บทที่ 2

แนวคิด ผลงานที่ผ่านมา วิธีการเลือกเซลล์สำหรับระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่แบบเซลลูลาร์โดยใช้การคาดหวังทิศทางและวิธีการปรับปรุง

2.1 การเลือกเซลล์ (Cell Selection)

โทรศัพท์เคลื่อนที่จะอยู่ในสถานะ Dedicated Mode เมื่อโทรศัพท์เคลื่อนที่มีการเรียก (เสียง แฟกซ์ หรือข้อมูล) และจะมีการเลือกเซลล์ใหม่เมื่อมีการแฮนด์โอเวอร์ แต่ในขณะที่อยู่ในสถานะ Idle Mode (โทรศัพท์เคลื่อนที่ไม่มีการเรียก) โทรศัพท์จะมีการหาเซลล์ที่ดีที่สุดในพื้นที่นั้น

กระบวนการหาเซลล์ที่ดีที่สุดนี้เรียกว่า " การเลือกเซลล์ " ซึ่งในที่นี้เราสนใจเฉพาะการเลือกเซลล์ในแบบ Dedicated Mode และโทรศัพท์เคลื่อนที่มีการเคลื่อนที่ ในที่นี้จะแบ่งวิธีการเลือกเซลล์เป็น 2 แบบ คือ

1. การเลือกเซลล์แบบ Idle Mode
2. การเลือกเซลล์แบบ Dedicated Mode

ซึ่งมีรายละเอียดดังหัวข้อถัดไป

2.2 วิธีการเลือกเซลล์ในสถานะ Idle Mode

ขณะที่มีการเคลื่อนที่แล้วต้องทำการโรมมิง (Roaming) ตัวโทรศัพท์เคลื่อนที่จะฟัง paging message แล้วโทรศัพท์เคลื่อนที่จะตัดสินใจโดยตัวมันเองว่าเซลล์ใดเป็นเซลล์ที่ดีที่สุด และถ้ามีความจำเป็นมันจะทำการเปลี่ยน Location Area (LA) ใหม่ ซึ่งจะเรียกว่า Location Updating ในกระบวนการเลือกเซลล์แบบนี้จะมีการเปรียบเทียบค่า C1 หรือ C2 ของเซลล์รอบข้าง โดยมีความคิดที่ว่า โทรศัพท์เคลื่อนที่จะมีการเปรียบเทียบความแรงสัญญาณเฉลี่ยจากเซลล์รอบข้างแต่ละเซลล์ และทำการเลือกเซลล์ที่ดีที่สุด โดยจะมีการเปรียบเทียบค่า C1 ดังนี้

จะมีการเลือกเซลล์ที่ดีที่สุดโดยพิจารณาจากองค์ประกอบต่างๆ ดังนี้

1. ระดับความแรงสัญญาณที่รับได้จากโทรศัพท์เคลื่อนที่
2. กำลังส่งสูงสุดของโทรศัพท์เคลื่อนที่
3. พารามิเตอร์ p1 และ p2 ซึ่งมีค่าเฉพาะกับแต่ละเซลล์

ค่าทั้งหมดที่กล่าวมาจะถูกนำมาตัดสินใจร่วมกันเป็น ค่า C1 Criterion ดังนี้

$$C1 = A - \max (B, 0) \quad \text{.....(2.1)}$$

A = ระดับความแรงที่รับได้เฉลี่ย – p1

B = p2 – กำลังส่งสูงสุดของโทรศัพท์เคลื่อนที่

p1 = มีค่าระหว่าง –110 ถึง –48 dBm

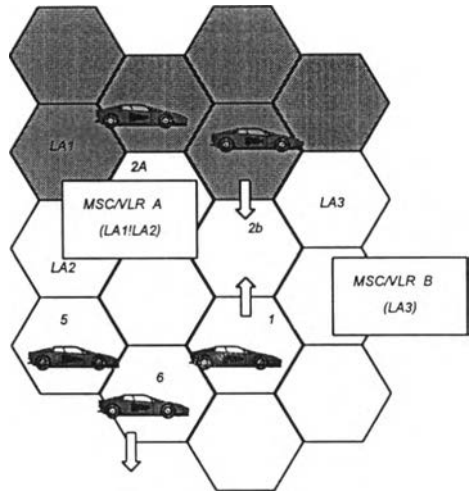
p2 = มีค่าระหว่าง 13 ถึง 43 dBm

ทั้งค่าของ p1 และ p2 จะมีการแพร่ไปยังเซลล์ต่างๆ

ค่ากำลังส่งสูงสุดของโทรศัพท์เคลื่อนที่ = 29 ถึง 43 dBm

เซลล์ที่มีค่า C1 สูงที่สุดจะถูกเลือกซึ่งจะมีค่ามากกว่าศูนย์

จากสมการที่ (2.1) ในแบบจำลองที่ใช้จริง ค่าพารามิเตอร์ p1 และ p2 จะถูกกำหนดค่าไว้ค่าหนึ่งเหมือนกันหมดทุกเซลล์ (เพื่อให้เป็นแบบจำลองอย่างง่าย) ส่วนค่ากำลังส่งสูงสุดของโทรศัพท์เคลื่อนที่จะมีการกำหนดไว้คงที่เท่ากันหมดทุกเครื่องที่ใช้บริการ ดังนั้นจะสรุปได้ว่าสมการที่ (2.1) นี้ ค่า C1 Criterion จะขึ้นอยู่กับตัวแปรตัวเดียว คือ ระดับความแรงสัญญาณเฉลี่ยที่โทรศัพท์เคลื่อนที่รับได้จากเซลล์รอบข้างแต่ละเซลล์ ดังนั้น C1 Criterion จะมีการเลือกเซลล์ที่โทรศัพท์เคลื่อนที่รับความแรงสัญญาณเฉลี่ยได้สูงที่สุดนั่นเอง



