

## บทที่ 4

### ผลการจำลองแบบและการวิเคราะห์ผลการจำลองแบบ

#### 4.1 ผลการจำลองแบบ

ในบทนี้จะแสดงผลการจำลองแบบซึ่งมีหัวข้อดังต่อไปนี้

1. ผลของ Desired SIR ที่มีต่อความน่าจะเป็นที่จะเกิดสัญญาณขาดหาย (Outage Probability)
2. ผลของจำนวนสถานีเคลื่อนที่ที่มีต่อความน่าจะเป็นที่จะเกิดสัญญาณขาดหาย
3. ผลของจำนวนบิตควบคุมกำลังที่มีต่อความน่าจะเป็นที่จะเกิดสัญญาณขาดหาย
4. ผลของขอบเขตบนของการควอนไทล์ ( $Q_{max}$ ) และขอบเขตล่างของการควอนไทล์ ( $Q_{min}$ ) ที่มีต่อความน่าจะเป็นที่จะเกิดสัญญาณขาดหาย
5. กำลังของสถานีเคลื่อนที่ และ SIR ของสถานีเคลื่อนที่ เทียบกับเวลา
6. ฟังก์ชันความหนาแน่นความน่าจะเป็น (Probability Density Function, pdf) ของค่า SIR ที่ได้รับของวิธี CSOPC, PCMPC และ วิธีการควบคุมกำลังที่เสนอ
7. ผลของระยะเวลาที่ใช้ในการจำลองแบบของวิธี CSOPC, PCMPC และวิธีการควบคุมกำลังที่เสนอ

วิธีการควบคุมกำลังที่เสนอมี 2 วิธีคือ

1. การนำวิธี Quadratic Equation มาทำนายอัตราขยายขยายเชื่อมโยงโดยทำงานร่วมกับวิธีการปรับกำลังแบบ CSOPC (วิธีการควบคุมกำลังที่เสนอวิธีที่ 1)
2. การนำวิธี Recursive Least Square (RLS) มาทำนายอัตราขยายขยายเชื่อมโยงโดยทำงานร่วมกับวิธีการปรับกำลังแบบ CSOPC (วิธีการควบคุมกำลังที่เสนอวิธีที่ 2)

โดยทำการเปรียบเทียบผลการจำลองแบบกับวิธีการควบคุมกำลังแบบ PCMPC ซึ่งเป็นวิธีการควบคุมกำลังแบบหลายบิตเช่นเดียวกับวิธีที่เสนอ และเปรียบเทียบกับของวิธี CSOPC ที่ไม่มีการทำนายอัตราขยายขยายเชื่อมโยงที่ผ่านการทำควอนไทล์คำสั่งควบคุมกำลังโดยใช้จำนวนบิตควบคุมกำลังเท่ากันเพื่อทำการเปรียบเทียบ

## 4.2 ผลของ Desired SIR ที่มีต่อความน่าจะเป็นที่จะเกิดสัญญาณขาดหาย

พารามิเตอร์ที่ใช้ในการจำลองแบบเพื่อสังเกตผลของ Desired SIR ที่มีต่อความน่าจะเป็นที่จะเกิดสัญญาณขาดหายมีดังนี้

1. Desired SIR เท่ากับ -12, -11.5, -11, ..., -8 dB [6]
2. จำนวนสถานีเคลื่อนที่เท่ากับ 8, 9, 10, ..., 13 สถานี [6]
3. Step size เท่ากับ 1 dB (กรณีวิธีการควบคุมกำลังแบบ PCMPC) [6]
4. จำนวนบิตควบคุมกำลังเท่ากับ 5 บิต
5. ขอบเขตบนของการควอนไทซ์ ( $Q_{max}$ ) เท่ากับ 2.2 และขอบเขตล่างของการควอนไทซ์ ( $Q_{min}$ ) เท่ากับ 0.6 (กรณีวิธีการควบคุมกำลังที่เสนอวิธีที่ 1)
6. ขอบเขตบนของการควอนไทซ์ ( $Q_{max}$ ) เท่ากับ 2.6 และขอบเขตล่างของการควอนไทซ์ ( $Q_{min}$ ) เท่ากับ 0.5 (กรณีวิธีการควบคุมกำลังแบบ CSOPC และวิธีการควบคุมกำลังที่เสนอวิธีที่ 2)

ค่าพารามิเตอร์ที่ 1, 2 และ 3 ใช้ตามรายการอ้างอิงที่ [6] ส่วนค่าพารามิเตอร์ที่ 4, 5 และ 6 เลือกจากค่าพารามิเตอร์ซึ่งทำให้ความน่าจะเป็นที่จะเกิดสัญญาณขาดหายของวิธี CSOPC, การควบคุมกำลังที่เสนอวิธีที่ 1 และ 2 ต่ำที่สุด ซึ่งจะแสดงไว้ในหัวข้อที่ 4.5 และ 4.6 โดยค่าของ  $Q_{max}$  และ  $Q_{min}$  นั้นไม่มีหน่วยเนื่องจากการควอนไทซ์ค่าอัตราส่วนของกำลัง  $p_i^{(k+1)}$  ที่คำนวณได้หลังจากการทำนายอัตราขยายขยายเชื่อมโยงและปรับกำลังด้วยวิธี CSOPC และกำลังที่คำนวณได้จากคาบก่อนหน้า  $p_i^{(k)}$  โดยอัตราส่วนที่ได้คือ  $r = \frac{p_i^{(k+1)}}{p_i^{(k)}}$  ทำให้หน่วยของกำลังหักล้างกัน

รูปที่ 4.1 แสดงผลที่ได้จากการจำลองแบบวิธีการควบคุมกำลังแบบ PCMPC ที่ค่า Desired SIR และจำนวนสถานีเคลื่อนที่ต่างๆ กัน โดยกำหนดให้จำนวนบิตควบคุมกำลังเท่ากับ 5 บิต (จำนวนบิตควบคุมกำลัง 5 บิตเทียบเท่ากับ mode 15 ของวิธีการควบคุมกำลังแบบ PCMPC เนื่องจากจำนวนคำสั่งสำหรับ mode n เมื่อ mode n คือ การกำหนดจำนวนคำสั่งควบคุมกำลัง (cmd) สำหรับวิธีการควบคุมกำลังด้วยวิธี PCMPC ดังกล่าวในหัวข้อที่ 2.2.5 ซึ่งมีจำนวนคำสั่งทั้งหมดเท่ากับ  $2 \times n + 1$  คำสั่งดังนั้นถ้า n เท่ากับ 15 จำนวนคำสั่งทั้งหมดจึงเท่ากับ  $2 \times 15 + 1 = 31$  ซึ่งเป็น mode สูงที่สุดซึ่งสามารถรองรับได้ด้วยจำนวนบิตควบคุมกำลัง 5 บิตซึ่งสร้างคำสั่งได้ทั้งหมด  $2^5 = 32$  คำสั่ง), Step Size=1 dB (Optimal Step Size สำหรับวิธี PCMPC คือ 1 dB [6]) พบว่าเมื่อ Desired SIR มีค่าเหมาะสมที่สุด (Optimal Desired SIR) ความน่าจะเป็นที่จะเกิดสัญญาณขาดหาย

จะมีค่าต่ำที่สุดสำหรับจำนวนสถานีเคลื่อนที่ค่าหนึ่งๆ โดยค่า Optimal Desired SIR นี้จะมีค่าต่ำลงเมื่อจำนวนสถานีเคลื่อนที่เพิ่มขึ้นซึ่งสามารถอธิบายได้ดังนี้

ในการควบคุมกำลังซึ่งมีค่าอัตราขยายขยายเชื่อมโยง (Link Gain) ของระบบค่าหนึ่งสำหรับจำนวนสถานีเคลื่อนที่ค่าหนึ่งๆ จะสามารถคำนวณค่า SIR สูงที่สุดของระบบ (Maximum Achievable SIR) [2] ได้ดังสมการที่ (2.58)

เมื่อต้องการควบคุมกำลังเพื่อให้ค่า SIR ที่ได้รับมีค่าเท่ากับ Desired SIR ( $\gamma_{desired}$ ) ต้องปรับกำลังของสถานีเคลื่อนที่ให้มีค่าตามสมการที่ (2.25)

$$P_a = \left[ \frac{1}{\gamma_{desired}} I - A \right]^{-1} \eta \quad (2.25)$$

$P_a$  คือ ค่าเวกเตอร์กำลังที่ต้องการ เพื่อให้ค่า SIR มีค่าเท่ากับ Desired SIR

เมื่อระบบ Feasible ( $\gamma_{desired} \leq \gamma_{max}$ ) คำตอบของสมการที่ (2.25)  $P_a \geq 0$  ( $p_i \geq 0$  ทุกค่า  $i$  เมื่อ  $i=1, 2, \dots, N$ ) [2] ทำให้สถานีเคลื่อนที่ทุกสถานีสามารถส่งกำลังได้ในทางปฏิบัติ ดังนั้นค่า SIR ของสถานีเคลื่อนที่ทุกสถานีที่ได้รับที่สถานีฐานสามารถควบคุมเพื่อให้มีค่าเท่ากับ  $\gamma_{desired}$  ได้

เมื่อระบบ Infeasible ( $\gamma_{desired} > \gamma_{max}$ ) คำตอบของสมการที่ (2.25)  $P_a < 0$  (มี  $p_i$  บางตัว ซึ่ง  $p_i < 0$ ) [2] ทำให้สถานีเคลื่อนที่บางสถานีไม่สามารถส่งกำลังได้ในทางปฏิบัติ ดังนั้นค่า SIR ของสถานีเคลื่อนที่บางสถานีที่ได้รับที่สถานีฐานจะไม่สามารถควบคุมเพื่อให้มีค่าเท่ากับ  $\gamma_{desired}$  ได้ทำให้ความน่าจะเป็นที่จะเกิดสัญญาณขาดหายมีค่ามาก

จากการจำลองแบบพบว่าค่า Optimal Desired SIR มีค่าเท่ากับค่า  $\gamma_{max}$  ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังนี้

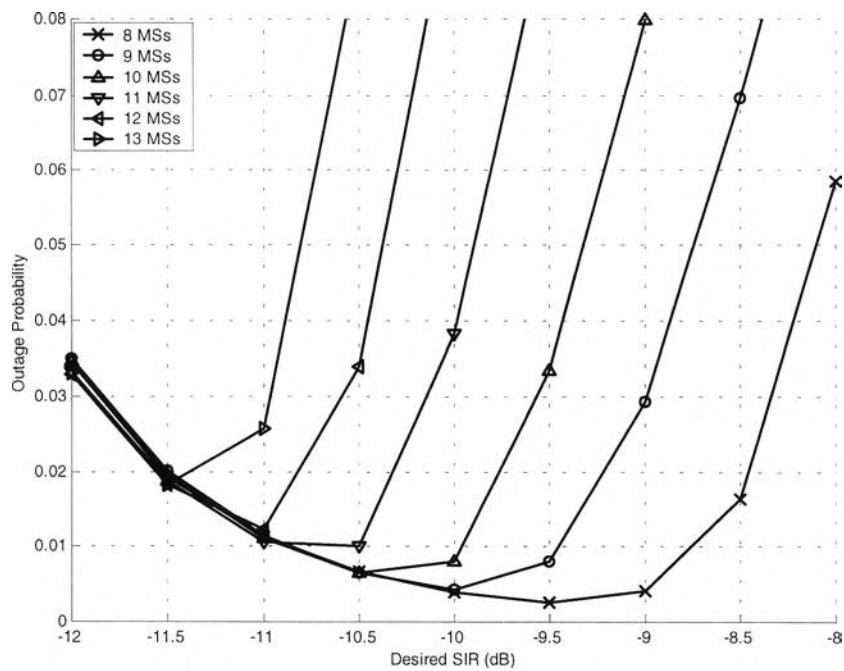
เมื่อ  $\gamma_{desired} \leq \gamma_{max}$  ระบบจะ Feasible [2] ดังนั้นค่า SIR ของสถานีเคลื่อนที่ทุกสถานีที่ได้รับที่สถานีฐานจะสามารถควบคุมเพื่อให้มีค่าเท่ากับ  $\gamma_{desired}$  ได้แต่เนื่องจาก  $\gamma_{desired}$  มีค่าอยู่ใกล้ SIR ต่ำที่สุดที่ยอมรับได้ (Minimum Required SIR) ดังนั้นโอกาสที่ค่า SIR จะมีค่าต่ำกว่า SIR ต่ำที่สุดที่ยอมรับได้เนื่องจากผลของเฟดดิ้งและการแทรกสอดจากกำลังของสถานีเคลื่อนที่สถานีอื่นๆ จึงมีโอกาสสูงทำให้ความน่าจะเป็นที่จะเกิดสัญญาณขาดหายมีค่าสูง แต่เมื่อ  $\gamma_{desired}$  มีค่าสูงขึ้นโอกาสที่ SIR จะมีค่าต่ำกว่า SIR ต่ำที่สุดที่ยอมรับได้จะมีโอกาสน้อยลง เนื่องจากผลต่างระหว่าง  $\gamma_{desired}$  และ SIR ต่ำที่สุดที่ยอมรับได้มีค่ามาก ทำให้ความน่าจะเป็นที่จะเกิดสัญญาณขาดหายลดลงเมื่อค่า  $\gamma_{desired}$  เพิ่มขึ้น (ฟังก์ชันลด) ดังแสดงในรูปที่ 4.1

เมื่อ  $\gamma_{desired} > \gamma_{max}$  ระบบจะ Infeasible [2] ดังนั้นค่า SIR ของสถานีเคลื่อนที่บางสถานีที่ได้รับที่สถานีฐานจะไม่สามารถควบคุมเพื่อให้มีค่าเท่ากับ  $\gamma_{desired}$  ได้ทำให้ความน่าจะเป็นที่จะเกิด

สัญญาณขาดหายมีค่ามากเนื่องจากค่า SIR ของสถานีเคลื่อนที่ดังกล่าวจะมีค่าเฉลี่ยต่ำกว่า  $\gamma_{desired}$  นอกจากนี้ยังมีผลของเฟดดิ้งและการแทรกสอดจากกำลังของสถานีเคลื่อนที่สถานีอื่นๆ จึงทำให้โอกาสที่ค่า SIR จะมีค่าต่ำกว่า SIR ต่ำที่สุดที่ยอมรับได้มีค่ามาก และจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อ  $\gamma_{desired}$  มีค่าสูงขึ้น เนื่องจากเมื่อ  $\gamma_{desired}$  ซึ่งมากกว่า Optimal Desired SIR ยังมีค่าสูงขึ้นการควบคุมค่า SIR ให้มีค่าเท่ากับ  $\gamma_{desired}$  ยังมีความคลาดเคลื่อนสูงขึ้นเนื่องจากไม่มีค่าตอบของเวกเตอร์กำลังที่สามารถควบคุมให้ค่า SIR ของทุกสถานีเคลื่อนที่มีค่าเท่ากับ  $\gamma_{desired}$  ได้อีกต่อไปในขณะที่เงื่อนไขของการควบคุมกำลังคือการทำให้ค่า SIR ของทุกสถานีเคลื่อนที่มีค่าเท่ากับ  $\gamma_{desired}$  ทำให้ความน่าจะเป็นที่จะเกิดสัญญาณขาดหายเพิ่มขึ้นเพื่อค่า  $\gamma_{desired}$  เพิ่มขึ้น (ฟังก์ชันเพิ่ม) ดังแสดงในรูปที่ 4.1

ค่า Optimal Desired SIR คือ ค่า Desired SIR ซึ่งทำให้ความน่าจะเป็นที่จะเกิดสัญญาณขาดหายมีค่าต่ำที่สุด เป็นค่า Desired SIR ที่เป็นจุดเปลี่ยนระหว่างช่วงที่ความน่าจะเป็นที่จะเกิดสัญญาณขาดหายเป็นฟังก์ชันลดกับช่วงที่ความน่าจะเป็นที่จะเกิดสัญญาณขาดหายเป็นฟังก์ชันเพิ่ม ดังนั้นค่า Optimal Desired SIR จึงมีค่าเท่ากับ  $\gamma_{max}$  แต่เนื่องจากผลของการกำหนดช่วงของ Desired SIR ในการจำลองแบบและผลของการเฉลี่ยความน่าจะเป็นที่จะเกิดสัญญาณขาดหายจากการจำลองหลายๆรอบ ซึ่งมีค่าอัตราขยายขยายเชื่อมโยงต่างๆ กัน ทำให้มีค่า  $\gamma_{max}$  ต่างๆ กัน ทำให้ค่า  $\gamma_{max}$  เฉลี่ยกับค่า Optimal Desired SIR มีค่าไม่เท่ากันแต่ก็มีค่าใกล้เคียงกันซึ่งอธิบายจากกรณีจำนวนสถานีเคลื่อนที่เท่ากับ 12 ได้ดังนี้

ในการจำลองแบบกรณีที่จำนวนสถานีเคลื่อนที่เท่ากับ 12 สามารถคำนวณค่า  $\gamma_{max}$  เฉลี่ยได้เท่ากับ  $-10.7110$  dB แต่เนื่องจากในการจำลองแบบกำหนดค่า Desired SIR เท่ากับ  $-12, -11.5, -11, -10.5, -10, \dots, -8$  dB และ  $-11 < -10.7110 < -10.5$  dB ดังนั้นค่า Optimal Desired SIR ที่แสดงในรูปที่ 4.1 จึงเท่ากับ  $-11$  dB เนื่องจากเมื่อ Desired SIR เท่ากับ  $-11$  dB ระบบยัง Feasible อยู่ทำให้ความน่าจะเป็นที่จะเกิดสัญญาณขาดหายยังมีค่าลดลงเมื่อค่า Desired SIR เพิ่มขึ้น (ฟังก์ชันลด) แต่เมื่อ Desired SIR เท่ากับ  $-10.5$  ระบบจะ Infeasible และทำให้ความน่าจะเป็นที่จะเกิดสัญญาณขาดหายมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อค่า Desired SIR เพิ่มขึ้น (ฟังก์ชันเพิ่ม) ดังนั้นค่า Desired SIR ค่าสุดท้ายที่แสดงในรูปที่ 4.1 ที่ยังทำให้ระบบ Feasible จึงเป็นค่า Optimal Desired SIR ที่แสดงในรูปที่ 4.1 โดยมีค่าเท่ากับ  $-11$  dB ดังกล่าวข้างต้น กรณีนี้เป็นเช่นเดียวกับกรณีจำนวนสถานีเคลื่อนที่ค่าอื่นๆ



รูปที่ 4.1 ความน่าจะเป็นที่จะเกิดสัญญาณขาดหายเทียบกับ Desired SIR เมื่อจำนวนผู้ใช้ต่างๆ กันของวิธีควบคุมกำลังแบบ PCMPC โดยกำหนดให้จำนวนสถานีเคลื่อนที่ = 8, 9, 10, 11, 12 และ 13 สถานี, จำนวนบิตควบคุมกำลัง = 5 บิต, Step Size = 1 dB

เนื่องจาก R. Jantti และ S. -L. Kim [4] เสนอวิธีการควบคุมกำลังวิธี CSOPC ซึ่งเป็นวิธีควบคุมกำลังที่ยังไม่มีการพิจารณาถึงการใช้จ่ายจำนวนบิตควบคุมกำลัง และได้เสนอวิธี Modified CSOPC ซึ่งใช้จำนวนบิตควบคุมกำลังเท่ากับ 1 แต่ยังไม่ได้พิจารณากรณีจำนวนบิตควบคุมกำลังมากกว่า 1 ดังนั้นวิธีการควบคุมกำลังที่เสนอวิธีที่ 1 ซึ่งเป็นการนำวิธี Quadratic Equation มาทำนายอัตราขยายขยายเชื่อมโยงโดยทำงานร่วมกับวิธีการปรับกำลังแบบ CSOPC และใช้จำนวนบิตควบคุมกำลังมากกว่า 1 บิตทำให้ต้องมีการทำการควอนไทซ์ค่าของกำลังที่คำนวณได้จากวิธีที่เสนอวิธีที่ 1 ดังนี้

#### การควอนไทซ์กำลังการควบคุมกำลัง

1. กำหนดขอบเขตบนของการควอนไทซ์เท่ากับ  $Q_{\max}$
2. กำหนดขอบเขตล่างของการควอนไทซ์เท่ากับ  $Q_{\min}$
3. กำหนดจำนวนบิตที่ใช้ควบคุมกำลังเท่ากับ B

4. กำหนดให้ผลต่างระหว่างค่าที่จะทำการควอนไตซ์ (Input) และค่าที่ได้จากการควอนไตซ์ (Output) ที่ติดกัน (Step Size) มีค่าเท่ากันทุกขั้น ดังนั้น Step Size จึงมีความสัมพันธ์กับค่า  $Q_{\max}$ ,  $Q_{\min}$  และ  $B$  ดังนี้

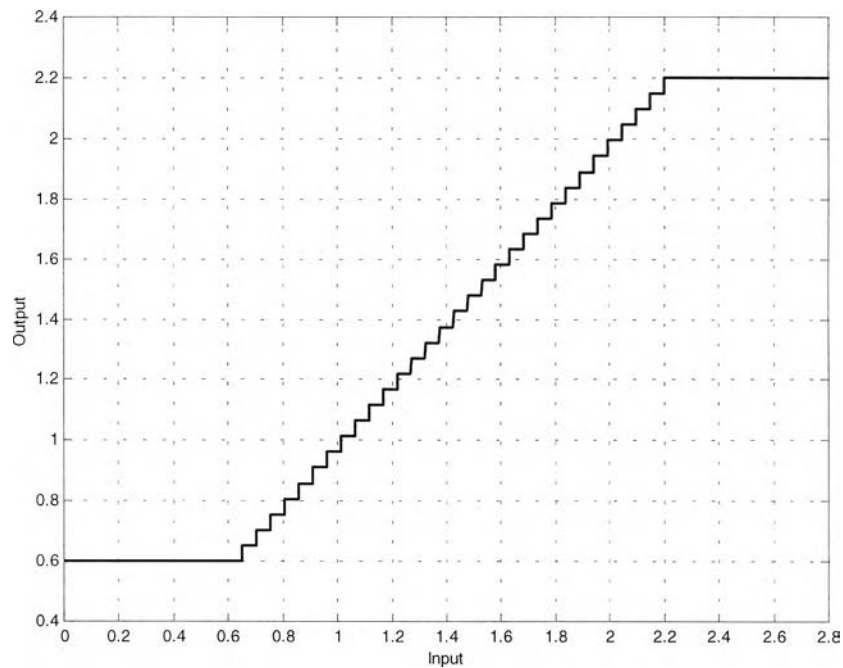
$$\text{Step Size} = \frac{Q_{\max} - Q_{\min}}{2^B - 1}$$

เงื่อนไขในการทำการควอนไตซ์เป็นดังนี้

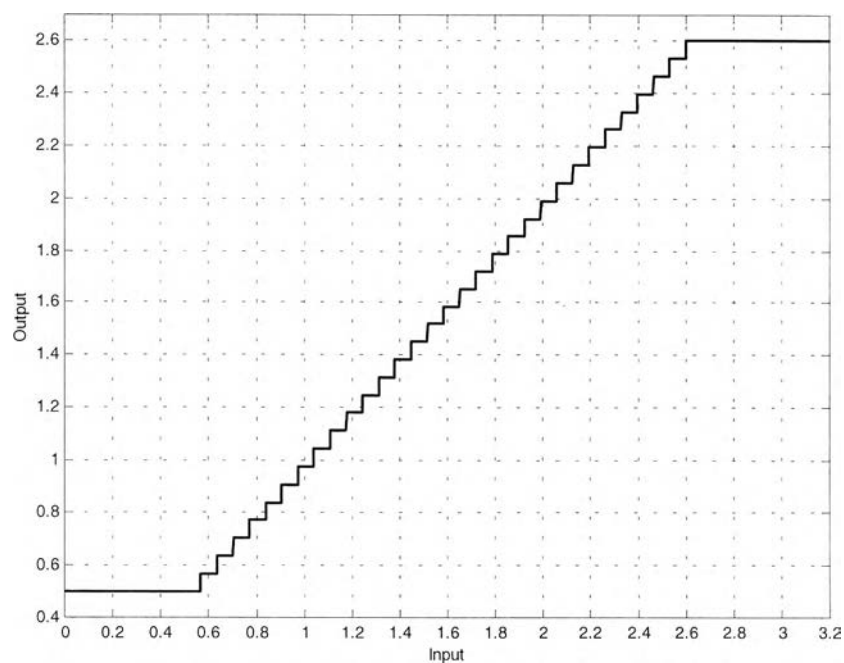
$$y = \begin{cases} Q_{\max}, & Q_{\max} \leq x \\ Q_{\max} - \text{Step Size}, & Q_{\max} - \text{Step Size} \leq x < Q_{\max} \\ Q_{\max} - 2 \times \text{Step Size}, & Q_{\max} - 2 \times \text{Step Size} \leq x < Q_{\max} - \text{Step Size} \\ \vdots & \\ Q_{\min}, & x < Q_{\max} - (2^B - 1) \times \text{Step Size} \end{cases}$$

