บทที่ 3

แบบจำลองและวิธีการจำลองแบบ

3.1 การนำเสนอผลการจำลองแบบ

จะมีการนำเสนอใน 2 ลักษณะ คือ

1. เปรียบเทียบจำนวนการแฮนด์โอเวอร์สำหรับค่าความเหลื่อมและค่าแฮนด์โอเวอร์มาร์จินค่าต่างๆ กัน
   - เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ที่ลดลงของจำนวนการแฮนด์โอเวอร์ เมื่อมีการเคลื่อนที่แบบเส้นตรง
   - เปรียบเทียบจำนวนการแฮนด์โอเวอร์สำหรับการเคลื่อนที่แบบต่างๆ
   - เปรียบเทียบจำนวนการแฮนด์โอเวอร์เมื่อมีการตรวจสอบการเลี้ยวที่มากผิดปกติ
2. เปรียบเทียบจำนวนการแฮนด์โอเวอร์, โอกาสของการบล็อก, โอกาสของการบังคับสิ้นสุดการเรียก และจำนวนโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่ใช้ได้ในระบบสำหรับค่าทราฟฟิกที่ใส่ให้กับเซลล์ค่าต่างๆ กัน ซึ่งในลักษณะที่ 2 นี้จะมีการตั้งค่า แฮนด์โอเวอร์มาร์จิน และค่าความเหลื่อมไว้คงที่ค่าหนึ่งและพิจารณาเฉพาะกับการเคลื่อนที่แบบเส้นตรง เนื่องจากการเคลื่อนที่แบบเส้นตรงจะมีความเด่นชัดของพารามิเตอร์ที่วัดได้ระหว่างวิธีที่เสนอกับวิธีดั้งเดิมชัดเจนกว่า (มีความแตกต่างกันของค่าพารามิเตอร์ที่วัดได้มากกว่า)

3.2 ข้อกำหนดของแบบจำลอง

เนื่องจากงานวิจัยในวิทยานิพนธ์เรื่องการเลือกเซลล์ จำเป็นต้องทำการจำลองแบบที่เกี่ยวข้องกับแบบจำลองโทรศัพท์เคลื่อนที่, แบบจำลองเซลล์และสถานีฐาน, แบบจำลองการแพร่กระจายคลื่น, แบบจำลองการ Update Location, แบบจำลองการส่งข้อมูล และแบบจำลองการเลือกเซลล์แบบ Dedicated Mode เพื่อพิสูจน์สมมติฐานตามวัตถุประสงค์ตามที่ตั้งไว้ แต่ไม่มีบทความใดที่รวมรายละเอียดของแบบจำลองที่ต้องการใช้ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้ทั้งหมด ซึ่งรายละเอียดในส่วนของการเรียก, การจัดสรรช่องสัญญาณและอัตราเร็วของโทรศัพท์เคลื่อนที่ของแบบจำลองจะอยู่ในเอกสารอ้างอิงที่ [6] แต่เอกสารอ้างอิงที่ [6] ไม่มีแบบจำลองในด้านความแรงสัญญาณและค่าฮีสเตอริซีสที่จำเป็นสำหรับการแฮนด์โอเวอร์จึงมีการเพิ่มรายละเอียดที่จำเป็นในเอกสารอ้างอิงที่ [3] และ [5] และการเหลื่อมกันของเซลล์ที่กล่าวถึงรายละเอียดในเรื่องค่าความเหลื่อมในเอกสารอ้างอิงที่ [4] สำหรับรัศมีเซลล์เราสนใจกับเซลล์ขนาดเล็ก (Microcell) ซึ่งกล่าวในเอกสารอ้างอิงที่ [9]

3.2.1 แบบจำลองของโทรศัพท์เคลื่อนที่

1. อัตราเร็ว 50 กิโลเมตร/ชั่วโมง ซึ่งเป็นอัตราเร็วเฉลี่ยของโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่มีการศึกษากันโดยทั่วไป [6,11]
2. มีการสร้างการเรียกที่เกิดขึ้นใหม่ที่มีการแจกแจงแบบยูนิฟอร์ม (การเรียกที่เกิดขึ้นใหม่มีโอกาสเกิดกับทุกๆ เซลล์ได้เท่ากัน) [6]

3. ทิศทางของโทรศัพท์เคลื่อนที่ เสนอให้มีการเคลื่อนที่ 2 แบบ (เนื่องจากแบบจำลองในส่วนนี้มีค่าพารามิเตอร์ในการเคลื่อนที่ต่างๆ โดยละเอียด ซึ่งในบทความที่ศึกษาไม่ได้กล่าวถึงรายละเอียดในส่วนนี้ ดังนั้นค่าพารามิเตอร์ต่างๆ นี้จึงได้จากการสมมติขึ้น โดยพยายามให้ใกล้เคียงกับการเคลื่อนที่จริงของโทรศัพท์เคลื่อนที่) คือ