1. Changing Cell within the same LA
2a. Location Update, type normal, same MSC/VLR(LA1!LA2)
2b. Location Update, type normal, new MSC/VLR(LA1!LA2)
3. IMSI detach
4. Location Updating type IMSI attach
5. Locating Updating type periodic registration
6. Implicit detach

รูปที่ 2.1 การเปลี่ยนเซลล์เมื่อโทรศัพท์เคลื่อนที่อยู่ในสถานะ Idle Mode

2.3 วิธีการเลือกเซลล์ในสถานะ Dedicated Mode

การเลือกเซลล์ในสถานะ Dedicated Mode นี้จะถูกตัดสินใจโดย RR Management ซึ่งมีจุดประสงค์เพื่อหาเซลล์ที่ดีที่สุดเพื่อใช้สำหรับการแฮนด์โอเวอร์ เมื่อยังไม่มีการแฮนด์โอเวอร์ BTS จะส่งรายชื่อเซลล์รอบข้างที่ดีที่สุด 6 เซลล์ (6 เซลล์ที่โทรศัพท์เคลื่อนที่รับความแรงสัญญาณเฉลี่ยได้สูงสุด) ไปยัง BSC และเมื่อมีการตัดสินใจแฮนด์โอเวอร์เกิดขึ้น รายชื่อเซลล์รอบข้าง 3 เซลล์ที่ดีที่สุดจะถูกส่งไปยัง RR Management เพื่อทำการตรวจสอบโหลดของเซลล์รอบข้างทั้ง 3 นี้โดยมีพารามิเตอร์ btsLoadThreshhold (0...100 %) [5] เป็นตัวเก็บค่าไว้ ถ้าเซลล์รอบข้างมีการโอเวอร์โหลดมากเท่าใด ค่าลำดับความสำคัญ (Priority) ซึ่งถูกเก็บไว้ที่ค่าพารามิเตอร์ hoLevPriority (0...7) [5] ของเซลล์นั้นก็จะลดลงมากขึ้น และเซลล์รอบข้างที่มีค่าลำดับความสำคัญมากที่สุดจาก 3 เซลล์จะถูกเลือกเพื่อใช้

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

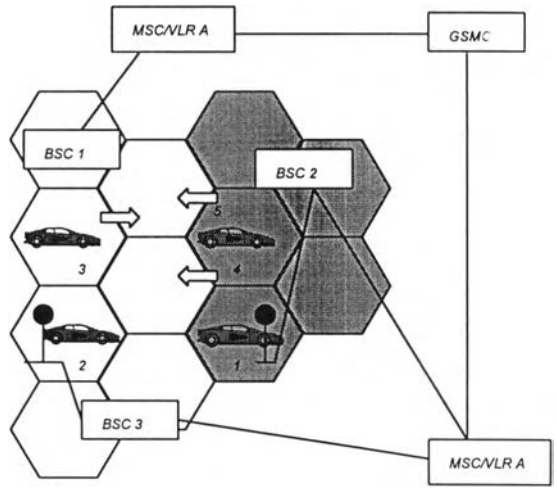
สำหรับการแฮนด์โอเวอร์ แต่ถ้ามีหลายเซลล์ที่มีค่าลำดับความสำคัญเท่ากัน เซลล์ที่โทรศัพท์เคลื่อนที่รับความแรงสัญญาณได้สูงที่สุดจะเป็นเซลล์ที่ถูกเลือก

ในที่นี้เราจะสนใจในส่วนของการเลือกเซลล์ 3 เซลล์ที่จะถูกส่งให้ RR Management ว่ามีการเลือกเซลล์เหล่านี้อย่างไร ตัวอย่างการเลือกเซลล์ 3 เซลล์นี้ เช่น กลยุทธการจัดสรรช่องสัญญาณตามปริมาณทราฟฟิกไปยังเซลล์ข้างเคียงของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ [7] เป็นการเลือกเซลล์รอบข้างเซลล์ใหม่ให้กับโทรศัพท์เคลื่อนที่ โดยเน้นว่าเซลล์รอบข้างเซลล์ใหม่นี้ต้องมีปริมาณทราฟฟิกที่ต่ำกว่าเซลล์ที่ใช้บริการอยู่เดิมค่าหนึ่งหรือให้มีการกระจายของทราฟฟิกของแต่ละเซลล์มีความสม่ำเสมอกันนั่นเอง ซึ่งทำให้โอกาสของการบล็อกและโอกาสของการบังคับสิ้นสุดการเรียกมีค่าลดลง

ในระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่แบบ Spread Spectrum จะให้ความสำคัญกับเรื่องของการควบคุมกำลังส่งของโทรศัพท์เคลื่อนที่แต่ละเครื่อง เพราะต้องการให้มีการแทรกสอดกันของสัญญาณที่น้อยที่สุด ดังนั้นการเลือกเซลล์รอบข้างในระบบนี้จะมีการเลือกเซลล์รอบข้างที่เหมาะสมเพื่อให้กำลังส่งของโทรศัพท์เคลื่อนที่มีค่าน้อยที่สุด [8]

