ้นเมื่อมีการควบคุมกำลังไม่สมบูรณ์ ในขณะที่อัตราบิดผิดพลาดของเครื่องรับแบบ DC, แบบ VOE_BA_PIC และแบบ MOE_BA_PIC เมื่อมีการควบคุมกำลังอย่างสมบูรณ์จะมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่ได้เมื่อมีการควบคุมกำลังไม่สมบูรณ์ ดังนั้นจึงสามารถคาดการณ์ได้ว่าเครื่องรับแบบ VOE_BA_PIC น่าจะสามารถทนทานต่อผลของปรากฏการณ์ใกล้ - ไกลได้ในระดับหนึ่ง

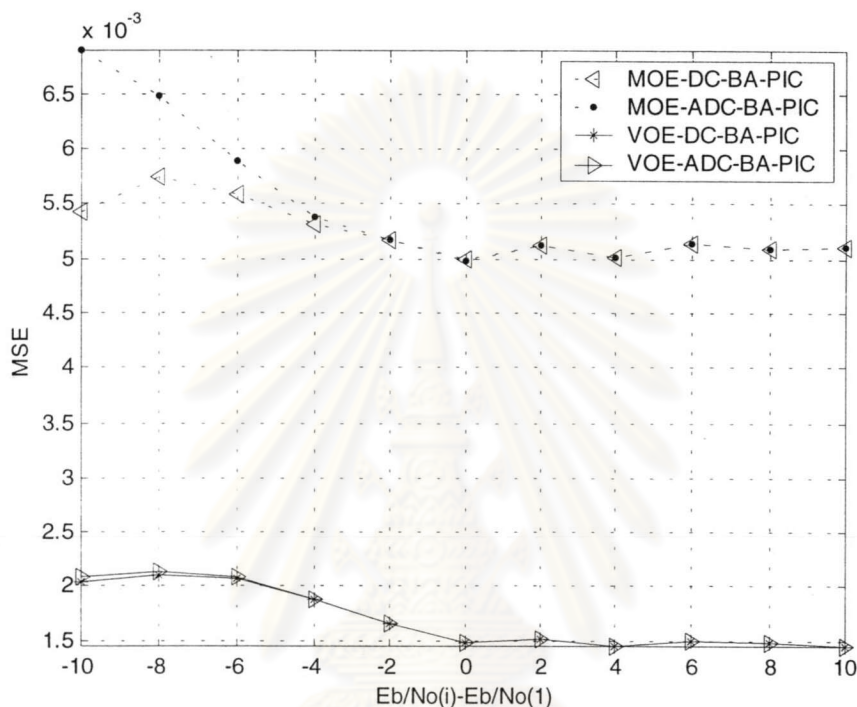
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.19 ความสัมพันธ์ระหว่าง (ก) ค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดกำลังสองที่สถานะอยู่ตัว กับ จำนวนผู้ใช้ (ข) อัตราบิตผิดพลาด กับ จำนวนผู้ใช้ ที่พลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนเท่ากับ 7 dB และมีการควบคุมกำลังไม่สมบูรณ์

4.3.1.4 ความทนทานต่อปรากฏการณ์ใกล้ - ไกล

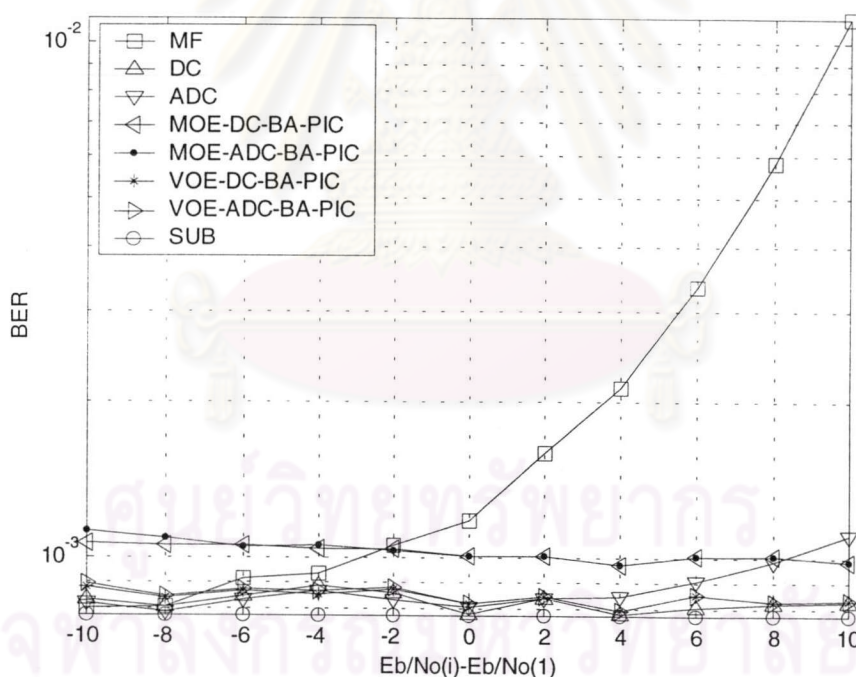
ในหัวข้อนี้จะประเมินความทนทานต่อปรากฏการณ์ใกล้ - ไกลของเครื่องรับแบบต่างๆ โดยจะพิจารณาจาก ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความผิดพลาดกำลังสองและอัตราบิดผิดพลาด กับ ผลต่างระหว่างพลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนของผู้ใช้คนอื่น ๆ และผู้ใช้คนที่พิจารณา



รูปที่ 4.20 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดกำลังสองที่สถานะอยู่ตัว กับ ผลต่างระหว่างพลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวน เมื่อจำนวนผู้ใช้เท่ากับ 10 คน และพลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนของผู้ใช้คนที่พิจารณาเท่ากับ 7 dB

จากรูปที่ 4.20 พบว่า ความผิดพลาดกำลังสองของการประมาณสัญญาณแทรกสอดของเครื่องรับแบบ BA_PIC จะมีค่าสูงเมื่อพลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนของผู้ใช้คนอื่น ๆ มีค่าต่ำกว่าพลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนของผู้ใช้คนที่พิจารณา และความผิดพลาดในการประมาณสัญญาณแทรกสอดดังกล่าวจะลดลงเรื่อยๆ เมื่อพลังงานต่อบิตของผู้ใช้คนอื่น ๆ สูงขึ้น โดยจะเริ่มคงที่เมื่อพลังงานต่อบิตของผู้ใช้คนอื่น ๆ มีค่าเท่ากับหรือมากกว่าพลังงานเฉลี่ยต่อบิตของผู้ใช้คนที่พิจารณา ทั้งนี้สามารถอธิบายได้ว่า เมื่อพลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนของผู้ใช้คนอื่น ๆ มีค่าต่ำ บิตข้อมูลของผู้ใช้คนดังกล่าวที่ดีเทกต์ได้ก็จะมี

ถือได้ว่า ซึ่งเมื่อนำบิตข้อมูลนั้นไปประมาณสัญญาณแทรกสอดก็จะทำให้ความผิดพลาดในการประมาณสัญญาณแทรกสอดมีค่าสูง แต่เมื่อพลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนของผู้ใช้คนอื่นๆ เพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ ความเชื่อถือได้ของบิตข้อมูลที่ตีเทกต์ได้ของผู้ใช้เหล่านั้นก็จะสูงขึ้นเรื่อยๆ ทำให้เมื่อนำบิตข้อมูลเหล่านั้นไปประมาณสัญญาณแทรกสอด ความผิดพลาดจากการประมาณสัญญาณแทรกสอดก็จะลดลง อย่างไรก็ตามสัญญาณแทรกสอดที่มีกำลังต่ำก็จะมีผลกระทบต่อความผิดพลาดในการตัดสินใจบิตข้อมูลน้อยด้วย ซึ่งจะเห็นได้จากรูปที่ 4.21 ว่า ถึงแม้ความผิดพลาดในการประมาณสัญญาณแทรกสอดของเครื่องรับแบบ BA_PIC จะมีค่าสูงเมื่อพลังงานเฉลี่ยต่อบิตของผู้ใช้ที่สร้างสัญญาณแทรกสอดมีค่าน้อยๆ แต่อัตราผิดพลาดของเครื่องรับดังกล่าวก็ไม่ได้สูงกว่าอัตราผิดพลาดเมื่อพลังงานเฉลี่ยต่อบิตของผู้ใช้ที่สร้างสัญญาณแทรกสอดมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับพลังงานเฉลี่ยต่อบิตของผู้ใช้คนที่พิจารณามากนัก และโดยเฉลี่ยอัตราผิดพลาดของเครื่องรับแบบ VOE_BA_PIC จะต่ำกว่าของเครื่องรับแบบ MOE_BA_PIC อยู่ประมาณ 17.78 เปอร์เซ็นต์

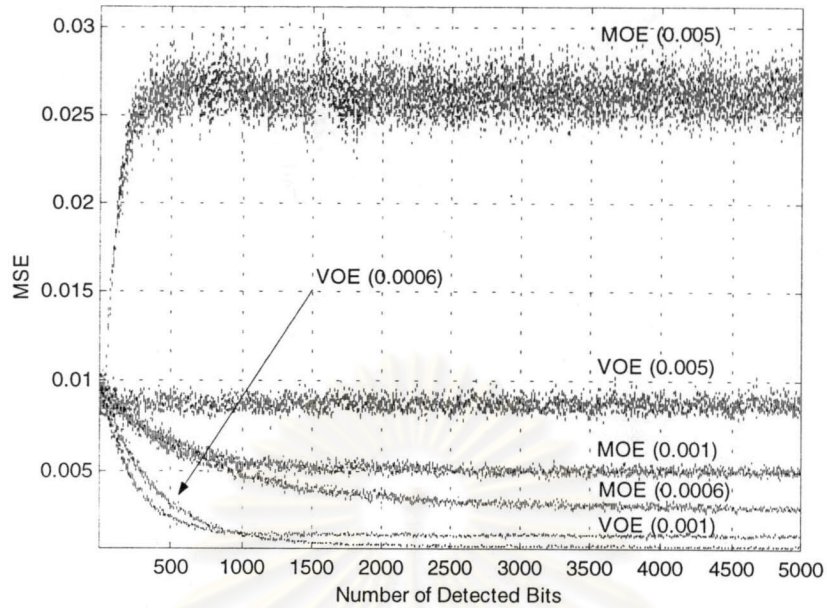


รูปที่ 4.21 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราผิดพลาด กับ ผลต่างระหว่างพลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวน เมื่อจำนวนผู้ใช้เท่ากับ 10 คน และพลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนของผู้ใช้คนที่พิจารณาเท่ากับ

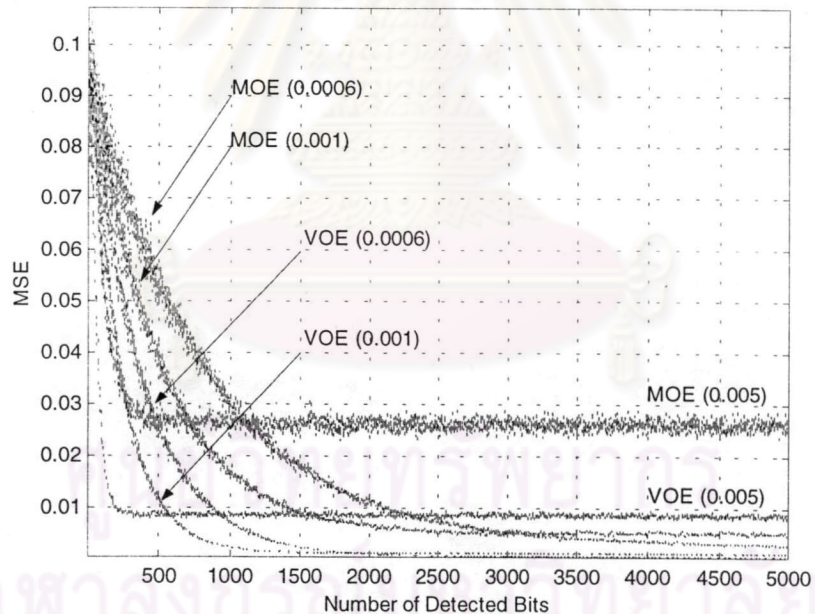
7 dB

4.3.1.5 ผลของค่าช่วงก้ำวต่อความผิดพลาดในการประมาณสัญญาณแทรกสอด และอัตราบิดเบือนของเครื่องรับแบบ VOE_BA_PIC

จากลักษณะการลู่เข้าของเครื่องรับแบบ MOE_BA_PIC และเครื่องรับแบบ VOE_BA_PIC ที่ค่าช่วงก้ำวเท่ากับ 0.005, 0.001 และ 0.0006 เมื่อจำนวนผู้ใช้เท่ากับ 10 คน, พลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนของใช้คนที่พิจารณาเท่ากับ 7 dB ทั้งที่มีการควบคุมกำลังอย่างสมบูรณ์และไม่สมบูรณ์ ดังแสดงไว้ดังรูปที่ 4.22 (ก) และ 4.22 (ข) ตามลำดับ พบว่า ส่วนใหญ่ของลักษณะการลู่เข้าของเครื่องรับทั้งสองแบบจะเหมือนกับลักษณะการลู่เข้าของเครื่องรับที่ใช้อัลกอริทึมเกรเดียนต์ในการปรับค่าสัมประสิทธิ์ของตัวจัดแบบบอดทั่วๆ ไป กล่าวคืออัตราการลู่เข้าจะเร็วขึ้นเมื่อเพิ่มค่าช่วงก้ำวให้สูงขึ้น แต่ในขณะเดียวกันค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดกำลังสองของการประมาณสัญญาณแทรกสอดที่สถานะอยู่ตัวก็จะสูงขึ้นด้วย ยกเว้นในกรณีของเครื่องรับแบบ MOE_BA_PIC เมื่อใช้ค่าช่วงก้ำวเท่ากับ 0.005 และมีการควบคุมกำลังอย่างสมบูรณ์ พบว่าในสถานะชั่วคราวแทนที่ค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดในการประมาณสัญญาณแทรกสอดกำลังสองจะลู่เข้าสู่ค่าที่สถานะอยู่ตัวซึ่งต่ำกว่าค่าเริ่มต้นกลับสู่เข้าหาค่าที่สูงกว่าค่าเริ่มต้น ทั้งนี้จากรูปที่ 4.23 และข้อสังเกตในตอนท้ายของหัวข้อที่ 4.3.1.2 จะพบว่าเมื่อเปรียบเทียบผลที่ได้ระหว่างกรณีที่มีการควบคุมกำลังอย่างสมบูรณ์และไม่สมบูรณ์ ค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดในการประมาณสัญญาณแทรกสอดกำลังสองของเครื่องรับแบบเดียวกัน และใช้ค่าช่วงก้ำวเท่ากัน จะลู่เข้าสู่ค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดในการประมาณสัญญาณแทรกสอดกำลังสองที่สถานะอยู่ตัวค่าเดียวกัน

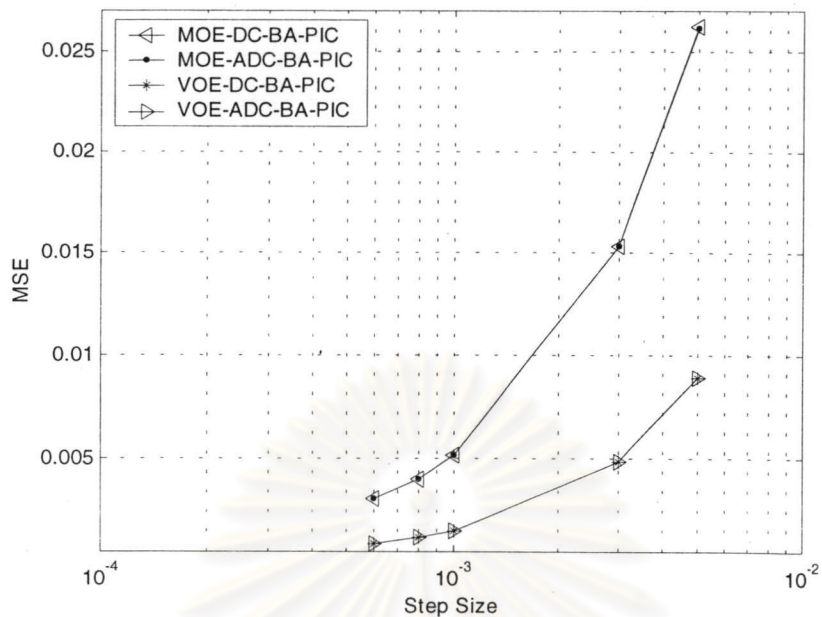


(ก)

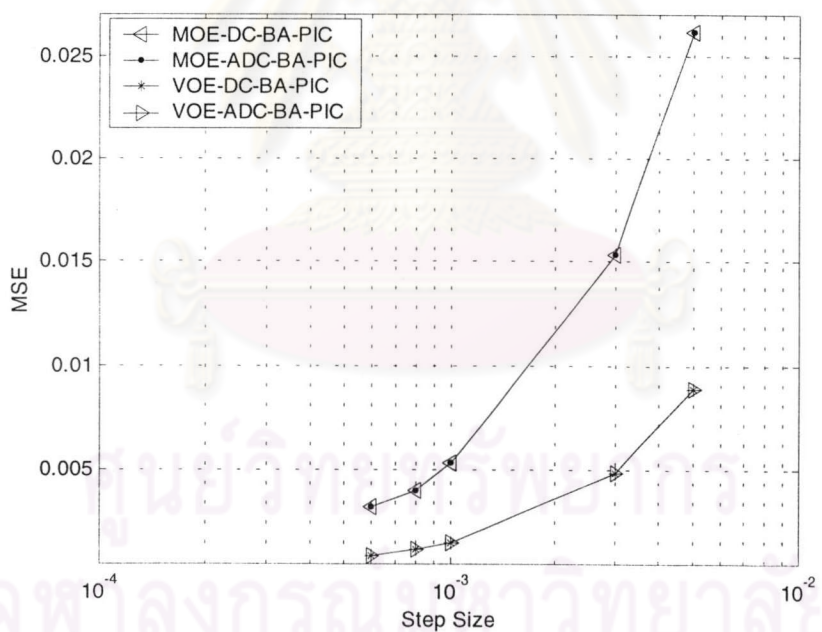


(ข)

รูปที่ 4.22 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดกำลังสอง กับ จำนวนบิตที่ปรับค่าสัมประสิทธิ์ของฟิลเตอร์ ในสถานะชั่วคราวเมื่อมีการควบคุมกำลัง (ก) อย่างสมบูรณ์ (ข) ไม่สมบูรณ์ ที่ค่าช่วงก้าวเท่ากับ 0.005, 0.001 และ 0.0006 ที่จำนวนผู้ใช้เท่ากับ 10 คน, พลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนของผู้ใช้คนที่พิจารณาเท่ากับ 7 dB



(ก)



(ข)

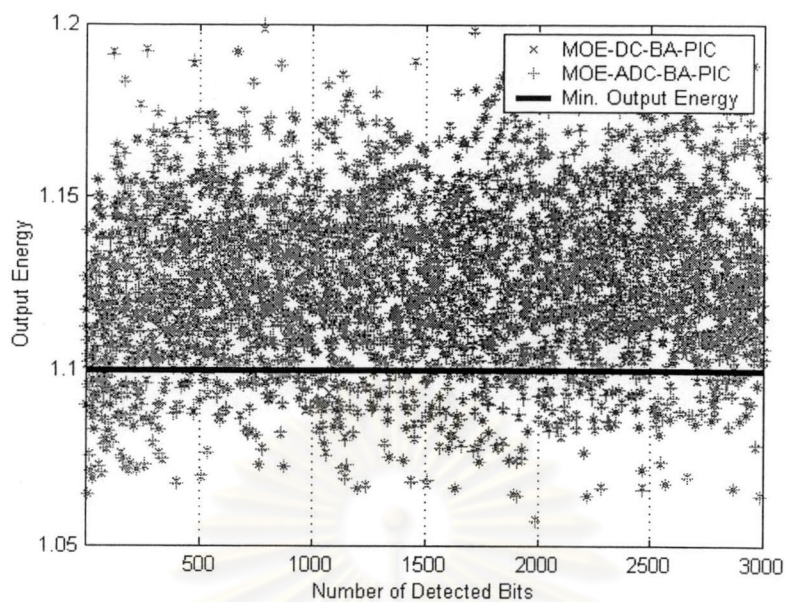
รูปที่ 4.23 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดกำลังสอง กับ ค่าช่วงก้าว ในสถานะ อยู่ตัวเมื่อมีการควบคุมกำลัง (ก) อย่างสมบูรณ์ (ข) ไม่สมบูรณ์ ที่ค่าช่วงก้าวเท่ากับ 0.005, 0.001 และ 0.0006 ที่จำนวนผู้ใช้เท่ากับ 10 คน, พลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลัง ของสัญญาณรบกวนของผู้ใช้คนที่พิจารณาเท่ากับ 7 dB

จากรูปที่ 4.22 (ก) พบว่า ในกรณีที่มีการควบคุมกำลังอย่างสมบูรณ์ ค่าเริ่มต้นของค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดในการประมาณสัญญาณแทรกสอดกำลังสองของเครื่องรับจะเท่ากับ 0.01 ซึ่งต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดในการประมาณสัญญาณแทรกสอดกำลังสองของเครื่องรับแบบ MOE_BA_PIC เมื่อใช้ค่าช่วงก้าวเท่ากับ 0.005 (มีค่าประมาณ 0.025) พิจารณาพจน์ $\nabla_{\mathbf{w}_k} J_{\text{MOE}_k}$ ในสมการที่ (2.33) ซึ่งเป็นสมการที่ใช้ปรับค่าสัมประสิทธิ์ของตัวจัดแบบบอดสำหรับเครื่องรับแบบ MOE_BA_PIC โดยนำมาเขียนอีกครั้งดังสมการที่ (4.2)

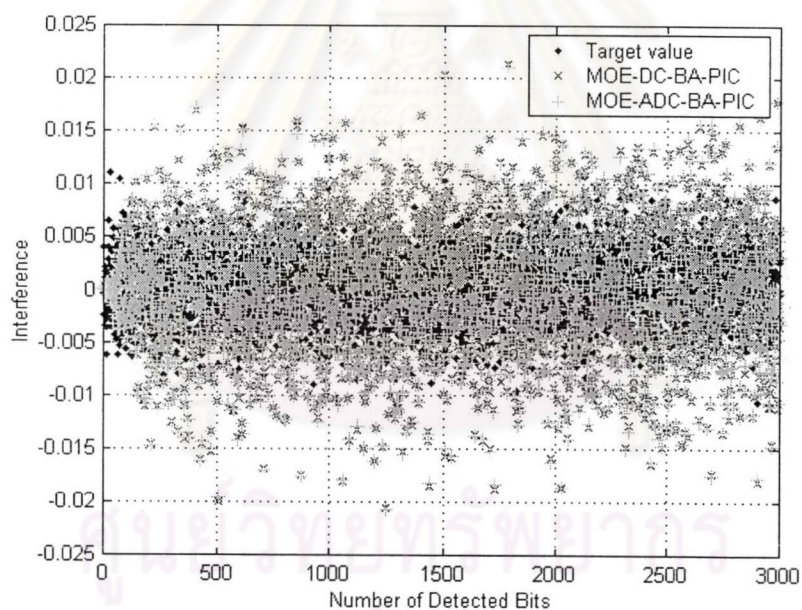
$$\mathbf{w}_k[n+1] = \mathbf{w}_k[n] - \underbrace{\mu_{\text{MOE}} E\left\{\hat{\mathbf{b}}_k^T \mathbf{w}_k[n] \hat{\mathbf{b}}_k - x_k \hat{\mathbf{b}}_k\right\}}_{\nabla_{\mathbf{w}_k} J_{\text{MOE}_k}} \quad (4.2)$$