3.1 เคลื่อนที่เป็นแนวตรงซึ่งอนุญาตให้มีการเปลี่ยนแปลงทิศทางได้ไม่เกิน 10 องศาและ 20 องศา ในเวลา 0.48 วินาที

3.2 เคลื่อนที่เลี้ยว 90 องศาและ 180 องศาเพื่อจำลองแบบในกรณีที่โทรศัพท์เคลื่อนที่มีการเลี้ยวตามสี่แยกและการเลี้ยวกลับรถ ตามลำดับ การให้น้ำหนักของการเลี้ยว 90 และ 180 องศามีดังนี้

เมื่อถึงจุดสี่แยก เสนอให้แต่ละสี่แยกห่างกัน 300 เมตร และโทรศัพท์จะมีโอกาสของการเลี้ยวซ้ายหรือขวาเท่ากันที่ 25% และตรงไปที่ 50% เมื่อมีการเลี้ยวก็จะแบ่งเป็นการเลี้ยว 90 องศา 75% และเลี้ยว 180 องศา 25%

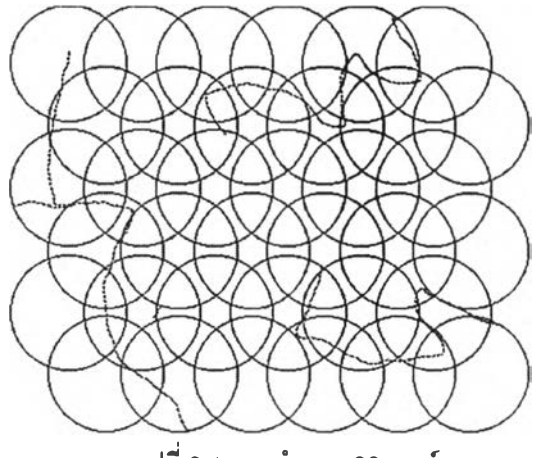
หมายเหตุ

- การเลี้ยว 90 องศา ให้มีการเลี้ยว 22.5 องศา ในระยะเวลา 0.48 วินาที (เพื่อให้สอดคล้องเวลาการเฝ้าตรวจสัญญาณ (monitor) ในระบบ GSM ที่มีทุกๆ 0.48 วินาที) และตรงกับ4 ครั้ง รวมเป็น 90 องศา
- การเลี้ยว 180 องศา ให้มีการเลี้ยว 22.5 องศา ในระยะเวลา 0.48 วินาที 8 ครั้ง รวมเป็น 180 องศา
- การเลี้ยวในหัวข้อ 3.1 สำหรับการเปลี่ยนแปลงทิศทางได้ไม่เกิน 10 องศา ในเวลา 0.48 วินาที ถ้าเทียบกับการเลี้ยว 90 องศาที่มีการเลี้ยว 4 ครั้งๆ ละ 22.5 องศาแล้ว ก็จะมีการเลี้ยวที่เป็นไปได้ตั้งแต่ 0 – 40 องศา ส่วนการเปลี่ยนแปลงทิศทางได้ไม่เกิน 20 องศา ในเวลา 0.48 วินาที ก็จะมีการเลี้ยวที่เป็นไปได้ตั้งแต่ 0 - 80 องศา

4. มีการมาถึงของการเรียกที่เกิดใหม่ (new call arrival) มีการแจกแจงการเกิดแบบแบบปัวส์ซง (Poisson) [6]
5. เวลาของการครอบครองช่องสัญญาณของการเรียกมีการแจกแจงการเกิดแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล [6]