สำหรับการเลือกเซลล์แบบดั้งเดิมที่ใช้ในปัจจุบันและวิธีการเลือกเซลล์แบบคาดหวังทิศทางที่เสนอจะกล่าวในหัวข้อ 2.3.1 และ 2.2.2 ตามลำดับ

*****หมายเหตุ** ค่าที่ใช้เป็นพารามิเตอร์บอกถึงเทรชโฮลด์เมื่อเริ่มมีการโอเวอร์โหลดของแต่ละเซลล์คือ btsLoadThreshold ถ้าค่าโหลดของเซลล์ใดมีค่าเกินเทรชโฮลด์ จะมีการหลีกเลี่ยงที่จะมีการแฮนด์โอเวอร์ไปยังเซลล์นั้น ค่า btsLoadThreshold มีการตั้งค่าตั้งแต่ 0 – 100 % (ในแบบจำลองที่ใช้จะมีการตั้งค่าพารามิเตอร์นี้ไว้ที่ 80%)



1. Call from MS (speech, fax, data, short message)
2. Call to MS (speech, fax data, short message, cell broadcast)
3. Handover – intra – BSC
4. Handover – intra – BSC, intra – MSC
5. Handover – intra – MSC

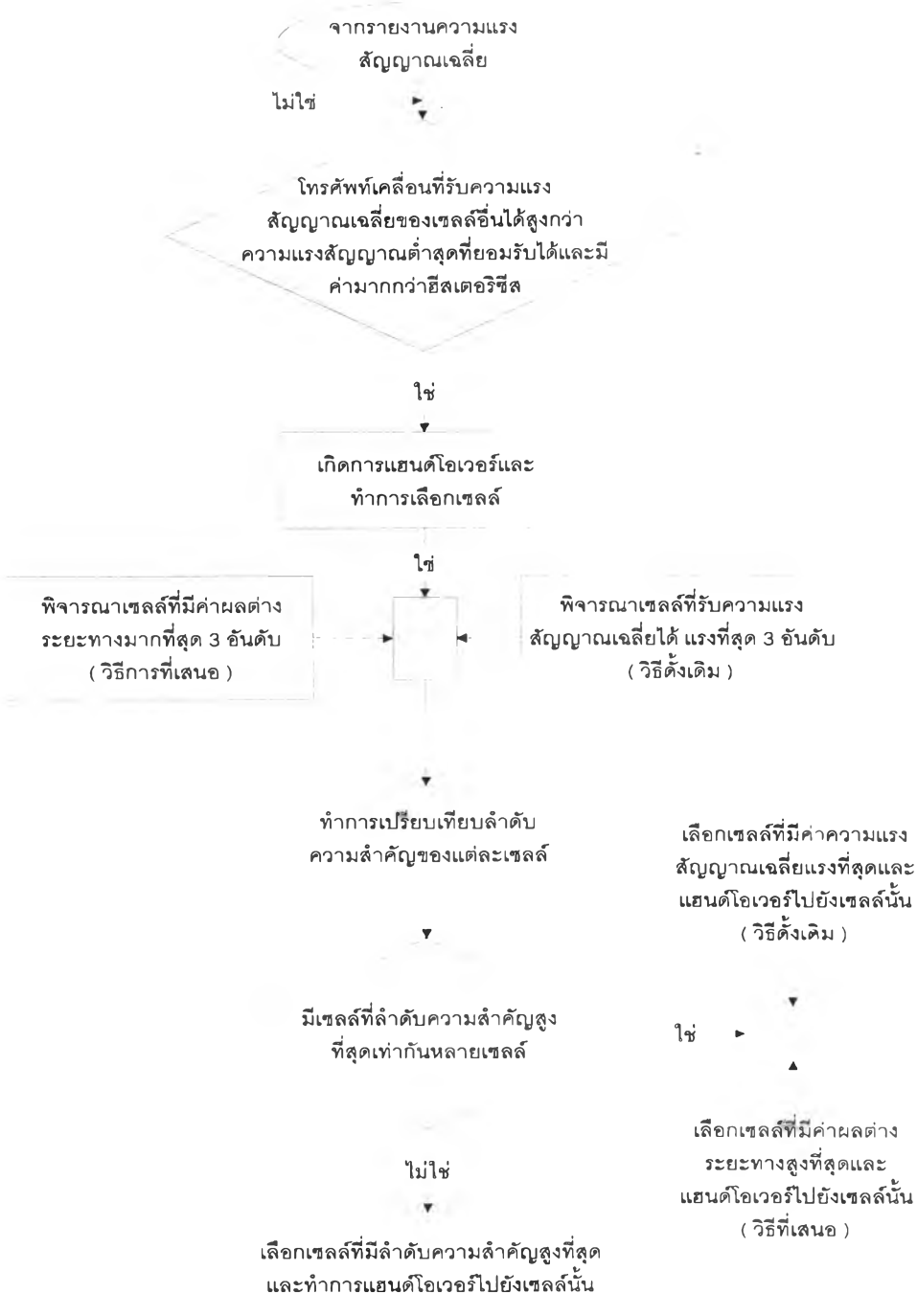
รูปที่ 2.2 การแฮนด์โอเวอร์กรณีต่างๆ ไปยังเซลล์ข้างเคียง ขณะโทรศัพท์เคลื่อนที่อยู่ในสถานะ Dedicated Mode