จากสมการที่ (4.2) เราสามารถตีความได้ว่าพจน์ $E\left\{x_k \hat{\mathbf{b}}_k\right\}$ ของ $\nabla_{\mathbf{w}_k} J_{\text{MOE}_k}$ จะทำหน้าที่เป็นค่าอ้างอิงของสัญญาณแทรกสอด ในขณะที่พจน์ $E\left\{\hat{\mathbf{b}}_k^T \mathbf{w}_k[n] \hat{\mathbf{b}}_k\right\}$ จะเป็นสัญญาณแทรกสอดที่ประมาณได้ในรอบที่ n ซึ่งสัมประสิทธิ์ของตัวจัดแบบบอดจะถูกปรับค่าเมื่อมีความแตกต่างระหว่างค่าอ้างอิงและค่าที่ประมาณได้ของสัญญาณแทรกสอด ดังนั้นแม้ว่าในกรณีที่มีการควบคุมกำลังอย่างสมบูรณ์ ค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดในการประมาณสัญญาณแทรกสอดกำลังสองในช่วงเริ่มต้นจะมีค่าต่ำอยู่แล้ว (เนื่องจากสัญญาณแทรกสอดมีค่าต่ำ) แต่เนื่องจากสัมประสิทธิ์ของตัวจัดแบบบอดยังไม่เท่ากับค่าอ้างอิงจึงเกิดการปรับสัมประสิทธิ์ของตัวจัดขึ้นและโดยการใช้ค่าช่วงก้าวที่มีค่าสูงก็จะทำให้ผลการประมาณสัญญาณแทรกสอดที่ได้ลู่เข้าสู่ค่าๆหนึ่งที่ทำให้ได้ค่าพลังงานของสัญญาณที่ออกจากเครื่องรับมีค่าใกล้เคียงกับค่าต่ำที่สุดตามฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (ดูรูปที่ 4.24 (ก)) โดยสัญญาณแทรกสอดที่ประมาณได้จะมีค่าสูงกว่าค่าจริงและทำให้เกิดการหักล้างสัญญาณที่ต้องการออกไปแทนดังจะเห็นได้จากรูปที่ 4.24 (ข)

เนื่องจากค่าความผิดพลาดในการประมาณสัญญาณแทรกสอดของเครื่องรับแบบ MOE_BA_PIC และแบบ VOE_BA_PIC ทั้งในกรณีที่มีการควบคุมกำลังอย่างสมบูรณ์และไม่สมบูรณ์ มีค่าเพิ่มขึ้นตามค่าช่วงก้าวที่ใช้ในการปรับสัมประสิทธิ์ของตัวจัดสัญญาณแทรกสอดแบบบอด จึงทำให้ค่าอัตราบิดผิดพลาดของเครื่องรับทั้งในกรณีที่มีการควบคุมกำลังอย่างสมบูรณ์และไม่สมบูรณ์ เพิ่มขึ้นตามค่าช่วงก้าวด้วย ดังแสดงในรูปที่ 4.25

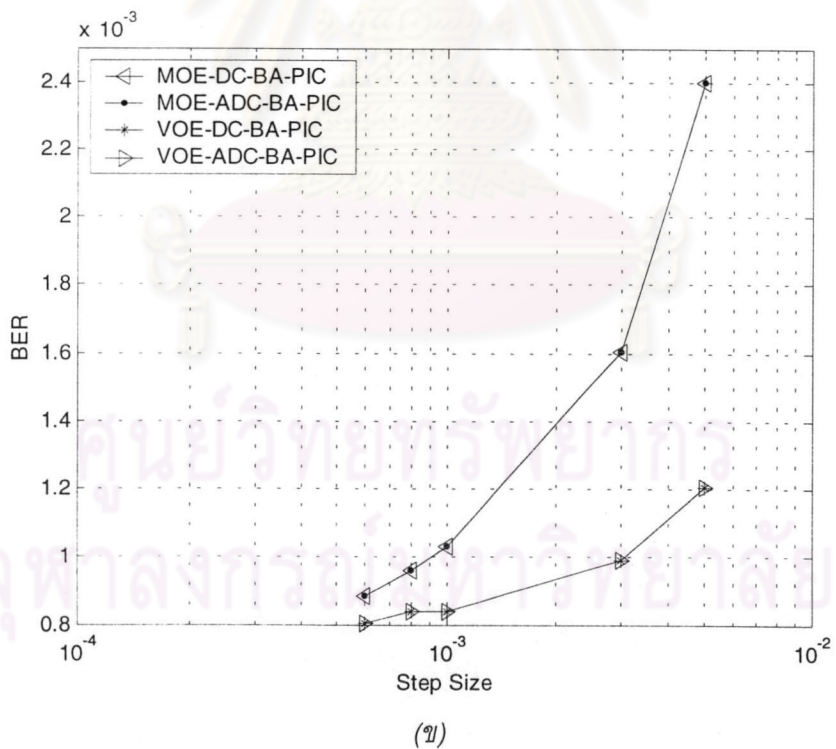
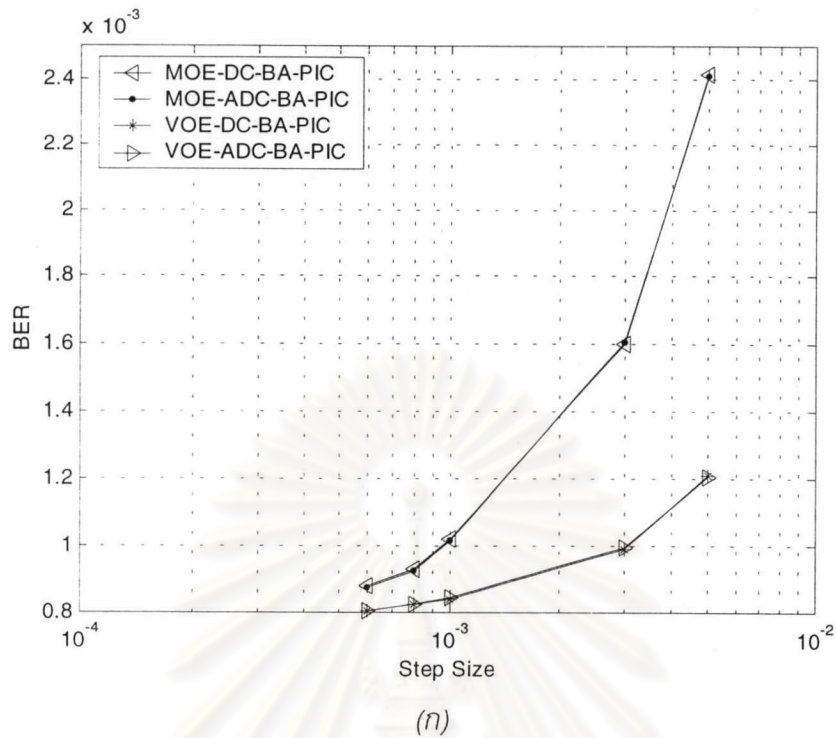


(ก)



(ข)

รูปที่ 4.24 ความสัมพันธ์ระหว่าง (ก) พลังงานของสัญญาณที่ออกจากเครื่องรับแบบ MOE_BA_PIC กับ จำนวนบิตที่ปรับค่าสัมประสิทธิ์ของฟิลเตอร์ (ข) ค่าสัญญาณแทรกสอดที่ประมาณได้จากเครื่องรับแบบ MOE_BA_PIC กับ จำนวนบิตที่ปรับค่าสัมประสิทธิ์ของฟิลเตอร์ ที่สถานะชั่วคราว เมื่อค่าช่วงก้าวเท่ากับ 0.005, จำนวนผู้ใช้เท่ากับ 10 คน, พลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนของใช้คนที่พิจารณาเท่ากับ 7 dB และมีการควบคุมกำลังอย่างสมบูรณ์



รูปที่ 4.25 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราบิดผิดพลาด กับ ค่าช่วงก้าว เมื่อมีการควบคุมกำลัง
 (ก) อย่างสมบูรณ์ (ข) ไม่สมบูรณ์ ที่จำนวนผู้ใช้เท่ากับ 10 คน, พลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนา
 แน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนของใช้คนที่พิจารณาเท่ากับ 7 dB

4.3.1.6 ความซับซ้อนของเครื่องรับ

จากความซับซ้อนของเครื่องรับแบบต่างๆ ทั้งที่ใช้และไม่ใช้ตัวจัดแบบบอดที่ตั้งได้แสดงการคำนวณไว้ในหัวข้อที่ 3.3.1 สามารถนำมาแสดงได้ดังรูปที่ 4.26 (ก) และรูปที่ 4.26 (ข) ตามลำดับ โดยเพื่อความสะดวกจะนำความซับซ้อนเหล่านั้นมาแสดงอีกครั้งในตารางที่ 4.2

จากสมการแสดงความซับซ้อนของเครื่องรับที่ไม่ใช้ตัวจัดแบบบอดที่สรุปไว้ในตารางที่ 4.2 (ก) และรูปที่ 4.26 (ก) พบว่าเครื่องรับแบบแมตซ์ฟิลเตอร์เป็นเครื่องรับที่มีความซับซ้อนต่ำที่สุด และความซับซ้อนของเครื่องรับแบบแมตซ์ฟิลเตอร์จะคงที่ไม่ขึ้นกับจำนวนของผู้ใช้ แต่จะขึ้นกับอัตราขยายการประมวลผลเท่านั้น เนื่องจากในการตีเทกต์บิตข้อมูลด้วยเครื่องรับแบบนี้ไม่จำเป็นต้องใช้ข้อมูลจากผู้ใช้คนอื่นๆ ส่วนเครื่องรับที่มีความซับซ้อนสูงขึ้นมาได้แก่ เครื่องรับแบบ ADC และเครื่องรับแบบดีคอดริลเตอร์ตามลำดับ ซึ่งมีสมการแสดงความซับซ้อนในตารางที่ 4.2 (ก) พบว่าความซับซ้อนของเครื่องรับแบบ ADC จะเพิ่มขึ้นอย่างเชิงเส้นตามจำนวนผู้ใช้ (K) ที่เพิ่มขึ้น ในขณะที่ความซับซ้อนของเครื่องรับแบบดีคอดริลเตอร์จะเพิ่มขึ้นตามจำนวนผู้ใช้อยกกำลังสอง (K^2)

เมื่อพิจารณาความซับซ้อนของเครื่องรับแบบที่ใช้ตัวจัดแบบบอด จากรูปที่ 4.26 (ข) และตารางที่ 4.2 (ข) พบว่าเครื่องรับแบบ MOE_ADC_BA_PIC มีความซับซ้อนต่ำที่สุด และเครื่องรับที่มีความซับซ้อนสูงขึ้นมาได้แก่ เครื่องรับแบบ MOE_DC_BA_PIC, เครื่องรับแบบ VOE_ADC_BA_PIC และเครื่องรับแบบ VOE_DC_BA_PIC ตามลำดับ โดยจากสมการแสดงความซับซ้อนในตารางที่ 4.2 พบว่า ความซับซ้อนของเครื่องรับแบบ MOE_ADC_BA_PIC และเครื่องรับแบบ VOE_ADC_BA_PIC จะเพิ่มขึ้นอย่างเชิงเส้นตามจำนวนผู้ใช้ที่เพิ่มขึ้น ในขณะที่ความซับซ้อนของเครื่องรับแบบ MOE_DC_BA_PIC และแบบ VOE_DC_BA_PIC จะเพิ่มขึ้นตามจำนวนผู้ใช้อยกกำลังสอง

เมื่อเปรียบเทียบความซับซ้อนของเครื่องรับระหว่างแบบที่ไม่ใช้ตัวจัดแบบบอดและเครื่องรับที่เสถียร (VOE_DC_BA_PIC และ VOE_ADC_BA_PIC) พบว่าถึงแม้ว่าความซับซ้อนของเครื่องรับแบบที่เสถียรจะสูงกว่าความซับซ้อนของเครื่องรับแบบที่ไม่ใช้ตัวจัดแบบบอด แต่อัตราบิตผิดพลาดของเครื่องรับแบบที่เสถียรก็ต่ำกว่าอัตราบิตผิดพลาดของเครื่องรับแบบที่ไม่ใช้ตัวจัดแบบบอดมาก ดังจะเห็นได้จากตารางที่ 4.3 ว่า เมื่อพิจารณาที่พลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนเท่ากับ 7 dB และจำนวนผู้ใช้เท่ากับ 30 คน และมีการควบคุมกำลังอย่างสมบูรณ์ อัตราบิตผิดพลาดของเครื่องรับที่เสถียรต่ำกว่าอัตราบิตผิดพลาดของเครื่องรับแบบแมตซ์ฟิลเตอร์, เครื่องรับแบบดีคอดริลเตอร์ และเครื่องรับแบบ ADC อยู่ 65 เปอร์เซ็นต์, 73.75 เปอร์เซ็นต์และ 58 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาในกรณีที่ควบคุมกำลังไม่

กำลังไม่สมบูรณ์พบว่า เครื่องรับที่เสนอมีอัตราบิดผิดพลาดที่ต่ำกว่าอัตราบิดผิดพลาดของเครื่องรับทั้ง 3 แบบข้างต้นอยู่ 98.32 เปอร์เซ็นต์, 74.75 เปอร์เซ็นต์ และ 97.98 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ตารางที่ 4.2 ความซับซ้อนของเครื่องรับแบบ (ก) แมตซ์ฟิลเตอร์, ดีคอรรีเลเตอร์ และ ADC (ข)

เครื่องรับแบบ MOE_DC_BA_PIC, MOE_ADC_BA_PIC, VOE_DC_BA_PIC และ

VOE_ADC_BA_PIC ในกรณีช่องสัญญาณชิงโครนัส

(ก)

เครื่องรับ	ความซับซ้อน (ฟลอป/บิต)
1. แมตซ์ฟิลเตอร์	$2P_G - 1$
2. ดีคอรรีเลเตอร์	$\frac{2}{3}K^2 + 2(P_G + 1)K - 2$
3. ADC	$K(2P_G + 3) - 3$

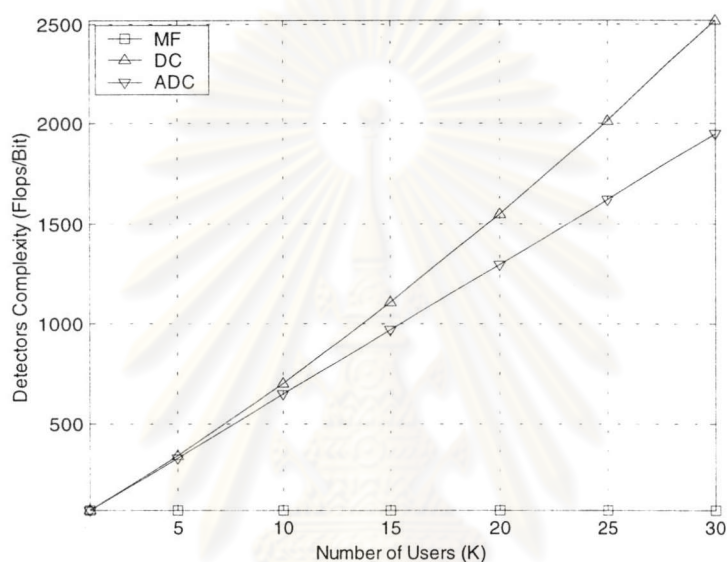
(ข)

เครื่องรับ	ความซับซ้อน (ฟลอป/จำนวนรอบที่ปรับสัมประสิทธิ์ของฟิลเตอร์)
1. MOE_DC_BA_PIC	$\frac{2}{3}K^2 + (2P_G + W_d + 11)K - (W_d + 12)$
2. MOE_ADC_BA_PIC	$(2P_G + W_d + 12)K - (W_d + 13)$
3. VOE_DC_BA_PIC	$\frac{2}{3}K^2 + 2(P_G + W_d + 5)K - (W_d + 8)$
4. VOE_ADC_BA_PIC	$(2P_G + 2W_d + 11)K - (W_d + 9)$

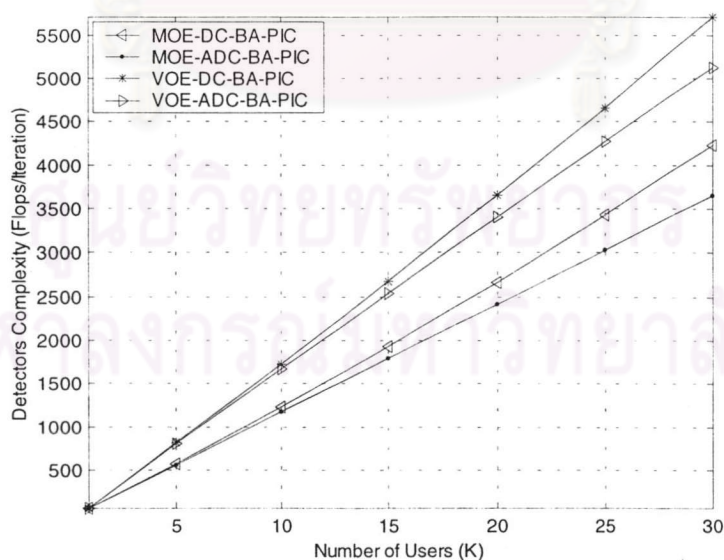
ตารางที่ 4.3 เปอร์เซ็นต์ของอัตราบิดผิดพลาดที่ลดลงของเครื่องรับที่เสนอเมื่อเทียบกับเครื่องรับแบบแมตซ์ฟิลเตอร์, เครื่องรับแบบดีคอรรีเลเตอร์ และเครื่องรับแบบ ADC ที่พลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนเท่ากับ 7 dB และจำนวนผู้ใช้เท่ากับ 30 คน ในกรณีช่องสัญญาณชิงโครนัส

เครื่องรับ	ควบคุมกำลัง	อัตราบิดผิดพลาดที่ลดลงของเครื่องรับที่เสนอเมื่อเทียบกับเครื่องรับแบบต่างๆ (%)		
		แมตซ์ฟิลเตอร์	ดีคอรรีเลเตอร์	ADC
VOE_DC_BA_PIC	อย่างสมบูรณ์	65.00	73.75	58.00
	ไม่สมบูรณ์	98.32	74.75	97.98
VOE_ADC_BA_PIC	อย่างสมบูรณ์	65.00	73.75	58.00
	ไม่สมบูรณ์	98.32	74.75	97.98

เมื่อพิจารณาเปอร์เซ็นต์ของความซับซ้อนที่เพิ่มขึ้นของเครื่องรับแบบ VOE_DC_BA_PIC และเครื่องรับแบบ VOE_ADC_BA_PIC เทียบกับเครื่องรับแบบ MOE_DC_BA_PIC และแบบ MOE_ADC_BA_PIC ตามลำดับ พบว่าเปอร์เซ็นต์ของความซับซ้อนที่เพิ่มขึ้นดังกล่าวแปรผกผันกับจำนวนผู้ใช้โดยมีค่าสูงสุดไม่เกิน 45 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในรูปที่ 4.27 และเมื่อพิจารณาอัตราบิตผิดพลาดที่ปรับปรุงได้ตามตารางที่ 4.3 พบว่าเครื่องรับที่เสนอให้อัตราบิตผิดพลาดต่ำกว่าเครื่องรับแบบ MOE_BA_PIC ประมาณ 37 เปอร์เซ็นต์ เมื่อมีการควบคุมกำลังอย่างสมบูรณ์และ 43 เปอร์เซ็นต์ เมื่อมีการควบคุมกำลังไม่สมบูรณ์ตามลำดับ

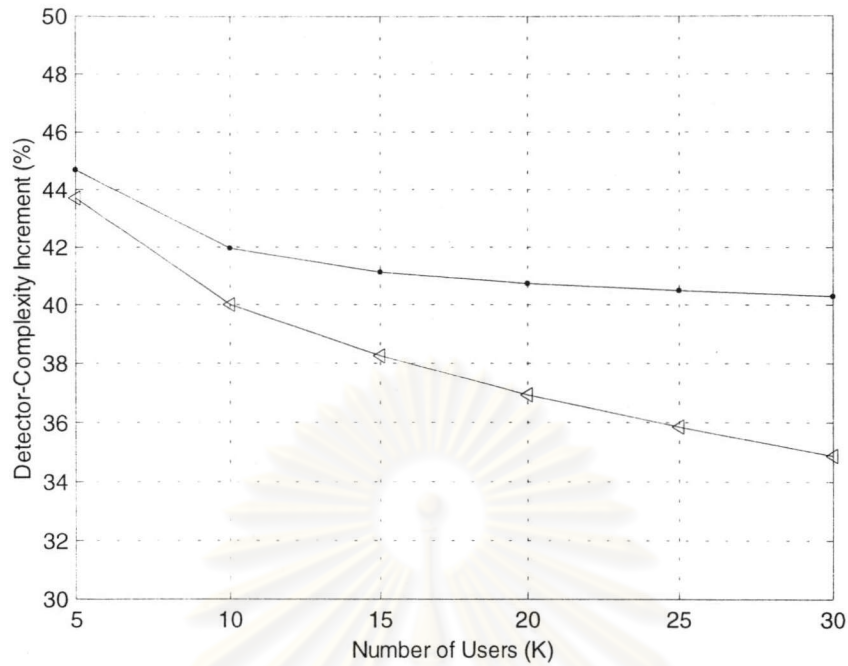


(ก)



(ข)

รูปที่ 4.26 ความซับซ้อนของเครื่องรับแบบ (ก) ไม่ใช้ตัวจัดแบบบอด (ข) ใช้ตัวจัดแบบบอด
ในกรณีของสัญญาณซิงโครนัส



รูปที่ 4.27 ความซับซ้อนที่เพิ่มขึ้นของเครื่องรับแบบ VOE_DC_BA_PIC เทียบกับความซับซ้อนของเครื่องรับแบบ MOE_DC_BA_PIC (—△—) และของเครื่องรับแบบ VOE_ADC_BA_PIC เทียบกับของเครื่องรับแบบ MOE_ADC_BA_PIC (—●—)

ตารางที่ 4.4 เปอร์เซ็นต์ของอัตราบิดผดพลาดที่ลดลงของเครื่องรับที่เสนอเมื่อเทียบกับเครื่องรับแบบ MOE_DC_BA_PIC และเครื่องรับแบบ MOE_ADC_BA_PIC ที่พลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณ รบกวนเท่ากับ 7 dB และจำนวนผู้ใช้เท่ากับ 30 คน ในกรณีช่องสัญญาณชิงโครนัส

เครื่องรับ	ควบคุมกำลัง	อัตราบิดผดพลาดที่ลดลงของเครื่องรับที่เสนอเมื่อเทียบกับเครื่องรับแบบ (%)	
		MOE_DC_BA_PIC	MOE_ADC_BA_PIC
VOE_DC_BA_PIC	อย่างสมบูรณ์	36.66	
	ไม่สมบูรณ์	43.28	
VOE_ADC_BA_PIC	อย่างสมบูรณ์		37.11
	ไม่สมบูรณ์		43.28