เมื่อกำหนดให้  $x$  คือ Input และ  $y$  คือ Output ของการควอนไตซ์

เนื่องจากวิธีที่เสนอเป็นการควบคุมกำลังแบบหลายบิตดังนั้นเพื่อทำการเปรียบเทียบผลการควบคุมกำลังวิธีซึ่งเป็นวิธีการควบคุมกำลังแบบหลายบิตเช่นเดียวกับวิธี PCMPD ที่ C. -J. Chang, J. -H. Lee และ F. -C. Ren [6] เป็นผู้เสนอโดยทำการเปรียบเทียบที่จำนวนบิตควบคุมกำลังที่เท่ากัน จึงทำการควอนไตซ์คำสั่งการควบคุมกำลังสำหรับวิธีการควบคุมกำลังแบบ CSOPD วิธีที่เสนอวิธีที่ 1 และ 2 โดยใช้จำนวนบิตควบคุมกำลังเท่ากับ 5 บิต ขอบเขตบนของการควอนไตซ์ ( $Q_{\max}$ ) เท่ากับ 2.2 ในกรณีวิธีการควบคุมกำลังที่เสนอวิธีที่ 1 และ 2.6 ในกรณีวิธี CSOPD และวิธีการควบคุมกำลังที่เสนอวิธีที่ 2 และขอบเขตล่างของการควอนไตซ์ ( $Q_{\min}$ ) เท่ากับ 0.6 ในกรณีวิธีการควบคุมกำลังที่เสนอวิธีที่ 1 และ 0.5 ในกรณีวิธี CSOPD และวิธีการควบคุมกำลังที่เสนอวิธีที่ 2 ดังแสดงในรูปที่ 4.2 และ 4.3 ตามลำดับ โดยค่าของ  $Q_{\max}$  และ  $Q_{\min}$  นั้นได้มาจากค่าของ  $Q_{\max}$  และ  $Q_{\min}$  ที่ทำให้ความน่าจะเป็นที่จะเกิดสัญญาณขาดหายมีค่าต่ำที่สุดซึ่งจะแสดงไว้ในหัวข้อที่ 4.5 และ 4.6

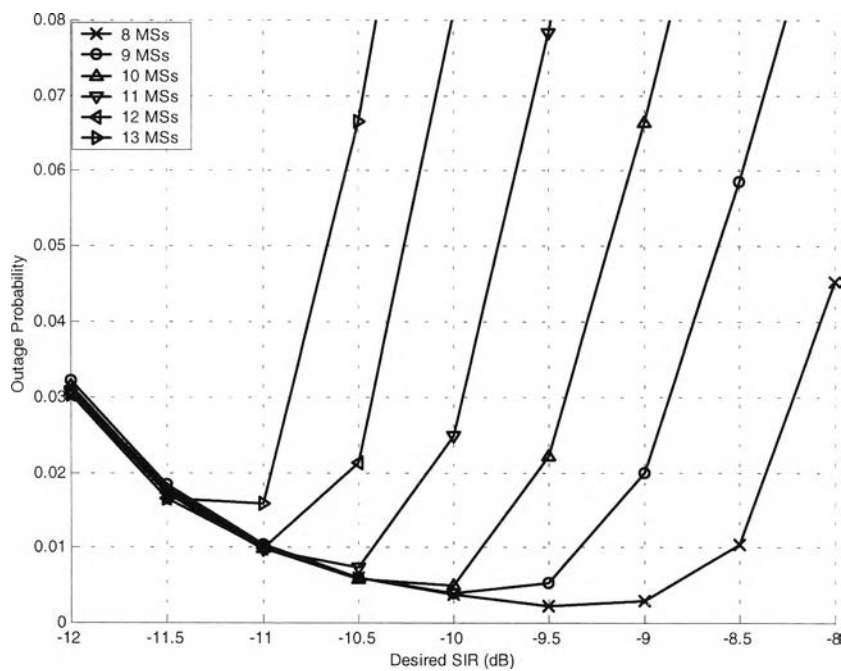


รูปที่ 4.2 การทำควอนไทซ์คำสั่งควบคุมกำลัง สำหรับวิธีการควบคุมกำลังวิธีที่เสนอวิธีที่ 1 เมื่อจำนวนบิตควบคุมกำลัง = 5 บิต, ขอบเขตบนของการควอนไทซ์ ( $Q_{max}$ ) = 2.2 และขอบเขตล่างของการควอนไทซ์ ( $Q_{min}$ ) = 0.6



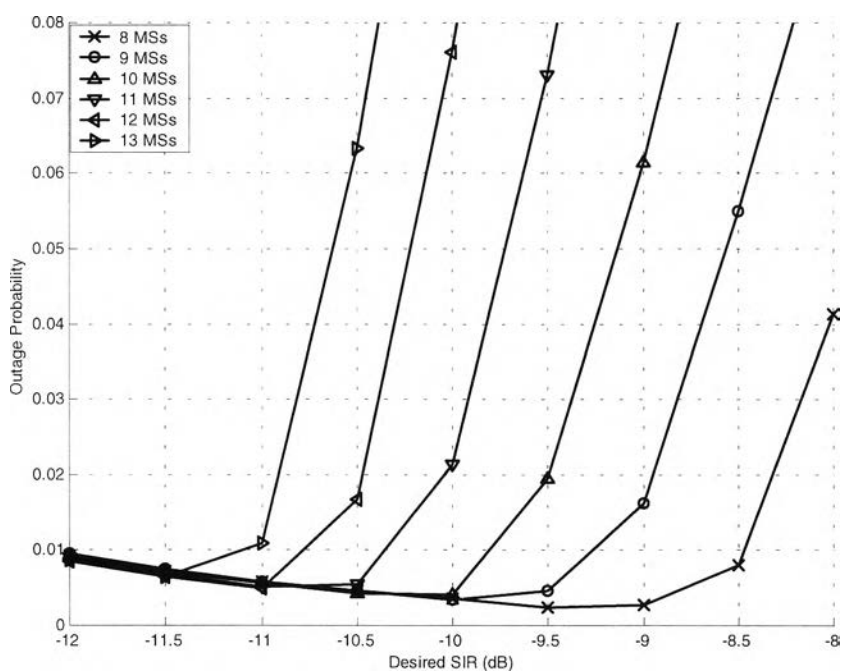
รูปที่ 4.3 การทำควอนไทซ์คำสั่งควบคุมกำลัง สำหรับวิธีการควบคุมกำลังแบบ CSOPC และ วิธีที่เสนอวิธีที่ 2 เมื่อจำนวนบิตควบคุมกำลัง = 5 บิต, ขอบเขตบนของการควอนไทซ์ ( $Q_{max}$ ) = 2.6 และขอบเขตล่างของการควอนไทซ์ ( $Q_{min}$ ) = 0.5

รูปที่ 4.4, 4.5 และ 4.6 แสดงผลที่ได้จากการจำลองแบบวิธีการควบคุมกำลังแบบ CSOPC, วิธีที่เสนอวิธีที่ 1 และ 2 ที่ค่า Desired SIR และจำนวนสถานีเคลื่อนที่ต่างๆ กัน พบว่าเมื่อ Desired SIR มีค่าเหมาะสมที่สุด (Optimal Desired SIR) ความน่าจะเป็นที่จะเกิดสัญญาณขาดหายจะมีค่าต่ำที่สุดสำหรับจำนวนสถานีเคลื่อนที่ค่าหนึ่งๆ เช่นเดียวกับวิธี PCMPC เพราะค่า  $\gamma_{\max}$  ของระบบไม่ขึ้นกับวิธีการควบคุมกำลังแต่ขึ้นอยู่กับอัตราขยายขยายเชื่อมโยงของระบบและจำนวนสถานีเคลื่อนที่เท่านั้น โดยความน่าจะเป็นที่จะเกิดสัญญาณขาดหายของวิธีควบคุมกำลังที่เสนอวิธีที่ 2 มีค่าต่ำกว่าของวิธีควบคุมกำลังที่เสนอวิธีที่ 1, วิธี PCMPC และ วิธี CSOPC ดังแสดงในรูปที่ 4.7 เมื่อจำนวนสถานีเคลื่อนที่เท่ากับ 12 สถานีซึ่งความน่าจะเป็นที่จะเกิดสัญญาณขาดหายต่ำที่สุดด้วยวิธี PCMPC, วิธี CSOPC, วิธีที่เสนอวิธีที่ 1 และวิธีที่เสนอวิธีที่ 2 เท่ากับ  $1.22 \times 10^{-2}$ ,  $9.96 \times 10^{-3}$ ,  $4.41 \times 10^{-3}$  และ  $2.17 \times 10^{-3}$  ตามลำดับเมื่อ Desired SIR เท่ากับ  $-11$  dB

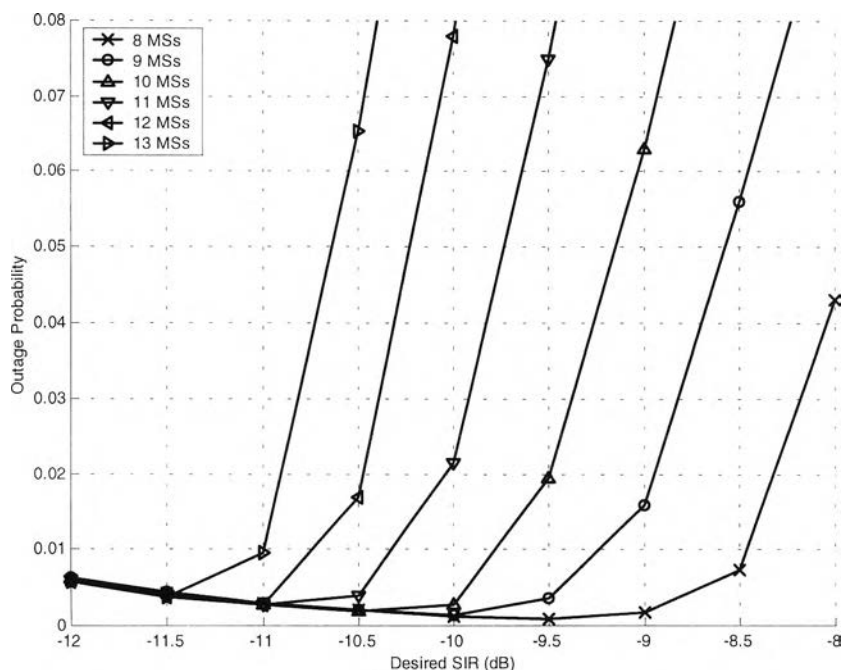


รูปที่ 4.4 ความน่าจะเป็นที่จะเกิดสัญญาณขาดหายเทียบกับ Desired SIR ของวิธีควบคุมกำลังแบบ CSOPC โดยกำหนดให้จำนวนสถานีเคลื่อนที่ = 8, 9, 10, 11, 12 และ 13 สถานี, จำนวนบิตควบคุมกำลัง = 5 บิต,  $Q_{\max} = 2.6$ ,  $Q_{\min} = 0.5$

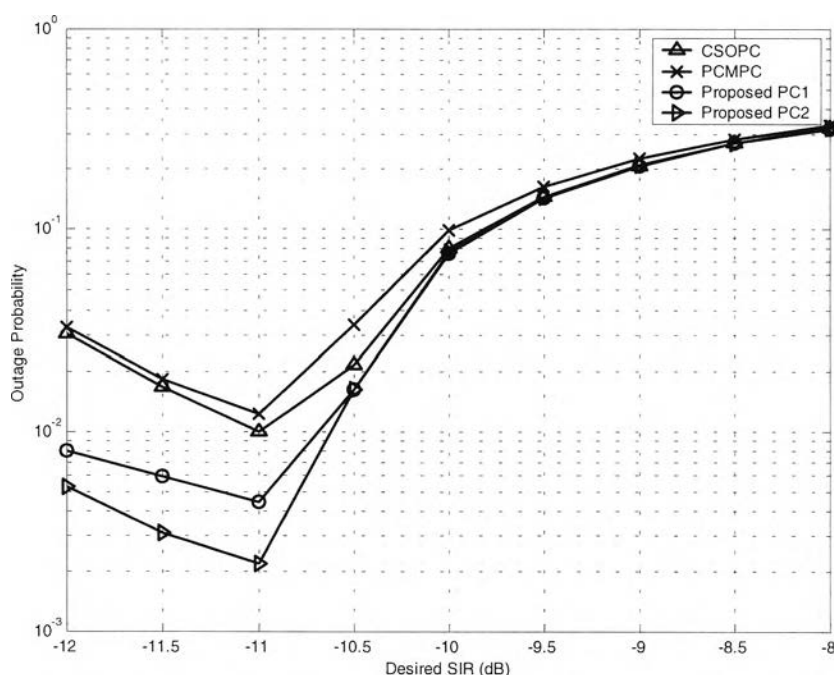




รูปที่ 4.5 ความน่าจะเป็นที่จะเกิดสัญญาณขาดหายเทียบกับ Desired SIR ของวิธีควบคุมกำลังที่ เสนอวิธีที่ 1 โดยกำหนดให้จำนวนสถานีเคลื่อนที่ = 8, 9, 10, 11, 12 และ 13 สถานี, จำนวนบิต ควบคุมกำลัง = 5 บิต,  $Q_{\max} = 2.2$ ,  $Q_{\min} = 0.6$



รูปที่ 4.6 ความน่าจะเป็นที่จะเกิดสัญญาณขาดหายเทียบกับ Desired SIR ของวิธีควบคุมกำลังที่ เสนอวิธีที่ 2 โดยกำหนดให้จำนวนสถานีเคลื่อนที่ = 8, 9, 10, 11, 12 และ 13 สถานี, จำนวนบิต ควบคุมกำลัง = 5 บิต,  $Q_{\max} = 2.6$ ,  $Q_{\min} = 0.5$



รูปที่ 4.7 ความน่าจะเป็นที่จะเกิดสัญญาณขาดหายเทียบกับค่า Desired SIR ของวิธีการควบคุมกำลังแบบ CSOPC ( $Q_{\max} = 2.6$ ,  $Q_{\min} = 0.5$ ), PCMPC (Step Size = 1 dB), วิธีการควบคุมกำลังที่เส้นอวิธีที่ 1 ( $Q_{\max} = 2.2$ ,  $Q_{\min} = 0.6$ ) และวิธีการควบคุมกำลังที่เส้นอวิธีที่ 2 ( $Q_{\max} = 2.6$ ,  $Q_{\min} = 0.5$ ) โดยกำหนดให้ จำนวนบิตควบคุมกำลัง = 5 บิต, จำนวนสถานะเคลื่อนที่ = 12 สถานะ

#### 4.3 ผลของจำนวนสถานะเคลื่อนที่ที่มีต่อความน่าจะเป็นที่จะเกิดสัญญาณขาดหาย

พารามิเตอร์ที่ใช้ในการจำลองแบบเพื่อสังเกตผลของจำนวนสถานะเคลื่อนที่ที่มีต่อความน่าจะเป็นที่จะเกิดสัญญาณขาดหายมีดังนี้

1. Desired SIR เท่ากับ -12, -11 และ -10 dB
2. จำนวนบิตควบคุมกำลังเท่ากับ 5 บิต
3. ขอบเขตบนของการควอนไทซ์ ( $Q_{\max}$ ) เท่ากับ 2.2 และขอบเขตล่างของการควอนไทซ์ ( $Q_{\min}$ ) เท่ากับ 0.6 (กรณีวิธีการควบคุมกำลังที่เส้นอวิธีที่ 1)
4. ขอบเขตบนของการควอนไทซ์ ( $Q_{\max}$ ) เท่ากับ 2.6 และขอบเขตล่างของการควอนไทซ์ ( $Q_{\min}$ ) เท่ากับ 0.5 (กรณีวิธีการควบคุมกำลังแบบ CSOPC และวิธีการควบคุมกำลังที่เส้นอวิธีที่ 2)

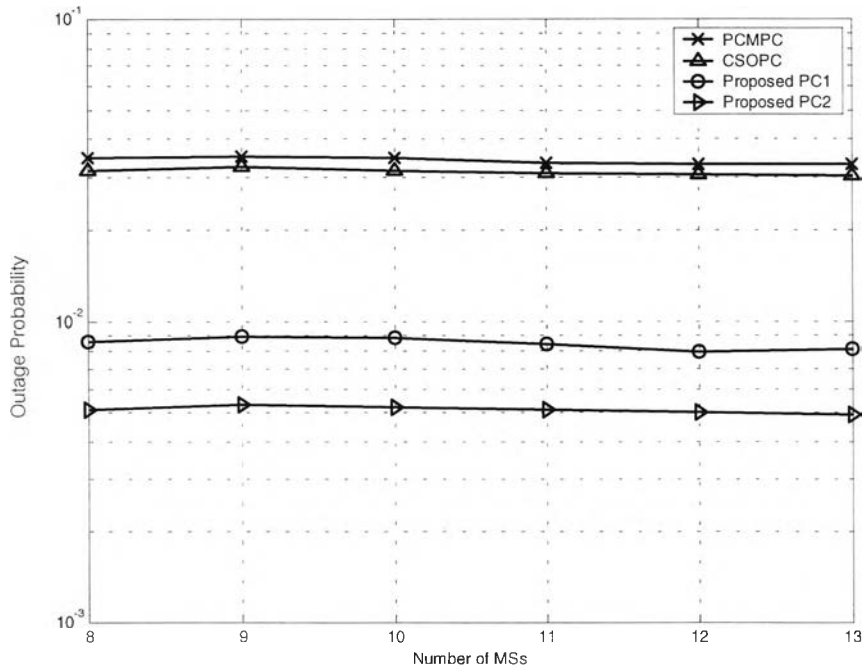
## 5. Step Size เท่ากับ 1 dB (กรณีวิธีการควบคุมกำลังแบบ PCMPC) [6]

ผู้วิจัยใช้ค่าพารามิเตอร์ที่ 1 เพื่อสังเกตผลของ Desired SIR ที่มีต่อความเป็น Feasibility และ Infeasibility ของระบบ ส่วนค่าพารามิเตอร์ที่ 2, 3 และ 4 เลือกจากค่าพารามิเตอร์ซึ่งทำให้ความน่าจะเป็นที่จะเกิดสัญญาณขาดหายของวิธี CSOPC, วิธีการควบคุมกำลังที่เสนอวิธีที่ 1 และ 2 ต่ำที่สุด ซึ่งจะแสดงไว้ในหัวข้อถัดไป และค่าพารามิเตอร์ที่ 4 ใช้ตามรายการอ้างอิงที่ [6]

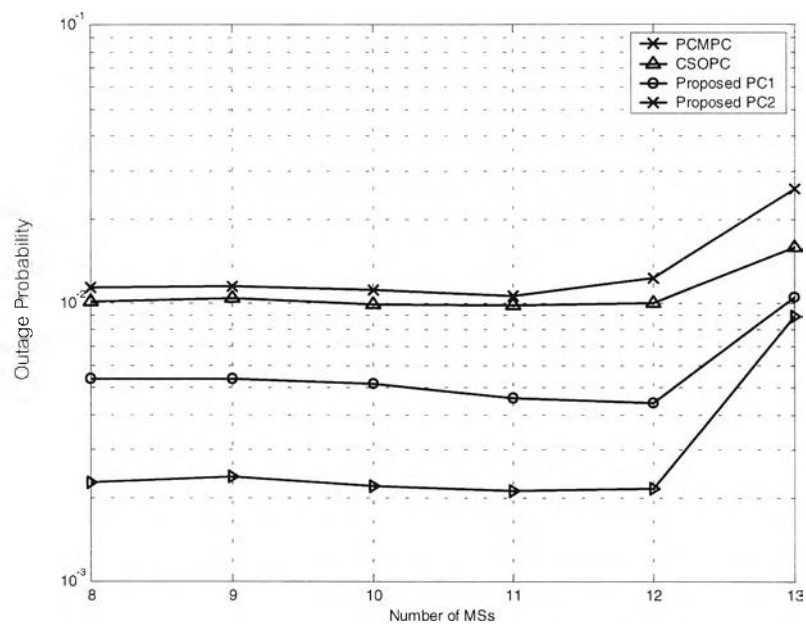
รูปที่ 4.8, 4.9 และ 4.10 แสดงความน่าจะเป็นที่จะเกิดสัญญาณขาดหายเทียบกับจำนวนสถานีเคลื่อนที่ของวิธีการควบคุมกำลังแบบ CSOPC, PCMPC, วิธีการควบคุมกำลังที่เสนอวิธีที่ 1 และวิธีการควบคุมกำลังที่เสนอวิธีที่ 2 กรณี Desired SIR เท่ากับ -12, -11 และ -10 dB ตามลำดับพบว่าความน่าจะเป็นที่จะเกิดสัญญาณขาดหายของวิธีการควบคุมกำลังวิธีที่ 2 มีค่าต่ำกว่าวิธี PCMPC, CSOPC และวิธีการควบคุมกำลังวิธีที่ 1 ที่ค่า Desired SIR ทุกค่า (-12, -11 และ -10 dB) และที่จำนวนสถานีเคลื่อนที่ทุกจำนวน (8 ถึง 13) เมื่อค่า Desired SIR เท่ากับ -12 dB โดยความน่าจะเป็นที่จะเกิดสัญญาณขาดหายของวิธีการควบคุมกำลังทั้ง 4 วิธีจะมีค่าเกือบคงที่เมื่อเทียบกับจำนวนสถานีเคลื่อนที่แต่ละจำนวน แต่เมื่อ Desired SIR มีค่าเท่ากับ -11 dB ความน่าจะเป็นที่จะเกิดสัญญาณขาดหายกรณีจำนวนสถานีเคลื่อนที่เท่ากับ 13 สถานีจะมีค่าสูงขึ้นทั้ง 4 วิธี และเมื่อ Desired SIR เท่ากับ -10 dB ความน่าจะเป็นที่จะเกิดสัญญาณขาดหายจะเพิ่มขึ้นเมื่อจำนวนสถานีเคลื่อนที่มากกว่า 10 สถานีขึ้นไป ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังรูปที่ 4.11 ดังนี้

รูปที่ 4.11 แสดงค่า SIR ที่มากที่สุดของระบบ ( $\gamma_{\max}$ ) เทียบกับจำนวนสถานีเคลื่อนที่ ซึ่งได้มาจากสมการที่ (4.1) ที่อธิบายไว้ข้างต้น ในรูปที่ 4.6 เมื่อ Desired SIR เท่ากับ -12 dB ซึ่งมีค่าน้อยกว่า  $\gamma_{\max}$  สำหรับจำนวนสถานีเคลื่อนที่ทุกจำนวน (8 ถึง 13) กล่าวคือระบบ Feasible ที่จำนวนสถานีเคลื่อนที่ทุกจำนวน ทำให้ค่า SIR ที่ได้รับที่สถานีฐานของสถานีเคลื่อนที่ทุกสถานีสามารถควบคุมให้เท่ากับ Desired SIR ได้ทำให้ความน่าจะเป็นที่จะเกิดสัญญาณขาดหายไม่ขึ้นกับจำนวนสถานีเคลื่อนที่เนื่องจากสถานีเคลื่อนที่ทุกจำนวนสามารถควบคุมกำลังเพื่อให้ค่า SIR มีค่าเท่ากับ Desired SIR ได้ แต่เมื่อ Desired SIR มีค่าเท่ากับ -11 dB ซึ่งมีค่ามากกว่า  $\gamma_{\max}$  กรณีที่จำนวนสถานีเคลื่อนที่เท่ากับ 13 สถานีซึ่งเท่ากับ -11.10 dB ระบบจะ Infeasible และทำให้ค่า SIR ของสถานีเคลื่อนที่บางสถานีไม่สามารถควบคุมให้ SIR เท่ากับ Desired SIR ได้เนื่องจากค่ากำลังที่ต้องการมีค่าน้อยกว่าศูนย์ ทำให้ความน่าจะเป็นที่จะเกิดสัญญาณขาดหายเมื่อจำนวนสถานีเคลื่อนที่เท่ากับ 13 สถานีมีค่าสูงเมื่อเทียบกับจำนวนสถานีเคลื่อนที่ค่าอื่นๆ ซึ่งน้อยกว่า 13 สถานีและเมื่อค่า Desired SIR เท่ากับ -10 dB ซึ่งมีค่ามากกว่า  $\gamma_{\max}$  กรณีที่จำนวนสถานีเคลื่อนที่เท่ากับ 10 ถึง 13 สถานี ระบบจึง Infeasible เมื่อจำนวนสถานีเคลื่อนที่เท่ากับ 10 สถานีขึ้นไป โดยที่  $\gamma_{\max}$  กรณีจำนวนสถานีเคลื่อนที่เท่ากับ 10 สถานีมีค่าเท่ากับ -10.07 dB ดังนั้นเมื่อจำนวนสถานีเคลื่อนที่เท่า

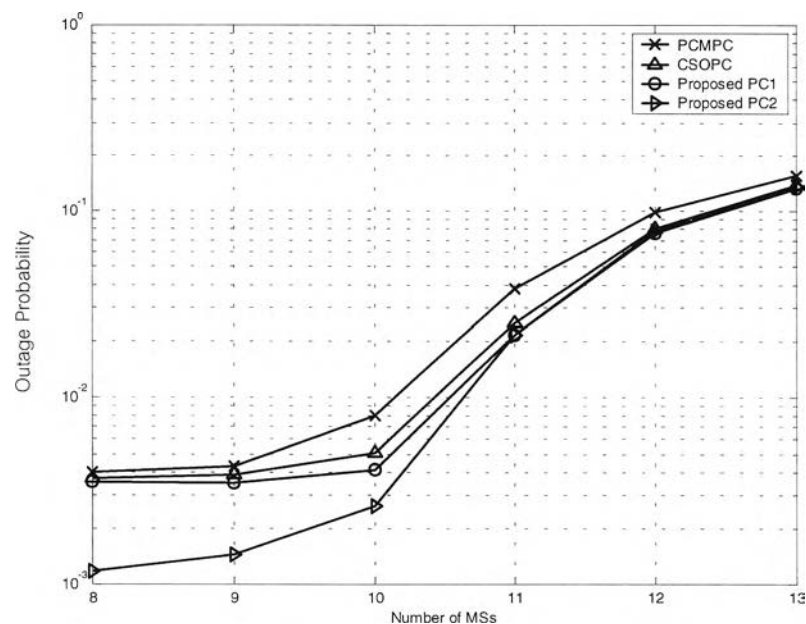
กับ 10 สถานีขึ้นไประบบจึง Infeasible ทำให้ค่า SIR ของสถานีเคลื่อนที่บางสถานีไม่สามารถควบคุมให้เท่ากับ Desired SIR และการควบคุมค่า SIR จะเลวลงเมื่อจำนวนสถานีเคลื่อนที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากผลต่างระหว่าง Desired SIR และ  $\gamma_{\max}$  จะเพิ่มขึ้นเมื่อจำนวนสถานีเคลื่อนที่เพิ่มขึ้น ทำให้ความน่าจะเป็นที่จะเกิดสัญญาณขาดหายเมื่อจำนวนสถานีเคลื่อนที่เท่ากับ 10 สถานีขึ้นไปมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับจำนวนสถานีเคลื่อนที่ที่เพิ่มขึ้น