3.2.2 แบบจำลองของเซลล์และสถานีฐาน

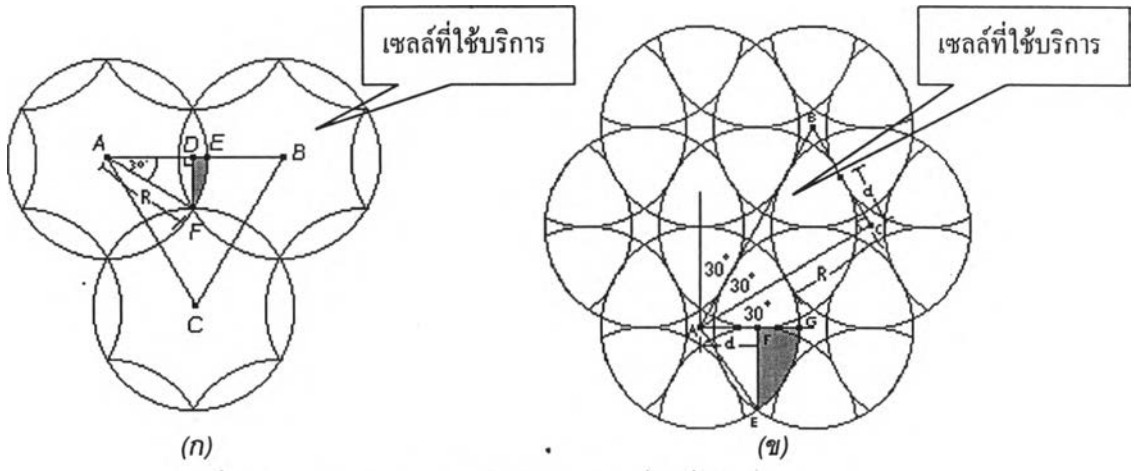
1. สร้างเป็นระบบเซลล์แบบ Omnidirectional ที่มีรัศมี 300 เมตร [9] จำนวน 36 เซลล์ ซึ่งจัดเป็นเซลล์ขนาดเล็ก (Microcell) (เพราะต้องการทดสอบกับเซลล์ที่มีขนาดเล็ก ซึ่งมีจำนวนการแฮนด์โอเวอร์ที่สูงเมื่อเทียบกับเซลล์ที่มีขนาดใหญ่(Macrocell))



รูปที่ 3.1 แบบจำลอง 36 เซลล์

2. ความเหลื่อม (Overlap) เสนอให้มีการปรับค่าได้ตั้งแต่ 7 ถึง 39 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ที่เหลื่อมกันเทียบกันพื้นที่ของเซลล์ทั้งหมด

ที่ค่าความเหลื่อมต่ำมากเกินไป จะเกิดช่องว่างระหว่างเซลล์ซึ่งเราจะไม่ทดสอบ แต่จะทดสอบหลังจากที่ค่าความเหลื่อมมากพอที่เซลล์ขยับเข้าใกล้กันจนปิดช่องว่างระหว่างเซลล์ได้พอดีมีวิธีการหาดังรูปที่ 3.2 (ก)



รูปที่ 3.2 การคำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์ความเหลื่อมที่ใช้ในแบบจำลอง

$$\text{พื้นที่ส่วนที่แรเงา} = \textit{พื้นที่ส่วนของวงกลม}AEF - \textit{พื้นที่ของสามเหลี่ยม}ADF$$

$$= \frac{30}{360} \times \pi R^2 - \frac{1}{2} \times R\cos(30) \times R\sin(30)$$

$$= \left(\frac{\pi}{12} - \frac{\sqrt{3}}{8}\right) R^2$$

$$\%\text{ความเหลื่อม} = \frac{\textit{พื้นที่ที่เหลื่อมกันของเซลล์}}{\textit{พื้นที่ทั้งหมดของเซลล์}} \times 100\%$$

$$= \frac{4 \times \left(\frac{\pi}{12} - \frac{\sqrt{3}}{8}\right) R^2}{\pi R^2} \times 100\%$$

$$= 5.77\%$$

จากการคำนวณพบว่าที่ค่าความเหลื่อม 5.77% แต่ละเซลล์จะเข้าใกล้กันจนปิดช่องว่างพอดี ซึ่งเราจะเริ่มใช้ค่าความเหลื่อมที่มากกว่านี้ สำหรับที่ค่าความเหลื่อม 6% เซลล์รอบข้าง 2 เซลล์เพิ่งเริ่มที่จะมาเหลื่อมกันในเซลล์ที่ใช้บริการได้เล็กน้อยหรือแทบจะไม่มีการเหลื่อมกันเลย ดังนั้นเราจึงเริ่มทดสอบที่ค่าความเหลื่อมที่มากกว่านี้คือที่ 7% จากนั้นเราจะทดสอบไปจนกระทั่งมีเซลล์รอบข้าง 3 เซลล์เข้ามาเหลื่อมกันในเซลล์ที่ใช้บริการเพื่อให้มีเซลล์ 3 เซลล์เพื่อใช้ในการเลือกแฮนด์โอเวอร์ (เอกสารอ้างอิง [4] เสนอให้มีเซลล์มีการเหลื่อมกันมากที่สุด 3 เซลล์ที่การเรียกที่เกิดขึ้นใหม่สามารถขอใช้บริการได้) ซึ่งจะมีการคำนวณหาค่าความเหลื่อม ณ จุดนี้ดังรูปที่ 3.2 (ข)