4.3.2 ช่องสัญญาณอะซิงโครนัส

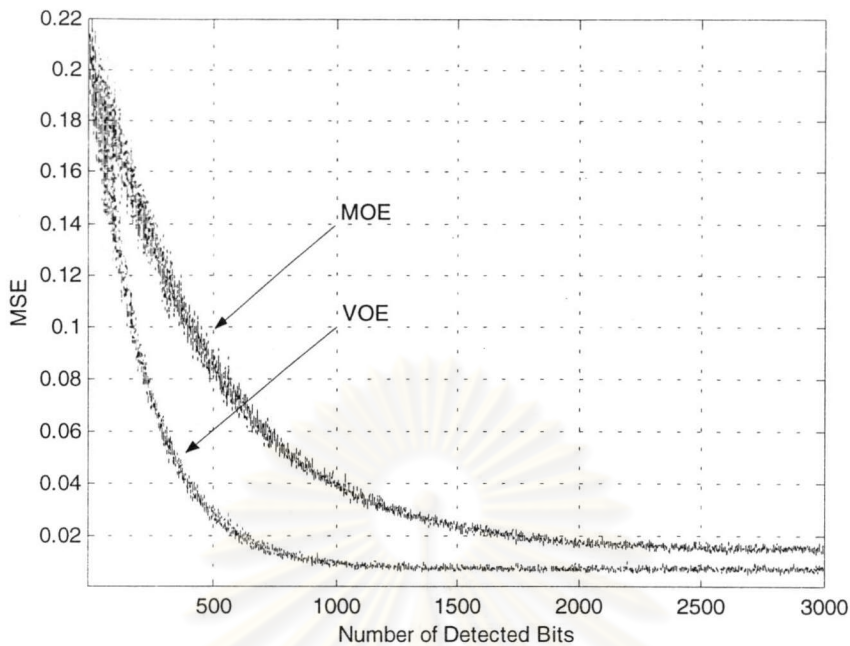
4.3.2.1 ผลของขนาดหน้าต่างซึ่งใช้ในการประมาณค่าเฉลี่ยทางสถิติที่มีต่อความผิดพลาดในการประมาณสัญญาณแทรกสอด และอัตราบิดผิดพลาดของเครื่องรับแบบ BA_PIC

จากผลการจำลองด้วยคอมพิวเตอร์พบว่า แนวโน้มของผลที่ได้ในกรณีช่องสัญญาณอะซิงโครนัสจะคล้ายคลึงกับกรณีช่องสัญญาณซิงโครนัส กล่าวคือในกรณีที่มีการควบคุมกำลังอย่างสมบูรณ์ลักษณะการลู่เข้าของเครื่องรับแบบ MOE_BA_PIC และเครื่องรับแบบ VOE_BA_PIC ที่ใช้ขนาดของหน้าต่างในการประมาณค่าเฉลี่ยทางสถิติเป็นค่าต่างๆ ในช่วงที่พิจารณาตามรูปที่ 4.28 (ก) มีค่าใกล้เคียงกัน โดยเมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดกำลังสองที่สถานะอยู่ตัว จากรูปที่ 4.28 (ข) พบว่าค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดกำลังสองดังกล่าวค่อนข้างคงที่ซึ่งจะส่งผลให้ค่าอัตราบิดผิดพลาดเมื่อเปลี่ยนขนาดของหน้าต่างเป็นค่าต่างๆ มีค่าคงที่ด้วย ดังจะเห็นได้จากรูปที่ 4.29

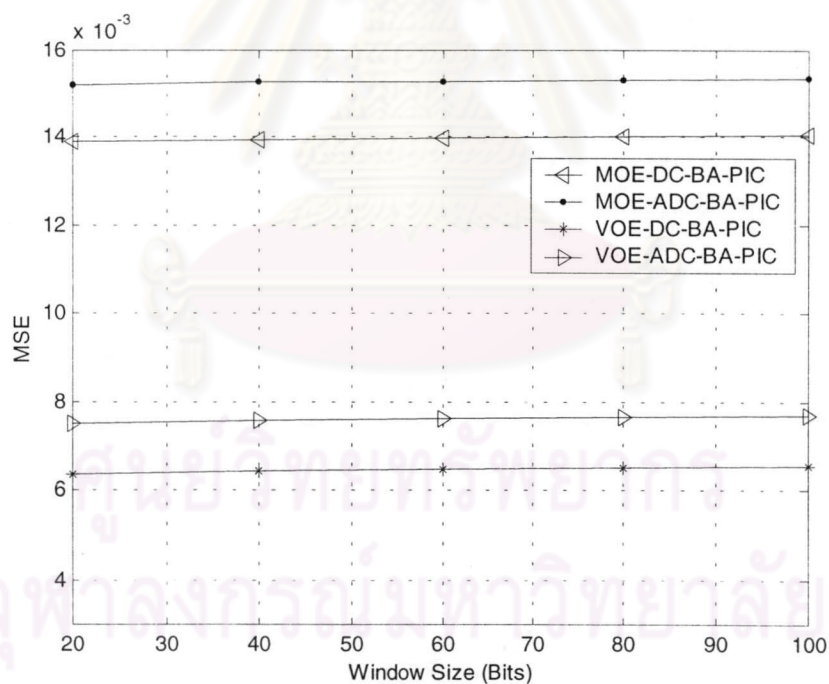
เมื่อพิจารณาในกรณีที่มีการควบคุมกำลังไม่สมบูรณ์ จากรูปที่ 4.30 และรูปที่ 4.31 พบว่าแนวโน้มของความสัมพันธ์ต่างๆ ยังคงใกล้เคียงกับกรณีที่มีการควบคุมกำลังอย่างสมบูรณ์ ซึ่งจากผลที่ได้ข้างต้นในที่นี้จะกำหนดให้ใช้ขนาดของหน้าต่างที่ใช้ประมาณค่าเฉลี่ยทางสถิติเท่ากับ 50 บิตเช่นเดียวกับในกรณีช่องสัญญาณซิงโครนัส

อย่างไรก็ตามขอให้สังเกตว่าในกรณีช่องสัญญาณอะซิงโครนัสที่มีการควบคุมกำลังอย่างสมบูรณ์ สมรรถนะของเครื่องรับแบบ BA_PIC ที่ใช้บิตข้อมูลจากเครื่องรับแบบดีคอร์ดรีเลเตอร์ในการประมาณสัญญาณแทรกสอดจะดีกว่าสมรรถนะของเครื่องรับแบบ BA_PIC ที่ใช้บิตข้อมูลจากเครื่องรับแบบ ADC เล็กน้อย ในขณะที่สมรรถนะของเครื่องรับแบบ BA_PIC ทั้งที่ใช้บิตข้อมูลจากเครื่องรับแบบดีคอร์ดรีเลเตอร์และแบบ ADC ในการประมาณสัญญาณแทรกสอดเมื่อมีการควบคุมกำลังไม่สมบูรณ์จะใกล้เคียงกัน ซึ่งจะได้วิเคราะห์ถึงสาเหตุในหัวข้อที่ 4.3.2.4 ความทนทานต่อปรากฏการณ์ใกล้ - ไกล ต่อไป

ศูนย์วิทยพัทยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

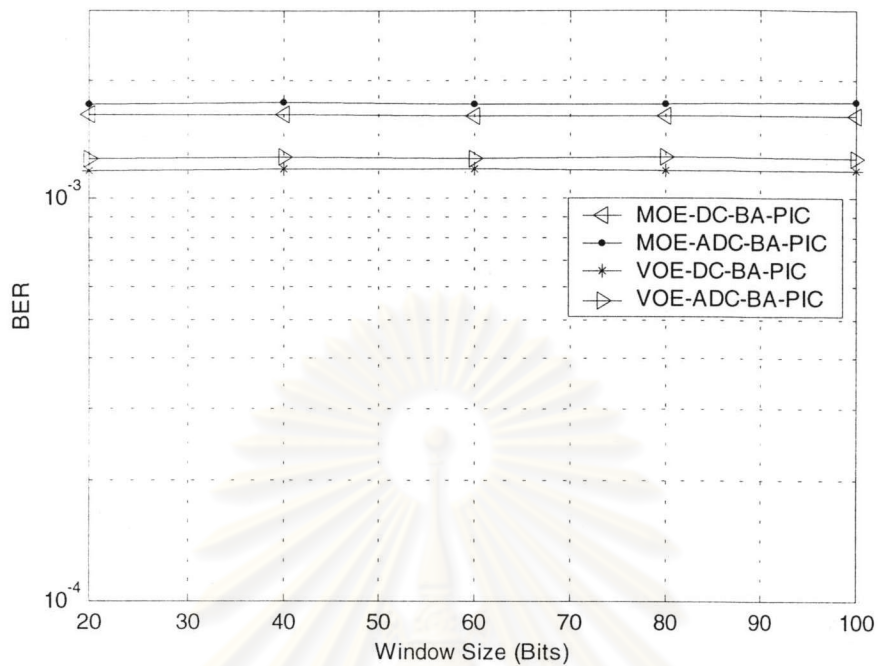


(ก)

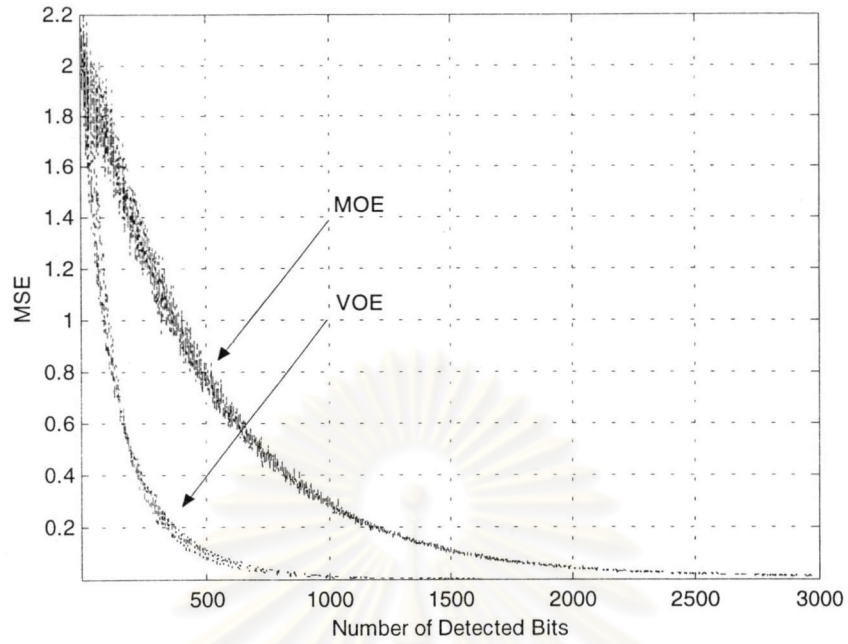


(ข)

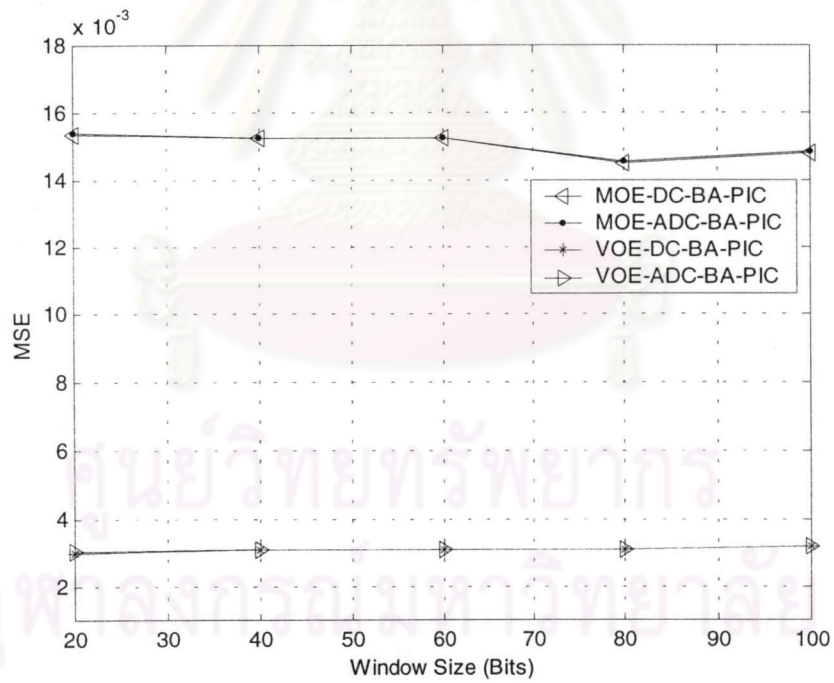
รูปที่ 4.28 (ก) ลักษณะการลู่เข้า (ข) ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดกำลังสอง กับ ขนาดของหน้าต่างที่ใช้ประมาณค่าทางสถิติที่สถานะอยู่ตัว เมื่อจำนวนผู้ใช้เท่ากับ 10 คน, พลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนเท่ากับ 7 dB และมีการควบคุมกำลังอย่างสมบูรณ์



รูปที่ 4.29 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราบิตผิดพลาด กับ ขนาดของหน้าต่างที่ใช้ประมาณค่าทางสถิติ เมื่อจำนวนผู้ใช้เท่ากับ 10 คน, พลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนเท่ากับ 7 dB และมีการควบคุมกำลังอย่างสมบูรณ์

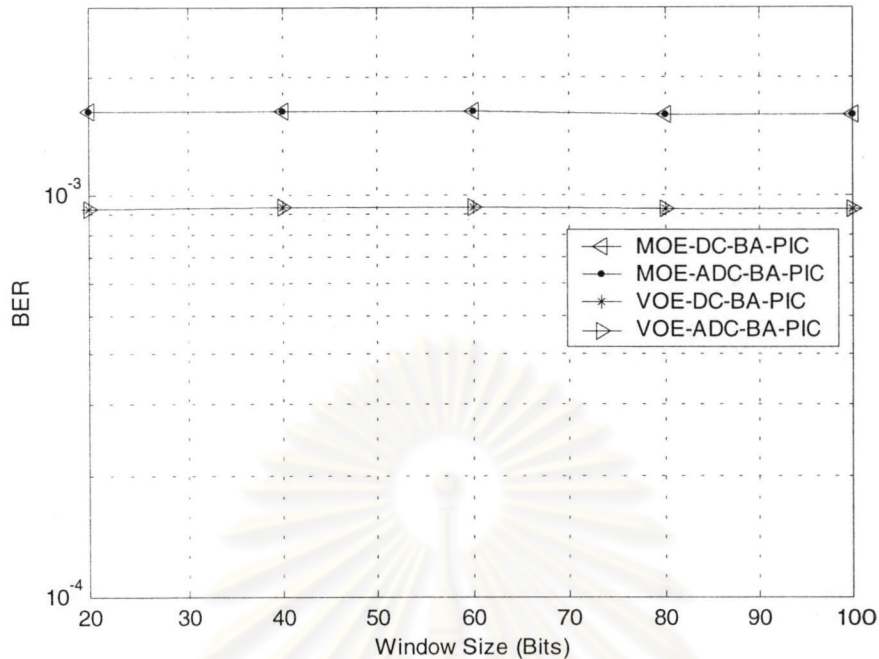


(ก)



(ข)

รูปที่ 4.30 (ก) ลักษณะการลู่เข้า (ข) ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดกำลังสอง กับ ขนาดของหน้าต่างที่ใช้ประมาณค่าทางสถิติที่สถานะอยู่ตัว เมื่อจำนวนผู้ใช้เท่ากับ 10 คน, พลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนเท่ากับ 7 dB และมีการควบคุมกำลังไม่สมบูรณ์



รูปที่ 4.31 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราบิดผิดพลาด กับ ขนาดของหน้าต่างที่ใช้ประมาณค่าทางสถิติ เมื่อจำนวนผู้ใช้เท่ากับ 10 คน, พลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนเท่ากับ 7 dB และมีการควบคุมกำลังไม่สมบูรณ์

4.3.2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราบิดผิดพลาด กับ พลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวน

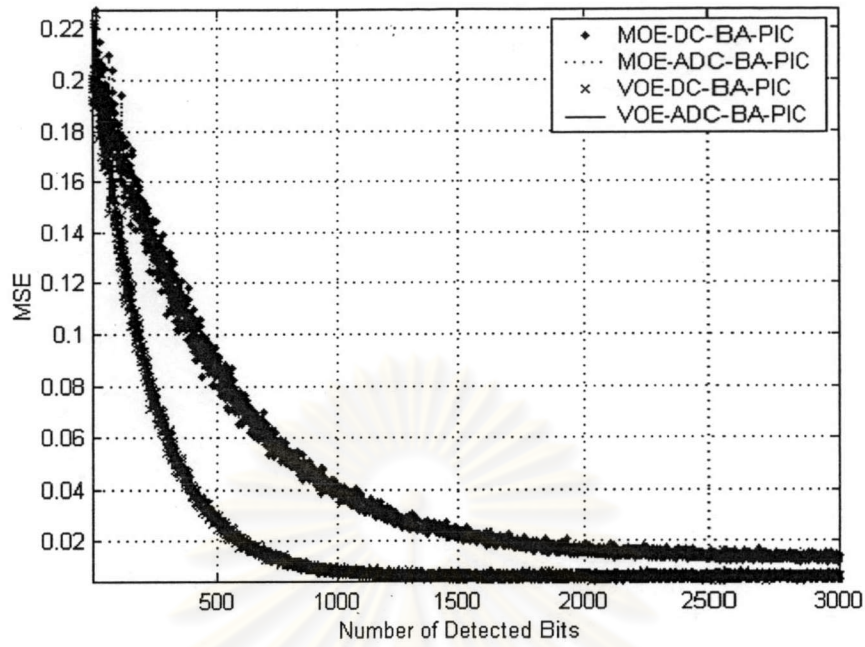
การพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราบิดผิดพลาด กับ พลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวน กระทำโดยการจำลองแบบด้วยคอมพิวเตอร์ในกรณี 3 กรณีเช่นเดียวกับกรณีของสัญญาณซิงโครนัส คือจะทำการจำลองแบบด้วยคอมพิวเตอร์ในกรณีที่จำนวนผู้ใช้ในเซลล์เท่ากับ 10 คน, 20 คน และ 30 คน ตามลำดับ

4.3.2.2.1 กรณีที่มีการควบคุมกำลังอย่างสมบูรณ์

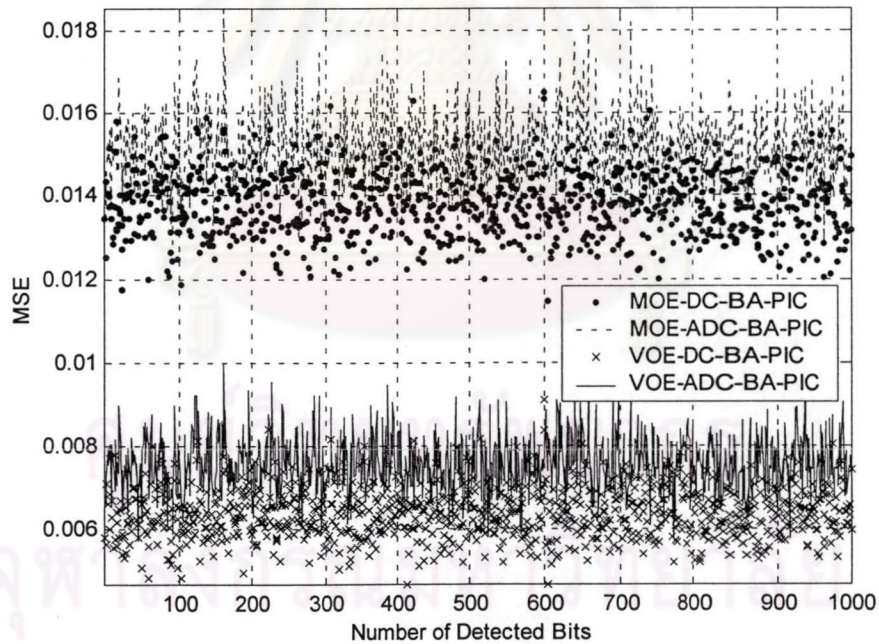
กรณีที่จำนวนผู้ใช้เท่ากับ 10 คน จากรูปที่ 4.32 (ข) พบว่าเครื่องรับแบบ VOE_DC_BA_PIC ซึ่งใช้บิตข้อมูลจากเครื่องรับแบบดีคอดรีเลเตอร์ในการประมาณสัญญาณแทรกสอด สามารถประมาณสัญญาณแทรกสอดได้ดีกว่าเครื่องรับแบบ VOE_ADC_BA_PIC ซึ่งใช้บิตข้อมูลจากเครื่องรับแบบ ADC ในการประมาณสัญญาณแทรกสอดเล็กน้อย เช่นเดียวกันกับเครื่องรับแบบ MOE_DC_BA_PIC และเครื่องรับแบบ MOE_ADC_BA_PIC โดยจากรูปที่ 4.32 (ก) พบว่า ในช่วงสถานะชั่วคราวการลู่เข้าของเครื่องรับแบบ VOE_BA_PIC เป็น 1.67 เท่าของอัตราการลู่เข้าของเครื่องรับแบบ MOE_BA_PIC และเมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของ

ความผิดพลาดกำลังสองที่สถานะอยู่ตัว จากรูปที่ 4.32 (ข) พบว่าในกรณีช่องสัญญาณอะซิงโครนัส เครื่องรับแบบ VOE-BA-PIC ยังคงสามารถประมาณสัญญาณแทรกสอดได้ดีกว่าเครื่องรับแบบ MOE-BA-PIC เช่นเดียวกับในกรณีช่องสัญญาณซิงโครนัส โดยค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดกำลังสองที่สถานะอยู่ตัวที่พลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนเท่ากับ 7 dB ของเครื่องรับแบบ VOE_DC_BA_PIC และเครื่องรับแบบ VOE_ADC_BA_PIC จะต่ำกว่าของเครื่องรับแบบ MOE_DC_BA_PIC และเครื่องรับแบบ MOE_ADC_BA_PIC อยู่ประมาณ 45.30 เปรอร์เซ็นต์ และ 49.88 เปรอร์เซ็นต์ ตามลำดับ อย่างไรก็ตามเนื่องจากความผิดพลาดในการประมาณสัญญาณแทรกสอดของเครื่องรับแบบ DC_BA_PIC และเครื่องรับแบบ ADC_BA_PIC ไม่ได้แตกต่างกันมากนักดังนั้นอัตราบิดผิดพลาดของเครื่องรับแบบ DC_BA_PIC จึงไม่ได้ต่ำกว่าอัตราบิดผิดพลาดของเครื่องรับแบบ ADC_BA_PIC มากดังจะเห็นได้ในรูปที่ 4.33 ทั้งนี้จากรูปดังกล่าวพบว่าที่พลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนเท่ากับ 7 dB อัตราบิดผิดพลาดของเครื่องรับแบบ VOE_DC_BA_PIC และเครื่องรับแบบ VOE_ADC_BA_PIC ให้อัตราบิดผิดพลาดที่ต่ำกว่าอัตราบิดผิดพลาดของเครื่องรับแบบ MOE_DC_BA_PIC และเครื่องรับแบบ MOE_ADC_BA_PIC อยู่ประมาณ 23.26 เปรอร์เซ็นต์ และ 26.04 เปรอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาเทียบกับเครื่องรับแบบอื่นๆ พบว่า เครื่องรับแบบแมตซ์ฟิลเตอร์จะให้อัตราบิดผิดพลาดสูงสุด รองลงมาคือเครื่องรับแบบดีคอวิเลเตอร์ และเครื่องรับแบบ ADC ซึ่งมีอัตราบิดผิดพลาดใกล้เคียงกัน, เครื่องรับแบบ MOE_BA_PIC และเครื่องรับแบบ VOE_BA_PIC ตามลำดับ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