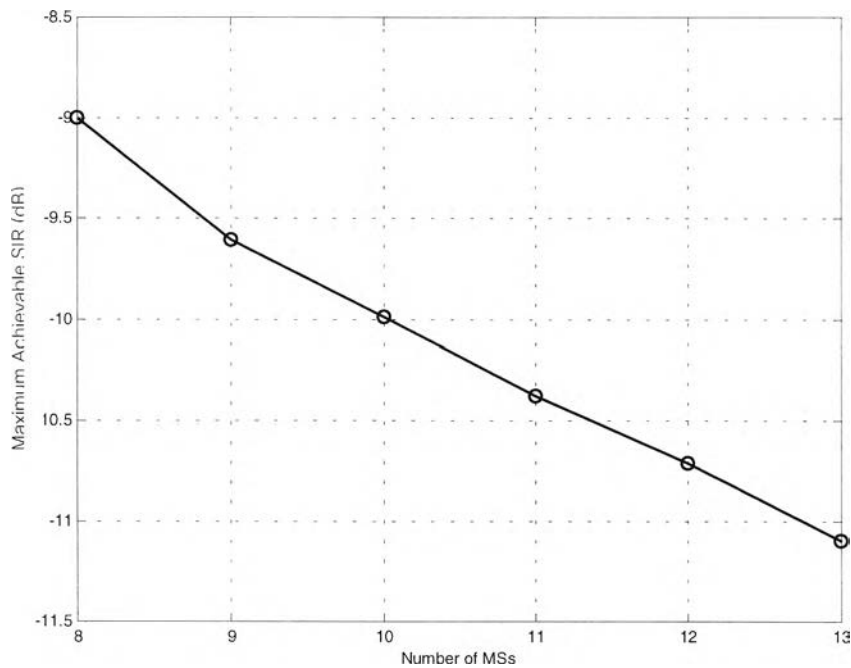
รูปที่ 4.8 ความน่าจะเป็นที่จะเกิดสัญญาณขาดหายเทียบกับจำนวนสถานีเคลื่อนที่ของวิธีการควบคุมกำลังแบบ CSOPC ( $Q_{\max} = 2.6$ ,  $Q_{\min} = 0.5$ ), PCMPC (Step Size = 1 dB) วิธีการควบคุมกำลังที่เสนอวิธีที่ 1 ( $Q_{\max} = 2.2$ ,  $Q_{\min} = 0.6$ ) และวิธีการควบคุมกำลังที่เสนอวิธีที่ 2 ( $Q_{\max} = 2.6$ ,  $Q_{\min} = 0.5$ ) โดยกำหนดให้ค่า Desired SIR = -12 dB, จำนวนบิตควบคุมกำลัง = 5 บิต



รูปที่ 4.9 ความน่าจะเป็นที่จะเกิดสัญญาณขาดหายเทียบกับจำนวนสถานีเคลื่อนที่ของวิธีการควบคุมกำลังแบบ CSOPC ( $Q_{\max} = 2.6$ ,  $Q_{\min} = 0.5$ ), PCMPC (Step Size = 1 dB), วิธีการควบคุมกำลังที่เสนอวิธีที่ 1 ( $Q_{\max} = 2.2$ ,  $Q_{\min} = 0.6$ ) และวิธีการควบคุมกำลังที่เสนอวิธีที่ 2 ( $Q_{\max} = 2.6$ ,  $Q_{\min} = 0.5$ ) โดยกำหนดให้ Desired SIR = -11 dB, จำนวนบิตควบคุมกำลัง = 5 บิต



รูปที่ 4.10 ความน่าจะเป็นที่จะเกิดสัญญาณขาดหายเทียบกับจำนวนสถานีเคลื่อนที่ของวิธีการควบคุมกำลังแบบ CSOPC ( $Q_{\max} = 2.6$ ,  $Q_{\min} = 0.5$ ), PCMPC (Step Size = 1 dB), วิธีการควบคุมกำลังที่เสนอวิธีที่ 1 ( $Q_{\max} = 2.2$ ,  $Q_{\min} = 0.6$ ) และวิธีการควบคุมกำลังที่เสนอวิธีที่ 2 ( $Q_{\max} = 2.6$ ,  $Q_{\min} = 0.5$ ) โดยกำหนดให้ Desired SIR = -10 dB, จำนวนบิตควบคุมกำลัง = 5 บิต



รูปที่ 4.11 ค่า SIR ที่มากที่สุดของระบบเทียบกับจำนวนสถานีเคลื่อนที่

#### 4.4 ผลของจำนวนบิตควบคุมกำลังที่มีต่อความน่าจะเป็นที่จะเกิดสัญญาณขาดหาย

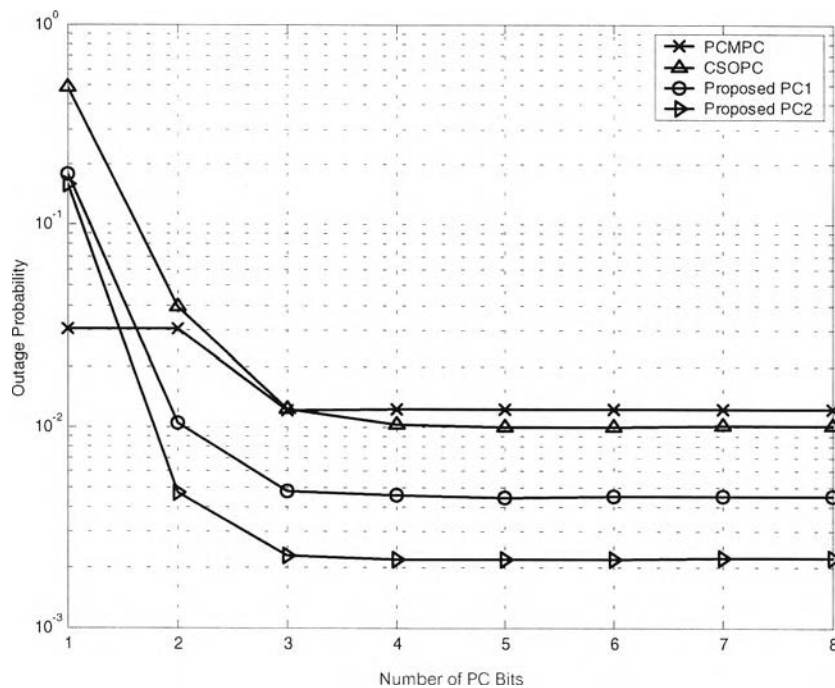
พารามิเตอร์ที่ใช้ในการจำลองแบบเพื่อสังเกตผลของจำนวนบิตควบคุมกำลังที่มีต่อความน่าจะเป็นที่จะเกิดสัญญาณขาดหายมีดังนี้

1. จำนวนสถานีเคลื่อนที่เท่ากับ 12 สถานี
2. Desired SIR เท่ากับ  $-11$  dB
3. ขอบเขตบนของการควอนไทซ์ ( $Q_{max}$ ) เท่ากับ 2.2 และขอบเขตล่างของการควอนไทซ์ ( $Q_{min}$ ) เท่ากับ 0.6 (กรณีวิธีการควบคุมกำลังที่เสนอวิธีที่ 1)
4. ขอบเขตบนของการควอนไทซ์ ( $Q_{max}$ ) เท่ากับ 2.6 และขอบเขตล่างของการควอนไทซ์ ( $Q_{min}$ ) เท่ากับ 0.5 (กรณีวิธีการควบคุมกำลังแบบ CSOPC และวิธีการควบคุมกำลังที่เสนอวิธีที่ 2)
5. Step Size เท่ากับ 1 dB (กรณีวิธีการควบคุมกำลังแบบ PCMPC) [6]

ค่าพารามิเตอร์ที่ 1 เลือกจากจำนวนสถานีเคลื่อนที่ซึ่งมีค่าเท่ากับ 8 ถึง 13 สถานีมา 1 ค่าพารามิเตอร์ที่ 2, 3 และ 4 เลือกจากค่าซึ่งทำให้ความน่าจะเป็นที่จะเกิดสัญญาณขาดหายของ

วิธี CSOPC และวิธีการควบคุมกำลังที่เสนอวิธีที่ 1 และ 2 กรณีจำนวนสถานีเคลื่อนที่เท่ากับ 12 สถานีมีค่าต่ำที่สุด ค่าพารามิเตอร์ที่ 5 ใช้ตามรายการอ้างอิงที่ [6]

รูปที่ 4.12 แสดงความน่าจะเป็นที่จะเกิดสัญญาณขาดหายเทียบกับจำนวนบิตควบคุมกำลังกำลังของวิธี CSOPC, PCMPC, วิธีการควบคุมกำลังที่เสนอวิธีที่ 1 และวิธีการควบคุมกำลังที่เสนอวิธีที่ 2 พบว่าวิธีการควบคุมกำลังที่เสนอวิธีที่ 2 มีความน่าจะเป็นที่จะเกิดสัญญาณขาดหายต่ำกว่าวิธี CSOPC และวิธีการควบคุมกำลังที่เสนอวิธีที่ 1 ที่จำนวนบิตควบคุมกำลังทุกจำนวน และต่ำกว่าวิธี PCMPC กรณีที่จำนวนบิตควบคุมกำลังมากกว่า 1 บิตขึ้นไป โดยจำนวนบิตควบคุมกำลังที่ทำให้วิธีควบคุมกำลังที่เสนอเท่ากับ 5 บิตเป็นค่าต่ำที่สุดที่ทำให้ความน่าจะเป็นที่จะเกิดสัญญาณขาดหายมีค่าต่ำที่สุด เมื่อจำนวนบิตควบคุมกำลังมากกว่า 5 บิต ความน่าจะเป็นที่จะเกิดสัญญาณขาดหายไม่ลดลงอีก แสดงว่าผลของค่าผิดพลาดจากการควอนไทซ์ (Quantization error) ถูกชดเชยจนไม่มีผลต่อความน่าจะเป็นที่จะเกิดสัญญาณขาดหายเมื่อใช้จำนวนบิตควบคุมกำลังเท่ากับ 5 บิตขึ้นไป จำนวนบิตควบคุมกำลังเท่ากับ 5 บิตจึงเป็นจำนวนบิตควบคุมกำลังที่เหมาะสมที่สุดสำหรับวิธีที่เสนอวิธีที่ 1 และ 2



รูปที่ 4.12 ความน่าจะเป็นที่จะเกิดสัญญาณขาดหายเทียบกับจำนวนบิตควบคุมกำลัง ของวิธี CSOPC ( $Q_{\max} = 2.6$ ,  $Q_{\min} = 0.5$ ), PCMPC (Step Size = 1 dB), วิธีการควบคุมกำลังที่เสนอวิธีที่ 1 ( $Q_{\max} = 2.2$ ,  $Q_{\min} = 0.6$ ) และวิธีการควบคุมกำลังที่เสนอวิธีที่ 2 ( $Q_{\max} = 2.6$ ,  $Q_{\min} = 0.5$ ) โดยกำหนดให้ Desired SIR = -11 dB, จำนวนสถานีเคลื่อนที่ = 12 สถานี

#### 4.5 ผลของขอบเขตบนของการควอนไตซ์ ( $Q_{max}$ ) ที่มีต่อความน่าจะเป็นที่จะเกิดสัญญาณขาดหายของวิธี CSOPC, วิธีการควบคุมกำลังที่เสนอวิธีที่ 1 และ 2

พารามิเตอร์ที่ใช้ในการจำลองแบบเพื่อสังเกตผลของขอบเขตบนของการควอนไตซ์ ( $Q_{max}$ ) ที่มีต่อความน่าจะเป็นที่จะเกิดสัญญาณขาดหายมีดังนี้

1. จำนวนสถานีเคลื่อนที่เท่ากับ 12 สถานี
2. Desired SIR เท่ากับ  $-11$  dB
3. จำนวนบิตควบคุมกำลังเท่ากับ 5 บิต
4. ขอบเขตล่างของการควอนไตซ์ ( $Q_{min}$ ) เท่ากับ 0.4, 0.9, 0.1, 0.5 และ  $1/Q_{max}$  (กรณีวิธี CSOPC)
5. ขอบเขตล่างของการควอนไตซ์ ( $Q_{min}$ ) เท่ากับ 0.6, 0.1, 0.5 และ  $1/Q_{max}$  (กรณีวิธีการควบคุมกำลังที่เสนอวิธีที่ 1)
6. ขอบเขตล่างของการควอนไตซ์ ( $Q_{min}$ ) เท่ากับ 0.4, 0.1, 0.5 และ  $1/Q_{max}$  (กรณีวิธีการควบคุมกำลังที่เสนอวิธีที่ 2)

ค่าพารามิเตอร์ที่ 1 เลือกจากจำนวนสถานีเคลื่อนที่ซึ่งมีค่าเท่ากับ 8 ถึง 13 สถานีมา 1 ค่าพารามิเตอร์ที่ 2 และ 3 เลือกจากค่าซึ่งทำให้ความน่าจะเป็นที่จะเกิดสัญญาณขาดหายกรณีจำนวนสถานีเคลื่อนที่เท่ากับ 12 สถานีมีค่าต่ำที่สุด ค่าพารามิเตอร์ที่ 4 และ 5 เลือกแบบสุ่มจากตัวเลขซึ่งอยู่ในช่วง  $(0, 1)$  เนื่องจากคำสั่งที่ส่งจากสถานีฐานคือค่าควอนไตซ์ของ  $\frac{P_d(t+Td)}{P_d(t)}$  ดังนั้นขอบเขตล่างของการควอนไตซ์ ( $Q_{min}$ ) ที่มีผลต่อการปรับกำลังของสถานีเคลื่อนที่ให้ลดลงจึงมีค่าอยู่ในช่วง  $(0, 1)$

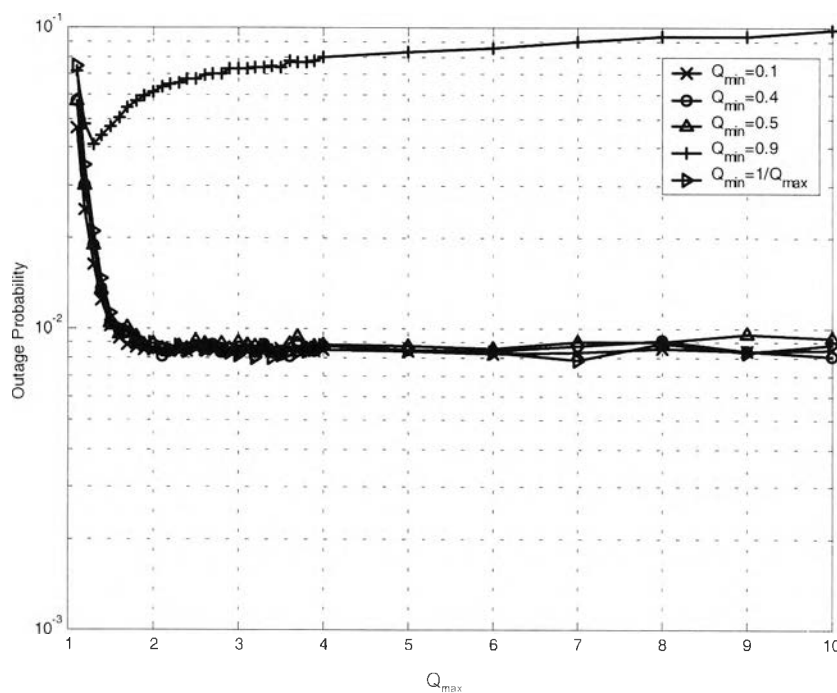
รูปที่ 4.13 แสดงความน่าจะเป็นที่จะเกิดสัญญาณขาดหายเทียบกับขอบเขตบนของการควอนไตซ์ ( $Q_{max}$ ) ของวิธี CSOPC เพื่อทำการหาค่า  $Q_{max}$  ที่เหมาะสมที่สุดซึ่งทำให้ความน่าจะเป็นที่จะเกิดสัญญาณขาดหายมีค่าต่ำที่สุด ซึ่งพบว่าเมื่อ  $Q_{min}$  เท่ากับ 0.9 ความน่าจะเป็นที่จะเกิดสัญญาณขาดหายจะมีค่าสูง และ  $Q_{max}$  ของวิธี CSOPC ให้ความน่าจะเป็นที่จะเกิดสัญญาณขาดหายมีค่าต่ำที่สุดเมื่อ  $Q_{max}$  อยู่ในช่วง  $[2, 10]$  เมื่อค่า  $Q_{min}$  เท่ากับ 0.4, 0.1, 0.5 และ  $1/Q_{max}$

รูปที่ 4.14, 4.15 และ 4.16 แสดงความน่าจะเป็นที่จะเกิดสัญญาณขาดหายเทียบกับขอบเขตบนของการควอนไตซ์ ( $Q_{max}$ ) ของวิธีการควบคุมกำลังที่เสนอวิธีที่ 1 เพื่อทำการหาค่า  $Q_{max}$  ที่เหมาะสมที่สุดซึ่งทำให้ความน่าจะเป็นที่จะเกิดสัญญาณขาดหายมีค่าต่ำที่สุด ซึ่งพบว่า  $Q_{max}$  เท่ากับ

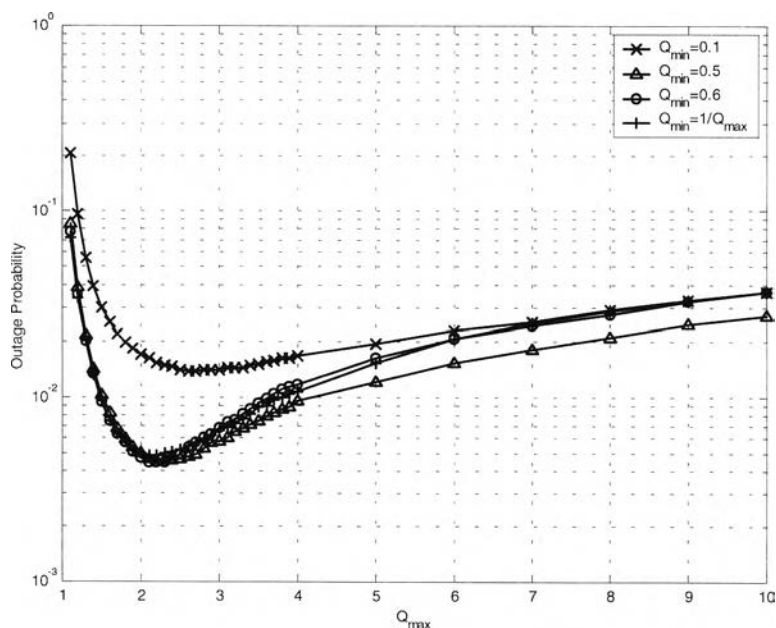


2.2 เมื่อ  $Q_{\min}$  เท่ากับ 0.6 เป็นค่าที่เหมาะสมที่สุดเนื่องจากทำให้ความน่าจะเป็นที่จะเกิดสัญญาณขาดหายมีค่าต่ำที่สุด

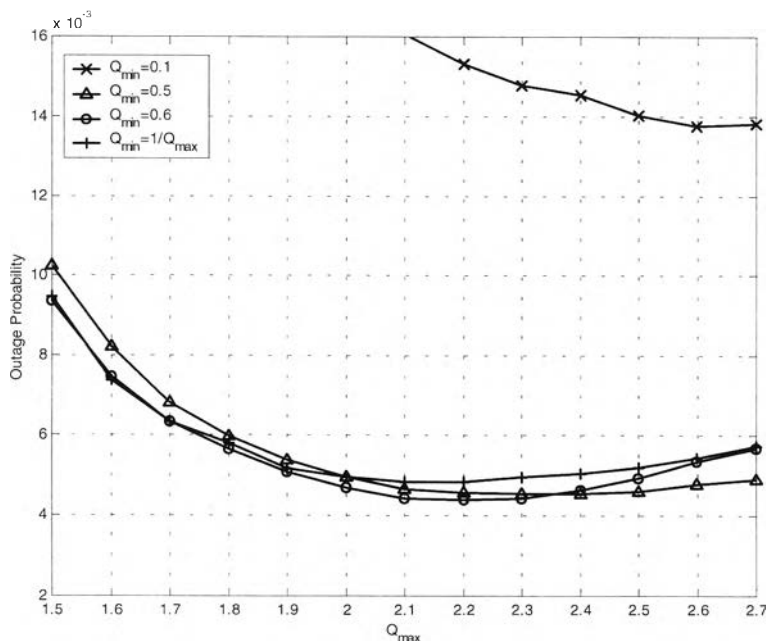
รูปที่ 4.17, 4.18 และ 4.19 แสดงความน่าจะเป็นที่จะเกิดสัญญาณขาดหายเทียบกับขอบเขตบนของการควอนไทล์ ( $Q_{\max}$ ) ของวิธีการควบคุมกำลังที่เสนอวิธีที่ 2 เพื่อทำการหาค่า  $Q_{\max}$  ที่เหมาะสมที่สุดซึ่งทำให้ความน่าจะเป็นที่จะเกิดสัญญาณขาดหายมีค่าต่ำที่สุด ซึ่งพบว่า  $Q_{\max}$  เท่ากับ 2.6 เมื่อ  $Q_{\min}$  เท่ากับ 0.5 เป็นค่าที่เหมาะสมที่สุดเนื่องจากทำให้ความน่าจะเป็นที่จะเกิดสัญญาณขาดหายมีค่าต่ำที่สุด



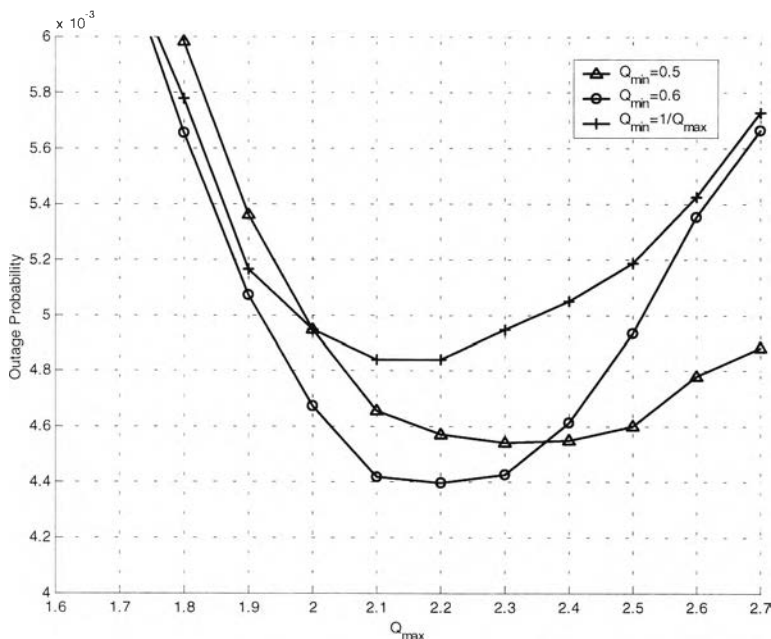
รูปที่ 4.13 ความน่าจะเป็นที่จะเกิดสัญญาณขาดหายเทียบกับขอบเขตบนของการควอนไทล์ ( $Q_{\max}$ ) โดยการใช้ขอบเขตล่างของการควอนไทล์ ( $Q_{\min}$ ) ต่างๆ กันเท่ากับ 0.4, 0.9, 0.1, 0.5 และ  $1/Q_{\max}$  ของวิธี CSOPC โดยกำหนดให้ Desired SIR = -11 dB, จำนวนสถานีเคลื่อนที่ = 12 สถานี, จำนวนบิตควบคุมกำลัง = 5 บิต