จากรูปที่ 3.2 (ข) เมื่อมีเซลล์รอบข้าง 3 เซลล์เข้ามาเหลื่อมกันกับเซลล์ที่ใช้บริการพอดี ระยะ AC จะเท่ากับ 2R ทำให้หาค่า d เท่ากับ R*tan(30)

$$\text{พื้นที่ส่วนที่แรเงา} = \textit{พื้นที่ส่วนของวงกลม}AEG - \textit{พื้นที่ของสามเหลี่ยม}AEF$$

$$= \frac{\cos^{-1}\left(\frac{d}{R}\right)}{360} \times \pi R^2 - \frac{1}{2} \times d \times R\sin\left(\cos^{-1}\left(\frac{d}{R}\right)\right)$$

$$= 0.242$$

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความเหลื่อม} = \frac{\text{พื้นที่ที่เหลื่อมกันของเซลล์}}{\text{พื้นที่ทั้งหมดของเซลล์}} \times 100\%$$

$$= \frac{4 \times 0.242}{\pi R^2} \times 100\%$$

$$= 30.8\%$$

จากการคำนวณ พบว่าค่าความเหลื่อมที่มากกว่า 30.8% จะมีเซลล์รอบข้าง 3 เซลล์เข้ามาเหลื่อมกับเซลล์ที่ใช้บริการ ซึ่งเราจะมีการทดสอบไปจนถึงค่าความเหลื่อมที่ 31% และดูแนวโน้มนี้ต่อไประยะหนึ่งจนถึงค่าความเหลื่อมที่ 39%

3. ค่าฮีสเตอริซีสมีการปรับค่าได้ตั้งแต่ 2 – 6 dB ซึ่งเป็นค่าที่มีการใช้จริงในระบบ GSM [5] และศึกษาเพิ่มไปถึง 8 dB เพื่อดูแนวโน้มของจำนวนการแฮนด์โอเวอร์
4. ความแรงสัญญาณต่ำสุดที่ยอมรับได้เสนอให้อยู่ที่ขอบเซลล์ ซึ่งมีความยืดหยุ่นเมื่อมีการเปลี่ยนขนาดของเซลล์ (ไม่ต้องมีการกำหนดค่าความแรงสัญญาณต่ำสุดที่ยอมรับได้ตายตัวลงไป)
5. แต่ละเซลล์มีช่องสัญญาณ 5 ช่องสัญญาณ ซึ่งเป็นแบบจำลองของเซลล์ที่มีช่องสัญญาณจำนวนไม่มากที่มีการทดสอบกันและมีการจัดสรรช่องสัญญาณแบบ FCA (Fixed Channel Allocation) ซึ่งมีการใช้งานจริงในปัจจุบัน [6]

3.2.3 แบบจำลองในการแพร่กระจายคลื่น

1. การแพร่กระจายคลื่นใช้แบบจำลองของ Hata [3] ที่ไม่มีการคิดค่าของเฟดดิง
2. สายอากาศเป็นแบบไดโพล ใช้ค่า path loss factor : n1=1.8 , n2=21 ที่ความถี่ 900 MHz [3] ซึ่งได้จากการวัดความแรงสัญญาณออกมาเป็นกราฟและทำการประมาณความชัน (n1, n2) จากถนนหลวงในประเทศอังกฤษ เนื่องจากยังไม่มีข้อมูลของค่า path loss factor จากถนนหลวงในกรุงเทพฯ จึงใช้สมมติฐานข้างต้นแทน