2.3.1 วิธีการเลือกเซลล์แบบดั้งเดิม

จากที่กล่าวไปแล้ว เมื่อมีการแฮนด์โอเวอร์ วิธีการเลือกเซลล์แบบดั้งเดิมจะเลือกเซลล์ที่ได้รับความแรงสัญญาณเฉลี่ยสูงที่สุด 3 เซลล์ เพื่อส่งต่อให้กับ RR Management เลือกเซลล์ตามลำดับความสำคัญอีกครั้ง ถ้ามีเซลล์หลายเซลล์มีค่าลำดับความสำคัญสูงเท่ากัน เซลล์ที่มีความแรงสัญญาณสูงที่สุดจะถูกเลือก

2.3.2 วิธีการเลือกเซลล์โดยใช้การคาดหวังทิศทาง (วิธีที่เสนอ)

สำหรับการตัดสินใจแบบใหม่ที่เสนอจะมีการเลือกแฮนด์โอเวอร์ไปยังเซลล์ที่โทรศัพท์เคลื่อนที่คาดหวังว่ามีทิศทางเคลื่อนที่เข้าหาเซลล์นั้นมากที่สุดแทนแล้วส่งรายชื่อ 3 เซลล์นี้ต่อไปยัง RR Management เลือกเซลล์ตามลำดับความสำคัญอีกครั้ง ถ้ามีหลายเซลล์มีลำดับความสำคัญเท่ากัน เซลล์ที่มีค่าผลต่างระยะทางสูงที่สุดจะถูกเลือก ซึ่งจุดที่แตกของวิธีที่เสนอกับวิธีดั้งเดิมแสดงดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 ตำแหน่งของวิธีที่เสนอในอัลกอลิทึมแฮนด์โอเวอร์อย่างง่าย

รูปที่ 2.3 แสดงอัลกอริทึมในการแฮนด์โอเวอร์อย่างง่าย ในบล็อกที่ว่างจะมีการนำการพิจารณาเซลล์ที่มีการคาดหวังทิศทางเข้ามาแทนการพิจารณาเซลล์ที่รับความแรงสัญญาณเฉลี่ยสูงสุดที่เป็นการเลือกเซลล์แบบดั้งเดิม

วิธีการเลือกเซลล์โดยใช้การคาดหวังทิศทางจะมีพารามิเตอร์ที่ใช้เป็นตัวบอกถึงการเคลื่อนที่เข้าหาเซลล์รอบข้างคือ " ผลต่างระยะทาง (Distance Difference) " ซึ่งนิยามดังนี้

นิยาม ผลต่างระยะทางเมื่อโทรศัพท์เคลื่อนที่กำลังเคลื่อนที่ออกจากเซลล์ m ไปยังเซลล์รอบข้าง n (dR_{mn}) เขียนเป็นสมการดังนี้

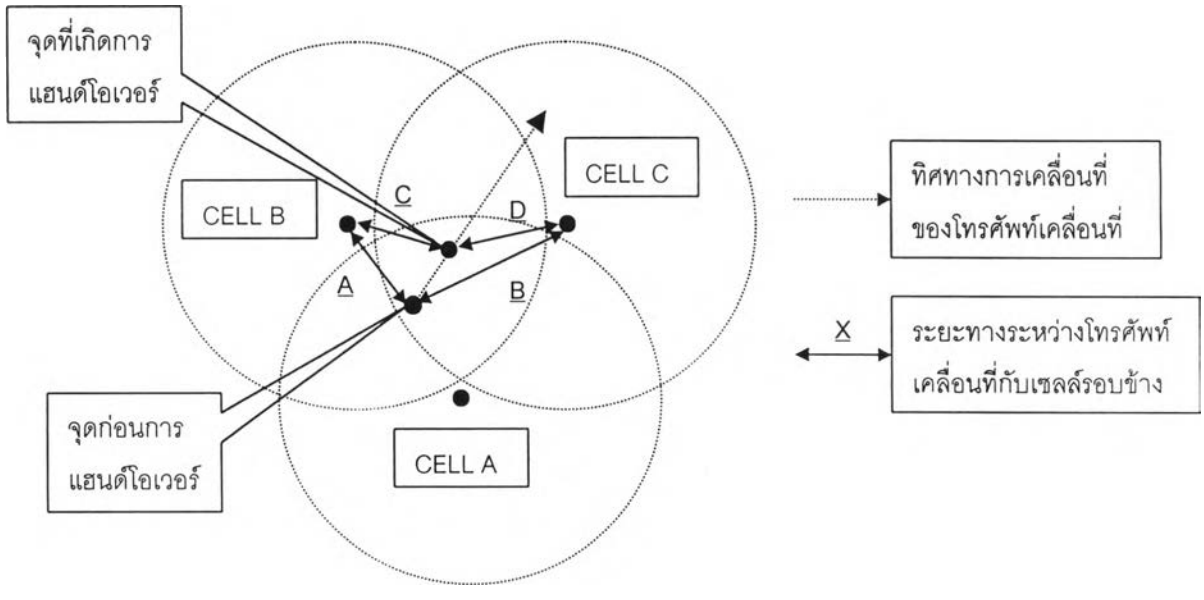
$$dR_{mn} = R_{mn_t1} - R_{mn_t2} \quad (3)$$