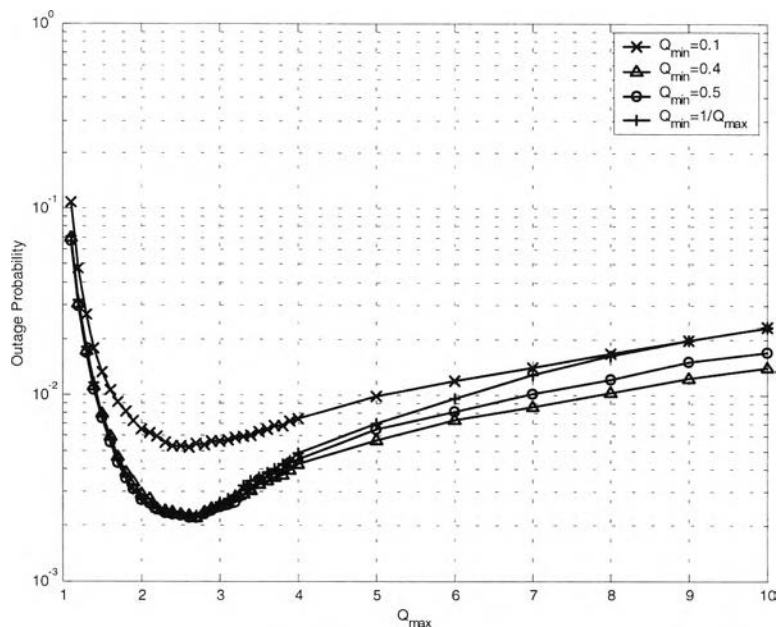
รูปที่ 4.14 ความน่าจะเป็นที่จะเกิดสัญญาณขาดหายเทียบกับขอบเขตบนของการควอนไทซ์ ( $Q_{max}$ ) โดยการใช้ขอบเขตล่างของการควอนไทซ์ ( $Q_{min}$ ) ต่างๆ กันเท่ากับ 0.6, 0.1, 0.5 และ  $1/Q_{max}$  ของวิธีการควบคุมกำลังที่เสนอวิธีที่ 1 โดยกำหนดให้ Desired SIR = -11 dB, จำนวนสถานีเคลื่อนที่ = 12 สถานี, จำนวนบิตควบคุมกำลัง = 5 บิต



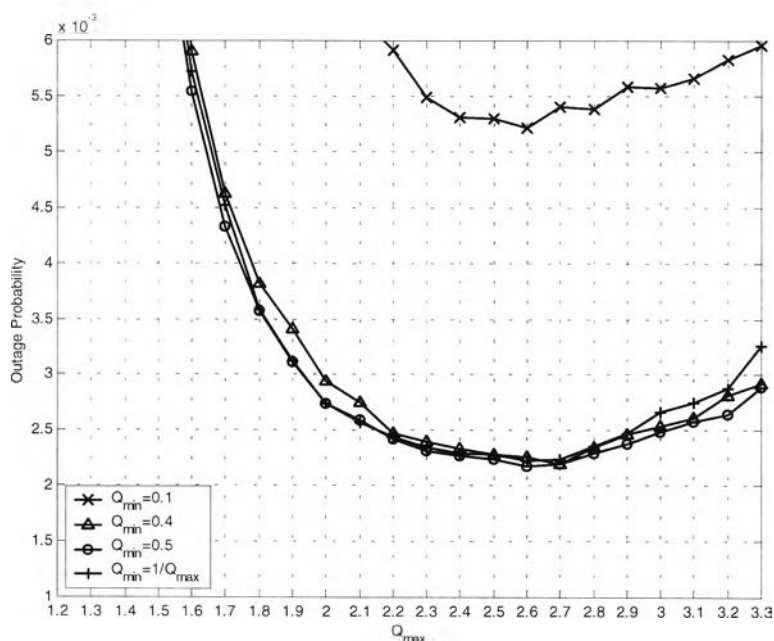
รูปที่ 4.15 ความน่าจะเป็นที่จะเกิดสัญญาณขาดหายเทียบกับขอบเขตบนของการควอนไทซ์ ( $Q_{max}$ ) โดยการใช้ขอบเขตล่างของการควอนไทซ์ ( $Q_{min}$ ) ต่างๆ กันเท่ากับ 0.6, 0.1, 0.5 และ  $1/Q_{max}$  ของวิธีการควบคุมกำลังที่เสนอวิธีที่ 1 โดยกำหนดให้ Desired SIR = -11 dB, จำนวนสถานีเคลื่อนที่ = 12 สถานี, จำนวนบิตควบคุมกำลัง = 5 บิต (รูปขยายของรูปที่ 4.14)



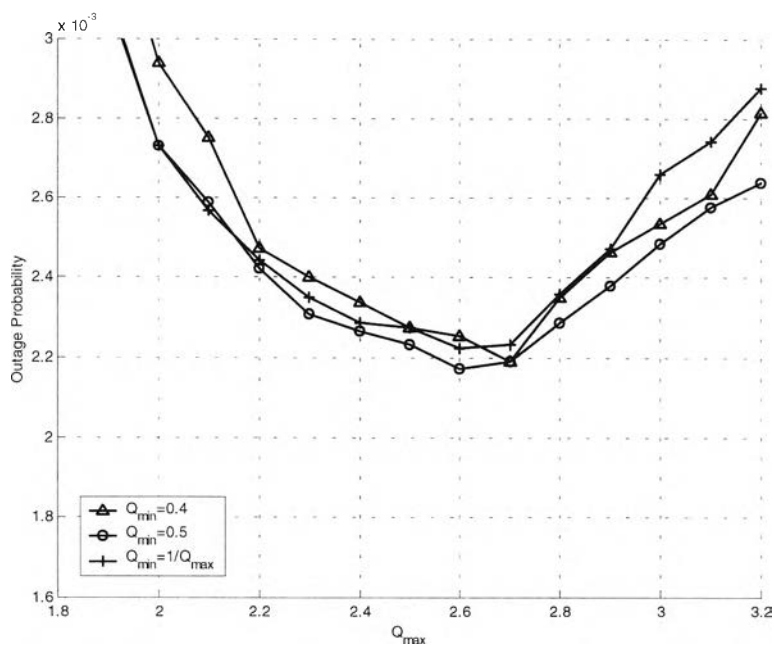
รูปที่ 4.16 ความน่าจะเป็นที่จะเกิดสัญญาณขาดหายเทียบกับขอบเขตบนของการควอนไทซ์ ( $Q_{max}$ ) เมื่อขอบเขตล่างของการควอนไทซ์ ( $Q_{min}$ ) = 0.6, 0.1, 0.5 และ  $1/Q_{max}$  ของวิธีการควบคุมกำลังที่ เสนอวิธีที่ 1 โดยกำหนดให้ Desired SIR = -11 dB, จำนวนสถานีเคลื่อนที่ = 12 สถานี, จำนวนบิต ควบคุมกำลัง = 5 บิต (รูปขยายของรูปที่ 4.14)



รูปที่ 4.17 ความน่าจะเป็นที่จะเกิดสัญญาณขาดหายเทียบกับขอบเขตบนของการควอนไทซ์ ( $Q_{max}$ ) โดยการใช้ขอบเขตล่างของการควอนไทซ์ ( $Q_{min}$ ) ต่างๆ กันเท่ากับ 0.4, 0.1, 0.5 และ  $1/Q_{max}$  ของวิธีการ ควบคุมกำลังที่ เสนอวิธีที่ 2 โดยกำหนดให้ Desired SIR = -11 dB, จำนวนสถานีเคลื่อนที่ = 12 สถานี, จำนวนบิตควบคุมกำลัง = 5 บิต



รูปที่ 4.18 ความน่าจะเป็นที่จะเกิดสัญญาณขาดหายเทียบกับขอบเขตบนของการควอนไทล์ ( $Q_{max}$ ) โดยการใช้ขอบเขตล่างของการควอนไทล์ ( $Q_{min}$ ) ต่างๆ กันเท่ากับ 0.4, 0.1, 0.5 และ  $1/Q_{max}$  ของวิธีการควบคุมกำลังที่เสนอวิธีที่ 2 โดยกำหนดให้ Desired SIR = -11dB, จำนวนสถานีเคลื่อนที่ = 12 สถานี, จำนวนบิตควบคุมกำลัง = 5 บิต (รูปขยายของรูปที่ 4.17)



รูปที่ 4.19 ความน่าจะเป็นที่จะเกิดสัญญาณขาดหายเทียบกับขอบเขตบนของการควอนไทล์ ( $Q_{max}$ ) โดยการใช้ขอบเขตล่างของการควอนไทล์ ( $Q_{min}$ ) ต่างๆ กันเท่ากับ 0.4, 0.5 และ  $1/Q_{max}$  ของวิธีการควบคุมกำลังที่เสนอวิธีที่ 2 โดยกำหนดให้ Desired SIR = -11 dB, จำนวนสถานีเคลื่อนที่ = 12 สถานี, จำนวนบิตควบคุมกำลัง = 5 บิต (รูปขยายของรูปที่ 4.17)

#### 4.6 ผลของขอบเขตล่างของการควอนไทซ์ ( $Q_{\min}$ ) ที่มีต่อความน่าจะเป็นที่จะเกิดสัญญาณขาดหาย

พารามิเตอร์ที่ใช้ในการจำลองแบบเพื่อสังเกตผลของขอบเขตล่างของการควอนไทซ์ ( $Q_{\min}$ ) ที่มีต่อความน่าจะเป็นที่จะเกิดสัญญาณขาดหายมีดังนี้

1. จำนวนสถานีเคลื่อนที่เท่ากับ 12 สถานี
2. Desired SIR เท่ากับ  $-11$  dB
3. จำนวนบิตควบคุมกำลังเท่ากับ 5 บิต
4. ขอบเขตบนของการควอนไทซ์ ( $Q_{\max}$ ) เท่ากับ 1.5, 2, 2.1, 10 และ  $1/Q_{\min}$  (กรณีวิธี CSOPC)
5. ขอบเขตบนของการควอนไทซ์ ( $Q_{\max}$ ) เท่ากับ 1.5, 2, 10 และ  $1/Q_{\min}$  (กรณีวิธีการควบคุมกำลังที่เสนอวิธีที่ 1)
6. ขอบเขตบนของการควอนไทซ์ ( $Q_{\min}$ ) เท่ากับ 1.5, 2, 2.6, 10 และ  $1/Q_{\min}$  (กรณีวิธีการควบคุมกำลังที่เสนอวิธีที่ 2)

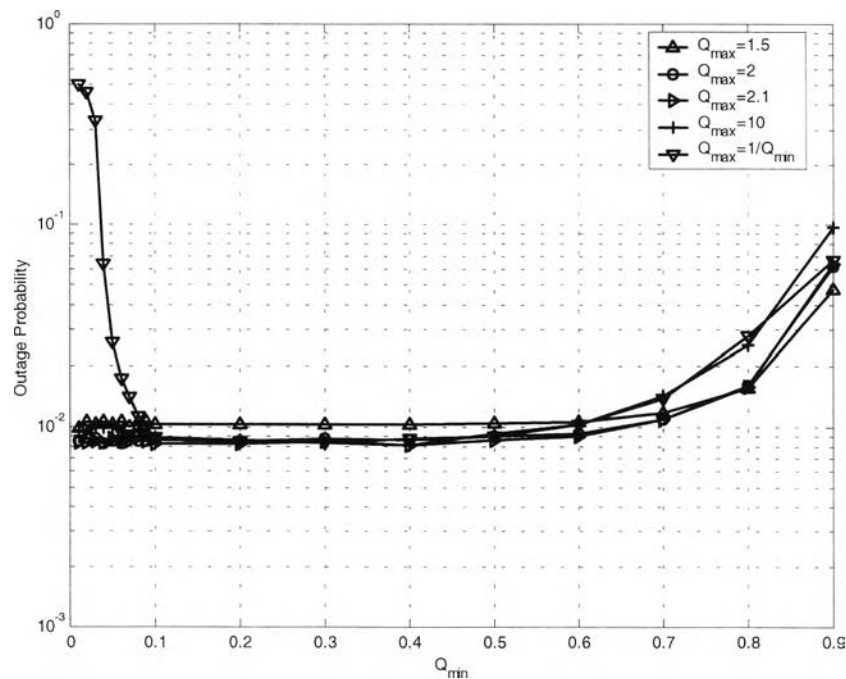
ค่าพารามิเตอร์ที่ 1 เลือกจากจำนวนสถานีเคลื่อนที่ซึ่งมีค่าเท่ากับ 8 ถึง 13 สถานีมา 1 ค่าพารามิเตอร์ที่ 2 และ 3 เลือกจากค่าซึ่งทำให้ความน่าจะเป็นที่จะเกิดสัญญาณขาดหายกรณีจำนวนสถานีเคลื่อนที่เท่ากับ 12 สถานีมีค่าต่ำที่สุด ค่าพารามิเตอร์ที่ 4 และ 5 เลือกแบบสุ่มจากตัวเลขซึ่งอยู่ในช่วง  $(1, \infty)$  เนื่องจากค่าส่งที่ส่งจากสถานีฐานคือค่าควอนไทซ์ของ  $\frac{P_d(t+Td)}{P_d(t)}$  ดังนั้นขอบเขตบนของการควอนไทซ์ ( $Q_{\max}$ ) ที่มีผลกับการปรับกำลังของสถานีเคลื่อนที่ให้เพิ่มขึ้นจึงมีค่าอยู่ในช่วง  $(1, \infty)$

รูปที่ 4.20 แสดงความน่าจะเป็นที่จะเกิดสัญญาณขาดหายเทียบกับขอบเขตล่างของการควอนไทซ์ ( $Q_{\min}$ ) ของวิธี CSOPC เพื่อทำการหาค่า  $Q_{\min}$  ที่เหมาะสมที่สุดที่ทำให้ความน่าจะเป็นที่จะเกิดสัญญาณขาดหายมีค่าต่ำที่สุด ซึ่งพบว่าค่า  $Q_{\min}$  ของวิธี CSOPC ทำให้ความน่าจะเป็นที่จะเกิดสัญญาณขาดหายมีค่าต่ำที่สุดเมื่อ  $Q_{\min}$  มีค่าอยู่ในช่วง  $[0.1, 0.6]$  โดย  $Q_{\max}$  เท่ากับ 2, 2.1 และ 10 และเมื่อ  $Q_{\min}$  มีค่าอยู่ในช่วง  $[0.1, 0.5]$  โดย  $Q_{\max} = 1/Q_{\min}$  จะให้ความน่าจะเป็นที่จะเกิดสัญญาณขาดหายต่ำกว่าเมื่อ  $Q_{\max}$  เท่ากับ 1.5 ซึ่งสอดคล้องกับการจำลองแบบเพื่อสังเกตผลของค่า  $Q_{\min}$  ที่มีต่อความน่าจะเป็นที่จะเกิดสัญญาณขาดหายที่มีค่า  $Q_{\max}$  ที่เหมาะสมที่สุดอยู่ในช่วง  $[2, 10]$  สังเกตได้จากกรณีใช้ค่า  $Q_{\max} = 1/Q_{\min}$  และเมื่อ  $Q_{\min} = 0.6$ ,  $Q_{\max} = 1/Q_{\min} = 1/0.6 = 1.67 < 2$  มีความน่าจะเป็น

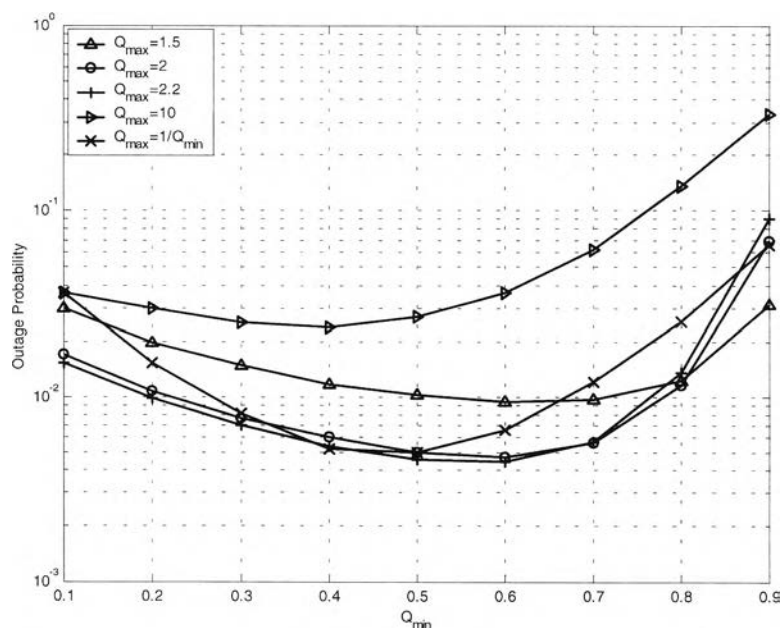
เป็นที่เกิดสัญญาณขาดหายสูงขึ้นจากเมื่อกรณี  $Q_{\min} = [0.1, 0.5]$  ดังนั้นสรุปว่าวิธี CSOPC สามารถใช้ค่า  $Q_{\max}$  ได้ในช่วง  $[2, 10]$  และ  $Q_{\min}$  ในช่วง  $[0.1, 0.5]$

รูปที่ 4.21 และ 4.22 แสดงความน่าจะเป็นที่จะเกิดสัญญาณขาดหายเทียบกับขอบเขตล่างของการควอนไทล์ ( $Q_{\min}$ ) ของวิธีการควบคุมกำลังที่เสนอวิธีที่ 1 เพื่อทำการหาค่า  $Q_{\min}$  ที่เหมาะสมที่สุดที่ทำให้ความน่าจะเป็นที่จะเกิดสัญญาณขาดหายมีค่าต่ำที่สุด ซึ่งพบว่าค่า  $Q_{\min}$  ที่เหมาะสมที่สุดคือ 0.6 เมื่อ  $Q_{\max}$  เท่ากับ 2.2 เนื่องจากทำให้ความน่าจะเป็นที่จะเกิดสัญญาณขาดหายมีค่าต่ำที่สุด

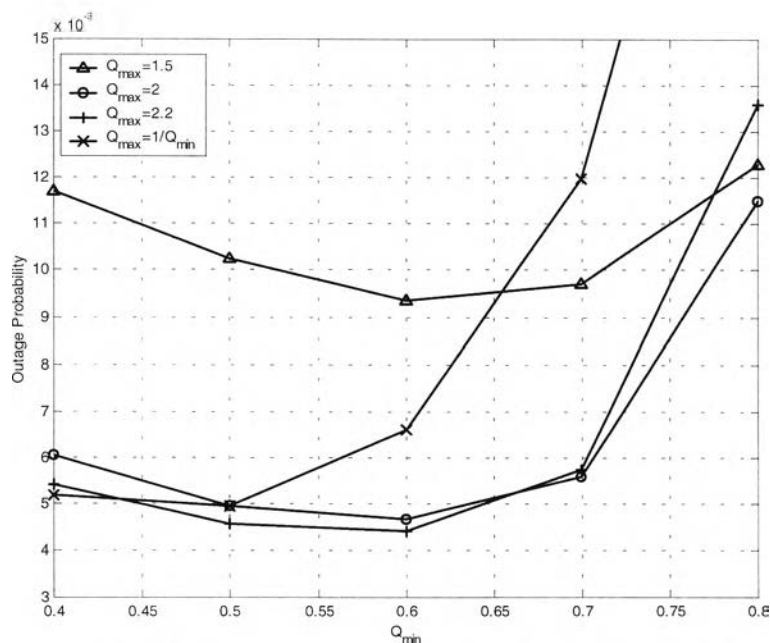
รูปที่ 4.23 และ 4.24 แสดงความน่าจะเป็นที่จะเกิดสัญญาณขาดหายเทียบกับขอบเขตล่างของการควอนไทล์ ( $Q_{\min}$ ) ของวิธีการควบคุมกำลังที่เสนอวิธีที่ 2 เพื่อทำการหาค่า  $Q_{\min}$  ที่เหมาะสมที่สุดที่ทำให้ความน่าจะเป็นที่จะเกิดสัญญาณขาดหายมีค่าต่ำที่สุด ซึ่งพบว่าค่า  $Q_{\min}$  ที่เหมาะสมที่สุดคือ 0.5 เมื่อ  $Q_{\max}$  เท่ากับ 2.6 เนื่องจากทำให้ความน่าจะเป็นที่จะเกิดสัญญาณขาดหายมีค่าต่ำที่สุด



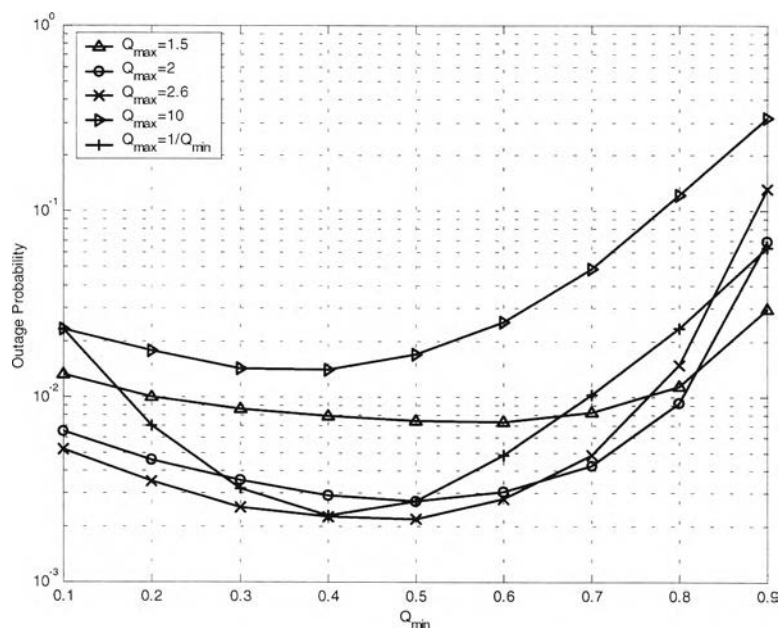
รูปที่ 4.20 ความน่าจะเป็นที่จะเกิดสัญญาณขาดหายเทียบกับขอบเขตล่างของการควอนไทล์ ( $Q_{\min}$ ) เมื่อขอบเขตบนของการควอนไทล์ ( $Q_{\max}$ ) = 1.5, 2, 2.1, 10 และ  $1/Q_{\min}$  ของวิธี CSOPC โดยกำหนดให้ Desired SIR = -11 dB, จำนวนสถานีเคลื่อนที่ = 12 สถานี, จำนวนบิตควบคุมกำลัง=5 บิต



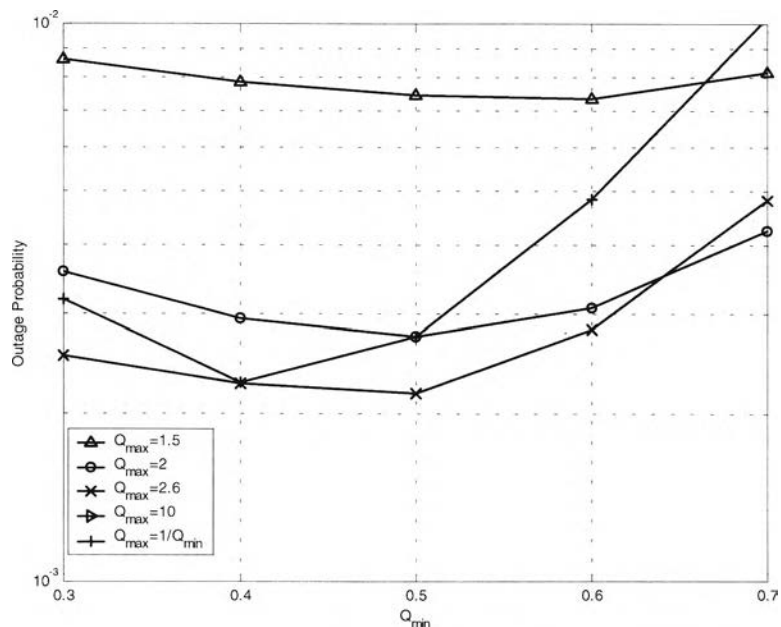
รูปที่ 4.21 ความน่าจะเป็นที่จะเกิดสัญญาณขาดหายเทียบกับขอบเขตล่างของการควอนไทล์ ( $Q_{min}$ ) เมื่อขอบเขตบนของการควอนไทล์ ( $Q_{max}$ ) = 1.5, 2, 10 และ  $1/Q_{min}$  ของวิธีการควบคุมกำลังที่เสนอวิธีที่ 1 โดยกำหนดให้ Desired SIR = -11 dB, จำนวนสถานีเคลื่อนที่ = 12 สถานี, จำนวนบิตควบคุมกำลัง = 5 บิต



รูปที่ 4.22 ความน่าจะเป็นที่จะเกิดสัญญาณขาดหายเทียบกับขอบเขตล่างของการควอนไทล์ ( $Q_{min}$ ) เมื่อขอบเขตบนของการควอนไทล์ ( $Q_{max}$ ) = 1.5, 2, 10 และ  $1/Q_{min}$  ของวิธีการควบคุมกำลังที่เสนอวิธีที่ 1 โดยกำหนดให้ Desired SIR = -11 dB, จำนวนสถานีเคลื่อนที่ = 12 สถานี, จำนวนบิตควบคุมกำลัง = 5 บิต (รูปขยายของรูปที่ 4.21)



รูปที่ 4.23 ความน่าจะเป็นที่จะเกิดสัญญาณขาดหายเทียบกับขอบเขตล่างของการควอนไทซ์ ( $Q_{min}$ ) เมื่อขอบเขตบนของการควอนไทซ์ ( $Q_{max}$ ) = 1.5, 2, 2.6, 10 และ  $1/Q_{min}$  ของวิธีการควบคุมกำลังที่ เสนอวิธีที่ 2 โดยกำหนดให้ Desired SIR = -11 dB, จำนวนสถานีเคลื่อนที่ = 12 สถานี, จำนวนบิต ควบคุมกำลัง = 5 บิต



รูปที่ 4.24 ความน่าจะเป็นที่จะเกิดสัญญาณขาดหายเทียบกับขอบเขตล่างของการควอนไทซ์ ( $Q_{min}$ ) เมื่อขอบเขตบนของการควอนไทซ์ ( $Q_{max}$ ) = 1.5, 2, 2.6, 10 และ  $1/Q_{min}$  ของวิธีการควบคุมกำลังที่ เสนอวิธีที่ 2 โดยกำหนดให้ Desired SIR = -11 dB, จำนวนสถานีเคลื่อนที่ = 12 สถานี, จำนวนบิต ควบคุมกำลัง = 5 บิต (รูปขยายของรูปที่ 4.23)