3.2.4 แบบจำลองการ Update Location

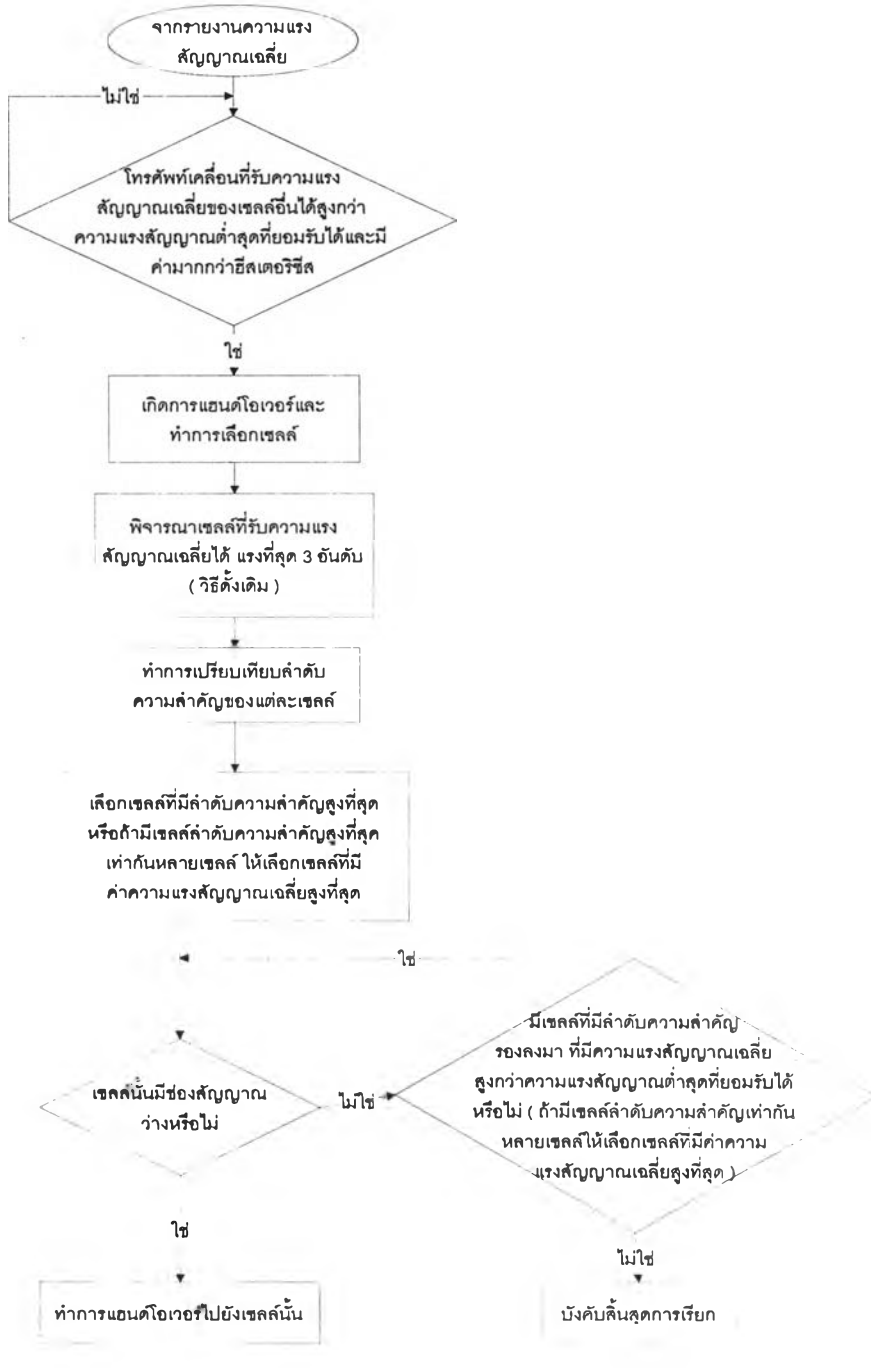
การเรียกใหม่ของโทรศัพท์เคลื่อนที่จะใช้สถานีฐานเริ่มต้นที่มีความแรงสัญญาณเฉลี่ยที่รับได้สูงที่สุด หลังจากนั้นจะมีการแฮนด์โอเวอร์ไปยังสถานีฐานอื่นเมื่อถึงค่าแฮนด์โอเวอร์เทรชโฮลด์ [5]

3.2.5 แบบจำลองการส่งข้อมูลจากโทรศัพท์เคลื่อนที่ผ่านสถานีฐานไปยัง BSC

หลังจากทำการอัปเดตตำแหน่ง (Update Location) โทรศัพท์เคลื่อนที่จะทำการวัดระดับความแรงสัญญาณเฉลี่ยที่ได้รับจากสถานีฐานที่ใช้บริการกับสถานีฐานรอบข้างและมีการส่งข้อมูลดังกล่าวให้กับสถานีฐานเพื่อส่งผ่านไปยัง BSC ทุกๆ 0.48 วินาที [5] เพื่อทำการจัดอันดับของระดับความแรงสัญญาณเฉลี่ยของแต่ละสถานีฐาน