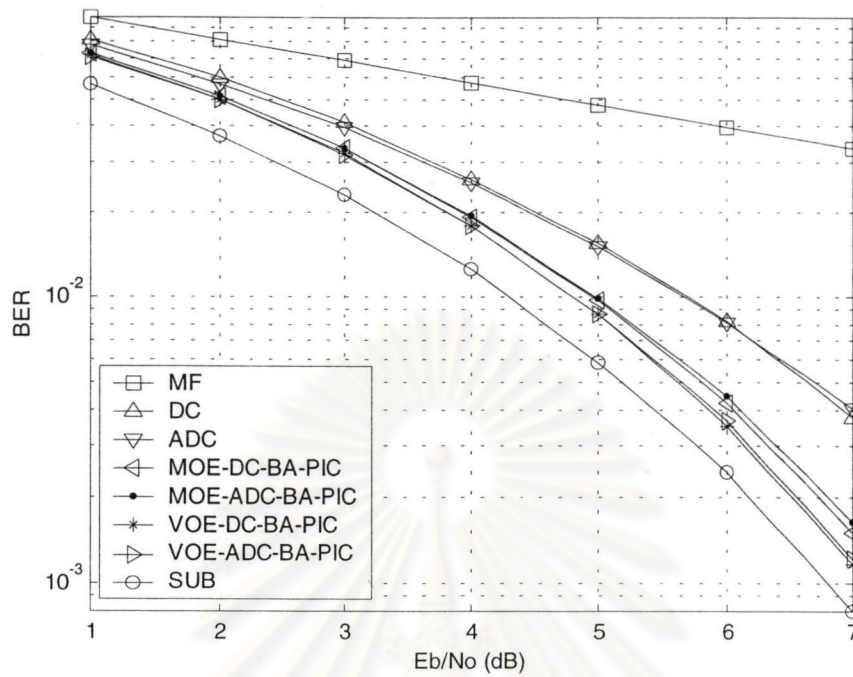


(ก)



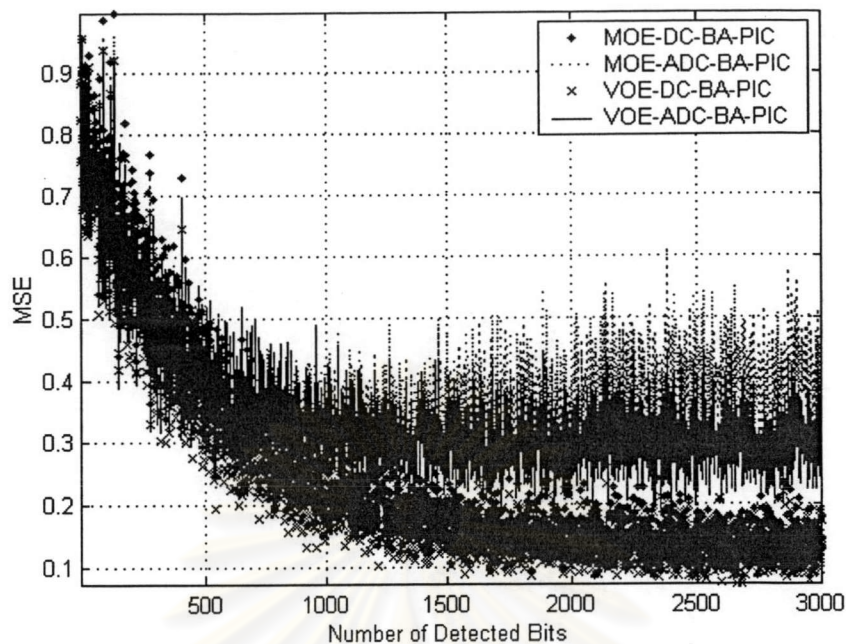
(ข)

รูปที่ 4.32 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดกำลังสอง กับ จำนวนบิตที่ปรับค่าสัมประสิทธิ์ของฟิลเตอร์ ที่ (ก) สถานะชั่วคราว (ข) สถานะอยู่ตัว เมื่อจำนวนผู้ใช้เท่ากับ 10 คน, พลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนเท่ากับ 7 dB และมีการควบคุมกำลังอย่างสมบูรณ์

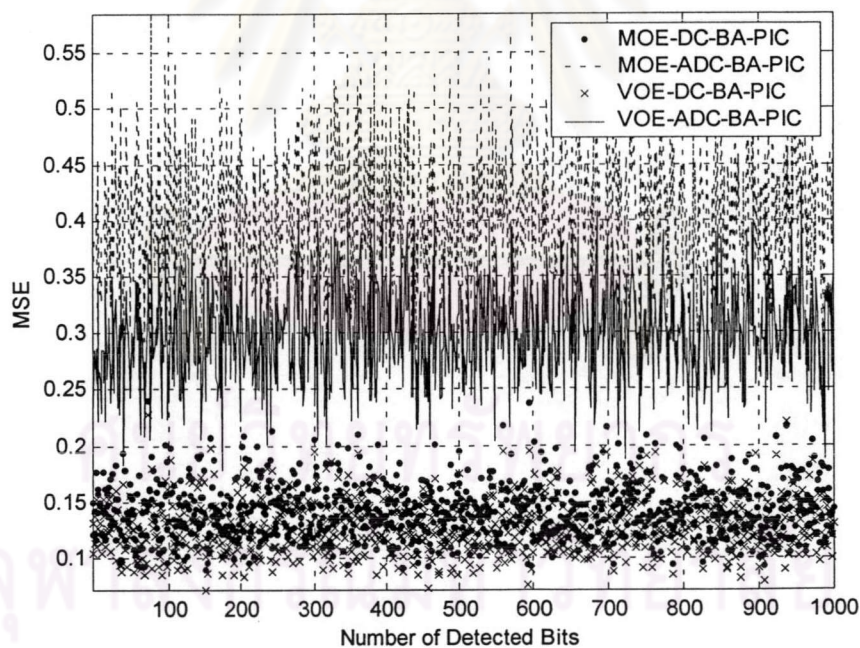


รูปที่ 4.33 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราบิดผิดพลาด กับ พลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวน เมื่อจำนวนผู้ใช้เท่ากับ 10 คน และมีการควบคุมกำลังอย่างสมบูรณ์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

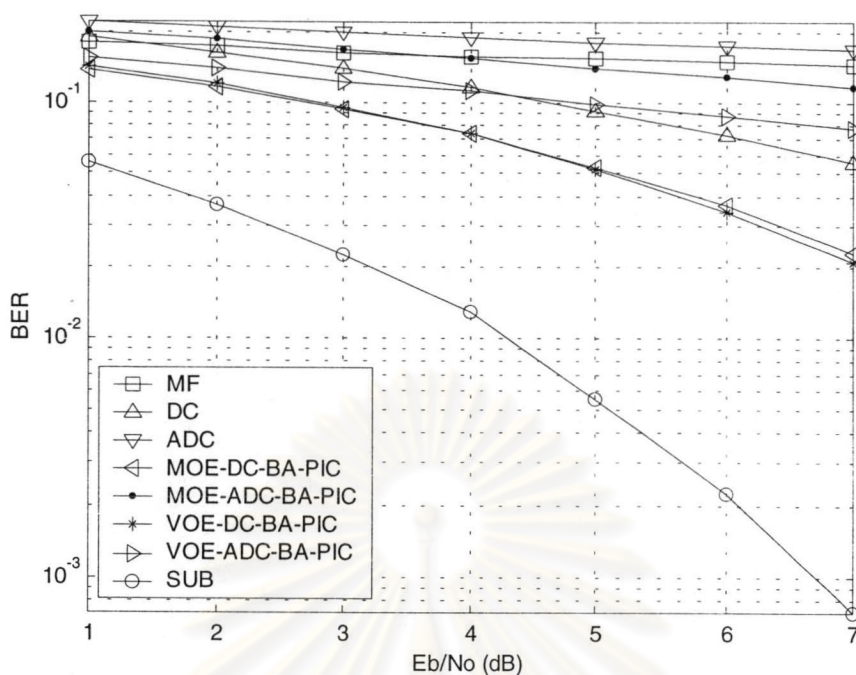


(ก)



(ข)

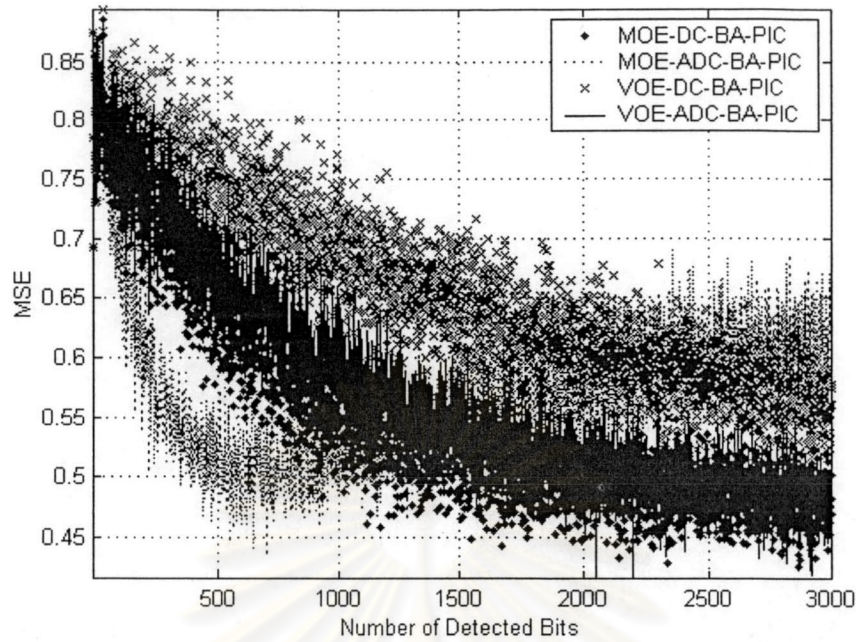
รูปที่ 4.34 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดกำลังสอง กับ จำนวนบิตที่ปรับค่าสัมประสิทธิ์ของฟิลเตอร์ ที่ (ก) สถานะชั่วคราว (ข) สถานะอยู่ตัว เมื่อจำนวนผู้ใช้เท่ากับ 20 คน, พลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนเท่ากับ 7 dB และมีการควบคุมกำลังอย่างสมบูรณ์



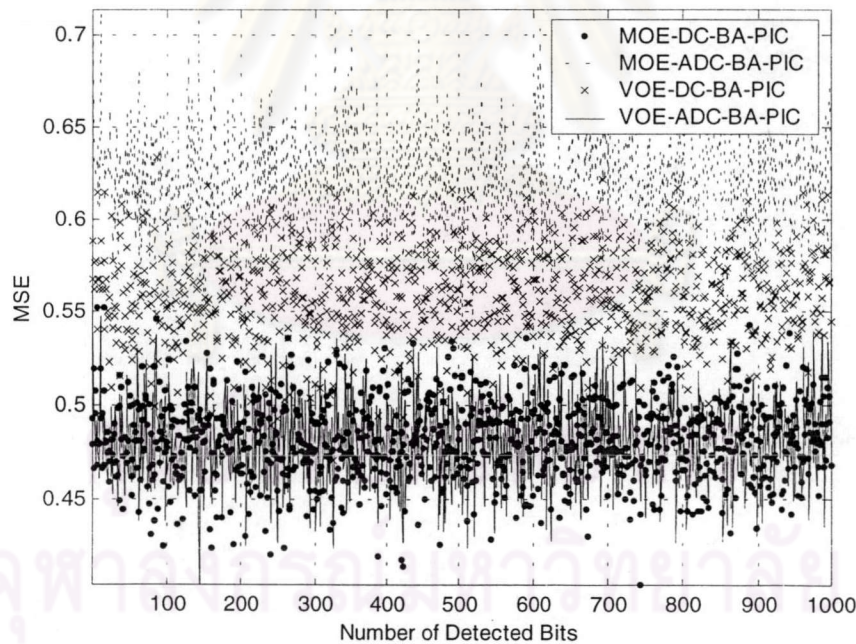
รูปที่ 4.35 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราบิดผิดพลาด กับ พลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวน เมื่อจำนวนผู้ใช้เท่ากับ 20 คน และมีการควบคุมกำลังอย่างสมบูรณ์

เมื่อจำนวนผู้ใช้สูงขึ้นเป็น 20 คน พบว่าความสามารถในการประมาณสัญญาณแทรกสอดของเครื่องรับแบบ VOE_BA_PIC จะลดลงอย่างเห็นได้ชัดทั้งนี้ก็เนื่องมาจากบิตข้อมูลที่ใช้ในการประมาณสัญญาณแทรกสอดมีความเชื่อถือได้ลดลงเรื่อยๆ ตามจำนวนผู้ใช้ที่เพิ่มขึ้น และเนื่องจากสมรรถนะที่ลดลงอย่างรวดเร็วของเครื่องรับแบบ ADC จะพบว่าสมรรถนะของเครื่องรับแบบ ADC_BA_PIC จะเริ่มด้อยกว่าสมรรถนะของเครื่องรับแบบ DC_BA_PIC และจะชัดเจนมากขึ้นเมื่อจำนวนผู้ใช้เพิ่มสูงขึ้น โดยจากรูปที่ 4.34 (ก) พบว่า อัตราการสูญเสียของเครื่องรับแบบ VOE_BA_PIC จะมีค่าใกล้เคียงกับอัตราการสูญเสียของเครื่องรับแบบ MOE_BA_PIC นอกจากนี้ยังพบว่าค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดกำลังสองที่สถานะอยู่ตัวและอัตราบิดผิดพลาดก็มีค่าใกล้เคียงกันด้วย

เมื่อพิจารณาสมรรถนะของเครื่องรับในกรณีที่มีผู้ใช้เป็นจำนวนมาก (ในที่นี้พิจารณาที่จำนวนผู้ใช้เท่ากับ 30 คน) จากรูปที่ 4.36 และรูปที่ 4.37 พบว่า เมื่อมีจำนวนผู้ใช้เท่ากับ 30 คนเครื่องรับแบบ BA_PIC ทุกแบบไม่สามารถประมาณสัญญาณแทรกสอดได้อย่างถูกต้อง โดยจะเห็นได้ว่า ค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดกำลังสองที่สถานะอยู่ตัวและอัตราบิดผิดพลาดของเครื่องรับแบบ BA_PIC ทุกแบบจะมีค่าสูงมาก ทั้งนี้ก็มีสาเหตุมาจากความเชื่อถือได้ที่ต่ำของบิตข้อมูลที่นำมาประมาณสัญญาณแทรกสอดนั่นเอง

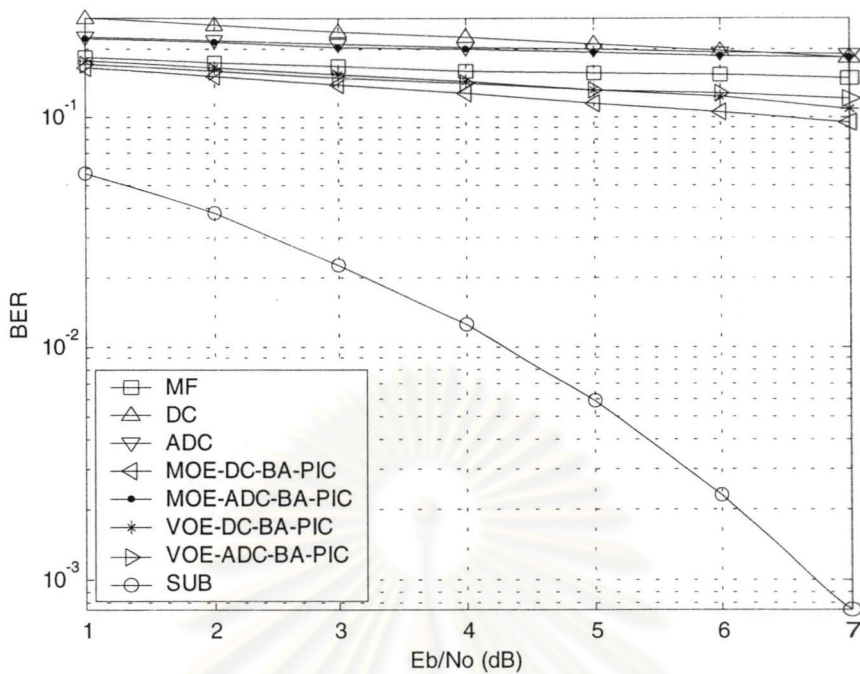


(ก)



(ข)

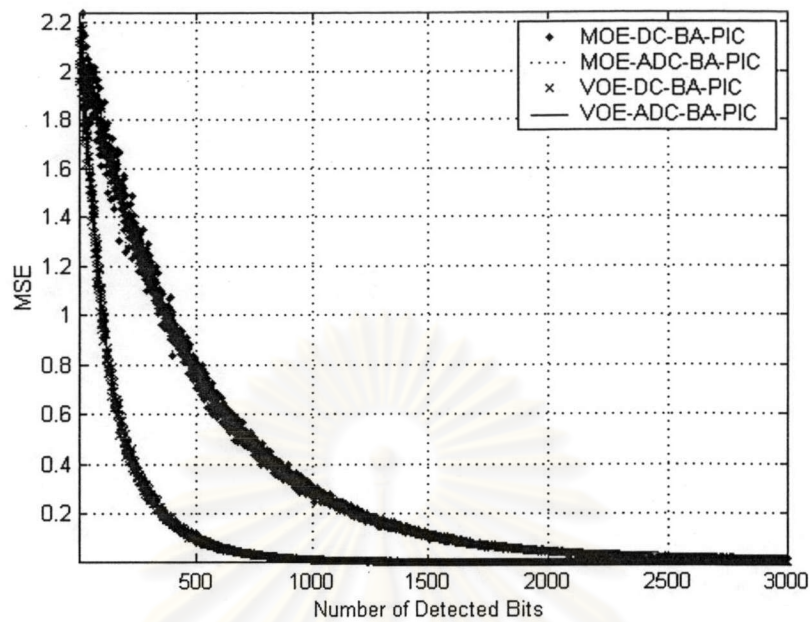
รูปที่ 4.36 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดกำลังสอง กับ จำนวนบิตที่ปรับค่าสัมประสิทธิ์ของฟิลเตอร์ ที่ (ก) สถานะชั่วคราว (ข) สถานะอยู่ตัว เมื่อจำนวนผู้ใช้เท่ากับ 30 คน, พลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนเท่ากับ 7 dB และมีการควบคุมกำลังอย่างสมบูรณ์



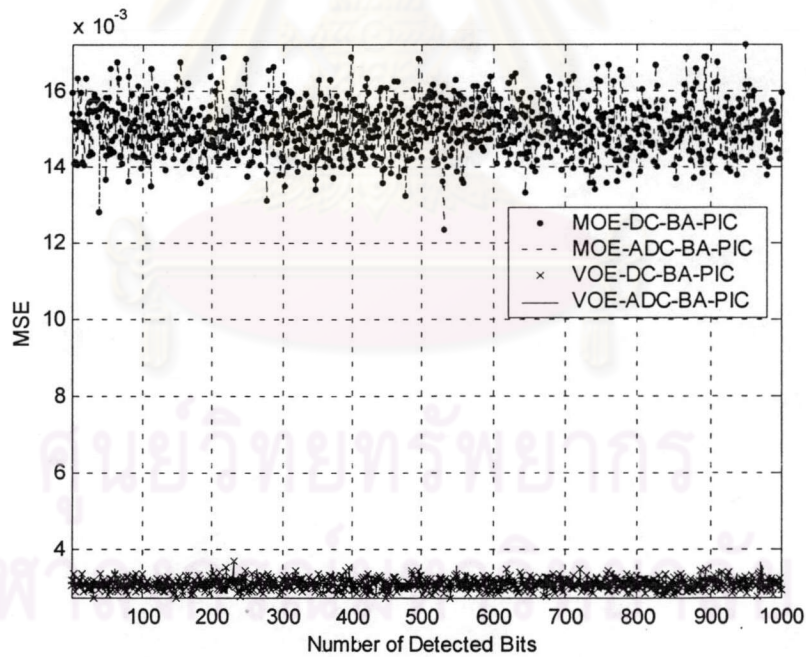
รูปที่ 4.37 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราบิดผิดพลาด กับ พลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวน เมื่อจำนวนผู้ใช้เท่ากับ 30 คน และมีการควบคุมกำลังอย่างสมบูรณ์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.3.2.2.2 กรณีที่มีการควบคุมกำลังไม่สมบูรณ์

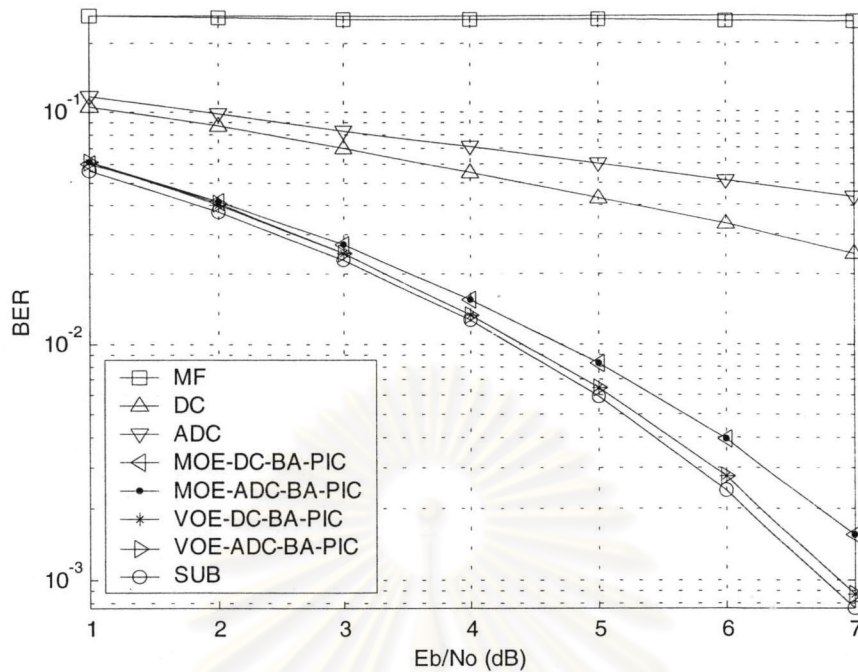


(ก)



(ข)