#### 4.7 กำลังของสถานีเคลื่อนที่ และค่า SIR ของสถานีเคลื่อนที่เทียบกับเวลาของวิธีการควบคุมกำลังแบบ PCMP, CSOP, วิธีการควบคุมกำลังที่เสนอวิธีที่ 1 และวิธีการควบคุมกำลังที่เสนอวิธีที่ 2

พารามิเตอร์ที่ใช้ในการจำลองแบบเพื่อสังเกตกำลังของสถานีเคลื่อนที่ และค่า SIR ของสถานีเคลื่อนที่เทียบกับเวลามีดังนี้

1. จำนวนสถานีเคลื่อนที่เท่ากับ 12 สถานี
2. Desired SIR เท่ากับ  $-11$  dB
3. จำนวนบิตควบคุมกำลังเท่ากับ 5 บิต
4. ขอบเขตบนของการควอนไทซ์ ( $Q_{max}$ ) เท่ากับ 2.2 และขอบเขตล่างของการควอนไทซ์ ( $Q_{min}$ ) เท่ากับ 0.6 (กรณีวิธีการควบคุมกำลังที่เสนอวิธีที่ 1)
5. ขอบเขตบนของการควอนไทซ์ ( $Q_{max}$ ) เท่ากับ 2.6 และขอบเขตล่างของการควอนไทซ์ ( $Q_{min}$ ) เท่ากับ 0.5 (กรณีวิธีการควบคุมกำลังแบบ CSOP และวิธีการควบคุมกำลังที่เสนอวิธีที่ 2)
6. Step Size เท่ากับ 1 dB (กรณีวิธีการควบคุมกำลังแบบ PCMP) [6]
7. คาบเวลาของการควบคุมเท่ากับ 2 ms [6]

ค่าพารามิเตอร์ที่ 1 เลือกจากจำนวนสถานีเคลื่อนที่ซึ่งมีค่าเท่ากับ 8 ถึง 13 สถานีมา 1 ค่า พารามิเตอร์ที่ 2 เลือกจากค่าซึ่งทำให้ความน่าจะเป็นที่จะเกิดสัญญาณขาดหายกรณีจำนวนสถานีเคลื่อนที่เท่ากับ 12 สถานีมีค่าต่ำที่สุด ค่าพารามิเตอร์ที่ 3 และ 4 เลือกจากค่าพารามิเตอร์ซึ่งทำให้ความน่าจะเป็นที่จะเกิดสัญญาณขาดหายวิธี CSOP และวิธีการควบคุมกำลังที่เสนอวิธีที่ 1 และ 2 ต่ำที่สุด ค่าพารามิเตอร์ที่ 5 และ 6 เลือกตามรายการอ้างอิงที่ [6]

##### 4.7.1 วิธี PCMP

รูปที่ 4.25 แสดงกำลังของสถานีเคลื่อนที่เทียบกับเวลาในช่วง 200 รอบแรกของการควบคุมวิธี PCMP เนื่องจากคาบเวลาของการควบคุมเท่ากับ 2 ms ดังนั้น 200 รอบแรกของการควบคุมจึงใช้เวลาเท่ากับ  $200 \times 2 \text{ ms} = 0.4$  วินาทีเนื่องจากกำหนดให้กำลังเริ่มต้นของสถานีเคลื่อนที่ทุกสถานีเท่ากับ 10 dBm เมื่อทำการควบคุมกำลัง กำลังของสถานีเคลื่อนที่จะถูกปรับเพื่อให้ค่า SIR ของสถานีเคลื่อนที่เท่ากับค่า Desired SIR โดยจะมีค่าลู่อู่มากกว่ากำลังของสถานีเคลื่อนที่ที่ได้รับการ

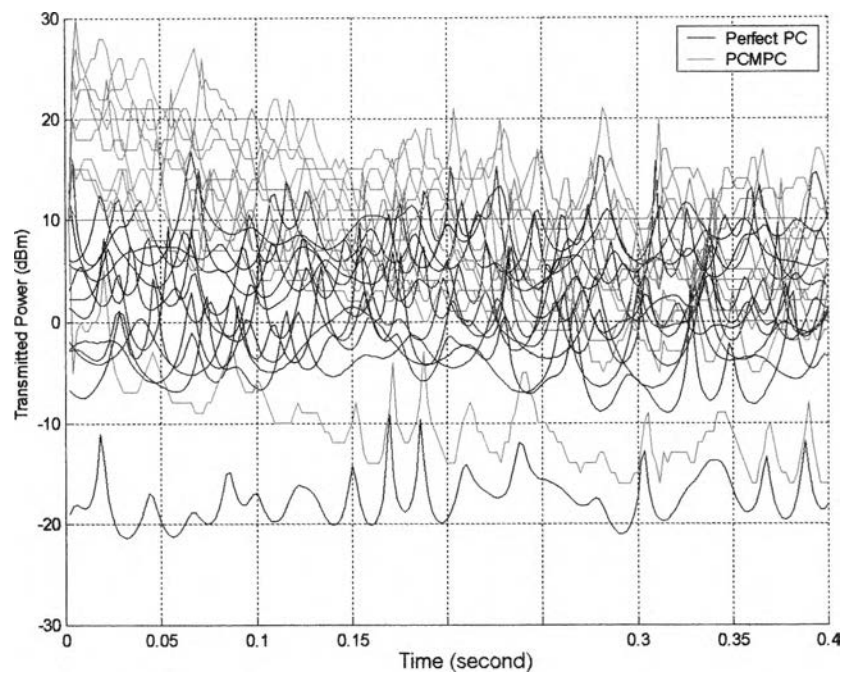
ควบคุมกำลังแบบสมบูรณ์ (Perfect Power Control) และใช้เวลาประมาณ 0.3 วินาที (150 รอบแรกของการควบคุม) เพื่อให้กำลังของสถานีเคลื่อนที่อยู่ในสถานะอยู่ตัว (Steady State) โดยการควบคุมกำลังแบบสมบูรณ์ คือการปรับกำลังของสถานีเคลื่อนที่ให้มีค่าตามสมการที่ (2.61)

$$P_d(k) = \left[ \frac{1}{\gamma_{desired}} I - A(k) \right]^{-1} \eta \quad (2.61)$$

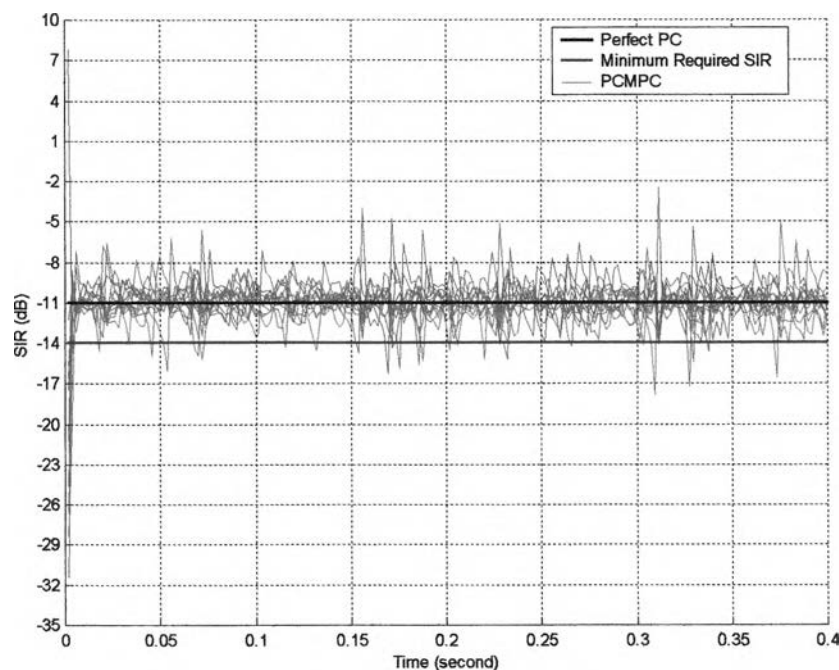
ซึ่งจะทำให้ค่า SIR ของสถานีเคลื่อนที่ทุกสถานีมีค่าเท่ากับ Desired SIR โดยกำลังของการควบคุมกำลังแบบสมบูรณ์นั้นจะใช้เป็นค่าอ้างอิงสำหรับวิธีการควบคุมกำลังวิธีอื่นๆ ใช้เปรียบเทียบว่ามีการควบคุมกำลังได้ถูกต้องมากน้อยเพียงใด

รูปที่ 4.26 แสดงค่า SIR ของสถานีเคลื่อนที่เทียบกับเวลาในช่วง 200 รอบแรกของการควบคุมวิธี PCMPC พบว่าค่า SIR เริ่มต้นมีค่าต่างจากค่า Desired SIR มาก แต่เมื่อควบคุมกำลังแล้วค่า SIR ของสถานีเคลื่อนที่จะปรับตัวเข้าสู่ค่า Desired SIR ได้โดยมีการเปลี่ยนแปลงรอบๆ ค่า Desired SIR เนื่องจากผลของเฟดดิ้งแบบเรย์ลีและการแทรกสอดจากกำลังของสถานีเคลื่อนที่สถานีอื่นๆ ทำให้ค่า SIR ต่ำกว่าค่า SIR ต่ำที่สุดที่ยอมรับได้หลายครั้ง

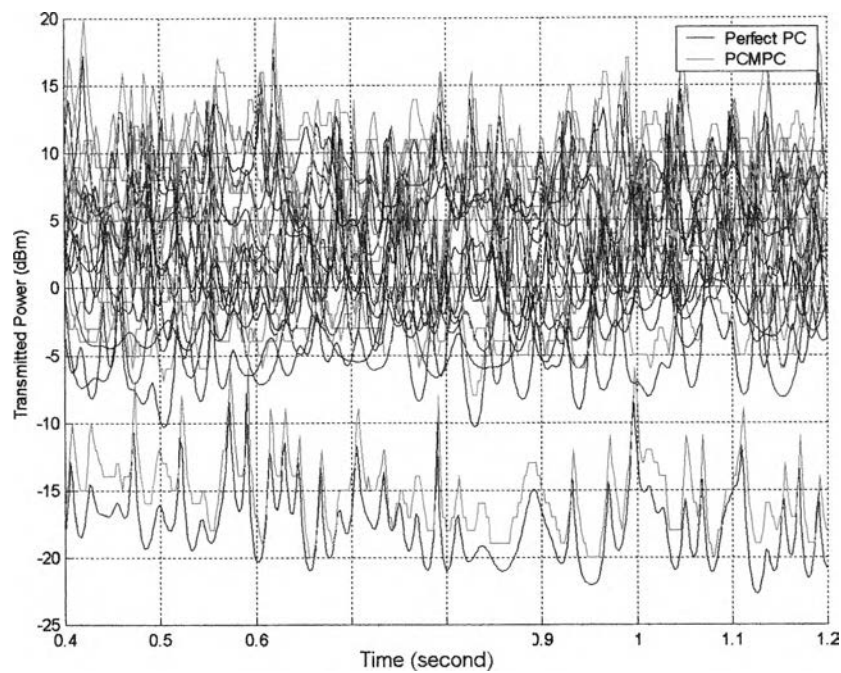
รูปที่ 4.27 แสดงกำลังของสถานีเคลื่อนที่เทียบกับเวลาในช่วง 200-600 รอบของการควบคุมวิธี PCMPC เนื่องจากคาบเวลาของการควบคุมเท่ากับ 2 ms ดังนั้น 200-600 รอบของการควบคุมจึงเป็นเวลาเท่ากับ  $200 \times 2 \text{ ms} = 0.4$  วินาทีถึง  $600 \times 2 \text{ ms} = 1.2$  วินาทีพบว่ากำลังของสถานีเคลื่อนที่แต่ละเครื่องมีค่าเข้าใกล้กำลังที่ได้จากการควบคุมกำลังแบบสมบูรณ์เนื่องจากอยู่ในสถานะอยู่ตัว (Steady State) ซึ่งทำให้ค่า SIR ของสถานีเคลื่อนที่เมื่อเวลา 0.4 ถึง 1.2 วินาทีของการควบคุมมีค่าเข้าใกล้ค่า Desired SIR ดังแสดงในรูปที่ 4.28 แต่เนื่องจากผลของเฟดดิ้งแบบเรย์ลีและการแทรกสอดจากกำลังของสถานีเคลื่อนที่สถานีอื่นๆ ทำให้ค่า SIR ของสถานีเคลื่อนที่มีค่าเปลี่ยนแปลงรอบๆ ค่า Desired SIR และมีค่าต่ำกว่า SIR ต่ำที่สุดที่ยอมรับได้หลายครั้ง



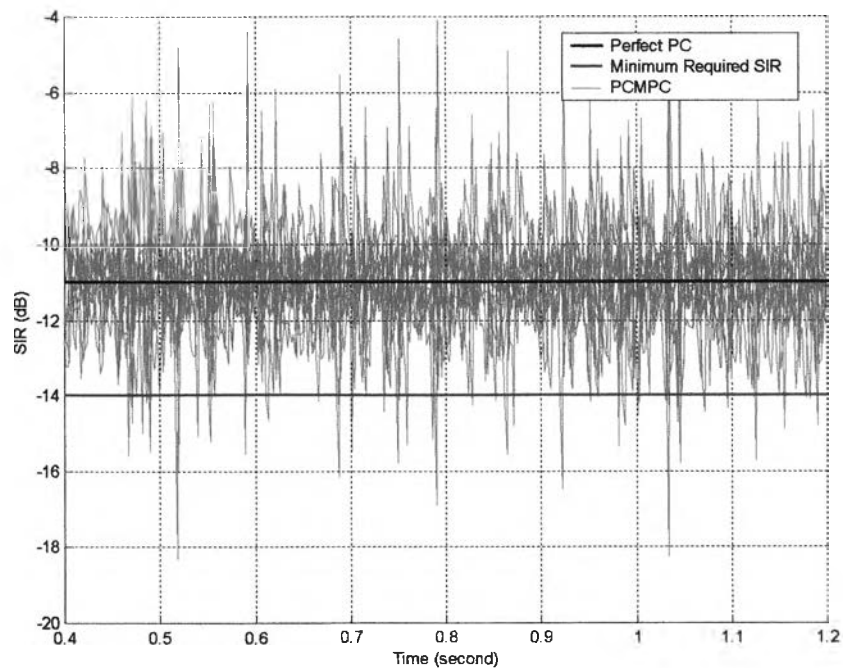
รูปที่ 4.25 กำลังของสถานีเคลื่อนที่จำนวน 12 สถานีเทียบกับรอบเวลา 200 รอบแรกของการควบคุมด้วยวิธี PCMPC เมื่อ Desired SIR = -11 dB, จำนวนบิตควบคุมกำลัง = 5 บิต, Step Size = 1 dB



รูปที่ 4.26 SIR ของสถานีเคลื่อนที่จำนวน 12 สถานีเทียบกับรอบเวลา 200 รอบแรกของการควบคุมด้วยวิธี PCMPC เมื่อ Desired SIR = -11 dB, จำนวนบิตควบคุมกำลัง = 5 บิต, Step Size = 1 dB



รูปที่ 4.27 กำลังของสถานีเคลื่อนที่จำนวน 12 สถานีเทียบกับรอบเวลาที่ 200-600 ของการควบคุม ด้วยวิธี PCMPC เมื่อ Desired SIR = -11 dB, จำนวนบิตควบคุมกำลัง = 5 บิต, Step Size = 1 dB



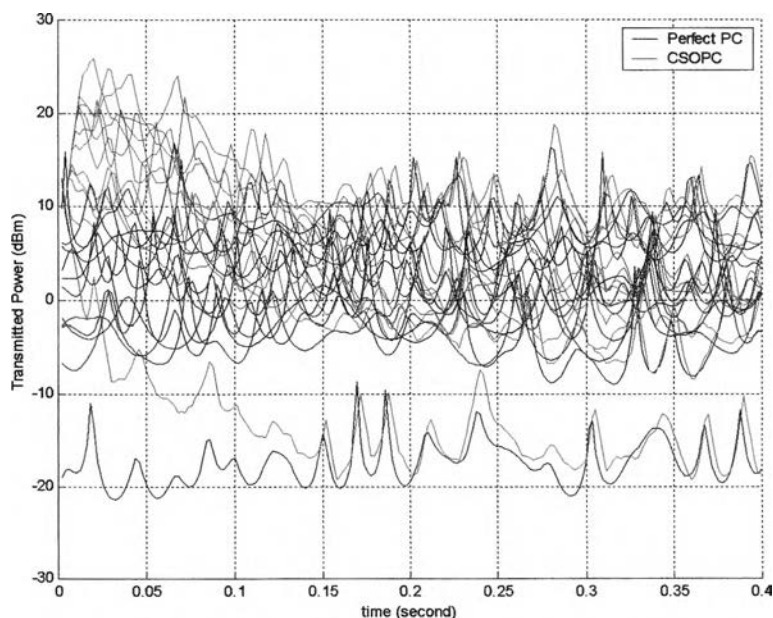
รูปที่ 4.28 SIR ของสถานีเคลื่อนที่จำนวน 12 สถานีเทียบกับรอบเวลาที่ 200-600 ของการควบคุม ด้วยวิธี PCMPC เมื่อ Desired SIR = -11 dB, จำนวนบิตควบคุมกำลัง = 5 บิต, Step Size = 1 dB

#### 4.7.2 วิธี CSOPC

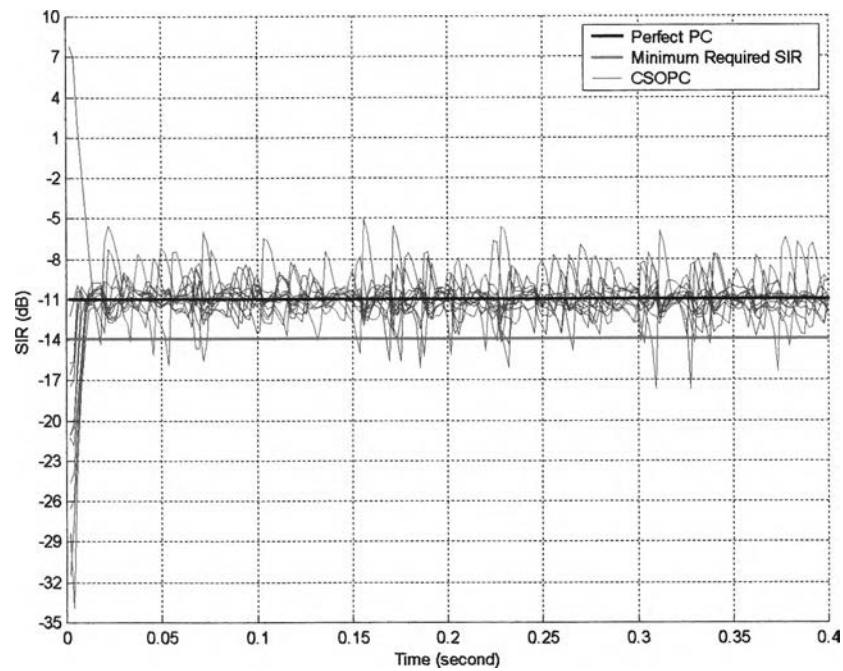
รูปที่ 4.29 แสดงกำลังของสถานีเคลื่อนที่เทียบกับเวลาในช่วง 200 รอบแรกของการควบคุมด้วยวิธี CSOPC เนื่องจากกำลังเริ่มต้นของสถานีเคลื่อนที่ทุกสถานีเท่ากับ 10 dBm เมื่อทำการควบคุมกำลัง กำลังของสถานีเคลื่อนที่จะถูกปรับเพื่อให้ค่า SIR ของสถานีเคลื่อนที่เท่ากับค่า Desired SIR โดยจะมีค่าลู่เข้าสู่ค่ากำลังของวิธีควบคุมกำลังแบบสมมุติ โดยใช้เวลาประมาณ 0.15 วินาที (75 รอบแรกของการควบคุม) เพื่อให้ค่ากำลังของสถานีเคลื่อนที่อยู่ในสถานะอยู่ตัว (Steady State)

รูปที่ 4.30 แสดงค่า SIR ของสถานีเคลื่อนที่เทียบกับเวลาในช่วง 200 รอบแรกของการควบคุมด้วยวิธี CSOPC พบว่าค่า SIR เริ่มต้นมีค่าต่างจากค่า Desired SIR มาก แต่เมื่อควบคุมกำลังแล้วค่า SIR ของสถานีเคลื่อนที่ที่ปรับตัวลู่เข้าสู่ค่า Desired SIR โดยมีการเปลี่ยนแปลงรอบๆ ค่า Desired SIR เนื่องจากผลของเฟดดิ้งแบบเรย์ลีและการแทรกสอดจากกำลังของสถานีเคลื่อนที่สถานีอื่นๆ ทำให้ค่า SIR ต่ำกว่าค่า SIR ต่ำที่สุดที่ยอมรับได้หลายครั้ง

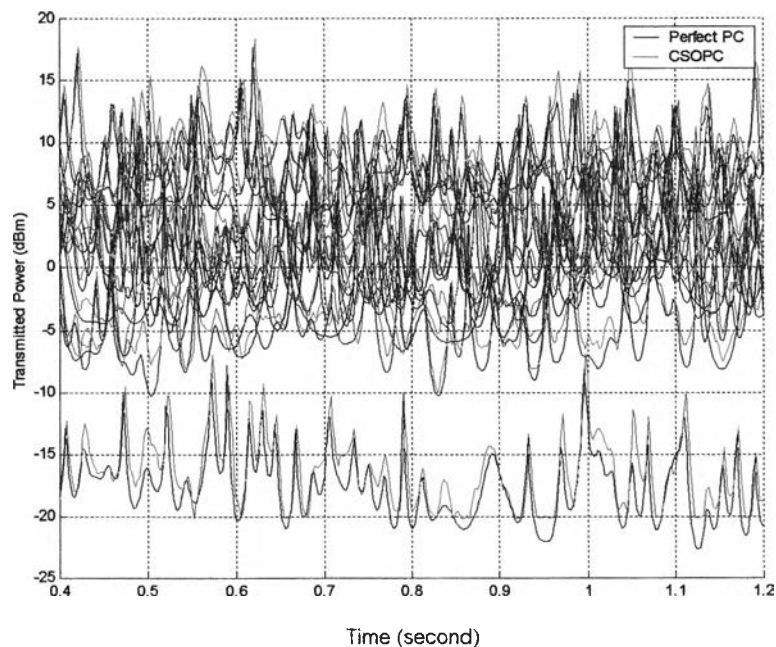
รูปที่ 4.31 แสดงกำลังของสถานีเคลื่อนที่เทียบกับเวลาในช่วง 200-600 รอบของการควบคุมด้วยวิธี CSOPC พบว่ากำลังของสถานีเคลื่อนที่แต่ละสถานีมีค่าเข้าใกล้กำลังที่ได้จากการควบคุมกำลังแบบสมมุติ ซึ่งทำให้ค่า SIR ของสถานีเคลื่อนที่มีค่าเข้าใกล้ค่า Desired SIR ดังแสดงในรูปที่ 4.32



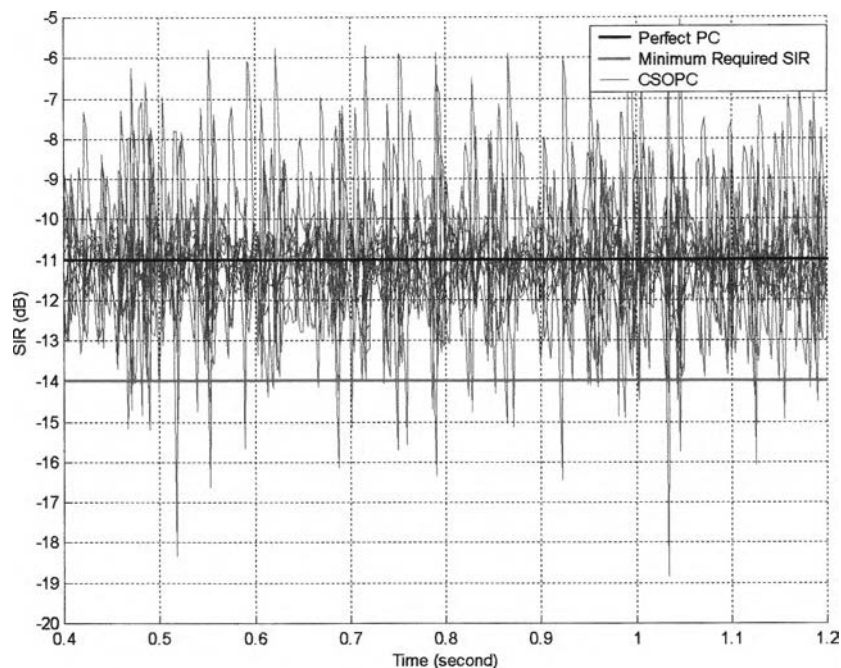
รูปที่ 4.29 กำลังของสถานีเคลื่อนที่จำนวน 1 Time (second) กับรอบเวลา 200 รอบแรกของการควบคุมด้วยวิธี CSOPC เมื่อ Desired SIR = -11 dB, จำนวนบิตควบคุมกำลัง = 5 บิต, ขอบเขตบนของการควอนไทซ์ ( $Q_{\max}$ ) = 2.6, ขอบเขตล่างของการควอนไทซ์ ( $Q_{\min}$ ) = 0.5