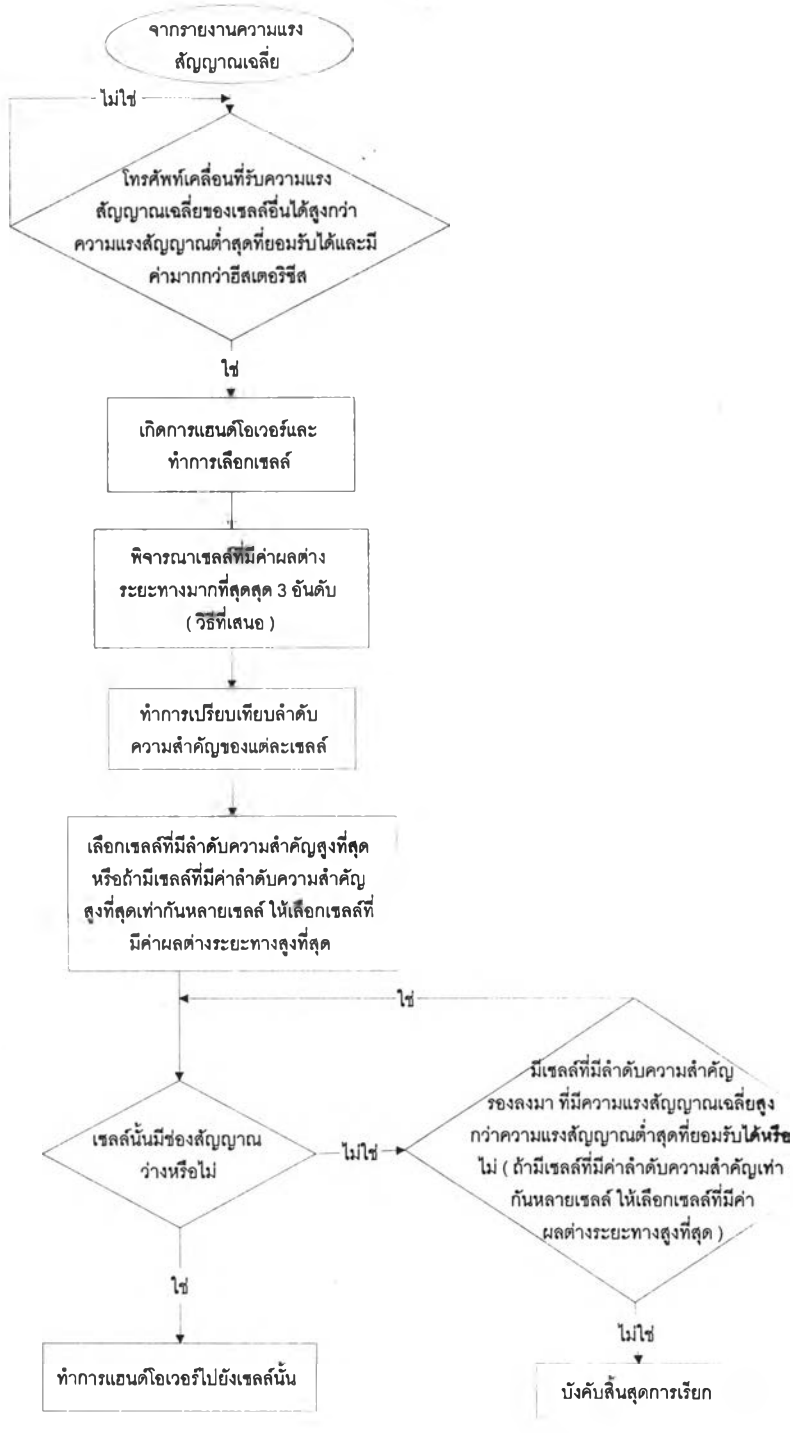
3.2.6 แบบจำลองวิธีการเลือกเซลล์แบบ Dedicated Mode

3.2.6.1 วิธีการเลือกเซลล์แบบ Dedicated Mode สำหรับการแฮนด์โอเวอร์ของวิธีดั้งเดิม



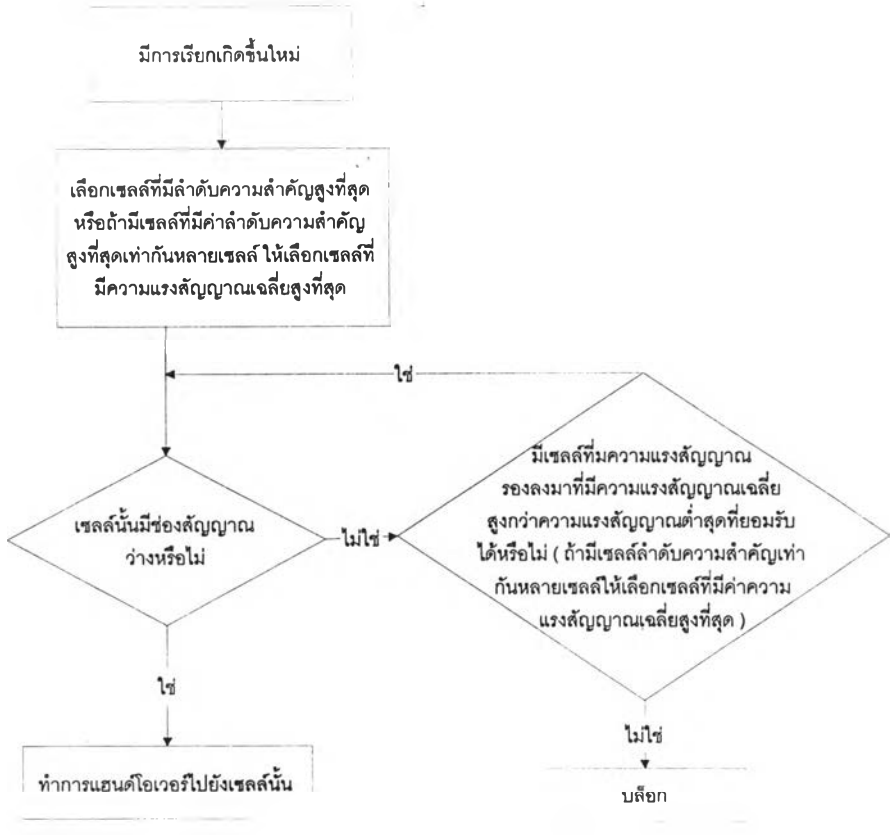
รูปที่ 3.2 การเลือกเซลล์ในแบบ Dedicated Mode สำหรับการแฮนด์โอเวอร์ของวิธีดั้งเดิม