เมื่อ

R_{mn_t1} : ระยะทางระหว่างโทรศัพท์เคลื่อนที่กับเซลล์ n ที่เวลาก่อนมีการร้องขอแฮนด์โอเวอร์จริง 0.48 วินาที (0.48 วินาทีเป็นช่วงระยะเวลาในการเฝ้าตรวจ (monitor) สัญญาณในระบบ GSM [5])

R_{mn_t2} : ระยะทางระหว่างโทรศัพท์เคลื่อนที่กับเซลล์ n ที่เวลาร้องขอแฮนด์โอเวอร์จริง

ตัวอย่างการคำนวณ หาค่าพารามิเตอร์ " ผลต่างระยะทาง " และการเลือกเซลล์โดยใช้การคาดหวังทิศทาง



รูปที่ 2.4 ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในการคำนวณผลต่างระยะทาง

จากรูปที่ 2.4 สมมติให้

ค่าระยะทาง A เป็นระยะทางจากโทรศัพท์เคลื่อนที่กับเซลล์ B ที่เวลาก่อนการแฮนด์โอเวอร์จริง

ค่าระยะทาง B เป็นระยะทางจากโทรศัพท์เคลื่อนที่กับเซลล์ C ที่เวลาก่อนการแฮนด์โอเวอร์จริง

ค่าระยะทาง C เป็นระยะทางจากโทรศัพท์เคลื่อนที่กับเซลล์ B ที่เวลาขณะเกิดการแฮนด์โอเวอร์

ค่าระยะทาง D เป็นระยะทางจากโทรศัพท์เคลื่อนที่กับเซลล์ C ที่เวลาขณะเกิดการแฮนด์โอเวอร์

ค่าระยะทาง A, B, C และ D มีค่าเป็น 8, 13, 8 และ 9 หน่วย ตามลำดับ

ผลต่างระยะทางจากเซลล์ A ไปยังเซลล์ B : dR_{AB} = ค่าระยะทาง A – ค่าระยะทาง C

= 8 – 8

= 0 หน่วย

ผลต่างระยะทางจากเซลล์ A ไปยังเซลล์ C : dR_{AC} = ค่าระยะทาง B – ค่าระยะทาง D

= 13 – 9

= 4 หน่วย

จากค่าผลต่างระยะทาง เราจะเลือกเซลล์ที่มีค่าผลต่างระยะทางที่มากที่สุด (ในที่นี้จะเลือกระหว่างเซลล์ B กับเซลล์ C) ซึ่งพบว่าค่าผลต่างระยะทางของเซลล์ C มีค่ามากกว่าค่าผลต่างระยะทางของเซลล์ B ดังนั้นวิธีการเลือกเซลล์โดยใช้การคาดหวังทิศทางจะมีการเลือกเซลล์ C เพื่อใช้สำหรับการแฮนด์โอเวอร์

จากรูปที่ 2.4 ก็จะเห็นชัดเจนว่าโทรศัพท์เคลื่อนที่มีทิศทางเคลื่อนที่เข้าหาเซลล์ C มากกว่าเซลล์ B ซึ่งในการคำนวณค่าผลต่างระยะทางจะบอกเราได้อย่างถูกต้องว่า โทรศัพท์เคลื่อนที่มีทิศทางการเคลื่อนที่เข้าหาเซลล์ C มากกว่า สำหรับวิธีดั้งเดิมนั้นจะมีการเลือกเซลล์ที่ได้รับความแรงสัญญาณเฉลี่ยที่มากที่สุด จากรูปที่ 2.4 จะเห็นว่าจุดที่เกิดการแฮนด์โอเวอร์นั้นอยู่ใกล้กับ7เซลล์ B มากกว่า (ห่างจากเซลล์ B 8 หน่วยและห่างจากเซลล์ C 9 หน่วย) ดังนั้นความแรงสัญญาณเฉลี่ยที่รับได้จากเซลล์ B ก็จะมากกว่าและมีการเลือกเซลล์ B เพื่อใช้ในการแฮนด์โอเวอร์

ค่าผลต่างระยะทางนี้เป็นตัวบอกถึงการเคลื่อนที่เข้าหาจุดศูนย์กลางของเซลล์เป้าหมายว่ามากน้อยเพียงใด เช่น ถ้าผลต่างระยะทางจากเซลล์ m ไปเซลล์ n มีค่าเป็นบวกมากแสดงว่าโทรศัพท์เคลื่อนที่มีทิศทางการเคลื่อนที่เข้าหาจุดศูนย์กลางของเซลล์ n มาก ในทางตรงกันข้าม ถ้าค่าผลต่างระยะทางมีค่าติดลบแสดงว่าโทรศัพท์เคลื่อนที่มีทิศทางเคลื่อนหนีจากจุดศูนย์กลางของเซลล์ n ดังนั้นในการเลือกแฮนด์โอเวอร์ไปยังเซลล์ที่คาดหวังว่าโทรศัพท์เคลื่อนที่เข้าหาเซลล์เป้าหมายใดมากที่สุด ดูได้จากผลต่างระยะทางของเซลล์เป้าหมายที่มีค่าสูงสุดนั่นเอง