รูปที่ 4.30 SIR ของสถานีเคลื่อนที่จำนวน 12 สถานีเทียบกับรอบเวลา 200 รอบแรกของการควบคุม ด้วยวิธี CSOPC เมื่อ Desired SIR = -11 dB, จำนวนบิตควบคุมกำลัง = 5 บิต, ขอบเขตบนของการควอนไทซ์ ( $Q_{\max}$ ) = 2.6, ขอบเขตล่างของการควอนไทซ์ ( $Q_{\min}$ ) = 0.5



รูปที่ 4.31 กำลังของสถานีเคลื่อนที่จำนวน 12 สถานีเทียบกับรอบเวลาที่ 200-600 ของการควบคุม ด้วยวิธี PCMPC เมื่อ Desired SIR = -11 dB, จำนวนบิตควบคุมกำลัง = 5 บิต, ขอบเขตบนของการควอนไทซ์ ( $Q_{\max}$ ) = 2.6, ขอบเขตล่างของการควอนไทซ์ ( $Q_{\min}$ ) = 0.5



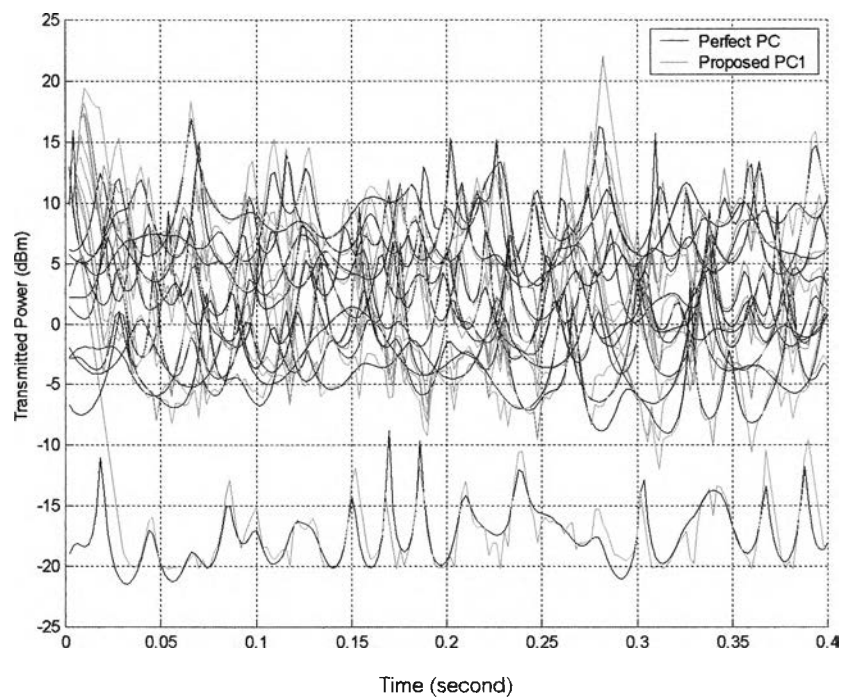
รูปที่ 4.32 SIR ของสถานีเคลื่อนที่จำนวน 12 สถานีเทียบกับรอบเวลาที่ 200-600 ของการควบคุมด้วยวิธี PCMPc เมื่อ Desired SIR = -11 dB, จำนวนบิตควบคุมกำลัง = 5 บิต, ขอบเขตบนของการควอนไทซ์ ( $Q_{\max}$ ) = 2.6, ขอบเขตล่างของการควอนไทซ์ ( $Q_{\min}$ ) = 0.5

#### 4.7.3 วิธีการควบคุมกำลังที่เสนอวิธีที่ 1

รูปที่ 4.33 แสดงกำลังของสถานีเคลื่อนที่เทียบกับเวลาในช่วง 200 รอบแรกของการควบคุมด้วยวิธีที่เสนอวิธีที่ 1 เนื่องจากกำลังเริ่มต้นของสถานีเคลื่อนที่ทุกสถานีเท่ากับ 10 dBm เมื่อทำการควบคุมกำลังแล้วกำลังของสถานีเคลื่อนที่จะถูกปรับเพื่อให้ค่า SIR ของสถานีเคลื่อนที่เท่ากับค่า Desired SIR โดยจะมีค่ากำลังเข้าสู่ค่ากำลังของวิธีควบคุมกำลังแบบสมบูรณ์ ซึ่งใช้เวลาประมาณ 0.05 วินาที (25 รอบแรกของการควบคุม) เพื่อให้ค่ากำลังของสถานีเคลื่อนที่ที่อยู่ในสถานะอยู่ตัว (Steady State) ซึ่งเร็วกว่าของวิธี PCMPc และ CSOPC

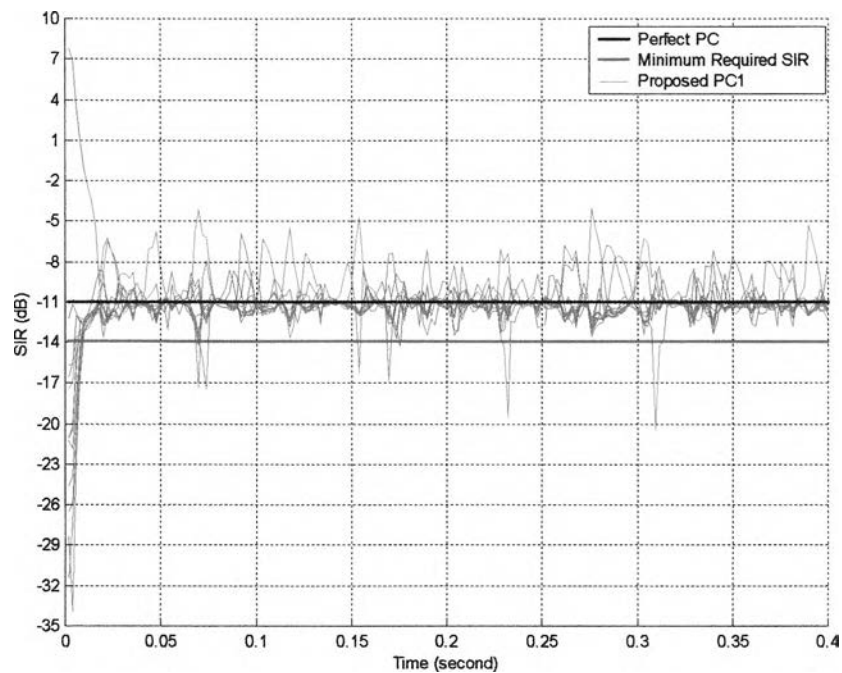
รูปที่ 4.34 แสดงค่า SIR ของสถานีเคลื่อนที่เทียบกับเวลาในช่วง 200 รอบแรกของการควบคุมด้วยวิธีที่เสนอ พบว่าค่า SIR เริ่มต้นมีค่าต่างจากค่า Desired SIR มาก แต่เมื่อควบคุมกำลังแล้วค่า SIR ของสถานีเคลื่อนที่จะปรับตัวเข้าสู่ค่า Desired SIR ได้โดยมีการเปลี่ยนแปลงรอบๆ ค่า Desired SIR เนื่องจากผลของเฟดดิ้งแบบเรย์ลีและการแทรกสอดจากกำลังของสถานีเคลื่อนที่สถานีอื่นๆ ทำให้ค่า SIR ต่ำกว่าค่า SIR ต่ำที่สุดที่ยอมรับได้ แต่มีจำนวนครั้งของการเปลี่ยนแปลงรอบๆ ค่า Desired SIR น้อยกว่าเมื่อเทียบกับของวิธีควบคุมกำลังแบบ PCMPc และ CSOPC

รูปที่ 4.35 แสดงกำลังของสถานีเคลื่อนที่เทียบกับเวลาในช่วง 200-600 รอบของการควบคุมของวิธีที่เสนอวิธีที่ 1 พบว่ากำลังของสถานีเคลื่อนที่แต่ละสถานีมีค่าเข้าใกล้กำลังที่ได้จากการควบคุมกำลังแบบสมบูรณ์ ซึ่งทำให้ค่า SIR ของสถานีเคลื่อนที่ในช่วง 200-600 รอบของการควบคุมมีค่าเข้าใกล้ค่า Desired SIR ดังแสดงในรูปที่ 4.36 แต่เนื่องจากผลของเฟดดิ้งแบบเรย์ลีและการแทรกสอดจากกำลังของสถานีเคลื่อนที่สถานีอื่นๆ ทำให้ค่า SIR ของสถานีเคลื่อนที่มีค่าเปลี่ยนแปลงรอบๆ ค่า Desired SIR และมีค่าต่ำกว่า SIR ต่ำที่สุดที่ยอมรับได้หลายครั้งแต่น้อยกว่าของวิธี PCMPC และ CSOPC

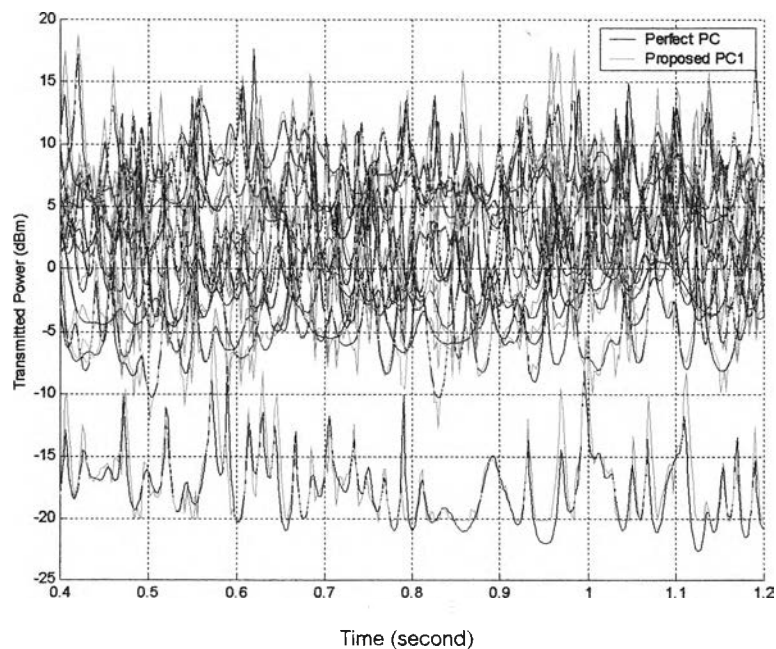


รูปที่ 4.33 กำลังของสถานีเคลื่อนที่จำนวน 12 สถานีเทียบกับรอบเวลา 200 รอบแรกของการควบคุมด้วยวิธีควบคุมกำลังที่เสนอวิธีที่ 1 เมื่อ Desired SIR = -11 dB, จำนวนบิตควบคุมกำลัง = 5 บิต, ขอบเขตบนของการควอนไทซ์ ( $Q_{max}$ ) = 2.2, ขอบเขตล่างของการควอนไทซ์ ( $Q_{min}$ ) = 0.6

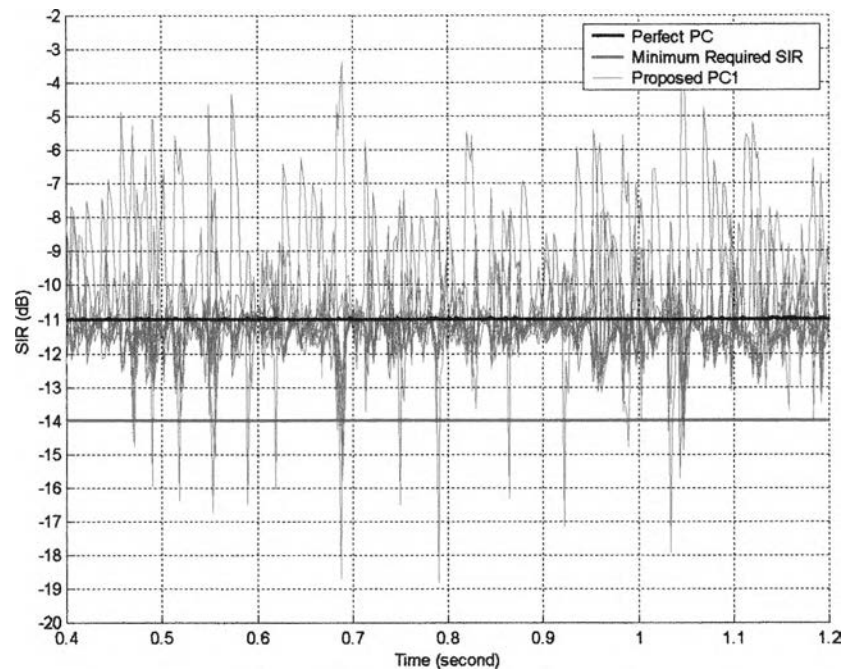




รูปที่ 4.34 SIR ของสถานีเคลื่อนที่จำนวน 12 สถานีเทียบกับรอบเวลา 200 รอบแรกของการควบคุม ด้วยวิธีควบคุมกำลังที่เสนอวิธีที่ 1 เมื่อ Desired SIR = -11 dB, จำนวนบิตควบคุมกำลัง = 5 บิต, ขอบเขตบนของการควอนไทซ์ ( $Q_{max}$ ) = 2.2, ขอบเขตล่างของการควอนไทซ์ ( $Q_{min}$ ) = 0.6



รูปที่ 4.35 กำลังของสถานีเคลื่อนที่จำนวน 12 สถานีเทียบกับรอบเวลาที่ 200-600 ของการควบคุม ด้วยวิธีควบคุมกำลังที่เสนอวิธีที่ 1 เมื่อ Desired SIR = -11 dB, จำนวนบิตควบคุมกำลัง = 5 บิต, ขอบเขตบนของการควอนไทซ์ ( $Q_{max}$ ) = 2.2, ขอบเขตล่างของการควอนไทซ์ ( $Q_{min}$ ) = 0.6



รูปที่ 4.36 SIR ของสถานีเคลื่อนที่จำนวน 12 สถานีเทียบกับรอบเวลาที่ 200-600 ของการควบคุม ด้วยวิธีควบคุมกำลังที่เสนอวิธีที่ 1 เมื่อ Desired SIR = -11 dB, จำนวนบิตควบคุมกำลัง = 5 บิต, ขอบเขตบนของการควอนไทซ์ ( $Q_{max}$ ) = 2.2, ขอบเขตล่างของการควอนไทซ์ ( $Q_{min}$ ) = 0.6

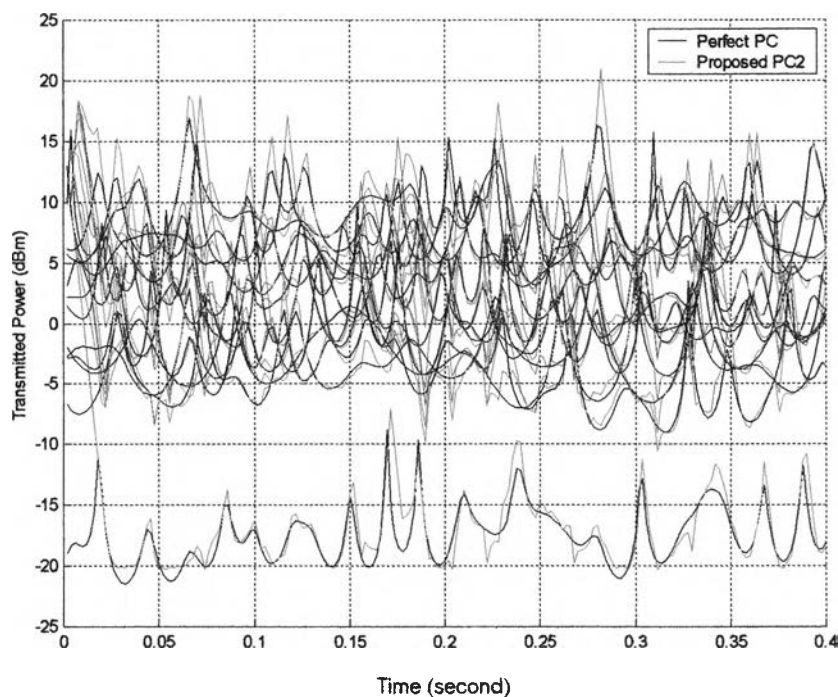
#### 4.7.4 วิธีการควบคุมกำลังที่เสนอวิธีที่ 2

รูปที่ 4.37 แสดงกำลังของสถานีเคลื่อนที่เทียบกับเวลาในช่วง 200 รอบแรกของการควบคุม ด้วยวิธีที่เสนอวิธีที่ 2 เนื่องจากกำลังเริ่มต้นของสถานีเคลื่อนที่ทุกสถานีเท่ากับ 10 dBm เมื่อทำการควบคุมกำลังแล้วกำลังของสถานีเคลื่อนที่จะถูกปรับเพื่อให้ค่า SIR ของสถานีเคลื่อนที่เท่ากับค่า Desired SIR โดยจะมีค่ากำลังสูงเข้าสู่ค่ากำลังของวิธีควบคุมกำลังแบบสมมุติ ซึ่งใช้เวลาประมาณ 0.05 วินาที (25 รอบแรกของการควบคุม) เพื่อให้ค่ากำลังของสถานีเคลื่อนที่อยู่ในสถานะอยู่ตัว (Steady State) ซึ่งเร็วกว่าของวิธี PCMPC, CSOPC แต่ใช้เวลาพอกๆ กับวิธีการควบคุมกำลังที่เสนอวิธีที่ 1

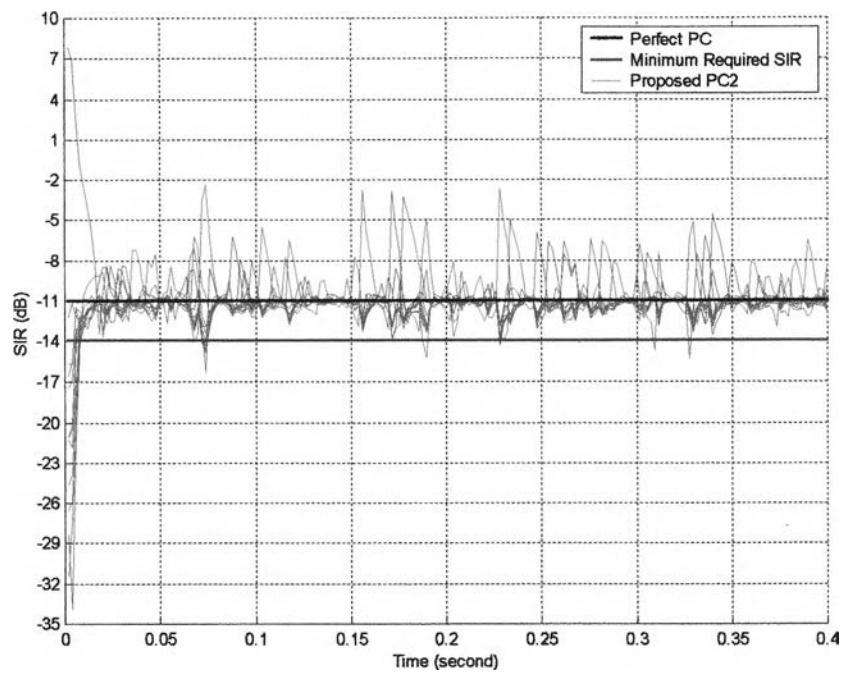
รูปที่ 4.38 แสดงค่า SIR ของสถานีเคลื่อนที่เทียบกับเวลาในช่วง 200 รอบแรกของการควบคุมด้วยวิธีที่เสนอวิธีที่ 2 พบว่าค่า SIR เริ่มต้นมีค่าต่างจากค่า Desired SIR มาก แต่เมื่อควบคุมกำลังแล้วค่า SIR ของสถานีเคลื่อนที่ที่ปรับตัวสูงเข้าสู่ค่า Desired SIR ได้โดยมีการเปลี่ยนแปลงรอบๆ ค่า Desired SIR เนื่องจากผลของเฟดดิ้งแบบเรย์ลีและการแทรกสอดจากกำลังของสถานีเคลื่อนที่สถานีอื่นๆ ทำให้ค่า SIR ต่ำกว่าค่า SIR ต่ำที่สุดที่ยอมรับได้ แต่มีจำนวนครั้งของการ

เปลี่ยนแปลงรอบๆ ค่า Desired SIR น้อยกว่าเมื่อเทียบกับของวิธีควบคุมกำลังแบบ PCMPC, CSOPC และวิธีการควบคุมกำลังที่เสนอวิธีที่ 1

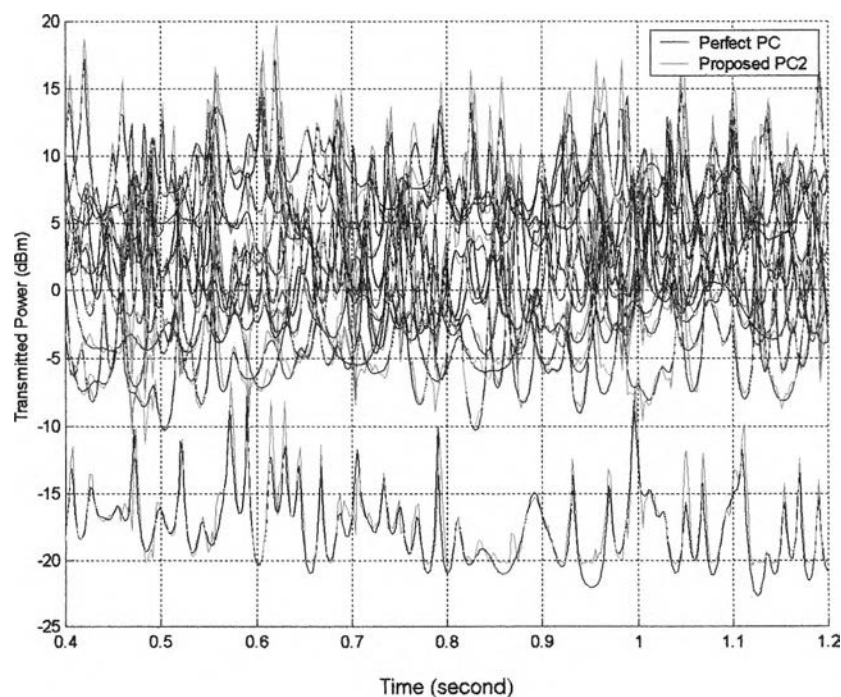
รูปที่ 4.39 แสดงกำลังของสถานีเคลื่อนที่เทียบกับเวลาในช่วง 200-600 รอบของการควบคุมของวิธีที่เสนอวิธีที่ 2 พบว่ากำลังของสถานีเคลื่อนที่แต่ละสถานีมีค่าเข้าใกล้กำลังที่ได้จากการควบคุมกำลังแบบสมบูรณ์ ซึ่งทำให้ค่า SIR ของสถานีเคลื่อนที่ในช่วง 200-600 รอบของการควบคุมมีค่าเข้าใกล้ค่า Desired SIR ดังแสดงในรูปที่ 4.40 แต่เนื่องจากผลของเฟดดิ้งแบบเรย์ลีและการแทรกสอดจากกำลังของสถานีเคลื่อนที่สถานีอื่นๆ ทำให้ค่า SIR ของสถานีเคลื่อนที่มีค่าเปลี่ยนแปลงรอบๆ ค่า Desired SIR และมีค่าต่ำกว่า SIR ต่ำที่สุดที่ยอมรับได้หลายครั้งแต่น้อยกว่าของวิธี PCMPC, CSOPC และวิธีการควบคุมกำลังที่เสนอวิธีที่ 1



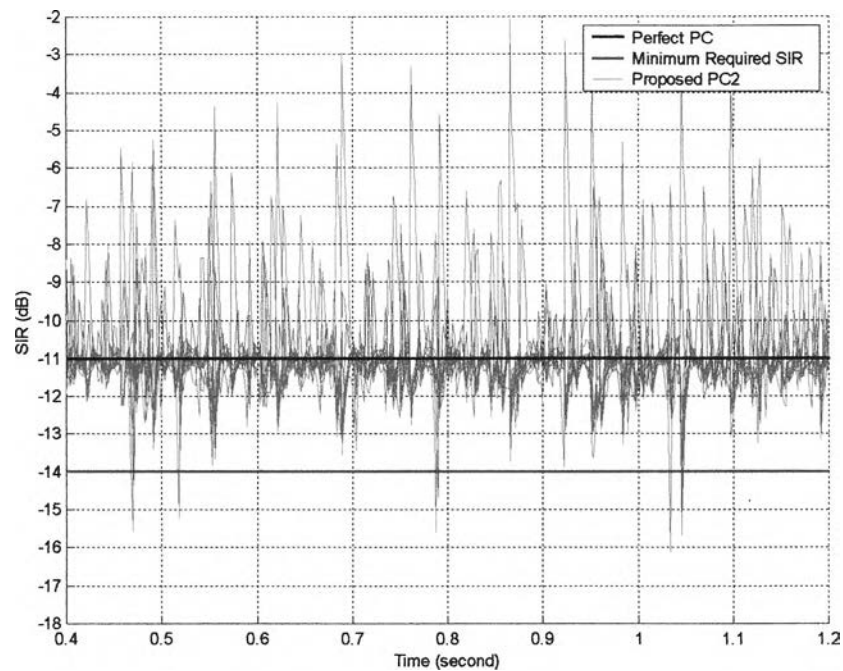
รูปที่ 4.37 กำลังของสถานีเคลื่อนที่จำนวน 12 สถานีเทียบกับรอบเวลา 200 รอบแรกของการควบคุมด้วยวิธีควบคุมกำลังที่เสนอวิธีที่ 2 เมื่อ Desired SIR = -11 dB, จำนวนบิตควบคุมกำลัง = 5 บิต, ขอบเขตบนของการควอนไทซ์ ( $Q_{max}$ ) = 2.6, ขอบเขตล่างของการควอนไทซ์ ( $Q_{min}$ ) = 0.5