3.2.6.2 วิธีการเลือกเซลล์แบบ Dedicated Mode สำหรับการแฮนด์โอเวอร์ของวิธีคาดหวังทิศทาง



รูปที่ 3.3 การเลือกเซลล์ในแบบ Dedicated Mode สำหรับการแฮนด์โอเวอร์ของวิธีคาดหวังทิศทาง

3.2.6.3 วิธีการเลือกเซลล์แบบ Dedicated Mode สำหรับการเรียกที่เกิดขึ้นใหม่



รูปที่ 3.4 การเลือกเซลล์ในแบบ Dedicated Mode สำหรับการเรียกที่เกิดขึ้นใหม่

3.3 การทดสอบความถูกต้องของการจำลองแบบ

3.3.1 การทดสอบความถูกต้องของการจำลองแบบการตัดสินใจแฮนด์โอเวอร์แบบดั้งเดิม

จะทำการทดสอบจำนวนการแฮนด์โอเวอร์ต่อ 1 การเรียก (Handover Per Call) เมื่อมีการเปลี่ยนขนาดของรัศมีเซลล์ไป ยิ่งเซลล์มีขนาดเล็กลง ก็จะทำให้มีจำนวนของการแฮนด์โอเวอร์ที่มากขึ้น ซึ่งค่าที่ได้จากการทดสอบมีค่าสอดคล้องกับเอกสารอ้างอิง [2] ดังนี้

แฮนด์โอเวอร์ 0.2 ครั้ง สำหรับรัศมีเซลล์ 16 – 24 กิโลเมตร

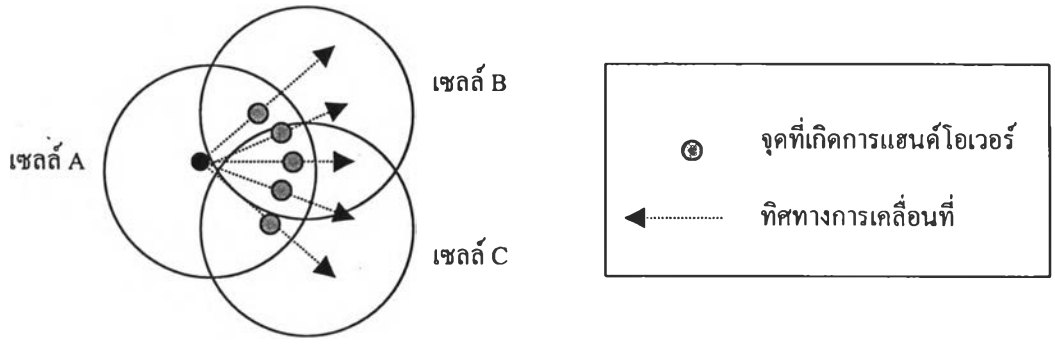
แฮนด์โอเวอร์ 1 - 2 ครั้ง สำหรับรัศมีเซลล์ 3.2 – 8 กิโลเมตร

แฮนด์โอเวอร์ 3 – 4 ครั้ง สำหรับรัศมีเซลล์ 1.6 – 3.2 กิโลเมตร

3.3.2 การทดสอบความถูกต้องของแบบจำลองการเลือกเซลล์แบบดั้งเดิมกับแบบคาดหวังทิศทาง

การทดสอบความถูกต้องของแบบจำลองการเลือกเซลล์แบบดั้งเดิม

วิธีการเลือกเซลล์แบบดั้งเดิมจะมีการเลือกเซลล์รอบข้างที่ได้รับความแรงสัญญาณเฉลี่ยมากที่สุดหรือเซลล์รอบข้างที่อยู่ใกล้โทรศัพท์เคลื่อนที่มากที่สุดนั่นเอง ซึ่งมีการตรวจสอบดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 การทดสอบแบบจำลองการเลือกเซลล์แบบดั้งเดิม