ความคุ้มค่า (Cost/Performance) ของวิธีการเลือกเซลล์แบบคาดหวังทิศทาง

ค่าพารามิเตอร์ทางด้านระยะทางสำหรับเซลล์ขนาดเล็ก (Microcell) รวมถึงเซลล์ขนาด 300 เมตรที่ใช้ในการจำลองแบบที่จะกล่าวถึงในหัวข้อ 3.2.2 แบบจำลองของเซลล์และสถานีฐานนี้ด้วย ยังใช้ไม่ได้จริงในปัจจุบัน เพราะ ในปัจจุบันความละเอียดทางด้านระยะทางมีค่าหยาบเมื่อเทียบกับเซลล์ที่มีขนาดเล็ก ดังนั้นต้องมีการเพิ่มความละเอียดในการวัดระยะทางเพื่อให้ใช้ได้จริงในปัจจุบัน ซึ่งเป็นการยากเพราะต้องแก้ไขมาตรฐานในส่วนของการวัดระยะทางโดยใช้ Timing Advance (วิธีการหาค่าพารามิเตอร์ทางด้านระยะทางหาจากค่า Timing Advance ดูในหัวข้อที่ 1 เรื่องวิธีการหาค่าพารามิเตอร์ทางด้านระยะทางในส่วนของภาคผนวก) ทำให้จุดนี้ยังไม่คุ้มค่าที่จะนำมาใช้ในปัจจุบันเพื่อแลกกับประสิทธิภาพต่างๆ ที่เพิ่มขึ้นที่จะกล่าวในบทที่ 4 เรื่องผลการจำลองแบบ แต่สำหรับเซลล์ขนาดใหญ่ตามชานเมือง (Macrocell) ความละเอียดด้านระยะทางเสมือนว่ามีความละเอียดสูงขึ้นเมื่อเทียบกับขนาดของเซลล์ที่ใหญ่ ทำให้หาค่าระยะทางเพื่อใช้คำนวณค่าผลต่างระยะทางตามวิธีการเลือกเซลล์แบบคาดหวังทิศทางได้

2.4 การปรับปรุงวิธีการเลือกเซลล์โดยใช้การคาดหวังทิศทาง

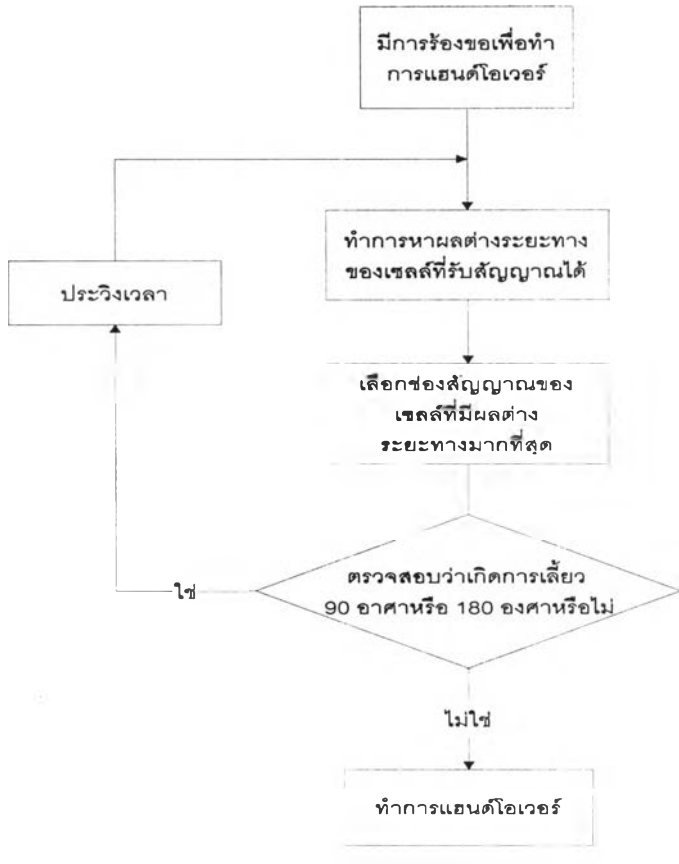
2.4.1 ผลกระทบจากการเคลื่อนที่ไม่เป็นแนวตรง

เนื่องจากในความเป็นจริงนั้น โทรศัพท์เคลื่อนที่ไม่ได้มีการเคลื่อนที่เป็นแนวตรงอย่างเดียวเท่านั้น แต่มีการเลี้ยวอยู่เสมอ ไม่ว่าจะเป็นการเลี้ยวเล็กน้อย การเลี้ยวตามสี่แยก 90 องศาหรือการเลี้ยวกลับรถ 180 องศา ซึ่งการเลี้ยวดังกล่าวมีผลกระทบกับอัลกอริทึมการคาดหวังทิศทางทำให้มีประสิทธิภาพลดน้อยลง สาเหตุที่ประสิทธิภาพของอัลกอริทึมลดลงมีสาเหตุดังนี้

เนื่องจากอัลกอริทึมที่ใช้การคาดหวังทิศทางมีจุดหมายเพื่อใช้ในการคาดหวังทิศทางว่าโทรศัพท์เคลื่อนที่กำลังจะเคลื่อนที่เข้าหาเซลล์ใด ก็ให้ตัดสินใจแฮนด์โอเวอร์ไปยังเซลล์นั้น ดังนั้นถ้ามีการตัดสินใจแฮนด์โอเวอร์ไป