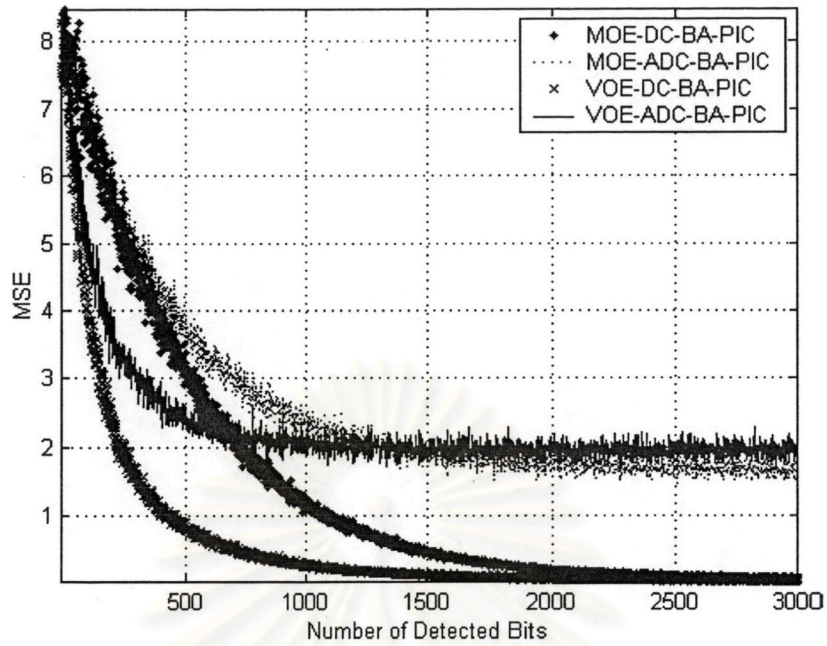
รูปที่ 4.38 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดกำลังสอง กับ จำนวนบิตที่ปรับค่าสัมประสิทธิ์ของฟิลเตอร์ ที่ (ก) สถานะชั่วคราว (ข) สถานะอยู่ตัว เมื่อจำนวนผู้ใช้เท่ากับ 10 คน, พลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนรบกวนเท่ากับ 7 dB และมีการควบคุมกำลังไม่สมบูรณ์



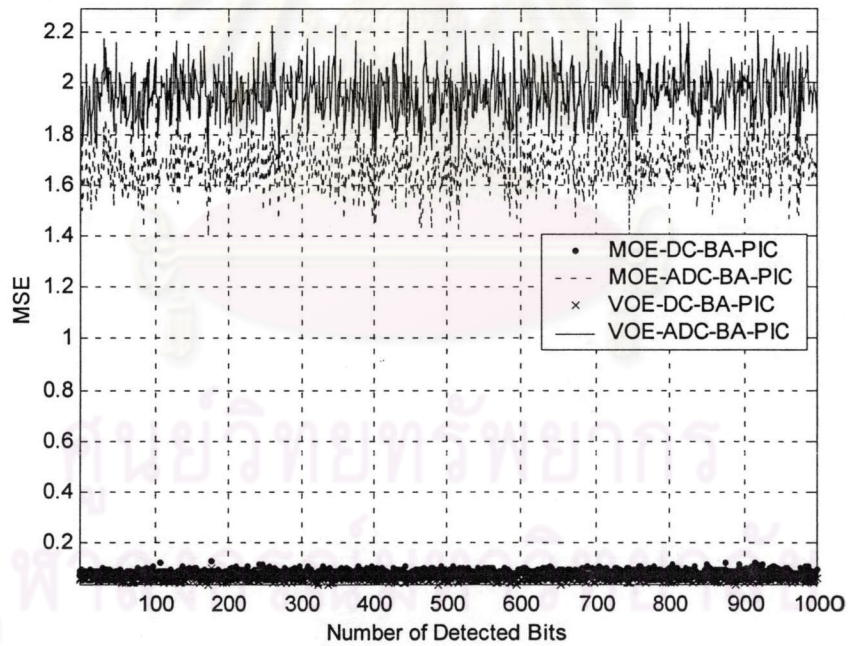
รูปที่ 4.39 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราบิดผิดพลาด กับ พลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวน เมื่อจำนวนผู้ใช้เท่ากับ 10 คน และมีการควบคุมกำลังไม่สมบูรณ์

รูปที่ 4.38 และรูปที่ 4.39 เป็นผลที่ได้จากการจำลองสมรรถนะของเครื่องรับด้วยคอมพิวเตอร์ในกรณีที่มีจำนวนผู้ใช้น้อยๆ (10 คน) และมีการควบคุมกำลังไม่สมบูรณ์ จากรูปที่ 4.38 (ก) อัตราการสูญเสียของเครื่องรับแบบ VOE_BA_PIC เป็น 2.50 เท่าของอัตราการสูญเสียของเครื่องรับแบบ MOE_BA_PIC นอกจากนี้ยังพบว่า ที่สถานะอยู่ตัวค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดกำลังสองของการประมาณสัญญาณแทรกสอดของเครื่องรับแบบ VOE_BA_PIC จะต่ำกว่าของเครื่องรับแบบ MOE_BA_PIC อยู่ประมาณ 79.35 เปอร์เซ็นต์ และจากรูปที่ 4.39 พบว่าเครื่องรับแบบ VOE_BA_PIC มีอัตราบิดผิดพลาดต่ำและใกล้เคียงกับของ SUB มากที่สุดด้วย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

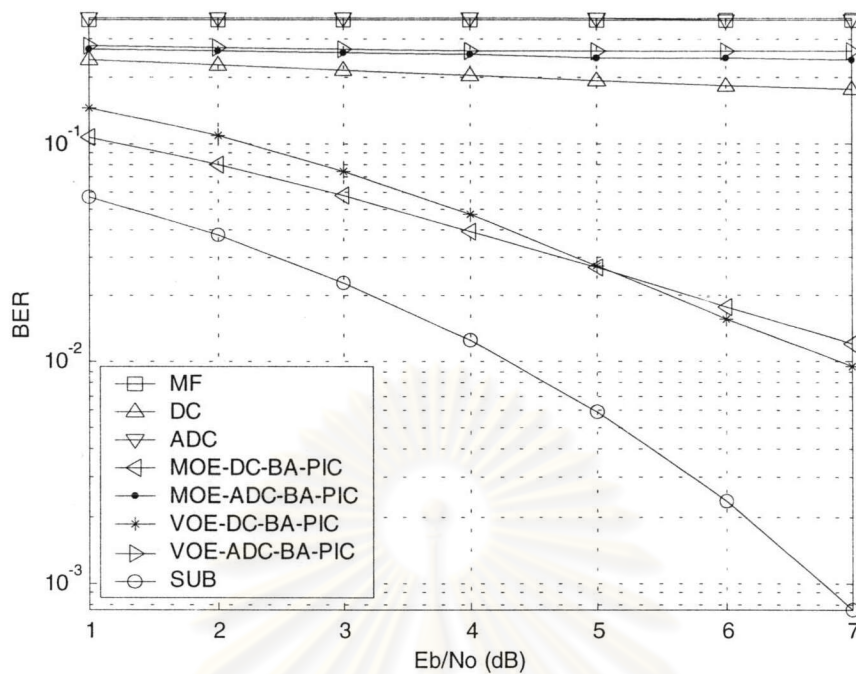


(ก)



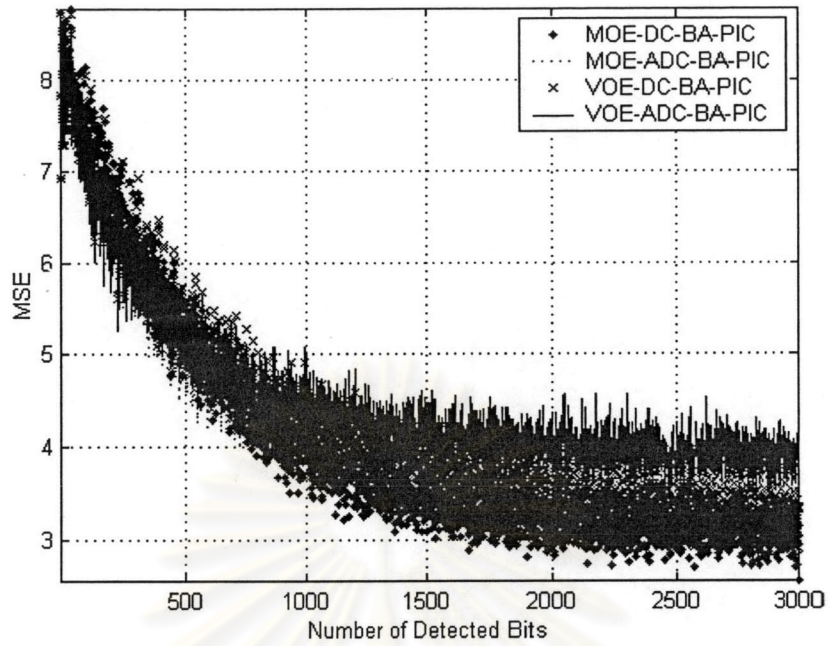
(ข)

รูปที่ 4.40 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดกำลังสอง กับ จำนวนบิตที่ปรับค่าสัมประสิทธิ์ของฟิลเตอร์ ที่ (ก) สถานะชั่วคราว (ข) สถานะอยู่ตัว เมื่อจำนวนผู้ใช้เท่ากับ 20 คน, พลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนรบกวนเท่ากับ 7 dB และมีการควบคุมกำลังไม่สมบูรณ์

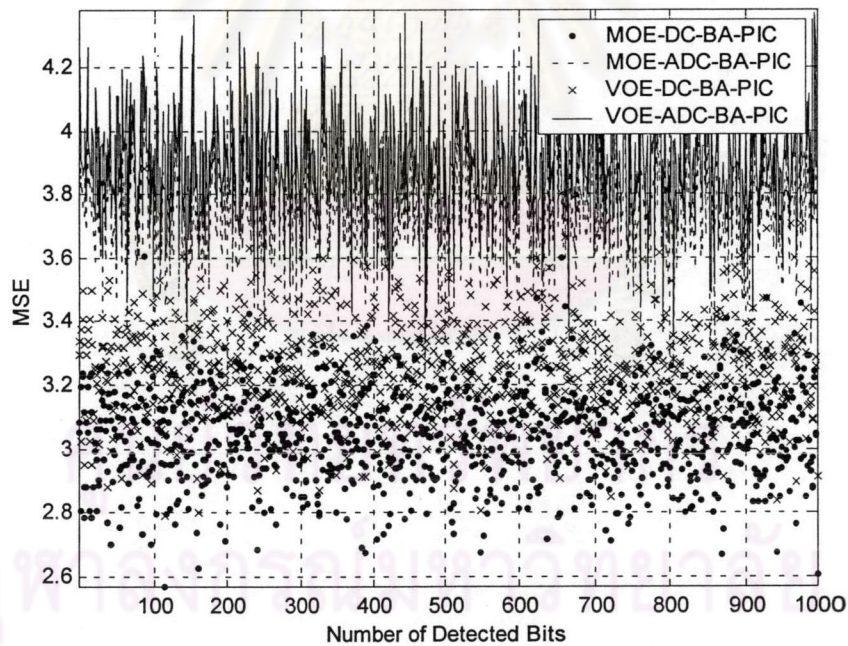


รูปที่ 4.41 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราบิดผิดพลาด กับ พลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่น
สเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวน เมื่อจำนวนผู้ใช้เท่ากับ 20 คน และมีการควบคุมกำลังไม่
สมบูรณ์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

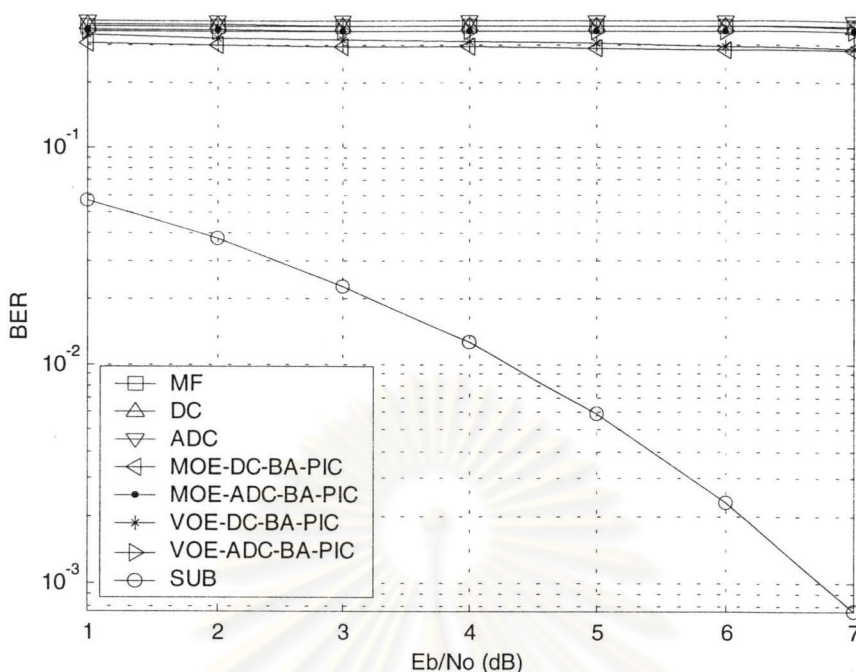


(ก)



(ข)

รูปที่ 4.42 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดกำลังสอง กับ จำนวนบิตที่ปรับค่าสัมประสิทธิ์ของฟิลเตอร์ ที่ (ก) สถานะชั่วคราว (ข) สถานะอยู่ตัว เมื่อจำนวนผู้ใช้เท่ากับ 30 คน, พลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนรบกวนเท่ากับ 7 dB และมี การควบคุมกำลังไม่สมบูรณ์



รูปที่ 4.43 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราบิดผิดพลาด กับ พลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวน เมื่อจำนวนผู้ใช้เท่ากับ 30 คน และมีการควบคุมกำลังไม่สมบูรณ์

เมื่อจำนวนผู้ใช้เพิ่มมากขึ้น ผลของความเชื่อถือได้ที่ต่ำของบิตข้อมูลที่ใช้ประมาณสัญญาณแทรกสอดก็จะทำให้แนวโน้มของผลที่ได้เหมือนกับในกรณีที่มีการควบคุมกำลังอย่างสมบูรณ์ โดยจากรูปที่ 4.40 พบว่า สมรรถนะของเครื่องรับแบบ ADC_BA_PIC จะเริ่มด้อยกว่าสมรรถนะของเครื่องรับแบบ DC_BA_PIC อย่างเห็นได้ชัด นอกจากนี้ความสามารถในการประมาณสัญญาณแทรกสอดของเครื่องรับแบบ VOE_DC_BA_PIC จะลดลงอย่างมากดังจะเห็นได้จากค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดกำลังสองของการประมาณสัญญาณแทรกสอดที่สถานะอยู่ตัวซึ่งเพิ่มขึ้นจากกรณีที่มีจำนวนผู้ใช้เท่ากับ 10 คน อย่างรวดเร็ว โดยผลดังกล่าวทำให้อัตราบิดผิดพลาดของเครื่องรับแบบ ADC_BA_PIC มีค่าสูงถึงประมาณ 0.25 และอัตราบิดผิดพลาดของเครื่องรับแบบ VOE_DC_BA_PIC ก็ไม่ได้มีค่าต่ำกว่าอัตราบิดผิดพลาดของเครื่องรับแบบ MOE_DC_BA_PIC เหมือนเช่นที่เคยเป็นเมื่อจำนวนผู้ใช้เท่ากับ 10 คน และเมื่อจำนวนผู้ใช้เพิ่มขึ้นเป็น 30 คน พบว่า เครื่องรับแบบ BA_PIC ทุกๆ แบบไม่สามารถประมาณสัญญาณแทรกสอดได้อย่างถูกต้องเช่นเดียวกับกรณีที่มีการควบคุมกำลังอย่างสมบูรณ์

ตารางที่ 4.5 อัตราบิดผิตผลาดที่เพิ่มขึ้นของเครื่องรับแบบ BA_PIC ประเภทต่างๆ ในช่องสัญญาณอะซิงโครนัสเมื่อคิดเทียบกับค่าที่ได้จากกรณีช่องสัญญาณซิงโครนัส¹²

เครื่องรับ	การควบคุมกำลัง	อัตราบิดผิตผลาดที่เพิ่มขึ้นจากกรณีช่องสัญญาณซิงโครนัส (dB)		
		10 คน	20 คน	30คน
MOE_DC_BA_PIC	สมบูรณ์	2.11	12.48	17.37
	ไม่สมบูรณ์	2.15	9.75	22.13
MOE_ADC_BA_PIC	สมบูรณ์	2.42	19.53	20.32
	ไม่สมบูรณ์	2.15	22.63	23.02
VOE_DC_BA_PIC	สมบูรณ์	1.71	13.66	20.00
	ไม่สมบูรณ์	0.63	10.50	24.29
VOE_ADC_BA_PIC	สมบูรณ์	2.04	19.34	20.54
	ไม่สมบูรณ์	0.64	24.74	25.05

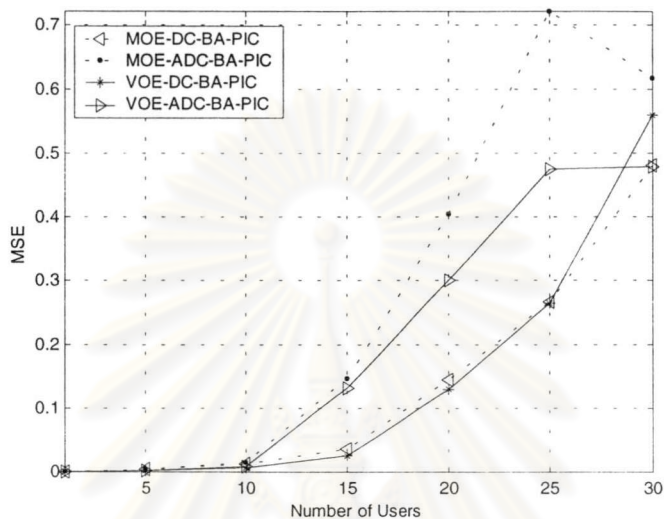
เมื่อเปรียบเทียบอัตราบิดผิตผลาดของเครื่องรับแบบ BA_PIC ประเภทต่างๆ ที่ได้ในกรณีช่องสัญญาณอะซิงโครนัสกับกรณีช่องสัญญาณซิงโครนัสพบว่า เนื่องจากระดับการรบกวนจากสัญญาณแทรกสอดในกรณีช่องสัญญาณอะซิงโครนัสสูงกว่าในกรณีช่องสัญญาณซิงโครนัส ดังนั้นอัตราบิดผิตผลาดของเครื่องรับแบบ BA_PIC ประเภทต่างๆ ในช่องสัญญาณอะซิงโครนัสจึงสูงกว่าค่าที่ได้ในช่องสัญญาณซิงโครนัส ดังที่ได้สรุปไว้ในตารางที่ 4.4 โดยจากตารางที่ 4.4 พบว่าอัตราบิดผิตผลาดของเครื่องรับแบบ BA_PIC ประเภทต่างๆ จะเพิ่มขึ้นจากกรณีช่องสัญญาณซิงโครนัสเพียงเล็กน้อยเมื่อมีจำนวนผู้ใช้เท่ากับ 10 คน แต่เมื่อจำนวนผู้ใช้เพิ่มขึ้นเป็น 20 คน และ 30 คน พบว่าอัตราบิดผิตผลาดของเครื่องรับแบบต่างๆ จะมีค่าสูงกว่าในกรณีช่องสัญญาณซิงโครนัสมาก ซึ่งทั้งนี้ก็มิสาเหตุมาจากผลาดของการประมาณสัญญาณแทรกสอดที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากความเชื่อถือได้ที่ลดน้อยลงของบิตข้อมูลที่ถูกใช้ในการประมาณสัญญาณแทรกสอดนั่นเอง

เมื่อเปรียบเทียบผลการจำลองแบบด้วยคอมพิวเตอร์ที่ได้ในกรณีที่มีการควบคุมกำลังอย่างสมบูรณ์และไม่สมบูรณ์พบว่า ในช่วงที่บิตข้อมูลซึ่งถูกนำมาประมาณสัญญาณแทรกสอดยังมีความเชื่อถือได้อยู่ (มีจำนวนผู้ใช้เท่ากับ 10 คน) สมรรถนะของเครื่องรับแบบ VOE_BA_PIC เมื่อมีการควบคุมกำลังไม่สมบูรณ์จะดีกว่าเมื่อมีการควบคุมกำลังอย่างสมบูรณ์ ในขณะที่สมรรถนะของเครื่องรับแบบ MOE_BA_PIC เมื่อมีการควบคุมกำลังอย่างสมบูรณ์หรือไม่

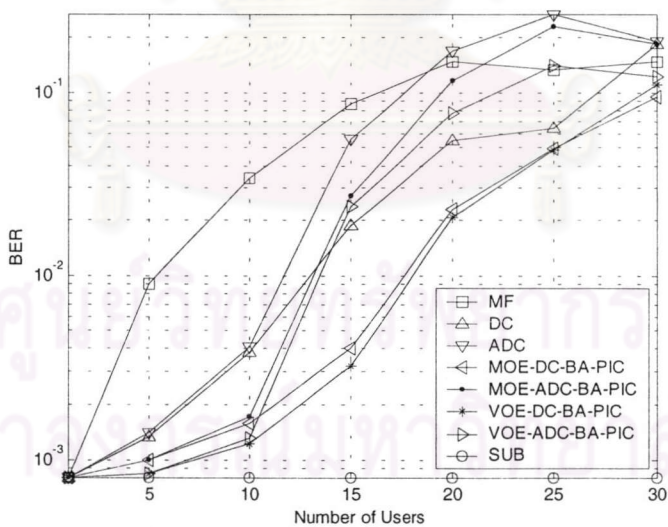
¹² คิดเทียบกับอัตราบิดผิตผลาดของเครื่องรับแบบนั้นๆ ในช่องสัญญาณซิงโครนัส โดยมีหน่วยเป็น dB

สมมุติฐานจะใกล้เคียงกัน ซึ่งจะได้วิเคราะห์ถึงสาเหตุของผลที่พบดังกล่าวในหัวข้อที่ 4.3.2.4 ความทนทานต่อปรากฏการณ์ใกล้ - ไกล ต่อไป

4.3.2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราบิดผิดพลาด กับ จำนวนผู้ใช้ในเซลล์



(ก)