จากรูปที่ 3.5 จะให้โทรศัพท์เคลื่อนที่อยู่ที่เซลล์ที่ให้บริการ A และมีเซลล์รอบข้างที่สามารถแฮนด์โอเวอร์ไปได้ จากเซลล์ที่ใช้บริการ A โทรศัพท์เคลื่อนที่จะมีการเคลื่อนที่ไปยังเซลล์รอบข้างตามทิศทางต่างๆ และเกิดการแฮนด์โอเวอร์ที่ขอบเซลล์ดังรูป ซึ่งจุดที่เกิดการแฮนด์โอเวอร์นี้จะมีการเลือกเซลล์ที่สอดคล้องกับวิธีการดั้งเดิมดังนี้

1. ถ้าจุดที่เกิดการแฮนด์โอเวอร์มีการเหลื่อมกันของเซลล์รอบข้างหลายเซลล์ เซลล์รอบข้างที่อยู่ใกล้จะเป็นเซลล์ที่ถูกเลือก
2. ถ้าจุดที่เกิดการแฮนด์โอเวอร์มีเซลล์รอบข้างเพียงเซลล์เดียว เซลล์นั้นจะถูกเลือกสำหรับการแฮนด์โอเวอร์

การทดสอบความถูกต้องของแบบจำลองการเลือกเซลล์แบบคาดหวังทิศทาง

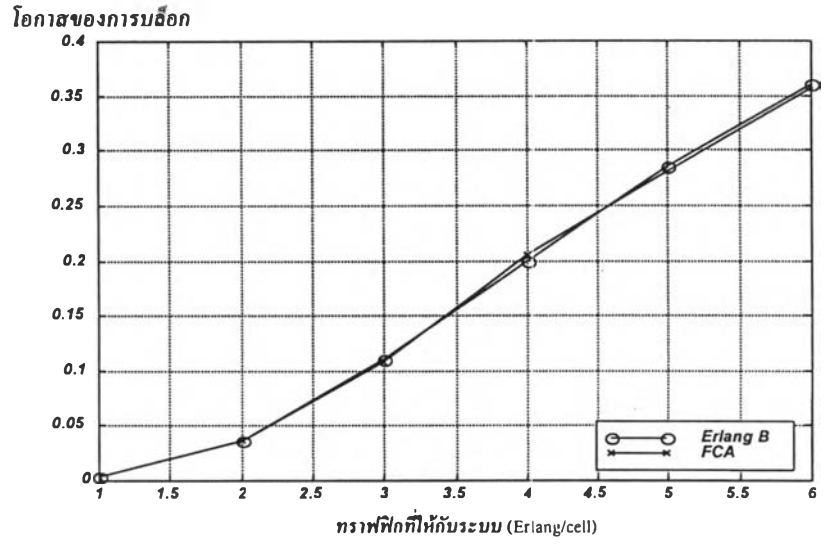
จะใช้การทดสอบเช่นเดียวกับวิธีการดั้งเดิมคือให้โทรศัพท์เคลื่อนที่ออกจากเซลล์ที่ให้บริการตามทิศทางต่างๆ กัน ซึ่งจุดที่เกิดการแฮนด์โอเวอร์จะมีการเลือกเซลล์ที่สอดคล้องกับวิธีการดั้งเดิมดังนี้

1. ถ้าจุดที่เกิดการแฮนด์โอเวอร์มีการเหลื่อมกันของเซลล์รอบข้างหลายเซลล์ เซลล์รอบข้างโทรศัพท์เคลื่อนที่มีทิศทางเคลื่อนที่เข้าหาจะเป็นเซลล์รอบข้างที่ถูกเลือก
2. ถ้าจุดที่เกิดการแฮนด์โอเวอร์มีเซลล์รอบข้างเพียงเซลล์เดียว เซลล์นั้นจะถูกเลือกสำหรับการแฮนด์โอเวอร์

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.3.3 การทดสอบความถูกต้องของการจำลองแบบของทราฟฟิกที่ให้กับแต่ละเซลล์

ทำการทดสอบการบล็อกที่เกิดขึ้นกับแต่ละเซลล์ เมื่อมีทราฟฟิกที่เข้ามามีค่าเปลี่ยนไป ในการทดสอบใช้ค่าจำนวนช่องสัญญาณของแต่ละเซลล์เป็น 5 ช่องสัญญาณ ซึ่งแต่ละเซลล์มีการจัดสรรช่องสัญญาณเป็นแบบตายตัว (Fixed Channal Allocation หรือ FCA) ผลการทดสอบที่ได้ จะทำการเปรียบเทียบกับตารางเออร์แลงบี ดังกราฟในรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.6 กราฟเปรียบเทียบค่าที่ได้จากการทดลองกับค่าที่ได้จากตารางเออร์แลงบี

จากกราฟในรูปที่ 3.6 จะเห็นว่าแบบจำลองการจัดสรรช่องสัญญาณแบบ FCA ที่สร้างขึ้นมีความสอดคล้องกับค่าในตารางเออร์แลงบี