เซลล์ที่คาดหวังไว้แล้ว แต่หลังจากนั้นถ้าโทรศัพท์เคลื่อนที่มีการเลี้ยวออกจากเซลล์ที่คาดหวังไว้ จะทำให้การคาดหวังทิศทางมีการผิดพลาดเกิดขึ้นได้ ซึ่งเราแบ่งการเลี้ยวเป็น 2 ลักษณะคือ

1. การเบี่ยงเบนทิศทางเล็กน้อย ให้โทรศัพท์เคลื่อนที่มีการเบี่ยงเบนทิศทางได้ไม่เกิน 10 องศา (มีค่าเป็นไปได้ตั้งแต่ –10 ถึง +10 องศา ในช่วงระยะเวลา 0.48 วินาที) ซึ่งทำให้การคาดหวังทิศทางผิดไปไม่มากนัก
2. การเลี้ยว 90 องศาและ 180 องศา อัลกอริทึมที่ใช้การคาดหวังทิศทางนั้นจะมีความผิดพลาดแน่นอน ดังนั้นวิธีแก้ไขก็คือต้องตรวจว่า ณ จุดที่มีการแฮนด์โอเวอร์นั้นจะตรงกับจุดที่มีการเลี้ยวนี้หรือไม่ ถ้าตรงก็ต้องมีการประวิงการแฮนด์โอเวอร์ออกไปก่อนเพื่อรอให้โทรศัพท์เคลื่อนที่วิ่งเป็นเส้นตรงอีกครั้งแล้วค่อยทำอัลกอริทึมการแฮนด์โอเวอร์ใหม่ดังอัลกอริทึมในรูปที่ 2.5



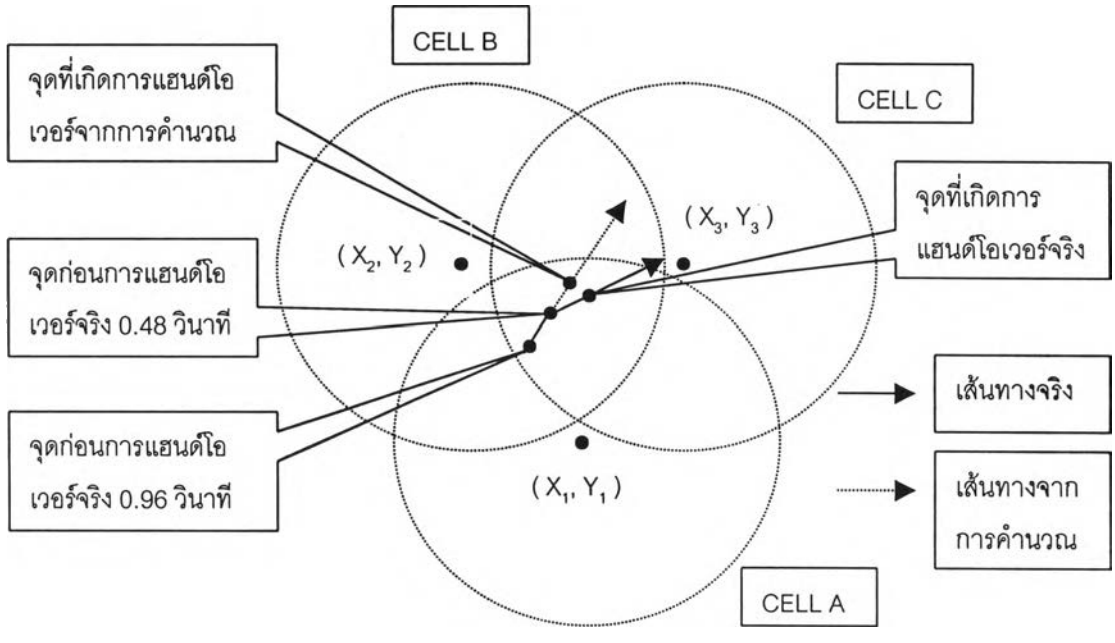
รูปที่ 2.5 อัลกอริทึมสำหรับการแฮนด์โอเวอร์ที่ใช้การตัดสินใจจากผลต่างระยะทางที่มีการตรวจสอบการเลี้ยว

เมื่อแบบจำลองอนุญาตให้มีการเลี้ยวได้ 90 องศาและ 180 องศา อัลกอริทึมการคาดหวังทิศทางจะมีการคาดหวังทิศทางที่ผิดทำให้ประสิทธิภาพของอัลกอริทึมนี้ลดลง การที่เราเพิ่มส่วนของการตรวจสอบการเลี้ยว 90 องศาและ 180 องศาเข้ามาเสริม จะทำให้ประสิทธิภาพของอัลกอริทึมการคาดหวังทิศทางดีขึ้นเฉพาะเมื่อ โทรศัพท์เคลื่อนที่มีการเลี้ยว 90 องศาหรือ 180 องศา ในช่วงที่ใกล้กับการเกิดแฮนด์โอเวอร์ (อัลกอริทึมแฮนด์โอเวอร์สามารถติดตามได้ว่าขณะช่วงที่มีการขอแฮนด์โอเวอร์มีการเลี้ยวเกิดขึ้น)