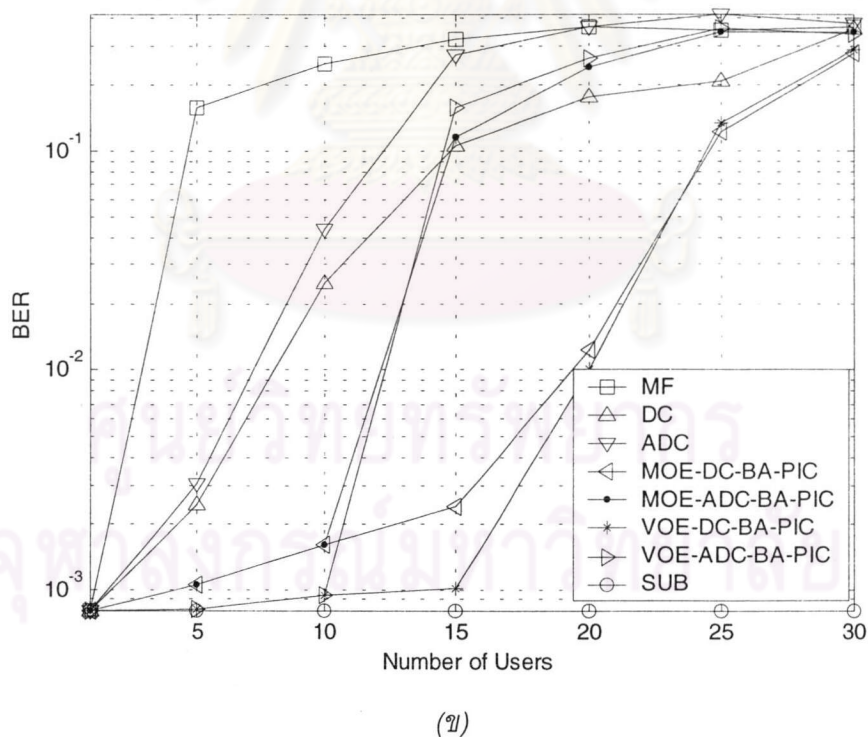
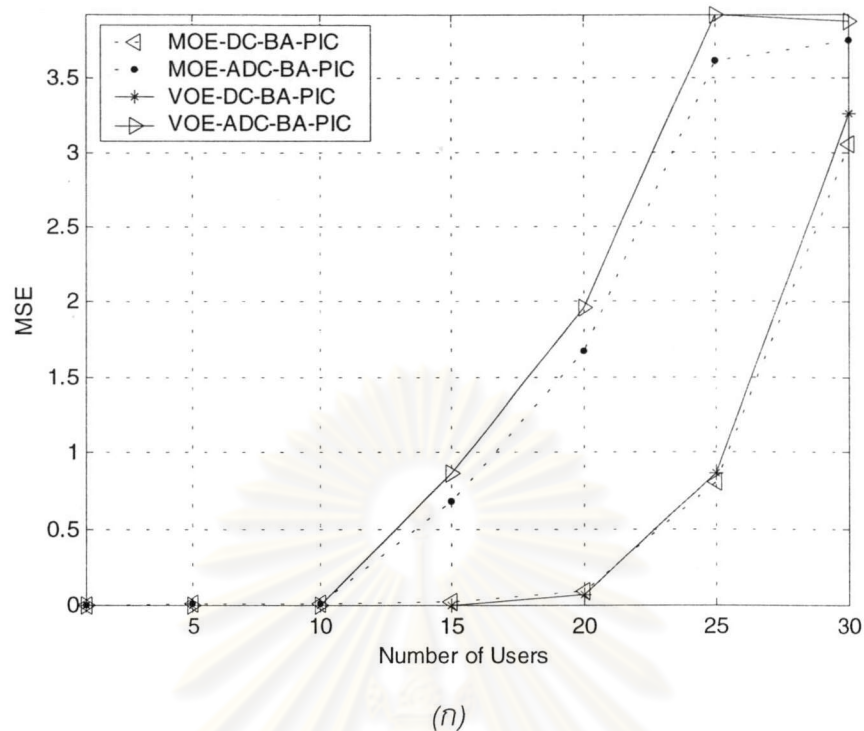


(ข)

รูปที่ 4.44 ความสัมพันธ์ระหว่าง (ก) ค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดกำลังสองที่สถานะอยู่ตัว กับ จำนวนผู้ใช้ (ข) อัตราบิดผิดพลาด กับ จำนวนผู้ใช้ ที่พลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวน เท่ากับ 7 dB และมีการควบคุมกำลังอย่างสมบูรณ์

รูปที่ 4.44 เป็นการประเมินความสามารถในการประมาณสัญญาณแทรกสอด และอัตราบิดผิดพลาดที่จำนวนผู้ใช้งานต่างๆ ของเครื่องรับแบบ VOE_BA_PIC ที่พลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนเท่ากับ 7 dB และมีการควบคุมกำลังอย่างสมบูรณ์ โดยจากรูปที่ 4.44 (ก) พบว่า ในช่วงที่มีผู้ใช้งานน้อยๆ (ไม่เกิน 10 คน) เครื่องรับแบบ BA_PIC ทั้งที่ใช้บิตข้อมูลจากเครื่องรับแบบดีคอดรีเลเตอร์และเครื่องรับแบบ ADC สามารถประมาณสัญญาณแทรกสอดได้ใกล้เคียงกัน แต่เมื่อจำนวนผู้ใช้เพิ่มมากขึ้นก็พบว่า สมรรถนะของเครื่องรับแบบ ADC_BA_PIC จะดีกว่าเครื่องรับแบบ DC_BA_PIC อย่างรวดเร็ว โดยจากรูปที่ 4.44 (ข) จะเห็นได้ว่าการที่สมรรถนะของเครื่องรับแบบ ADC_BA_PIC ลดลงอย่างรวดเร็วมีสาเหตุมาจากค่าอัตราบิดผิดพลาดของเครื่องรับแบบ ADC ที่เพิ่มขึ้นอย่างมากเมื่อจำนวนผู้ใช้งานมากกว่า 10 คนนั่นเอง และเมื่อพิจารณาเครื่องรับที่ใช้บิตข้อมูลจากเครื่องรับแบบดีคอดรีเลเตอร์ในการประมาณสัญญาณแทรกสอด (DC_BA_PIC) ก็พบว่าด้วยเหตุผลทำนองเดียวกันกับเครื่องรับแบบ ADC_BA_PIC สมรรถนะของเครื่องรับแบบ DC_BA_PIC จะลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อจำนวนผู้ใช้งานมากกว่า 15 คน โดยจะเห็นได้จากรูปที่ 4.44 (ข) ว่าอัตราบิดผิดพลาดของเครื่องรับแบบดีคอดรีเลเตอร์จะมีค่าเข้าใกล้ค่า 0.1 (จาก [22] พบว่าบิตข้อมูลที่มีอัตราบิดผิดพลาดค่าสูงกว่า 0.1 ไม่ควรนำมาใช้เป็นค่าอ้างอิงในการปรับสัมประสิทธิ์ของฟิลเตอร์ (Filter) เนื่องจากบิตข้อมูลดังกล่าวมีความเชื่อถือได้ต่ำ) เมื่อจำนวนผู้ใช้งานมากกว่า 15 คน ทั้งนี้เป็นที่ทราบกันโดยทั่วไปว่าการใช้บิตข้อมูลที่ผิดพลาดมาประมาณสัญญาณแทรกสอดสำหรับการขจัดสัญญาณ จะเป็นการเพิ่มสัญญาณแทรกสอดในสัญญาณที่ออกจากเครื่องรับแบบแมตซ์ฟิลเตอร์ให้สูงขึ้นจากเดิมซึ่งจะทำให้สมรรถนะของเครื่องรับแบบขจัดสัญญาณแทรกสอดแบบขนานลดลง

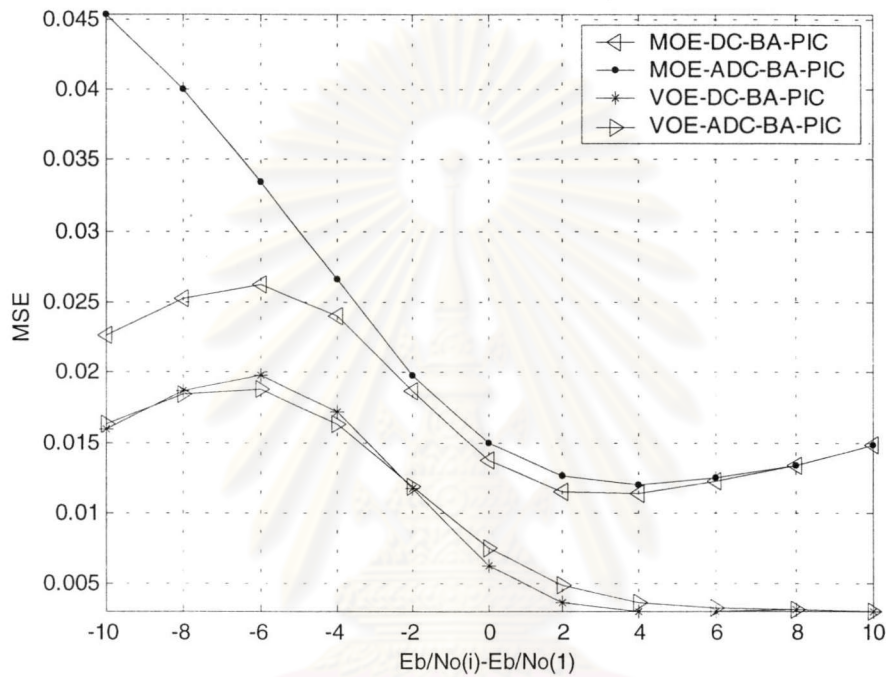
เมื่อพิจารณาในกรณีที่มีการควบคุมกำลังไม่สมบูรณ์ จากรูปที่ 4.45 พบว่า แนวโน้มของผลที่ได้ก็จะเหมือนกับในกรณีที่มีการควบคุมกำลังอย่างสมบูรณ์ กล่าวคือ สมรรถนะของเครื่องรับแบบ ADC_BA_PIC และเครื่องรับแบบ DC_BA_PIC ลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อจำนวนผู้ใช้งานมากกว่า 10 และ 15 คน ตามลำดับทั้งนี้ก็ด้วยเหตุผลดังที่กล่าวถึงแล้วในกรณีที่มีการควบคุมกำลังอย่างสมบูรณ์ อย่างไรก็ตามขอให้สังเกตว่า ในกรณีช่องสัญญาณอะซิงโครนัส ผู้ใช้งาน 10 คน และ 15 คน สามารถคิดเป็นจำนวนผู้ใช้เสมือน (Virtual User) ในช่องสัญญาณซิงโครนัสได้เท่ากับ 19 และ 29 คนตามลำดับ



รูปที่ 4.45 ความสัมพันธ์ระหว่าง (ก) ค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดกำลังสองที่สถานะอยู่ตัว กับ จำนวนผู้ใช้ (ข) อัตราบิดผิดพลาด กับ จำนวนผู้ใช้ ที่พลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนเท่ากับ 7 dB และมีการควบคุมกำลังไม่สมบูรณ์

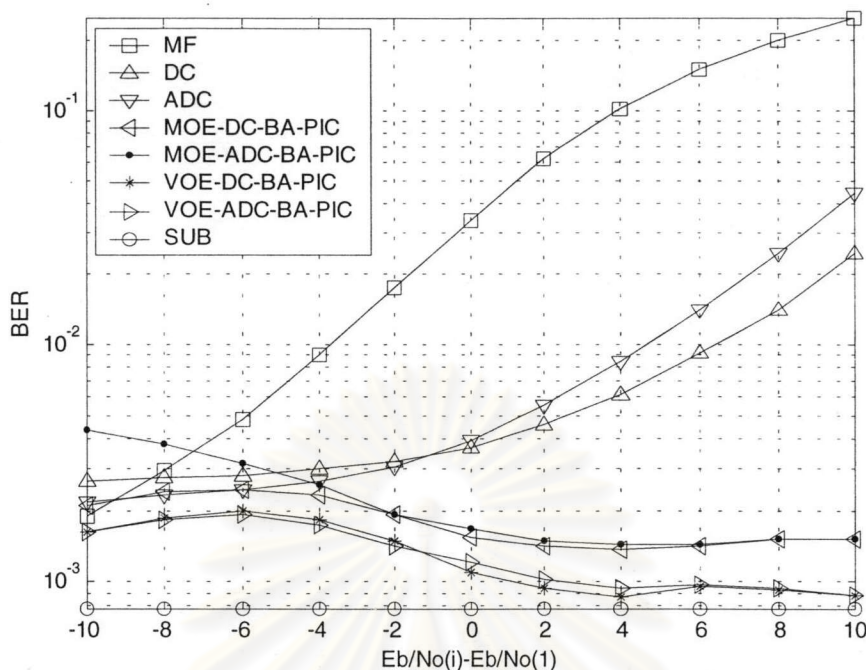
4.3.2.4 ความทนทานต่อปรากฏการณ์ไกลล์ - ไกล

ในหัวข้อนี้จะประเมินความทนทานต่อปรากฏการณ์ไกลล์ - ไกลของเครื่องรับแบบต่างๆ โดยจะพิจารณาจาก ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความผิดพลาดกำลังสองและอัตราบิดผิดพลาด กับ ผลต่างระหว่างพลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนของผู้ใช้คนอื่น ๆ กับของผู้ใช้คนที่พิจารณา



รูปที่ 4.46 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดกำลังสองที่สถานะอยู่ตัว กับ ผลต่างระหว่างพลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวน เมื่อจำนวนผู้ใช้เท่ากับ 10 คน และพลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนของผู้ใช้คนที่พิจารณาเท่ากับ 7 dB

ศูนย์วิทยพัชกร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.47 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราบิดผิดพลาด กับ ผลต่างระหว่างพลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวน เมื่อจำนวนผู้ใช้เท่ากับ 10 คน และพลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนของผู้ใช้คนที่พิจารณาเท่ากับ

7 dB

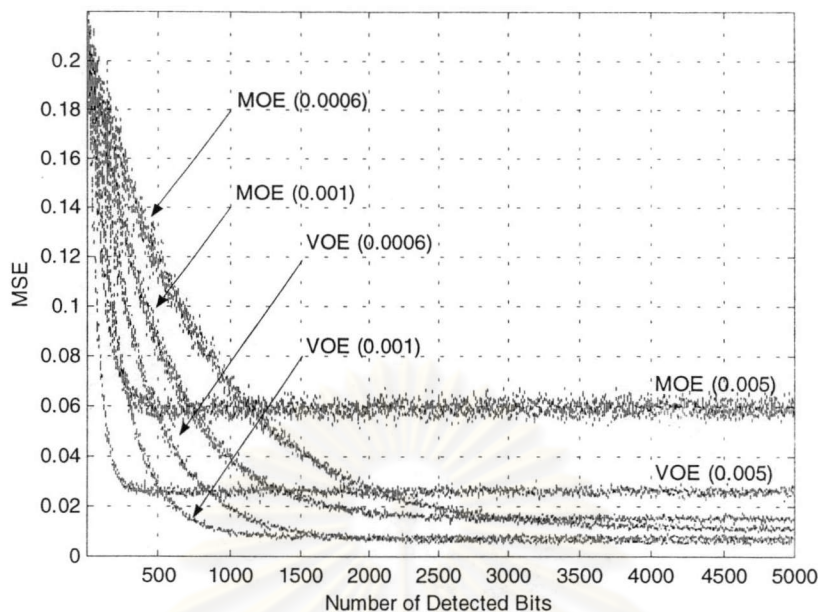
จากรูปที่ 4.46 พบว่าผลที่ได้มีแนวโน้มเดียวกันกับในกรณีช่องสัญญาณชิงโครนัส กล่าวคือความผิดพลาดกำลังสองของการประมาณสัญญาณแทรกสอดของเครื่องรับแบบ BA_PIC จะมีค่าสูงเมื่อพลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนของผู้ใช้คนอื่นๆ มีค่าต่ำกว่าพลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนของผู้ใช้คนที่พิจารณา และความผิดพลาดในการประมาณสัญญาณแทรกสอดดังกล่าวจะลดลงเรื่อยๆ เมื่อพลังงานเฉลี่ยต่อบิตของผู้ใช้คนอื่นๆ สูงขึ้น โดยจะเริ่มคงที่เมื่อพลังงานเฉลี่ยต่อบิตของผู้ใช้คนอื่นๆ มีค่าเท่ากับหรือมากกว่าพลังงานเฉลี่ยต่อบิตของผู้ใช้คนที่พิจารณา แต่เนื่องจากในกรณีช่องสัญญาณอะชิงโครนัสระดับของการแทรกสอดจะสูงกว่าในกรณีของช่องสัญญาณชิงโครนัส ดังนั้นผลของความแตกต่างระหว่างพลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนของผู้ใช้คนที่พิจารณากับพลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนของผู้ใช้ที่สร้างสัญญาณแทรกสอดที่มีต่ออัตราบิดผิดพลาด จะเห็นได้ชัดเจนกว่ากรณีช่องสัญญาณชิงโครนัส โดยจากรูปที่ 4.47 พบว่าอัตราบิดผิดพลาดจะมีค่าสูงเมื่อพลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนของผู้ใช้ที่สร้างสัญญาณแทรกสอดมีค่าต่ำกว่าพลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของ

สัญญาณรบกวนของผู้ใช้คนที่พิจารณาหลายๆ และจะลดลงเรื่อยๆ เมื่อพลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนของผู้ใช้ที่สร้างสัญญาณแทรกสอดเพิ่มขึ้น นอกจากนั้นขอให้สังเกตว่าในกรณีช่องสัญญาณอะซิงโครนัส เครื่องรับแบบดีคอดริลเตอร์ตามหัวข้อที่ 2.3.2 และเครื่องรับแบบ ADC จะสูญเสียความทนทานต่อปรากฏการณ์ไกล – ไกลไป

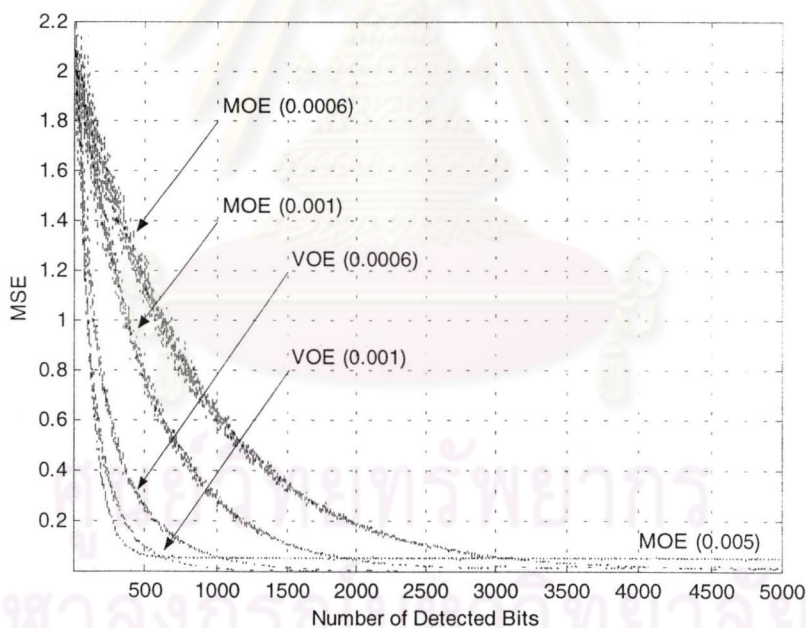
4.3.2.5 ผลของค่าช่วงก้าวต่อความผิดพลาดในการประมาณสัญญาณแทรกสอด และอัตราบิดผิดพลาดของเครื่องรับแบบ VOE_BA_PIC

จากลักษณะการลู่เข้าของเครื่องรับแบบ MOE_BA_PIC และเครื่องรับแบบ VOE_BA_PIC ที่ค่าช่วงก้าวเท่ากับ 0.005, 0.001 และ 0.0006 เมื่อจำนวนผู้ใช้เท่ากับ 10 คน และพลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนของผู้ใช้คนที่พิจารณาเท่ากับ 7 dB ทั้งที่มีการควบคุมกำลังอย่างสมบูรณ์และไม่สมบูรณ์ ดังแสดงไว้ดังรูปที่ 4.48 (ก) และ 4.48 (ข) ตามลำดับ พบว่า โดยส่วนใหญ่ลักษณะการลู่เข้าของเครื่องรับทั้งสองแบบจะเหมือนกับลักษณะการลู่เข้าของเครื่องรับที่ใช้อัลกอริทึมเกรเดียนต์ในการปรับค่าสัมประสิทธิ์ของตัวจัดแบบบอดทั่วๆ ไป กล่าวคืออัตราการลู่เข้าจะเร็วขึ้นเมื่อเพิ่มค่าช่วงก้าวให้สูงขึ้น แต่ค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดกำลังสองของการประมาณสัญญาณแทรกสอดที่สถานะอยู่ตัวก็จะสูงขึ้นด้วย ยกเว้นในกรณีของเครื่องรับแบบ VOE_BA_PIC เมื่อใช้ค่าช่วงก้าวเท่ากับ 0.005 และมีการควบคุมกำลังไม่สมบูรณ์ พบว่าผลของการใช้ค่าช่วงก้าวสูงๆ ในกรณีดังกล่าวจะทำให้สัมประสิทธิ์ของตัวจัดแบบบอดลู่ออก (Diverge)

ศูนย์วิทยพัชการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



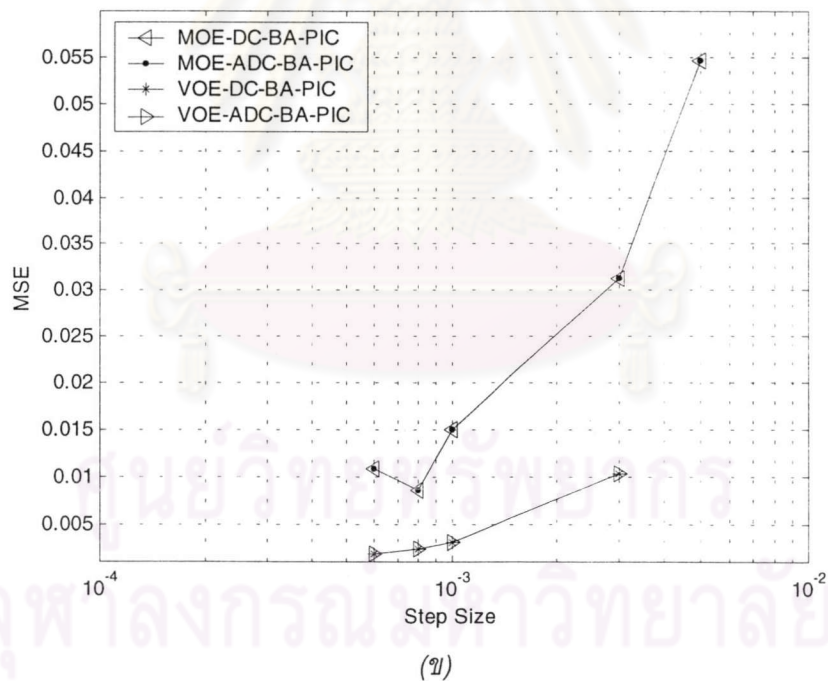
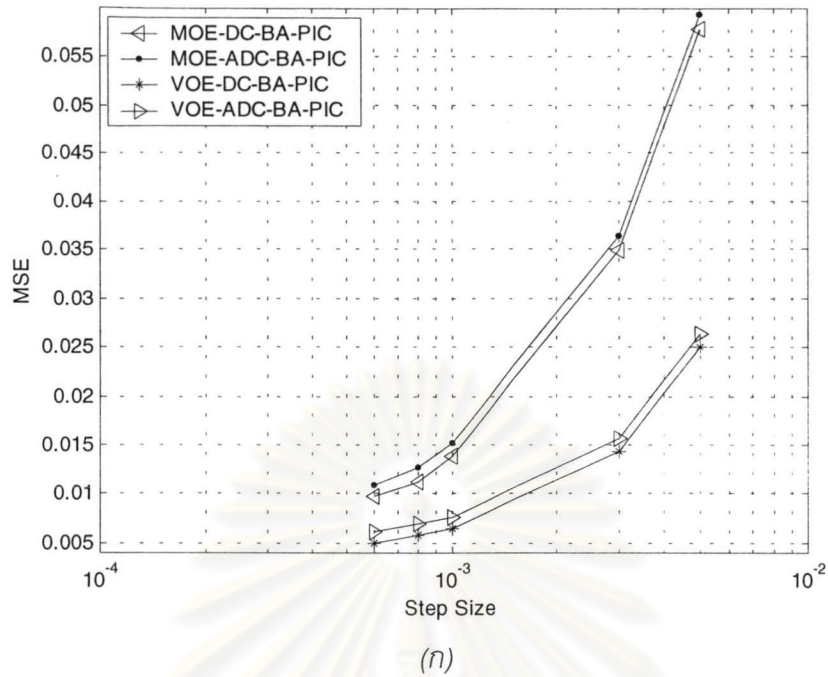
(ก)