รูปที่ 4.38 SIR ของสถานีเคลื่อนที่จำนวน 12 สถานีเทียบกับรอบเวลา 200 รอบแรกของการควบคุม ด้วยวิธีควบคุมกำลังที่เสนอวิธีที่ 2 เมื่อ Desired SIR = -11 dB, จำนวนบิตควบคุมกำลัง = 5 บิต, ขอบเขตบนของการรบกวนไคซ์ ( $Q_{max}$ ) = 2.6, ขอบเขตล่างของการรบกวนไคซ์ ( $Q_{min}$ ) = 0.5



รูปที่ 4.39 กำลังของสถานีเคลื่อนที่จำนวน 12 สถานีเทียบกับรอบเวลาที่ 200-600 ของการควบคุม ด้วยวิธีควบคุมกำลังที่เสนอวิธีที่ 2 เมื่อ Desired SIR = -11 dB, จำนวนบิตควบคุมกำลัง = 5 บิต, ขอบเขตบนของการรบกวนไคซ์ ( $Q_{max}$ ) = 2.6, ขอบเขตล่างของการรบกวนไคซ์ ( $Q_{min}$ ) = 0.5



รูปที่ 4.40 SIR ของสถานีเคลื่อนที่จำนวน 12 สถานีเทียบกับรอบเวลาที่ 200-600 ของการควบคุม ด้วยวิธีควบคุมกำลังที่เสนอวิธีที่ 2 เมื่อ Desired SIR = -11 dB, จำนวนบิตควบคุมกำลัง = 5 บิต, ขอบเขตบนของการควอนไทซ์ ( $Q_{max}$ ) = 2.6, ขอบเขตล่างของการควอนไทซ์ ( $Q_{min}$ ) = 0.5

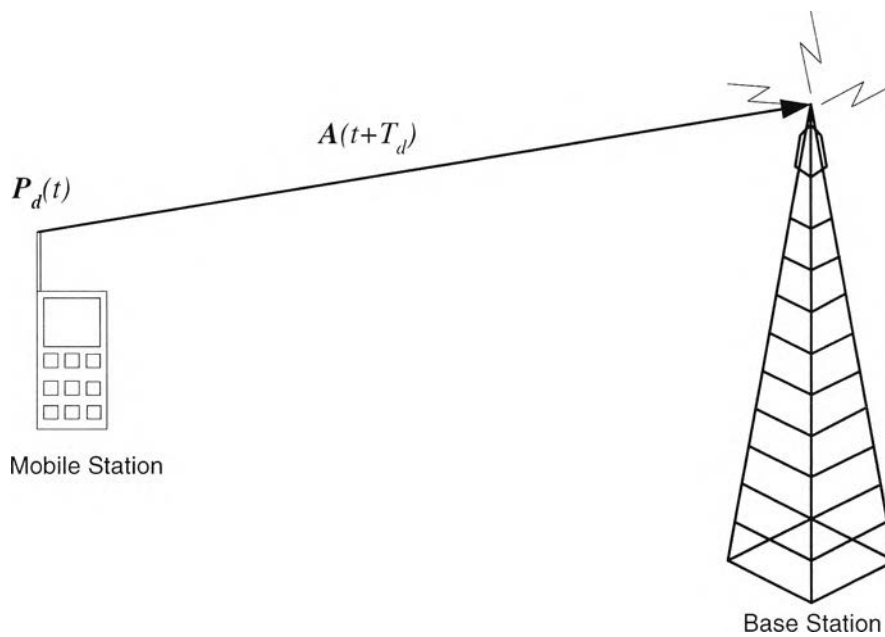
#### การเปรียบเทียบรายละเอียดของกำลังของสถานีเคลื่อนที่และค่า SIR ด้วยวิธี PCMPC, CSOPC. วิธีการควบคุมกำลังที่เสนอวิธีที่ 1 และวิธีการควบคุมกำลังที่เสนอวิธีที่ 2

รูปที่ 4.41 แสดงกำลังของสถานีเคลื่อนที่ 1 สถานีจากจำนวนทั้งหมด 12 สถานีในเซลล์ กลางเทียบกับเวลาในรอบที่ 200-250 ของการควบคุมเพื่อแสดงรายละเอียด พบว่าวิธีการควบคุม กำลังที่เสนอวิธีที่ 1 และ 2 มีค่าใกล้เคียงกับกำลังที่ได้จากการควบคุมกำลังแบบสมบูรณ์เมื่อเทียบกับของวิธีการควบคุมกำลังแบบ PCMPC และ CSOPC เนื่องจากมีการทำนายอัตราขยายขยาย เชื่อมโยงล่วงหน้า ซึ่งจะเห็นได้ว่าวิธี PCMPC และ CSOPC จะมีค่ากำลังของสถานีต่ำกว่าของการ ควบคุมกำลังที่เสนอวิธีที่ 1 และ 2 อยู่หนึ่งคาบเวลาเนื่องจากไม่มีการทำนายอัตราขยายขยาย เชื่อมโยงล่วงหน้าจึงทำให้ค่าของกำลังที่คำนวณได้จากวิธี PCMPC และ CSOPC เป็นค่าที่ไม่เหมาะสมกับ เวลาการควบคุมในคาบเวลาปัจจุบัน ในขณะที่กำลังที่คำนวณได้จากวิธีที่เสนอวิธีที่ 1 และ 2 เหมาะกว่า ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังนี้

กำลังของสถานีเคลื่อนที่ที่เหมาะสมกับอัตราขยายขยายเชื่อมโยงที่เวลา  $t$  มีค่าดังสมการที่ (2.61)

$$P_d(t) = \left[ \frac{1}{\gamma_{desired}} I - A(t) \right]^{-1} \eta \quad (2.61)$$

เนื่องจากสถานะพื้นฐานทำหน้าที่คำนวณค่าของกำลังที่คำนวณได้จากสมการที่ (2.61) จากนั้นจึงส่งคำสั่งการควบคุมกำลัง (Power Control Command, cmd) กลับมายังสถานะเคลื่อนที่ซึ่งสถานะเคลื่อนที่ที่ปรับกำลังตามค่า cmd และส่งสัญญาณซึ่งมีกำลังตามค่าที่ถูกปรับไปยังสถานะพื้นฐานผ่านอัตราขยายขยายเชื่อมโยงที่เวลา  $t+T_d$  เมื่อ  $T_d$  คือคาบเวลาของการควบคุมซึ่งในการจำลองแบบกำหนดให้เท่ากับ 2 ms [6] ดังแสดงในรูปที่ 2.6 ดังนี้



รูปที่ 2.6 การส่งกำลังผ่าน อัตราขยายขยายเชื่อมโยง เมื่อไม่มีการทำนายอัตราขยายขยายเชื่อมโยง (Link Gain Prediction)

การควบคุมกำลังด้วยวิธี PCMPC และ CSOPC จะมีลักษณะดังรูปที่ 2.6 เนื่องจากไม่มีการทำนายอัตราขยายขยายเชื่อมโยงล่วงหน้า ทำให้ได้ค่ากำลังของสถานะเคลื่อนที่ต่ำกว่าค่ากำลังที่ได้จากการควบคุมกำลังแบบสมบรูณ์ดังแสดงในรูปที่ 4.41

ถ้าต้องการใช้ค่ากำลังของสถานะเคลื่อนที่ซึ่งมีค่าสอดคล้องกับค่าอัตราขยายขยายเชื่อมโยง ต้องทำการทำนายอัตราขยายขยายเชื่อมโยงล่วงหน้า 1 คาบเวลาของการควบคุม จากนั้นจึงคำนวณค่ากำลังที่ต้องการจากสมการที่ (2.60) ดังนี้

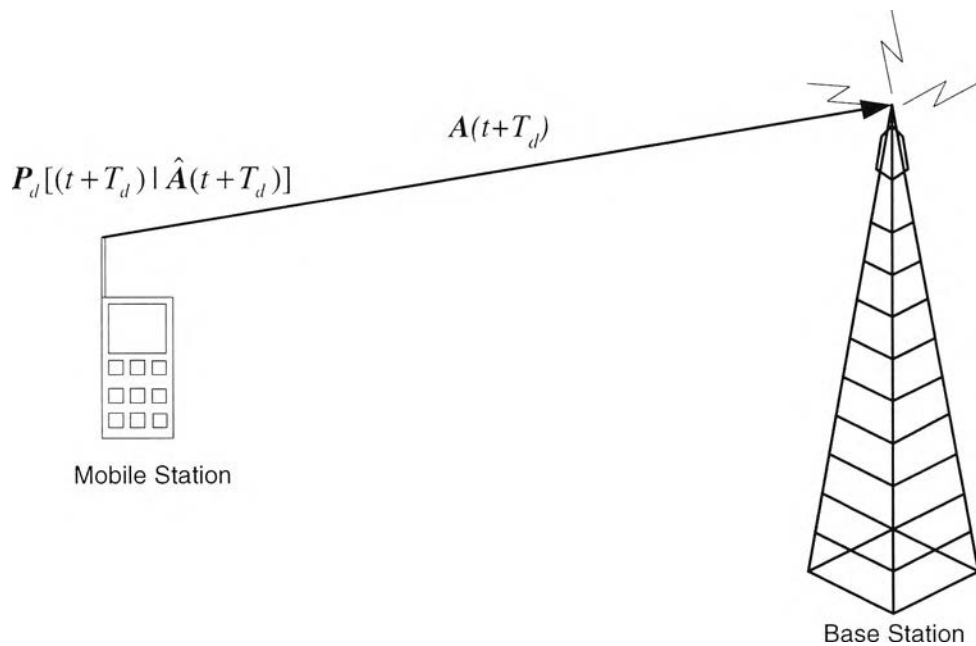
$$P_d[t(t+T_d) | \hat{A}(t+T_d)] = \left[ \frac{1}{\gamma_{desired}} I - \hat{A}(t+T_d) \right]^{-1} \eta \quad (2.62)$$

เมื่อ  $\hat{A}(t+T_d)$  คือ เมตริกซ์ ซึ่ง

$$\hat{A}_{ij}(t+T_d) = \begin{cases} \hat{G}_{ij}(t+T_d)/\hat{G}_{ii}(t+T_d), & i \neq j \\ 0, & i = j \end{cases} \quad (2.63)$$

$\hat{G}_{ii}(t+T_d)$  = อัตราขยายขยายเชื่อมโยงจากสถานีเคลื่อนที่ที่  $i$  ไปยังสถานีฐานที่กำหนดให้ติดต่อกับสถานีเคลื่อนที่ที่  $i$

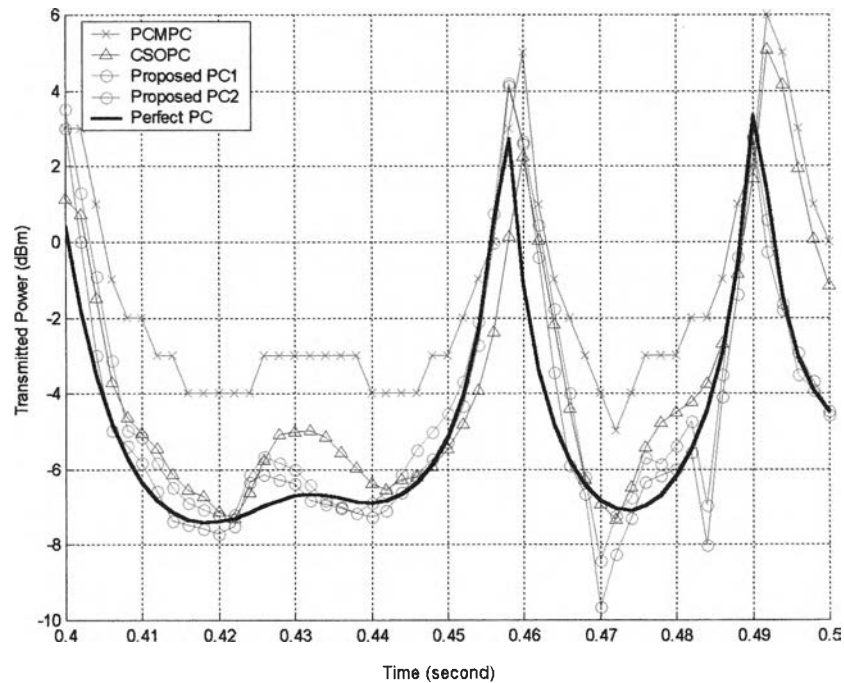
$\hat{G}_{ij}(t+T_d)$  = อัตราขยายขยายเชื่อมโยงจากสถานีเคลื่อนที่ที่  $j$  ไปยังสถานีฐานที่กำหนดให้ติดต่อกับสถานีเคลื่อนที่ที่  $i$



รูปที่ 2.7 การส่งกำลังผ่าน อัตราขยายขยายเชื่อมโยง เมื่อมีการทำนายอัตราขยายขยายเชื่อมโยง (Link Gain Prediction)

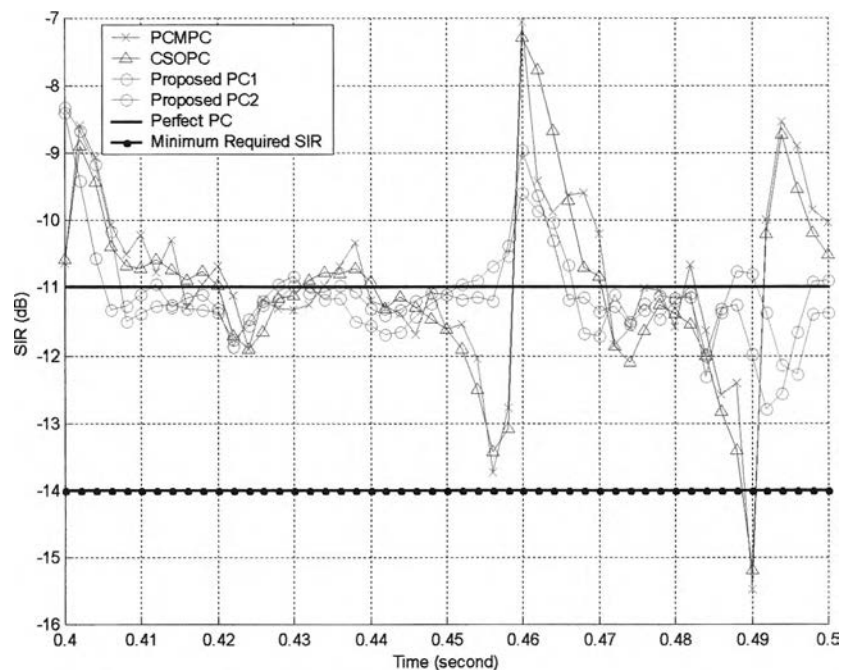
วิธีการควบคุมกำลังที่เสนอวิธีที่ 1 และ 2 มีลักษณะดังรูปที่ 2.7 ดังนั้นกำลังของสถานีเคลื่อนที่จึงมีค่าใกล้เคียงกับกำลังที่ได้จากวิธีการควบคุมกำลังแบบสมบรูณ์ซึ่งทำให้ค่า SIR ของสถานีเคลื่อนที่มีค่าใกล้เคียงกับค่า Desired SIR มากกว่าที่ได้จากวิธี PCMPC และ CSOPC โดยจะเห็นได้ชัดเจนในรูปที่ 4.42 เมื่อเวลา 0.49 วินาที กำลังของสถานีเคลื่อนที่ที่คำนวณได้จากวิธี PCMPC และ CSOPC ช้ากว่ากำลังที่ได้จากวิธีการควบคุมกำลังแบบสมบรูณ์ทำให้ค่า SIR ของสถานีเคลื่อนที่คลาดเคลื่อนจากค่า Desired SIR (-11 dB) ไปมากจนมีค่าต่ำกว่า SIR ต่ำที่สุดที่ยอมรับได้ (Minimum Required SIR, -14 dB) ซึ่งจะส่งผลให้อัตราบิดผิดพลาดมีค่าสูงเกินกว่าค่าที่ยอมรับได้ ( $10^{-3}$ ) ในขณะที่วิธีการควบคุมกำลังที่เสนอวิธีที่ 1 และ 2 มีค่ากำลังของสถานีเคลื่อนที่

ใกล้เคียงกับวิธีการควบคุมกำลังแบบสมบูรณ์ ทำให้ค่า SIR ของสถานีเคลื่อนที่มีค่าใกล้เคียง Desired SIR ซึ่งสูงกว่า Minimum Required SIR ทำให้อัตราบิดผิดพลาดมีค่าต่ำ



รูปที่ 4.41 กำลังของสถานีเคลื่อนที่สถานีหนึ่ง ในจำนวน 12 สถานีเทียบกับรอบเวลาที่ 200-250 ของการควบคุมด้วยวิธีควบคุมกำลังแบบสมบูรณ์ (Perfect PC), CSOPC ( $Q_{\max} = 2.6$ ,  $Q_{\min} = 0.5$ ), PCMPC (Step Size = 1 dB), วิธีที่เสนอวิธีที่ 1 ( $Q_{\max} = 2.2$ ,  $Q_{\min} = 0.6$ ) และวิธีที่เสนอวิธีที่ 2 ( $Q_{\max} = 2.6$ ,  $Q_{\min} = 0.5$ ) เมื่อ Desired SIR = -11 dB, จำนวนบิตควบคุมกำลัง = 5 บิต





รูปที่ 4.42 SIR ของสถานีเคลื่อนที่สถานีหนึ่งในจำนวน 12 สถานีเทียบกับรอบเวลาที่ 200-250 ของการควบคุมด้วยวิธีควบคุมกำลังแบบสมบูรณ์ (Perfect PC), CSOPC ( $Q_{\max} = 2.6$ ,  $Q_{\min} = 0.5$ ), PCMPC (Step Size = 1 dB), วิธีที่เสนอวิธีที่ 1 ( $Q_{\max} = 2.2$ ,  $Q_{\min} = 0.6$ ) และวิธีที่เสนอวิธีที่ 2 ( $Q_{\max} = 2.6$ ,  $Q_{\min} = 0.5$ ) เมื่อ Desired SIR = -11 dB, จำนวนบิตควบคุมกำลัง = 5 บิต

#### 4.8 ฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็น (Probability Density Function, pdf) ของค่า SIR ที่ได้จากวิธี CSOPC, PCMPC และ วิธีการควบคุมกำลังที่เสนอวิธีที่ 1 และ 2

พารามิเตอร์ที่ใช้ในการจำลองแบบเพื่อแสดงฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็น (Probability Density Function, pdf) ของค่า SIR ที่ได้รับมีดังนี้

1. จำนวนสถานีเคลื่อนที่เท่ากับ 12 สถานี
2. Desired SIR เท่ากับ -11 dB
3. จำนวนบิตควบคุมกำลังเท่ากับ 5 บิต
4. ขอบเขตบนของการควอนไทซ์ ( $Q_{\max}$ ) เท่ากับ 2.2 และขอบเขตล่างของการควอนไทซ์ ( $Q_{\min}$ ) เท่ากับ 0.6 (กรณีวิธีการควบคุมกำลังที่เสนอวิธีที่ 1)
5. ขอบเขตบนของการควอนไทซ์ ( $Q_{\max}$ ) เท่ากับ 2.6 และขอบเขตล่างของการควอนไทซ์ ( $Q_{\min}$ ) เท่ากับ 0.5 (กรณีวิธีการควบคุมกำลังแบบ CSOPC และวิธีการควบคุมกำลังที่เสนอวิธีที่ 2)

6. Step Size เท่ากับ 1 dB (กรณีวิธีการควบคุมกำลังแบบ PCMPC) [6]
7. คาบเวลาของการควบคุมเท่ากับ 2 ms [6]

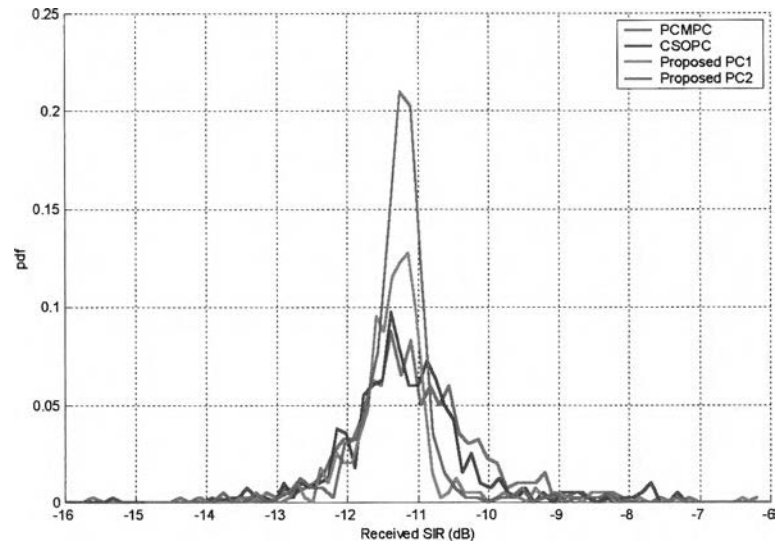
ค่าพารามิเตอร์ที่ 1 เลือกจากจำนวนสถานะเคลื่อนที่ซึ่งมีค่าเท่ากับ 8 ถึง 13 สถานะมีมา 1 ค่าพารามิเตอร์ที่ 2 เลือกจากค่าซึ่งทำให้ความน่าจะเป็นที่จะเกิดสัญญาณขาดหายกรณีจำนวนสถานะเคลื่อนที่เท่ากับ 12 สถานะมีค่าต่ำที่สุด ค่าพารามิเตอร์ที่ 3 และ 4 เลือกจากค่าพารามิเตอร์ซึ่งทำให้ความน่าจะเป็นที่จะเกิดสัญญาณขาดหายที่ได้จากวิธี CSOPC, วิธีการควบคุมกำลังที่เสนอวิธีที่ 1 และ 2 ต่ำที่สุด ค่าพารามิเตอร์ที่ 5, 6 และ 7 เลือกตามรายการอ้างอิงที่ [6]

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่า SIR ที่ได้จากการคำนวณข้อมูลดิบและจากการประมาณด้วย Gaussian pdf ตามลำดับพบว่าค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ได้จากการประมาณด้วย Gaussian pdf มีค่าใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการคำนวณข้อมูลดิบซึ่งสามารถสรุปได้ตรงกันว่าวิธี PCMPC มีความผิดพลาดของค่าเฉลี่ยของค่า SIR ที่ได้รับสูงที่สุด คือ 2.5100 % และ 2.7136 % ซึ่งเป็นค่าที่ได้จากการคำนวณข้อมูลดิบและจากการประมาณด้วย Gaussian pdf ตามลำดับ รองลงมาคือวิธี CSOPC และวิธีการควบคุมกำลังที่เสนอวิธีที่ 1 ส่วนวิธีการควบคุมกำลังที่เสนอวิธีที่ 2 มีความผิดพลาดของค่าเฉลี่ยของค่า SIR ที่ได้รับต่ำที่สุด คือ 1.3100 % และ 1.3809 % ซึ่งเป็นค่าที่ได้จากการคำนวณข้อมูลดิบและจากการประมาณด้วย Gaussian pdf ตามลำดับ วิธี PCMPC มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่า SIR ที่ได้รับสูงที่สุด คือ 0.5351 และ 0.5348 dB ซึ่งเป็นค่าที่ได้จากการคำนวณข้อมูลดิบและจากการประมาณด้วย Gaussian pdf ตามลำดับ รองลงมาคือวิธี CSOPC และวิธีการควบคุมกำลังที่เสนอวิธีที่ 1 ส่วนวิธีการควบคุมกำลังที่เสนอวิธีที่ 2 มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่า SIR ที่ได้รับต่ำที่สุด คือ 0.2611 และ 0.2609 dB ซึ่งเป็นค่าที่ได้จากการคำนวณข้อมูลดิบและจากการประมาณด้วย Gaussian pdf ตามลำดับ

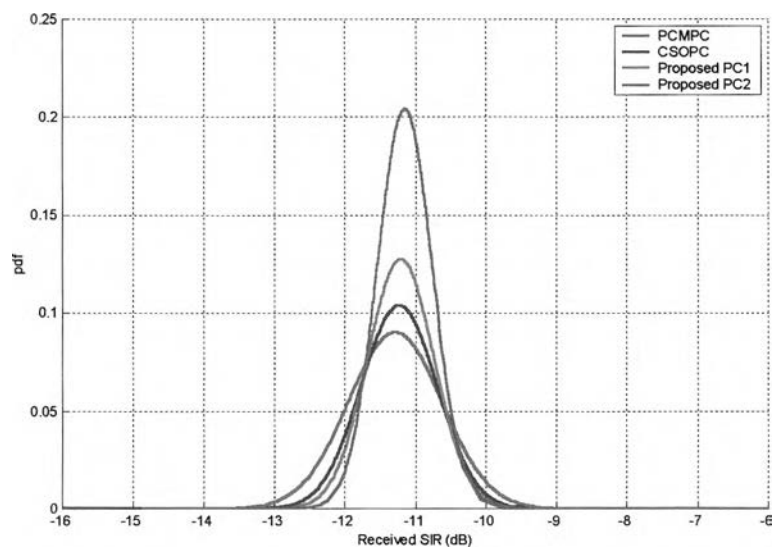
รูปที่ 4.43 และ 4.44 แสดงฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็น (Probability Density Function, pdf) ของค่า SIR ที่ได้รับจากวิธี CSOPC, PCMPC และ วิธีการควบคุมกำลังที่เสนอ ซึ่งได้จากการคำนวณข้อมูลดิบและจากการประมาณด้วย Gaussian pdf ตามลำดับพบว่า pdf ของวิธีการควบคุมกำลังที่เสนอ แคบกว่า pdf ของวิธี PCMPC และ CSOPC โดยมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยกว่าดังแสดงในตารางที่ 4.1 หมายความว่าค่า SIR ของวิธีการควบคุมกำลังที่เสนอมีการเปลี่ยนแปลงรอบๆ ค่า Desired SIR น้อยกว่า นอกจากนี้ pdf ของวิธีการควบคุมกำลังที่เสนอยังมีจุดยอดซึ่งเท่ากับค่าเฉลี่ยของ SIR ที่ได้รับดังแสดงในตารางที่ 4.1 ใกล้เคียงกับค่า Desired SIR (-11 dB) มากกว่าของวิธี PCMPC และ CSOPC แสดงว่าวิธีการควบคุมกำลังที่เสนอสามารถควบคุมค่า SIR ให้เท่ากับ Desired SIR ได้แม่นยำกว่าเมื่อเทียบกับของวิธี PCMPC และ CSOPC