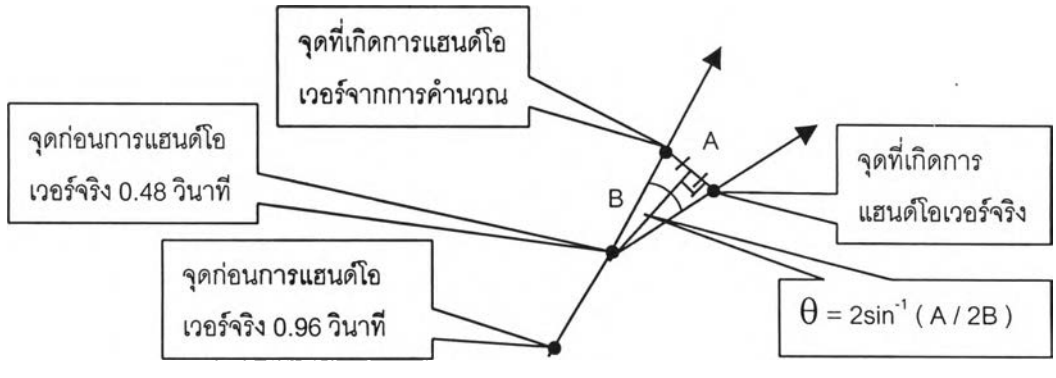
2.4.2 การตรวจสอบการเลี้ยว 90 องศาและ 180 องศา

หลักการ ขณะที่เกิดการแฮนด์โอเวอร์ จะมีการคาดหวังตำแหน่งที่โทรศัพท์เคลื่อนที่จะไปว่าเป็นตำแหน่งใด และตำแหน่งที่โทรศัพท์เคลื่อนที่ไปจริงนี้มีความเบี่ยงเบนไปจากที่คำนวณมากถึงระดับหนึ่งหรือไม่ ถ้าเบี่ยงเบนไปมากก็จะถือเป็นการเลี้ยว 90 องศาหรือ 180 องศา

วิธีการในการตรวจสอบ ดังรูป 2.6



(ก)



(ข)

รูปที่ 2.6 วิธีการหาองศาการเบี่ยงเบนในการตรวจสอบการเลี้ยวที่มากกว่าปกติ

จากรูปที่ 2.6 (ก) เซลล์ A เป็นเซลล์ที่ให้บริการอยู่ ส่วนเซลล์ B และ C เป็นเซลล์รอบข้าง ซึ่งทั้ง 3 เซลล์จะมีพิกัด XY ของตัวเองอยู่ และมีข้อมูลระยะทางระหว่างแต่ละเซลล์กับโทรศัพท์เคลื่อนที่ ดังนั้นเราสามารถใช้สมการวงกลม 3 วงเพื่อหาค่าพิกัดของโทรศัพท์เคลื่อนที่แต่ละเวลาได้ดังนี้

ที่เซลล์ A จะได้สมการ $(X - X_1)^2 + (Y - Y_1)^2 = R_1^2$ ..... (1)

ที่เซลล์ B จะได้สมการ $(X - X_2)^2 + (Y - Y_2)^2 = R_2^2$.....(2)

ที่เซลล์ C จะได้สมการ $(X - X_3)^2 + (Y - Y_3)^2 = R_3^2$.....(3)

เมื่อ R_1, R_2 และ R_3 เป็นระยะทางระหว่างโทรศัพท์เคลื่อนที่กับเซลล์ A, B และ C ตามลำดับที่เวลาหนึ่งๆ

จากสมการทั้ง 3 จะสามารถหาค่าพิกัดของโทรศัพท์เคลื่อนที่แต่ละเวลาได้ เมื่อเกิดการแฮนด์โอเวอร์ จะมีการนำข้อมูลพิกัดที่หาได้ก่อนการแฮนด์โอเวอร์ 0.48 และ 0.96 วินาที ในอดีต มาคำนวณหาพิกัดที่น่าจะเกิดการแฮนด์โอเวอร์ในปัจจุบัน (โดยคิดว่าโทรศัพท์เคลื่อนที่จะใช้ทิศทางเดิมในการเคลื่อนที่ต่อไป) แล้วนำพิกัดที่ได้มาคำนวณหาค่า A และ B ในรูปที่ 2.6 (ข) เพื่อทำการหาค่าองศาที่เบี่ยงเบนไปจากที่คาดหวังไว้

จากค่าองศาที่เบี่ยงเบนที่ได้จะถูกนำไปเปรียบเทียบกับเทรชโฮลด์ของมุมการเบี่ยงเบนที่เป็นตัวตัดสินว่าการเลี้ยวนั้นเป็นการเลี้ยวที่มากกว่าปกติหรือไม่ (การเลี้ยว 90 และ 180 องศา) การตั้งค่าเทรชโฮลด์ของมุมการเปลี่ยนแปลงทิศทางมีการตั้งค่าดังนี้

การตั้งค่าเทรชโฮลด์ของมุมการเปลี่ยนแปลงทิศทาง

หลักการ จะมีการตั้งค่าให้มากกว่าการเบี่ยงเบนทิศทาง เช่น โทรศัพท์เคลื่อนที่มีการเบี่ยงเบนทิศทางไม่เกิน 10 องศา ในเวลา 0.48 วินาที เราจะมีการตั้งค่าเทรชโฮลด์การเปลี่ยนแปลงทิศทางให้มากกว่า 10 องศาเล็กน้อย