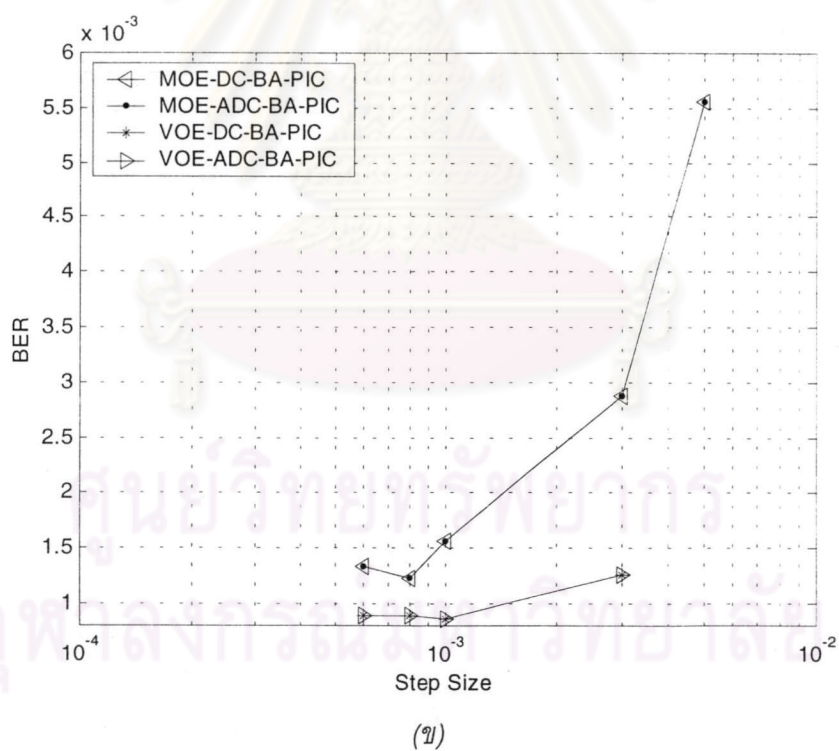
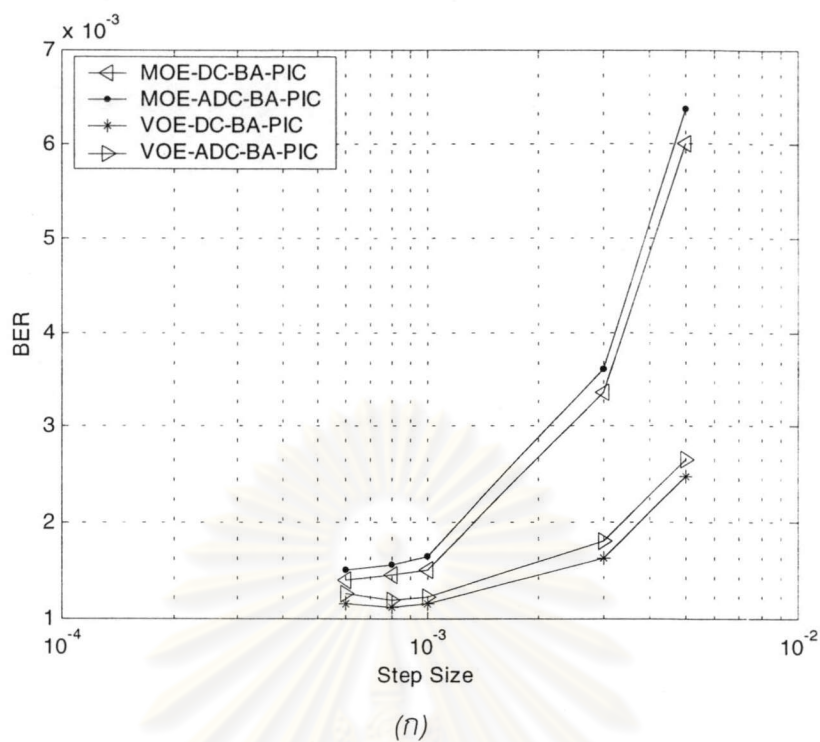
(ข)

รูปที่ 4.48 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดกำลังสอง กับ จำนวนบิตที่รับค่า สัมประสิทธิ์ของฟิลเตอร์ ในสถานะชั่วคราวเมื่อมีการควบคุมกำลัง (ก) อย่างสมบูรณ์ (ข) ไม่สมบูรณ์ ที่ค่าช่วงก้าวเท่ากับ 0.005, 0.001 และ 0.0006 เมื่อจำนวนผู้ใช้เท่ากับ 10 คน และพลังงาน เฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนของผู้อื่นที่พิจารณาเท่ากับ

7 dB



รูปที่ 4.49 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดกำลังสอง กับ ค่าช่วงก้าว ในสถานะ อยู่ตัวเมื่อมีการควบคุมกำลัง (η) อย่างสมบูรณ์ (ข) ไม่สมบูรณ์ ที่ค่าช่วงก้าวเท่ากับ 0.005, 0.001 และ 0.0006 เมื่อจำนวนผู้ใช้เท่ากับ 10 คน และพลังงานเฉลี่ยต่อเปิดต่อความหนาแน่นสเปกตรัม กำลังของสัญญาณรบกวนรบกวนของผู้ใช้คนที่พิจารณาเท่ากับ 7 dB



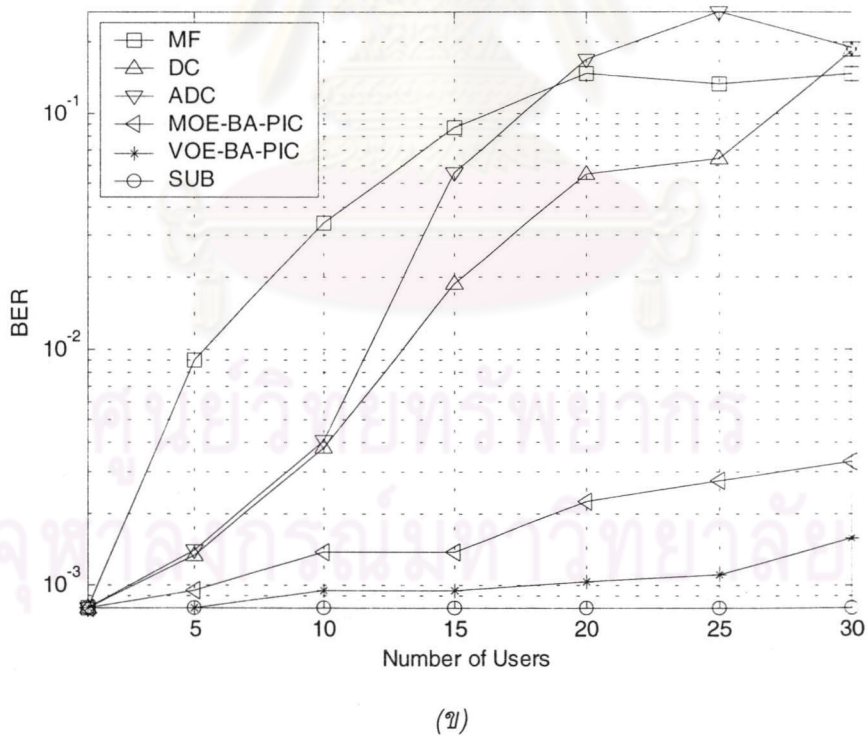
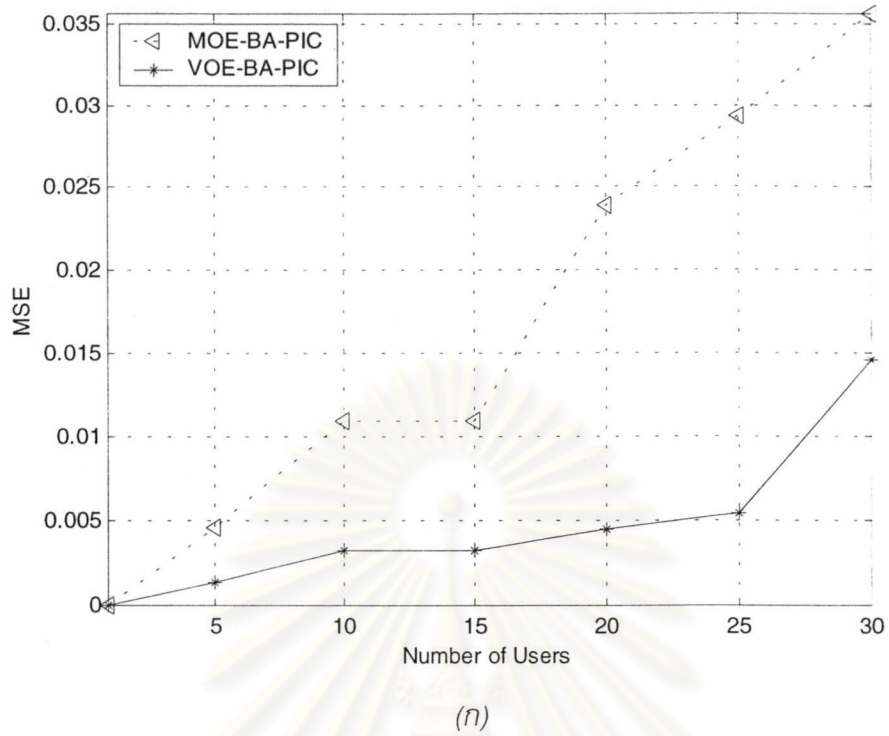
รูปที่ 4.50 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราบิดผิดพลาด กับ ค่าช่วงก้าว เมื่อมีการควบคุมกำลัง (ก) อย่างสมบูรณ์ (ข) ไม่สมบูรณ์ เมื่อจำนวนผู้ใช้เท่ากับ 10 คน และพลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนของใช้คนที่พิจารณาเท่ากับ 7 dB

เนื่องจากค่าความผิดพลาดในการประมาณสัญญาณแทรกสอดของเครื่องรับแบบ MOE_BA_PIC และแบบ VOE_BA_PIC ทั้งในกรณีที่มีการควบคุมกำลังอย่างสมบูรณ์และไม่สมบูรณ์ มีค่าเพิ่มขึ้นตามค่าช่วงก้าวที่ใช้ในการปรับสัมประสิทธิ์ของตัวจัดสัญญาณแทรกสอดแบบบอด จึงทำให้ค่าอัตราบิดผิดพลาดของเครื่องรับทั้งในกรณีที่มีการควบคุมกำลังอย่างสมบูรณ์และไม่สมบูรณ์เพิ่มขึ้นตามค่าช่วงก้าวด้วย ดังแสดงในรูปที่ 4.50

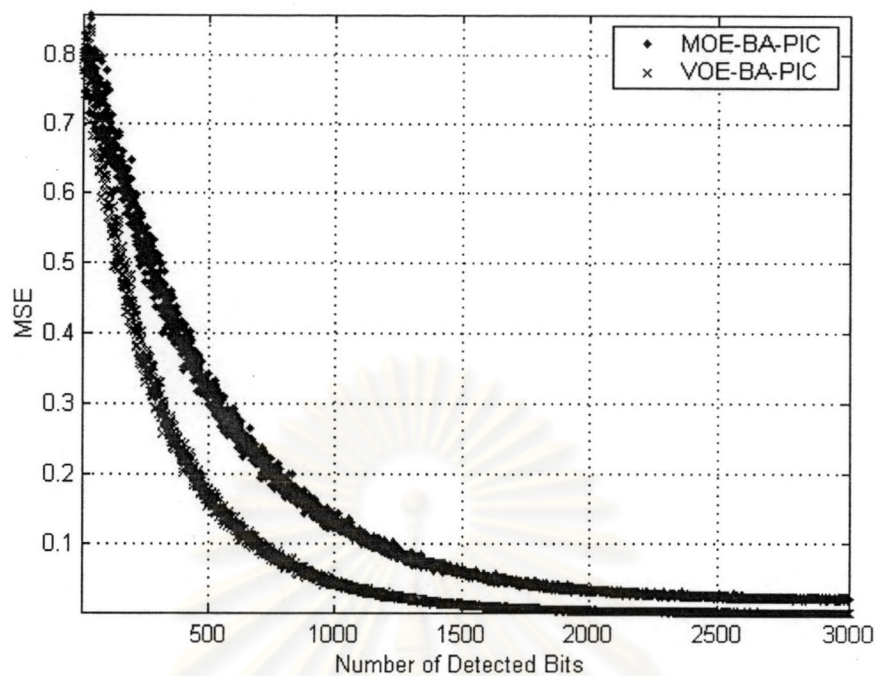
4.3.2.6 สมรรถนะของเครื่องรับแบบ VOE_BA_PIC ในกรณีอุดมคติ

เนื่องจากการวิเคราะห์ในหัวข้อที่ 4.3.2.2 และหัวข้อที่ 4.3.2.3 พบว่าสมรรถนะของเครื่องรับแบบ VOE_BA_PIC และเครื่องรับแบบ MOE_BA_PIC ขึ้นอยู่กับความเชื่อถือได้ของบิตที่นำมาใช้ในการประมาณสัญญาณแทรกสอดเป็นอย่างมาก จึงทำให้สมรรถนะของเครื่องรับแบบ VOE_DC_BA_PIC และแบบ VOE_ADC_BA_PIC ดีกว่าสมรรถนะของเครื่องรับแบบ MOE_DC_BA_PIC และแบบ MOE_ADC_BA_PIC ในช่วงของผู้ใช้ที่มีจำนวนไม่สูงนักคือ 15 คน สำหรับเครื่องรับแบบ VOE_DC_BA_PIC และ 10 คนสำหรับเครื่องรับแบบ VOE_ADC_BA_PIC ตามลำดับ โดยพบว่าเมื่อจำนวนผู้ใช้มากกว่าช่วงดังกล่าวสมรรถนะของเครื่องรับแบบ VOE_BA_PIC และแบบ MOE_BA_PIC จะใกล้เคียงกัน ในหัวข้อนี้จึงทำการศึกษาถึงสมรรถนะของเครื่องรับแบบ BA_PIC ในกรณีที่บิตข้อมูลที่นำมาประมาณสัญญาณแทรกสอดมีความเชื่อถือได้ 100 เปอร์เซ็นต์ (ใช้บิตข้อมูลจริงๆ ของผู้ใช้ที่สร้างสัญญาณแทรกสอดในการประมาณสัญญาณแทรกสอด) และจะเรียกกรณีดังกล่าวว่าเป็นกรณีอุดมคติ

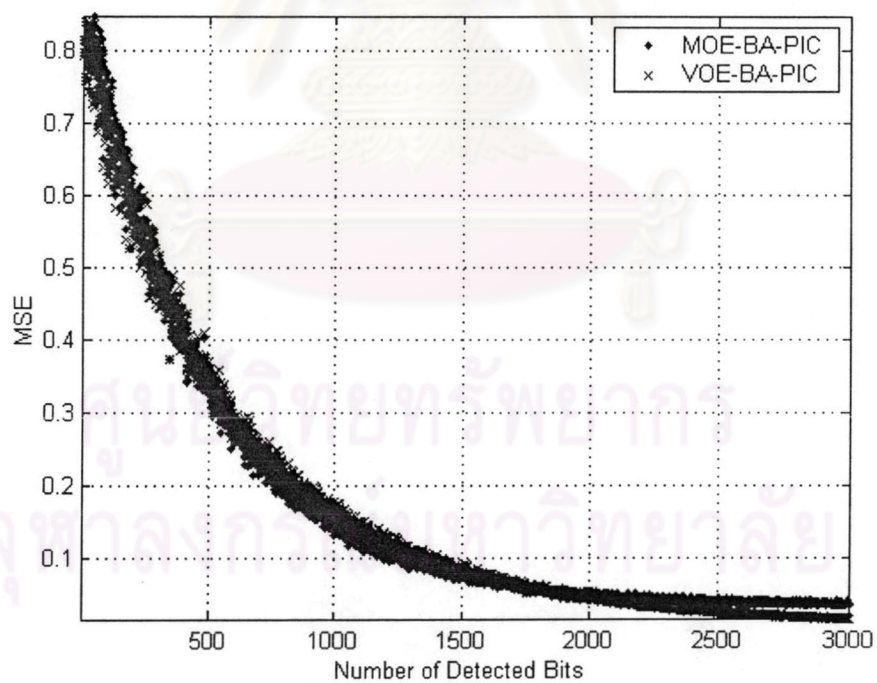
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.51 ความสัมพันธ์ระหว่าง (ก) ค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดกำลังสอง กับ จำนวนผู้ใช้ (ข) อัตราบิตผิดพลาด กับ จำนวนผู้ใช้ ในกรณีอุดมคติและมีการควบคุมกำลังอย่างสมบูรณ์



(ก)



(ข)

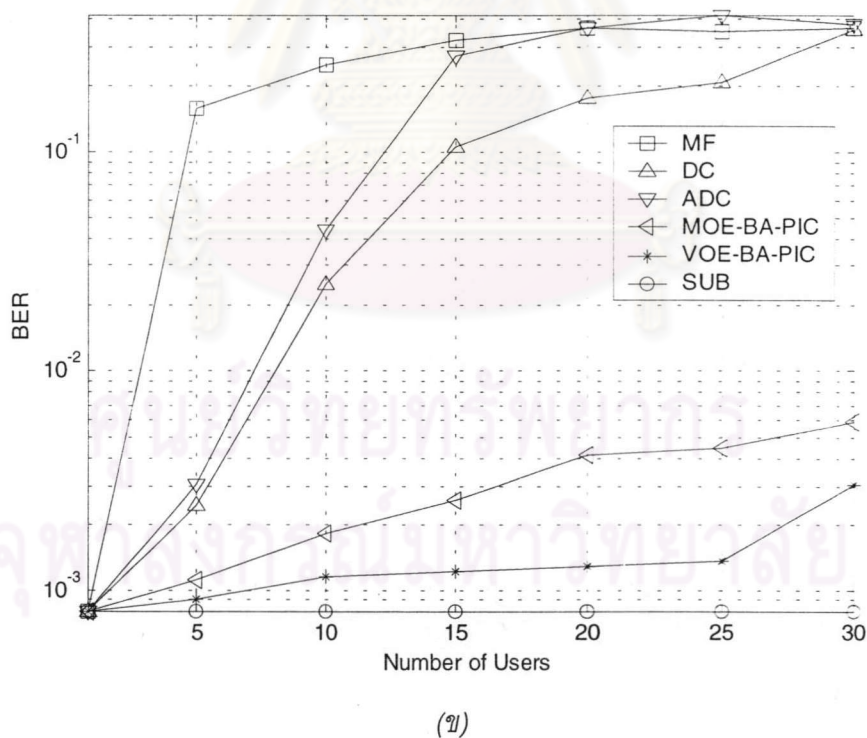
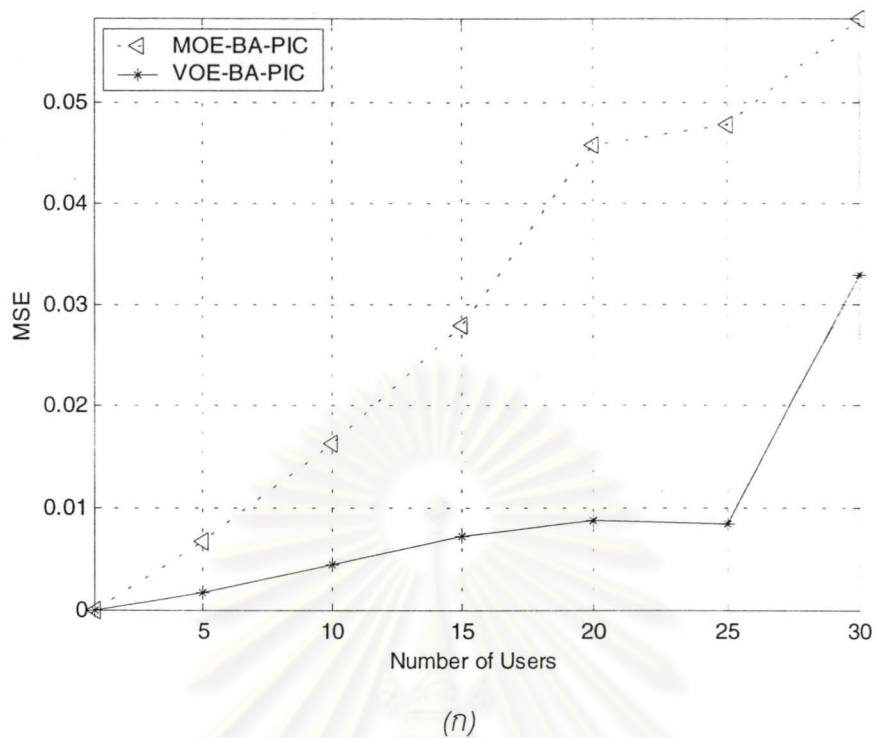
รูปที่ 4.52 ลักษณะการลู่เข้าของเครื่องรับแบบ BA_PIC เมื่อ (ก) จำนวนผู้ใช้เท่ากับ 20 คน
(ข) จำนวนผู้ใช้เท่ากับ 30 คน ในกรณีอุดมคติและมีการควบคุมกำลังอย่างสมบูรณ์

จากรูปที่ 4.51 (ก) พบว่าตลอดช่วงของจำนวนผู้ใช้ที่พิจารณา เครื่องรับแบบ VOE_BA_PIC (อุดมคติ) สามารถประมาณสัญญาณแทรกสอดได้ดีกว่าเครื่องรับแบบ MOE_BA_PIC (อุดมคติ) นอกจากนั้นจากรูปที่ 4.51 (ข) พบว่าอัตราบิดเบือนผลของเครื่องรับแบบ VOE_BA_PIC (อุดมคติ) ต่ำกว่าอัตราบิดเบือนผลของเครื่องรับแบบ MOE_BA_PIC (อุดมคติ) ด้วย