ตารางที่ 4.1 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่า SIR ที่ได้จากการคำนวณข้อมูลดิบและจากการประมาณด้วย Gaussian pdf โดยกำหนดให้ค่า Desired SIR = -11 dB, จำนวนสถานีเคลื่อนที่ = 12 สถานี, จำนวนบิตควบคุมกำลัง = 5 บิต

วิธีควบคุมกำลัง	PCMPC		CSOPC		Proposed PC1		Proposed PC2	
	คำนวณจาก ข้อมูลดิบ	ประมาณด้วย Gaussian pdf	คำนวณจาก ข้อมูลดิบ	ประมาณด้วย Gaussian pdf	คำนวณจาก ข้อมูลดิบ	ประมาณด้วย Gaussian pdf	คำนวณจาก ข้อมูลดิบ	ประมาณด้วย Gaussian pdf
ค่าเฉลี่ย (dB)	-11.2761	-11.2985	-11.1936	-11.2008	-11.1441	-11.1519	-11.2637	-11.2751
ค่าผิดพลาดจากค่าจริง (%)	2.5100	2.7136	1.7600	1.8255	1.3100	1.3809	2.3973	2.5009
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (dB)	0.5351	0.5348	0.3425	0.3401	0.2611	0.2609	0.4365	0.4376



รูปที่ 4.43 ฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของค่า SIR ที่ได้รับจากวิธี CSOPC ( $Q_{\max} = 2.6$ ,  $Q_{\min} = 0.5$ ), PCMPC (Step Size = 1 dB) วิธีการควบคุมกำลังที่เสนอวิธีที่ 1 ( $Q_{\max} = 2.2$ ,  $Q_{\min} = 0.6$ ) และวิธีการควบคุมกำลังที่เสนอวิธีที่ 2 ( $Q_{\max} = 2.6$ ,  $Q_{\min} = 0.5$ ) โดยกำหนดให้ค่า Desired SIR = -11 dB, จำนวนสถานีเคลื่อนที่ = 12 สถานี, จำนวนบิตควบคุมกำลัง = 5 บิต



รูปที่ 4.44 ฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของค่า SIR ที่ได้รับจากวิธี CSOPC ( $Q_{\max} = 2.6$ ,  $Q_{\min} = 0.5$ ), PCMPC (Step Size = 1 dB) วิธีการควบคุมกำลังที่เสนอวิธีที่ 1 ( $Q_{\max} = 2.2$ ,  $Q_{\min} = 0.6$ ) และวิธีการควบคุมกำลังที่เสนอวิธีที่ 2 ( $Q_{\max} = 2.6$ ,  $Q_{\min} = 0.5$ ) โดยกำหนดให้ค่า Desired SIR = -11 dB, จำนวนสถานีเคลื่อนที่ = 12 สถานี, จำนวนบิตควบคุมกำลัง = 5 บิต

#### 4.9 เวลาที่ใช้ในการจำลองแบบวิธี CSOPC, PCMPC, วิธีการควบคุมกำลังที่เสนอวิธีที่ 1 และ วิธีการควบคุมกำลังที่เสนอวิธีที่ 2

พารามิเตอร์ที่ใช้ในการจำลองแบบเพื่อแสดงเวลาที่ใช้ในการจำลองแบบมีดังนี้

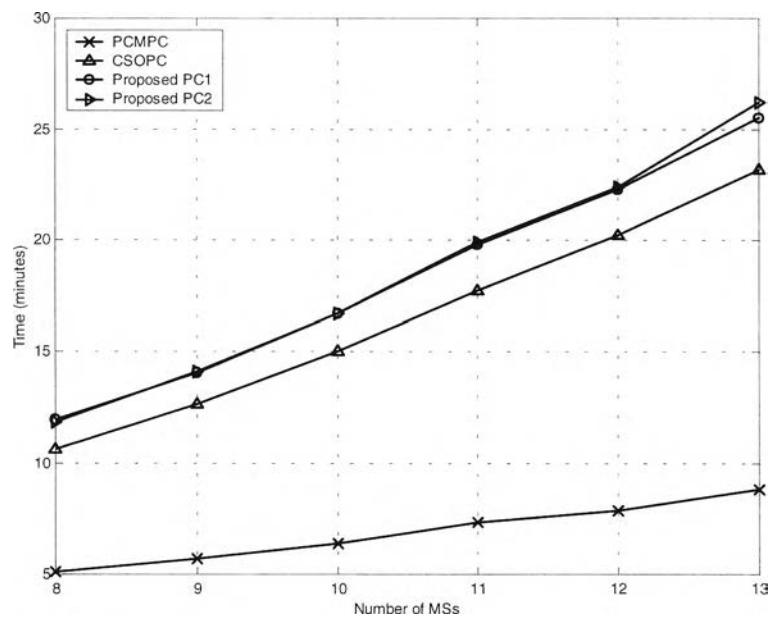
1. จำนวนสถานีเคลื่อนที่เท่ากับ 8, 9, ..., 13 สถานี [6]
2. Desired SIR เท่ากับ  $-11$  dB
3. จำนวนบิตควบคุมกำลังเท่ากับ 1, 2, ..., 8 บิต
4. ขอบเขตบนของการควอนไทซ์ ( $Q_{\max}$ ) เท่ากับ 2.2 และขอบเขตล่างของการควอนไทซ์ ( $Q_{\min}$ ) เท่ากับ 0.6 (กรณีวิธีการควบคุมกำลังที่เสนอวิธีที่ 1)
5. ขอบเขตบนของการควอนไทซ์ ( $Q_{\max}$ ) เท่ากับ 2.6 และขอบเขตล่างของการควอนไทซ์ ( $Q_{\min}$ ) เท่ากับ 0.5 (กรณีวิธีการควบคุมกำลังแบบ CSOPC และวิธีการควบคุมกำลังที่เสนอวิธีที่ 2)
6. Step Size เท่ากับ 1 dB (กรณีวิธีการควบคุมกำลังแบบ PCMPC) [6]
7. คาบเวลาของการควบคุมเท่ากับ 2 ms [6]
8. คอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการจำลองแบบใช้ CPU AMD Athlon 800 MHz, RAM 128 MB

เวลาที่ใช้ในการจำลองแบบคือเวลาที่ใช้ในการจำลองแบบ 50 ครั้ง แต่แต่ละครั้งใช้จำนวนรอบในการควบคุมเท่ากับ 600 รอบ

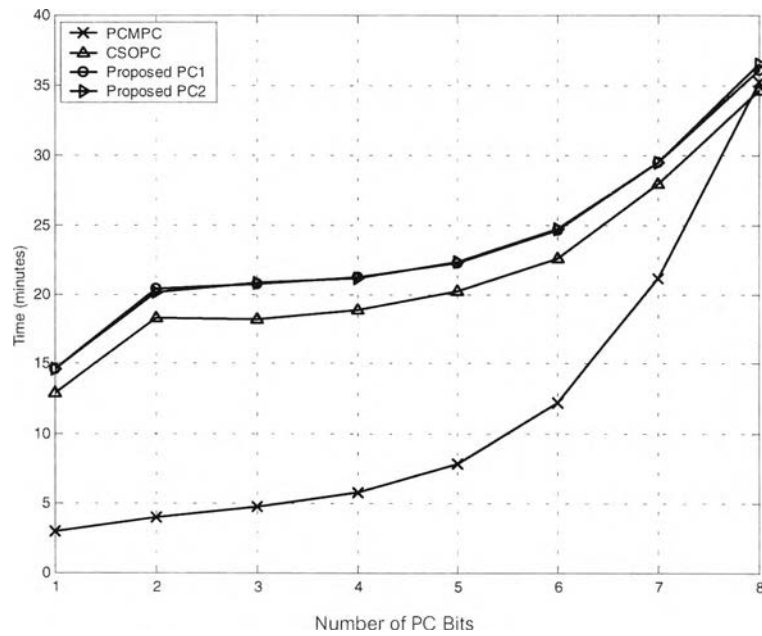
รูปที่ 4.45 แสดงเวลาที่ใช้ในการจำลองแบบเทียบกับจำนวนสถานีเคลื่อนที่ของวิธีควบคุมกำลังแบบ CSOPC, PCMPC, วิธีที่เสนอวิธีที่ 1 และวิธีที่เสนอวิธีที่ 2 เมื่อจำนวนบิตควบคุมกำลังเท่ากับ 5 บิตพบว่าทุกวิธีควบคุมใช้เวลาในการจำลองแบบเพิ่มขึ้นเมื่อจำนวนสถานีเคลื่อนที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากเมื่อจำนวนสถานีเคลื่อนที่เพิ่มขึ้น ต้องมีการคำนวณการควบคุมกำลังเพิ่มขึ้นสำหรับสถานีเคลื่อนที่ที่เพิ่มขึ้นมา ดังนั้นแสดงว่าความซับซ้อนของการควบคุมเพิ่มขึ้นเมื่อจำนวนสถานีเคลื่อนที่เพิ่มขึ้น

รูปที่ 4.46 แสดงเวลาที่ใช้ในการจำลองแบบเทียบกับจำนวนบิตควบคุมกำลังของวิธีควบคุมกำลังแบบ CSOPC, PCMPC, วิธีที่เสนอวิธีที่ 1 และวิธีที่เสนอวิธีที่ 2 เมื่อ Desired SIR =  $-11$  dB และจำนวนสถานีเคลื่อนที่ = 12 สถานีพบว่าวิธีควบคุมทุกวิธีใช้เวลาในการจำลองแบบเพิ่มขึ้นเมื่อจำนวนบิตควบคุมกำลังเพิ่มขึ้นเนื่องจากเมื่อจำนวนบิตควบคุมกำลังเพิ่มขึ้นจะทำให้มีจำนวนขั้นของการควอนไทซ์มากขึ้นซึ่งต้องใช้เวลาเพิ่มขึ้นในการตัดสินใจว่าค่า  $\frac{P_i^{(t+T_d)}}{P_i^{(t)}}$  ควรอยู่ในขั้นของการควอนไทซ์ขั้นใด แสดงว่าความซับซ้อนของการควบคุมเพิ่มขึ้นเมื่อจำนวนบิตควบคุมกำลังเพิ่มขึ้น

จากรูปที่ 4.45 และ 4.46 พบว่าวิธีควบคุมกำลังแบบ PCMPC ใช้เวลาในการจำลองแบบน้อยที่สุดสำหรับจำนวนสถานีเคลื่อนที่เท่ากับ 8 ถึง 13 สถานี และจำนวนบิตควบคุมกำลังเท่ากับ 1 ถึง 8 บิต แสดงว่ามีความซับซ้อนน้อยที่สุด วิธี CSOPC ใช้เวลาในการจำลองแบบมากกว่าวิธี PCMPC เนื่องจากต้องทำการคำนวณแบบวนซ้ำ (Iterate) จำนวนหลายรอบเพื่อให้ค่าของกำลังผู้เข้าสู่ค่าของกำลังที่ต้องการ ( $P_d$ ) แสดงว่ามีความซับซ้อนสูงขึ้น ส่วนวิธีการควบคุมกำลังที่เสนอวิธีที่ 1 และวิธีที่ 2 ใช้เวลาในการจำลองแบบใกล้เคียงกัน ซึ่งมากกว่าของวิธี PCMPC และ CSOPC เนื่องจากวิธีทั้งสองวิธีมีส่วนการทำนายอัตราขยายขยายเชื่อมโยงเพิ่มเข้ามา โดยวิธีที่เสนอวิธีที่ 1 ใช้วิธีการทำนายแบบ Quadratic Equation Link Gain Prediction ส่วนวิธีที่เสนอวิธีที่ 2 ใช้วิธีการทำนายแบบ Recursive Least Square (RLS) ซึ่งต้องใช้เวลาเพิ่มขึ้นเพื่อคำนวณในส่วนของการทำนายอัตราขยายขยายเชื่อมโยงทำให้เวลาในการจำลองแบบของวิธีทั้งสองวิธีใช้เวลามากกว่าเมื่อเทียบกับของวิธี PCMPC และ CSOPC ซึ่งไม่มีส่วนของการทำนายอัตราขยายขยายเชื่อมโยง โดยจากรูปที่ 4.45 และ 4.46 พบว่าเวลาที่ใช้ในการทำนายอัตราขยายขยายเชื่อมโยงด้วยวิธี Quadratic Equation Link Gain Prediction ใกล้เคียงกับเวลาที่ใช้ในการทำนายอัตราขยายขยายเชื่อมโยงด้วยวิธี RLS แสดงว่าความซับซ้อนในการทำนายอัตราขยายขยายเชื่อมโยงด้วยวิธี Quadratic Equation Link Gain Prediction มีความซับซ้อนใกล้เคียงกับของวิธี RLS



รูปที่ 4.45 เวลาที่ใช้ในการจำลองแบบเทียบกับจำนวนสถานีเคลื่อนที่ของวิธีควบคุมกำลังแบบ CSOPC ( $Q_{\max} = 2.6$ ,  $Q_{\min} = 0.5$ ), PCMPC (Step Size = 1 dB), วิธีที่เสนอวิธีที่ 1 ( $Q_{\max} = 2.2$ ,  $Q_{\min} = 0.6$ ) และวิธีที่เสนอวิธีที่ 2 ( $Q_{\max} = 2.6$ ,  $Q_{\min} = 0.5$ ) เมื่อ Desired SIR = -11 dB, จำนวนบิตควบคุมกำลัง = 5 บิต



รูปที่ 4.46 เวลาที่ใช้ในการจำลองแบบเทียบกับจำนวนบิตควบคุมกำลังของวิธีควบคุมกำลังแบบ CSOPC ( $Q_{\max} = 2.6$ ,  $Q_{\min} = 0.5$ ), PCMPC (Step Size = 1 dB), วิธีที่เสนอวิธีที่ 1 ( $Q_{\max} = 2.2$ ,  $Q_{\min} = 0.6$ ) และวิธีที่เสนอวิธีที่ 2 ( $Q_{\max} = 2.6$ ,  $Q_{\min} = 0.5$ ) เมื่อ Desired SIR = -11 dB จำนวนสถานีเคลื่อนที่ = 12 สถานี

#### 4.10 วิเคราะห์ความซับซ้อนของวิธีการควบคุมกำลังที่เสนอเปรียบเทียบกับของวิธี PCMPC และ CSOPC

ตารางที่ 4.2 แสดงความน่าจะเป็นที่จะเกิดสัญญาณขาดหายที่ลดลงที่ได้จากวิธีที่เสนอเมื่อเทียบกับของวิธี PCMPC และ CSOPC เมื่อ Desired SIR เท่ากับ -11 dB, จำนวนบิตควบคุมกำลังเท่ากับ 5 บิต และจำนวนสถานีเคลื่อนที่เท่ากับ 12 สถานี พบว่าวิธี CSOPC มีความน่าจะเป็นที่จะเกิดสัญญาณขาดหายลดลงเมื่อเทียบกับของวิธี PCMPC เท่ากับ 18.3607 เปอร์เซ็นต์, วิธีควบคุมกำลังที่เสนอวิธีที่ 1 มีความน่าจะเป็นที่จะเกิดสัญญาณขาดหายลดลงเมื่อเทียบกับของวิธี PCMPC และ CSOPC เท่ากับ 63.8525 และ 55.7229 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ และวิธีควบคุมกำลังที่เสนอวิธีที่ 2 มีความน่าจะเป็นที่จะเกิดสัญญาณขาดหายลดลงเมื่อเทียบกับของวิธี PCMPC และ CSOPC เท่ากับ 82.2131 และ 78.2129 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าการเพิ่มส่วนทำนายอัตราขยายขยายเชื่อมโยงล่วงหน้าซึ่งทำงานร่วมกับวิธี CSOPC ของวิธีการควบคุมกำลังที่เสนอวิธีที่ 1 และ 2 สามารถทำให้ความน่าจะเป็นที่จะเกิดสัญญาณขาดหายลดลงอย่างมาก

ตารางที่ 4.3 แสดงเวลาในการจำลองแบบที่เพิ่มขึ้นของวิธีที่เสนอเมื่อเทียบกับของวิธี PCMPC และ CSOPC เมื่อ Desired SIR เท่ากับ -11 dB, จำนวนบิตควบคุมกำลังเท่ากับ 5 บิต และจำนวนสถานีเคลื่อนที่เท่ากับ 12 สถานี พบว่าวิธี CSOPC ใช้เวลาในการจำลองแบบเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับของวิธี PCMPC เท่ากับ 156.4025 เปอร์เซ็นต์, วิธีควบคุมกำลังที่เสนอวิธีที่ 1 ใช้เวลาในการจำลองแบบเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับของวิธี PCMPC และ CSOPC เท่ากับ 182.5397 และ 10.1938 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ส่วนวิธีควบคุมกำลังที่เสนอวิธีที่ 2 ใช้เวลาในการจำลองแบบเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับของวิธี PCMPC และ CSOPC เท่ากับ 184.2324 และ 10.8540 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ และเนื่องจากวิธีการควบคุมกำลังที่เสนอวิธีที่ 1 และ 2 นำวิธี CSOPC มาทำงานร่วมกับการทำนายอัตราขยายขยายเชื่อมโยงดังนั้นเวลาที่ใช้เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับของวิธี CSOPC ของวิธีการควบคุมกำลังที่เสนอวิธีที่ 1 และ 2 จึงเป็นเวลาที่ใช้ในการทำนายอัตราขยายขยายเชื่อมโยงล่วงหน้าซึ่งใช้เวลาเพิ่มขึ้นไม่มากนักคือ 10.1938 และ 10.8540 เปอร์เซ็นต์ สำหรับวิธีการทำนายอัตราขยายขยายเชื่อมโยงโดยใช้สมการกำลังสอง และวิธี RLS ตามลำดับ ซึ่งคุ่มค่าเมื่อเทียบกับการทำให้ความน่าจะเป็นที่จะเกิดสัญญาณขาดหายลดลงถึง 55.7229 และ 78.2129 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับเมื่อเทียบกับของวิธี CSOPC ซึ่งไม่มีการทำนายอัตราขยายขยายเชื่อมโยงล่วงหน้า แต่วิธีควบคุมกำลังที่เสนอวิธีที่ 1 และ 2 ใช้เวลาในการจำลองแบบมากกว่าวิธี PCMPC มากโดยใช้เวลาเพิ่มขึ้นเท่ากับ 182.5397 และ 184.2324 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยเวลาที่เพิ่มขึ้นมาส่วนใหญ่เกิดจากการคำนวณที่ใช้เวลานานของวิธี CSOPC ซึ่งใช้เวลาในการจำลองแบบเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับของวิธี



PCMPC เท่ากับ 156.4025 เปรอร์เซ็นต์ แม้ว่าวิธี PCMPC จะใช้เวลาในการคำนวณน้อย แต่กลับมีความน่าจะเป็นที่จะเกิดสัญญาณขาดหายค่อนข้างสูงคือ  $1.22 \times 10^{-2}$

ตารางที่ 4.2 ความน่าจะเป็นที่จะเกิดสัญญาณขาดหายที่ลดลงของวิธีที่เสนอเมื่อเทียบกับของวิธี PCMPC และ CSOPC เมื่อ Desired SIR = -11 dB, จำนวนบิตควบคุมกำลัง = 5 บิต และจำนวนสถานีเคลื่อนที่ = 12 สถานี

วิธีควบคุมกำลัง	PCMPC	CSOPC	Proposed PC1	Proposed PC2
ความน่าจะเป็นที่จะเกิดสัญญาณขาดหาย	$1.22 \times 10^{-2}$	$9.96 \times 10^{-3}$	$4.41 \times 10^{-3}$	$2.17 \times 10^{-3}$
ความน่าจะเป็นที่จะเกิดสัญญาณขาดหายที่ลดลงเมื่อเทียบกับของวิธี PCMPC (%)		18.3607	63.8525	82.2131
ความน่าจะเป็นที่จะเกิดสัญญาณขาดหายที่ลดลงเมื่อเทียบกับของวิธี CSOPC (%)			55.7229	78.2129

ตารางที่ 4.3 เวลาในการจำลองแบบที่เพิ่มขึ้นของวิธีที่เสนอเมื่อเทียบกับของวิธี PCMPC และ CSOPC เมื่อ Desired SIR = -11 dB, จำนวนบิตควบคุมกำลัง = 5 บิต และจำนวนสถานีเคลื่อนที่ = 12 สถานี

วิธีควบคุมกำลัง	PCMPC	CSOPC	Proposed PC1	Proposed PC2
เวลาที่ใช้ในการจำลองแบบ (นาทีก)	7.8750	20.1917	22.2500	22.3833
เวลาที่ใช้ในการจำลองแบบที่เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับของวิธี PCMPC (%)		156.4025	182.5397	184.2324
เวลาที่ใช้ในการจำลองแบบที่เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับของวิธี CSOPC (%)			10.1938	10.8540

โดยเวลาที่ใช้ในการจำลองแบบคือเวลาที่ใช้ในการจำลองแบบ 50 ครั้ง แต่แต่ละครั้งใช้จำนวนรอบในการควบคุมเท่ากับ 600 รอบ

#### 4.11 การนำวิธีที่เสนอไปประยุกต์ใช้ในทางปฏิบัติ

เนื่องจากวิธีการควบคุมกำลังที่เสนอเป็นการควบคุมกำลังด้านขาขึ้น (Uplink Power Control) ดังนั้นการคำนวณค่าของกำลังที่สถานีเคลื่อนที่ที่ต้องส่งไปทำที่สถานีฐาน โดยโปรแกรมวิธีการควบคุมกำลังที่เสนอไว้ที่สถานีฐานซึ่งประกอบด้วยสองส่วนคือ ส่วนการทำนายอัตราขยายขาขึ้นเชื่อมโยงและส่วนควบคุมกำลังเพื่อให้เข้าสู่ค่ากำลังที่ต้องการ ( $P_d$ ) ซึ่งวิธีการควบคุมกำลังที่เสนอวิธีที่ 1 และ 2 ต่างกันเฉพาะส่วนของการทำนายอัตราขยายขาขึ้นเชื่อมโยง โดยส่วนควบคุมกำลังเพื่อให้กำลังเข้าสู่ค่ากำลังที่ต้องการ ( $P_d$ ) ใช้เวลาในการคำนวณค่อนข้างมากซึ่งในการนำไปใช้ในทางปฏิบัติมีความเป็นไปได้ด้วยการใช้ Processor รุ่นใหม่ๆ หรือการควบคุมกำลังแบบ parallel ซึ่งมีความเร็วในการทำงานเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ

ในการจำลองแบบใช้คาบเวลาในการควบคุมเท่ากับ 2 ms [6] เพื่อเปรียบเทียบกับผลของ PCMP [6] ซึ่งใช้เวลาในการจำลองแบบ 1 รอบเท่ากับ 2 ms แต่ใน IS-95 ใช้คาบเวลาในการควบคุมเท่ากับ 1.25 ms ซึ่งเร็วกว่า โดยความน่าจะเป็นที่จะเกิดสัญญาณขาดหายจะมีค่าลดลงเมื่อคาบเวลาในการควบคุมลดลง [6] ดังนั้นหากนำวิธีที่เสนอไปใช้ในมาตรฐาน IS-95 ความน่าจะเป็นที่จะเกิดสัญญาณขาดหายจะลดลงเนื่องจากคาบเวลาในการควบคุมที่ใช้ในมาตรฐาน IS-95 มีค่าน้อยกว่าคาบเวลาในการควบคุมที่ใช้ในการจำลองแบบ

จากหัวข้อที่ 4.3 พบว่าค่า Desired SIR ที่เหมาะสมที่สุดมีค่าขึ้นกับจำนวนสถานีเคลื่อนที่โดยเมื่อจำนวนสถานีเคลื่อนที่เท่ากับ 12 สถานี ค่า Desired SIR ที่เหมาะสมที่สุดเท่ากับ -11 dB โดยค่า Desired SIR ที่เหมาะสมที่สุดจะมีค่าลดลงเมื่อจำนวนสถานีเคลื่อนที่เพิ่มขึ้น แต่ในทางปฏิบัติกำหนดให้ค่า Desired SIR เท่ากับ -14 dB คงที่ซึ่งไม่ใช่ค่า Desired SIR ที่เหมาะสมที่สุดดังนั้นควรมีการปรับค่า Desired SIR ให้มีค่าเปลี่ยนแปลงตามจำนวนผู้ใช้เพื่อทำให้ความน่าจะเป็นที่จะเกิดสัญญาณขาดหายของระบบมีค่าต่ำที่สุด