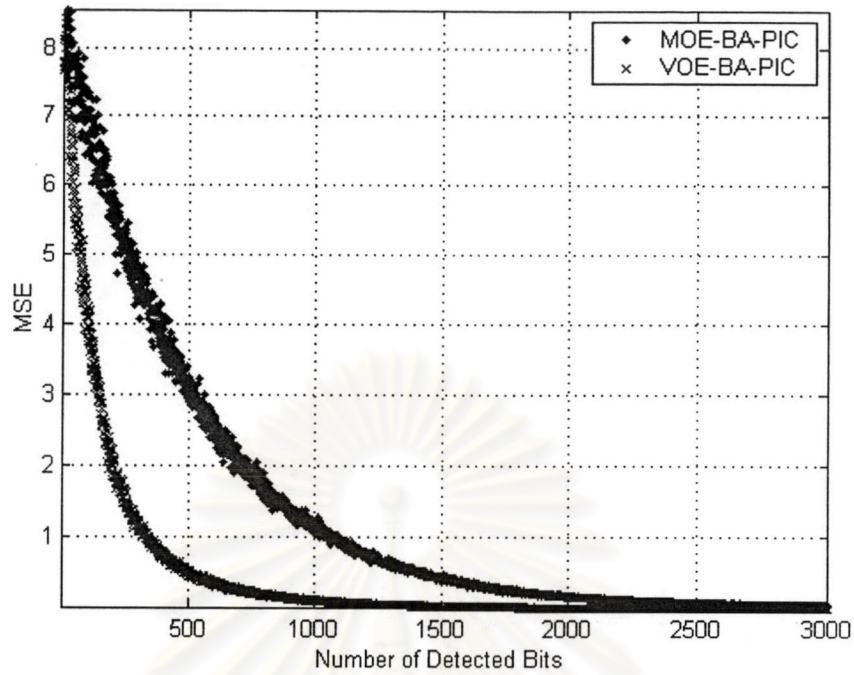
เมื่อพิจารณาถึงลักษณะการลู่เข้าที่สถานะชั่วคราวพบว่า ที่จำนวนผู้ใช้เท่ากับ 20 คน อัตราการลู่เข้าของเครื่องรับแบบ VOE_BA_PIC (อุดมคติ) จะเร็วเป็น 1.25 เท่าของอัตราการลู่เข้าของเครื่องรับแบบ MOE_BA_PIC (อุดมคติ) ในขณะที่เมื่อจำนวนผู้ใช้นั้นเพิ่มขึ้นเป็น 30 คน อัตราการลู่เข้าของเครื่องรับแบบ VOE_BA_PIC (อุดมคติ) และเครื่องรับแบบ MOE_BA_PIC (อุดมคติ) จะใกล้เคียงกัน



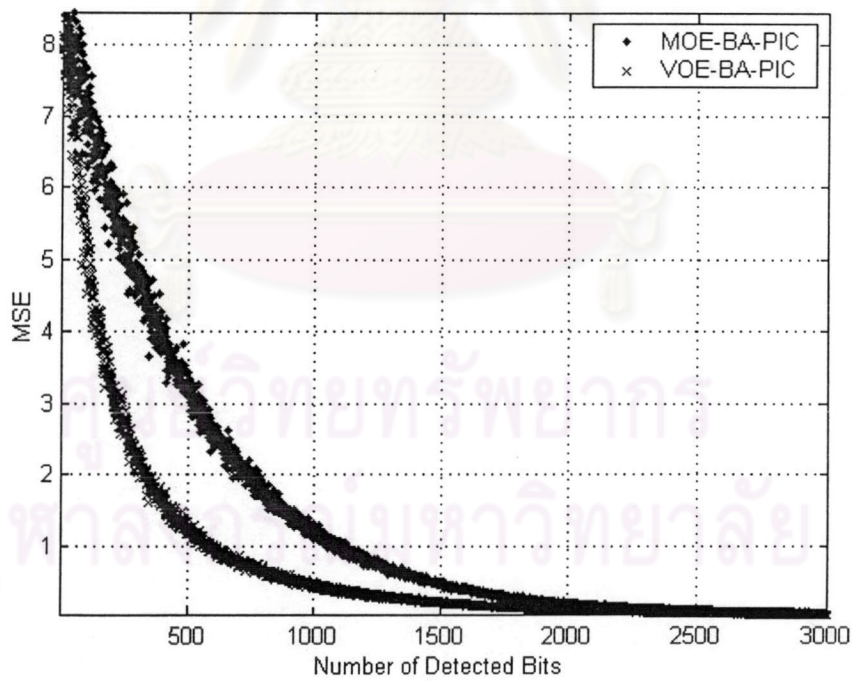
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.53 ความสัมพันธ์ระหว่าง (ก) ค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดกำลังสอง กับ จำนวนผู้ใช้
(ข) อัตราบิตผิดพลาด กับ จำนวนผู้ใช้ ในกรณีอุดมคติและมีการควบคุมกำลังไม่สมบูรณ์



(ก)



(ข)

รูปที่ 4.54 ลักษณะการลู่อเข้าของเครื่องรับแบบ BA_PIC เมื่อ (ก) จำนวนผู้ใช้เท่ากับ 20 คน
(ข) จำนวนผู้ใช้เท่ากับ 30 คน ในกรณีอุดมคติและมีการควบคุมกำลังไม่สมบูรณ์

เมื่อมีการควบคุมกำลังไม่สมบูรณ์ จากรูปที่ 4.53 และรูปที่ 4.54 พบว่าแนวโน้มของผลที่ได้จะคล้ายคลึงกับกรณีที่มีการควบคุมกำลังอย่างสมบูรณ์ โดยพบว่าที่จำนวนผู้ใช้เท่ากับ 20 คน อัตราการลู่เข้าของเครื่องรับแบบ VOE_BA_PIC (อุดมคติ) จะเร็วเป็น 1.67 เท่าของอัตราการลู่เข้าของเครื่องรับแบบ MOE_BA_PIC (อุดมคติ) ในขณะที่เมื่อจำนวนผู้ใช้มากขึ้นเป็น 30 คน อัตราการลู่เข้าของเครื่องรับแบบ VOE_BA_PIC (อุดมคติ) และเครื่องรับแบบ MOE_BA_PIC (อุดมคติ) จะใกล้เคียงกัน

นอกจากนั้นเมื่อเปรียบเทียบระหว่างกรณีที่มีการควบคุมกำลังอย่างสมบูรณ์และไม่สมบูรณ์พบว่า ในกรณีที่มีการควบคุมกำลังอย่างสมบูรณ์ เครื่องรับแบบ BA_PIC จะสามารถประมาณสัญญาณแทรกสอดได้ถูกต้อง และให้อัตราบิดเบิดผลลัดที่ต่ำกว่ากรณีที่มีการควบคุมกำลังไม่สมบูรณ์ ซึ่งผลดังกล่าวค่อนข้างที่จะขัดแย้งกับผลที่ได้ในกรณีไม่อุดมคติ (ใช้บิตข้อมูลจากเครื่องรับแบบดีคอร์ดรีเลเตอร์ และแบบ ADC ในการประมาณสัญญาณแทรกสอด) ทั้งนี้เนื่องมาจากว่าในกรณีอุดมคติบิตข้อมูลที่ใช้มีความถูกต้อง 100 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นในกรณีที่มีการควบคุมกำลังไม่สมบูรณ์ เครื่องรับแบบ BA_PIC จึงไม่ได้ใช้ประโยชน์จากความเชื่อถือได้ของบิตข้อมูลที่เพิ่มขึ้นตามพลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนของผู้ใช้คนที่สร้างสัญญาณแทรกสอดที่เพิ่มสูงขึ้น และเนื่องจากเมื่อมีการควบคุมกำลังไม่สมบูรณ์กำลังของสัญญาณแทรกสอดจะเพิ่มขึ้น ส่งผลให้การประมาณสัญญาณแทรกสอดทำได้ยากขึ้น จึงพบว่าสมรรถนะของเครื่องรับแบบ BA_PIC ในกรณีอุดมคติจะลดลงเมื่อพลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนของผู้ใช้คนที่สร้างสัญญาณแทรกสอดเพิ่มมากขึ้น

4.3.2.7 ความซับซ้อนของเครื่องรับ

จากความซับซ้อนของเครื่องรับแบบต่างๆ ทั้งที่ใช้และไม่ใช้ตัวจัดแบบบอดดังที่ได้แสดงการคำนวณไว้ในหัวข้อที่ 3.3.2 สามารถนำมาแสดงได้ดังรูปที่ 4.55 (ก) และ (ข) ตามลำดับ โดยเพื่อความสะดวกจะนำความซับซ้อนเหล่านั้นมาแสดงอีกครั้งในตารางที่ 4.5

จากรูปที่ 4.55 (ก) และสมการแสดงความซับซ้อนของเครื่องรับที่ไม่ใช้ตัวจัดแบบบอดในช่องสัญญาณอะซิงโครนัสที่สรุปไว้ในตารางที่ 4.5 (ก) พบว่า เช่นเดียวกันกับกรณีช่องสัญญาณซิงโครนัส เครื่องรับแบบแมตซ์ฟิลเตอร์เป็นเครื่องรับที่มีความซับซ้อนน้อยที่สุด โดยความซับซ้อนของเครื่องรับแบบแมตซ์ฟิลเตอร์จะคงที่ไม่ขึ้นกับจำนวนของผู้ใช้ แต่จะขึ้นกับอัตราขยายการประมวลผลเท่านั้น ส่วนเครื่องรับที่มีความซับซ้อนสูงขึ้นมาได้แก่ เครื่องรับแบบ ADC และเครื่องรับแบบดีคอร์ดรีเลเตอร์ ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาความซับซ้อนของเครื่องรับที่ใช้ตัวจัดแบบบอดตามรูปที่ 4.55 (ข) และตารางที่ 4.5 (ข) พบว่าเครื่องรับแบบ MOE_ADC_BA_PIC มีความซับซ้อนต่ำที่สุด ถัดมาก็เป็น

เครื่องรับแบบ MOE_DC_BA_PIC, เครื่องรับแบบ VOE_ADC_BA_PIC และเครื่องรับแบบ VOE_DC_BA_PIC ตามลำดับ

อย่างไรก็ตามจากสมการแสดงค่าความซับซ้อนในตารางที่ 4.5 พบว่าในกรณีของสัญญาณอะซิงโครนัส ความซับซ้อนของเครื่องรับทุกแบบ (ยกเว้นเครื่องรับแบบแมตซ์ฟิลเตอร์) แปรผันตามจำนวนผู้ใช้งานกำลังสอง (K^2)

ตารางที่ 4.6 ความซับซ้อนของเครื่องรับแบบ (ก) แมตซ์ฟิลเตอร์, ดีคอดริ์เลเตอร์ และ ADC

(ข) เครื่องรับแบบ MOE_DC_BA_PIC, MOE_ADC_BA_PIC, VOE_DC_BA_PIC และ

VOE_ADC_BA_PIC ในกรณีของสัญญาณอะซิงโครนัส

(ก)

เครื่องรับ	ความซับซ้อน (ฟลอป/บิต)
1. แมตซ์ฟิลเตอร์	$2P_G - 1$
2. ดีคอดริ์เลเตอร์	$\frac{40}{3}K^2 + (2N + 4P_G - 4)K + \frac{2N(P_G - 1) - 6P_G - 1}{2}$
3. ADC	$12K^2 + (4P_G + 2N - 2)K + \frac{(N + 1)(2P_G - 1)}{2} - 4P_G - 2$

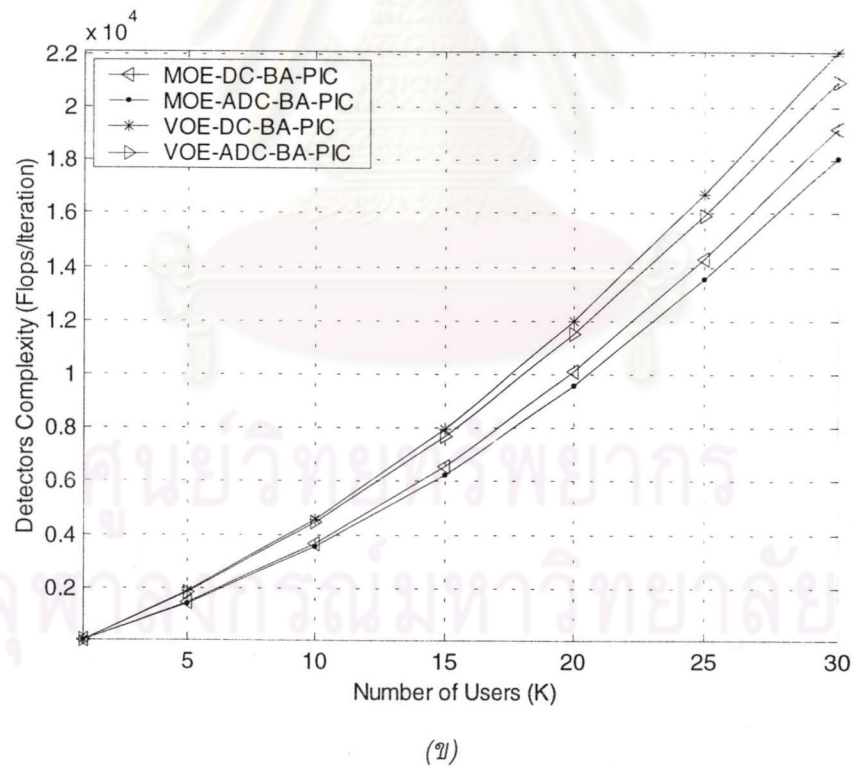
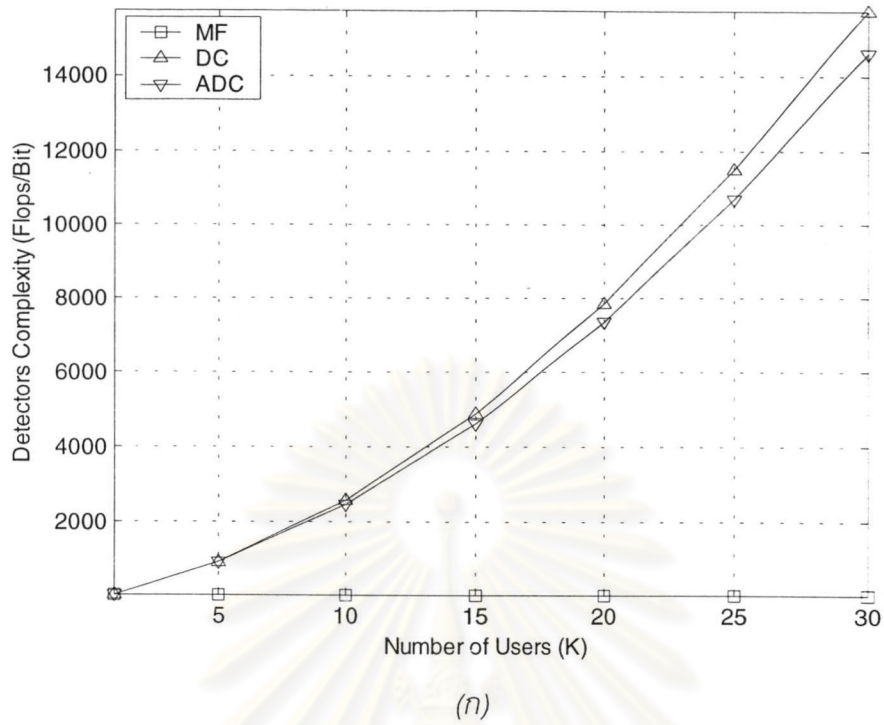
(ข)

เครื่องรับ	ความซับซ้อน (ฟลอป/จำนวนรอบที่ปรับสัมประสิทธิ์ของฟิลเตอร์)
1. MOE_DC_BA_PIC	$\frac{40}{3}K^2 + 2(N + 2P_G + W_d + 7)K + \frac{2N(P_G - 1) - (6P_G + 1)}{2} - (2W_d + 19)$
2. MOE_ADC_BA_PIC	$12K^2 + (2N + 4P_G + 2W_d + 16)K + \frac{(N + 1)(2P_G - 1)}{2} - (4P_G + 2W_d + 21)$
3. VOE_DC_BA_PIC	$\frac{40}{3}K^2 + (2N + 4P_G + 4W_d + 12)K + \frac{2N(P_G - 1) - 6P_G - 1}{2} - (3W_d + 14)$
4. VOE_ADC_BA_PIC	$12K^2 + (2N + 4P_G + 4W_d + 14)K + \frac{(N + 1)(2P_G - 1)}{2} - (4P_G + 3W_d + 16)$

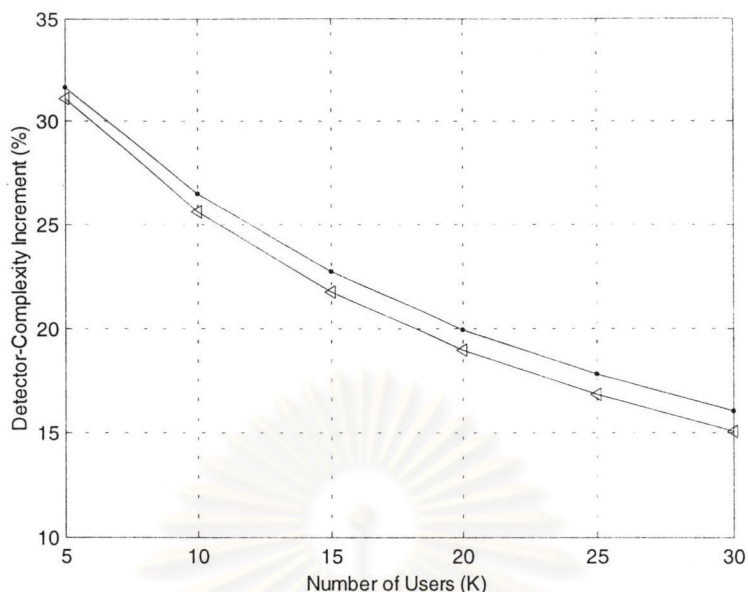
เมื่อเปรียบเทียบความซับซ้อนของเครื่องรับระหว่างแบบที่ไม่ใช้ตัวจัดแบบบอดและเครื่องรับที่เสนอในกรณีอุดมคติ (VOE_BA_PIC) พบว่าถึงแม้ความซับซ้อนของเครื่องรับแบบที่เสนอนี้จะสูงกว่าของเครื่องรับแบบที่ไม่ใช้ตัวจัดแบบบอด แต่อัตราบิดผิดพลาดของเครื่องรับแบบที่เสนอต่ำกว่าของเครื่องรับที่ไม่ใช้ตัวจัดแบบบอดมาก ดังจะเห็นได้จากตารางที่ 4.6 ว่า เมื่อพิจารณาที่พลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนเท่ากับ 7 dB และจำนวนผู้ใช้เท่ากับ 30 คน และมีการควบคุมกำลังอย่างสมบูรณ์ อัตราบิดผิดพลาดของเครื่องรับที่เสนอต่ำกว่าของเครื่องรับแบบแมตซ์ฟิลเตอร์, เครื่องรับแบบดีคอร์ดรีเลเตอร์ และเครื่องรับแบบ ADC อยู่ 98.87 เปอร์เซ็นต์, 99.15 เปอร์เซ็นต์และ 99.15 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาในกรณีที่ควบคุมกำลังไม่สมบูรณ์พบว่า เครื่องรับที่เสนอนี้มีอัตราบิดผิดพลาดที่ต่ำกว่าอัตราบิดผิดพลาดของเครื่องรับทั้ง 3 แบบข้างต้นอยู่ 99.25 เปอร์เซ็นต์เท่ากัน อย่างไรก็ตามเนื่องจากผลของความเชื่อถือได้ของบิตข้อมูลที่นำมาใช้ประมาณสัญญาณแทรกสอดที่ลดลงตามจำนวนผู้ใช้ในเซลล์ที่เพิ่มขึ้น ทำให้ตัวจัดแบบบอดไม่สามารถประมาณสัญญาณแทรกสอดได้อย่างถูกต้อง สมรรถนะของเครื่องรับที่เสนอในกรณีที่มีผู้ใช้จำนวนมากที่ได้จากการจำลองแบบด้วยคอมพิวเตอร์ในกรณีที่ไม่อุดมคติจึงใกล้เคียงกับเครื่องรับที่ไม่ใช้ตัวจัดแบบบอดดังที่ได้กล่าวถึงแล้วในหัวข้อที่ 4.3.2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราบิดผิดพลาด กับ จำนวนผู้ใช้ในเซลล์

ตารางที่ 4.7 เปอร์เซ็นต์ของอัตราบิดผิดพลาดที่ลดลงของเครื่องรับที่เสนอ (ในกรณีอุดมคติ) เมื่อเทียบกับเครื่องรับแบบแมตซ์ฟิลเตอร์, เครื่องรับแบบดีคอร์ดรีเลเตอร์ และเครื่องรับแบบ ADC ที่พลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนเท่ากับ 7 dB และจำนวนผู้ใช้เท่ากับ 30 คน ในกรณีช่องสัญญาณอะซิงโครนัส

เครื่องรับ	ควบคุมกำลัง	อัตราบิดผิดพลาดที่ลดลงของเครื่องรับที่เสนอเมื่อเทียบกับเครื่องรับแบบต่างๆ (%)		
		แมตซ์ฟิลเตอร์	ดีคอร์ดรีเลเตอร์	ADC
VOE_BA_PIC	อย่างสมบูรณ์	99.87	99.15	99.15
	ไม่สมบูรณ์	99.25	99.25	99.25



รูปที่ 4.55 ความซับซ้อนของเครื่องรับแบบ (ก) ไม่ใช้ตัวจัดแบบบอด (ข) ใช้ตัวจัดแบบบอด ในกรณีช่องสัญญาณอะซิงโครนัส



รูปที่ 4.56 ความซับซ้อนที่เพิ่มขึ้นของเครื่องรับแบบ VOE_DC_BA_PIC เทียบกับความซับซ้อนของเครื่องรับแบบ MOE_DC_BA_PIC (—△—) และของเครื่องรับแบบ VOE_ADC_BA_PIC เทียบกับของเครื่องรับแบบ MOE_ADC_BA_PIC (—●—)

ตารางที่ 4.8 เปอร์เซ็นต์ของอัตราบิดผิดพลาดที่ลดลงของเครื่องรับที่เสนอ (ในกรณีอุดมคติ) เมื่อเทียบกับเครื่องรับแบบ MOE_BA_PIC ที่พลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนเท่ากับ 7 dB และจำนวนผู้ใช้เท่ากับ 30 คน ในกรณีช่องสัญญาณ

อะซิงโครนัส

ควบคุมกำลัง	อัตราบิดผิดพลาดที่ลดลงของเครื่องรับที่เสนอเมื่อเทียบกับเครื่องรับแบบ MOE_BA_PIC (%)
อย่างสมบูรณ์	53.03
ไม่สมบูรณ์	48.15

เมื่อพิจารณาเปอร์เซ็นต์ของความซับซ้อนที่เพิ่มขึ้นของเครื่องรับแบบ VOE_DC_BA_PIC และเครื่องรับแบบ VOE_ADC_BA_PIC เมื่อเทียบกับเครื่องรับแบบ MOE_DC_BA_PIC และแบบ MOE_ADC_BA_PIC ตามลำดับ พบว่าเปอร์เซ็นต์ของความซับซ้อนที่เพิ่มขึ้นดังกล่าวแปรผกผันกับจำนวนผู้ใช้โดยมีค่าสูงสุดไม่เกิน 33 เปอร์เซ็นต์ (ดังแสดงในรูปที่ 4.56) และเมื่อพิจารณาอัตราบิดผิดพลาดที่ปรับปรุงได้ (กรณีอุดมคติ) ตามตารางที่ 4.8 พบว่าเครื่องรับที่เสนอให้อัตราบิดผิดพลาดต่ำกว่าเครื่องรับแบบ MOE_BA_PIC ประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ ทั้งในกรณีที่มีการควบคุมกำลังอย่างสมบูรณ์และไม่สมบูรณ์