บทที่ 3
แนวคิด ผลงานที่ผ่านมาในการจัดลำดับการเข้าคิว สำหรับการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์โอเวอร์

3.1 กล่าวนำ

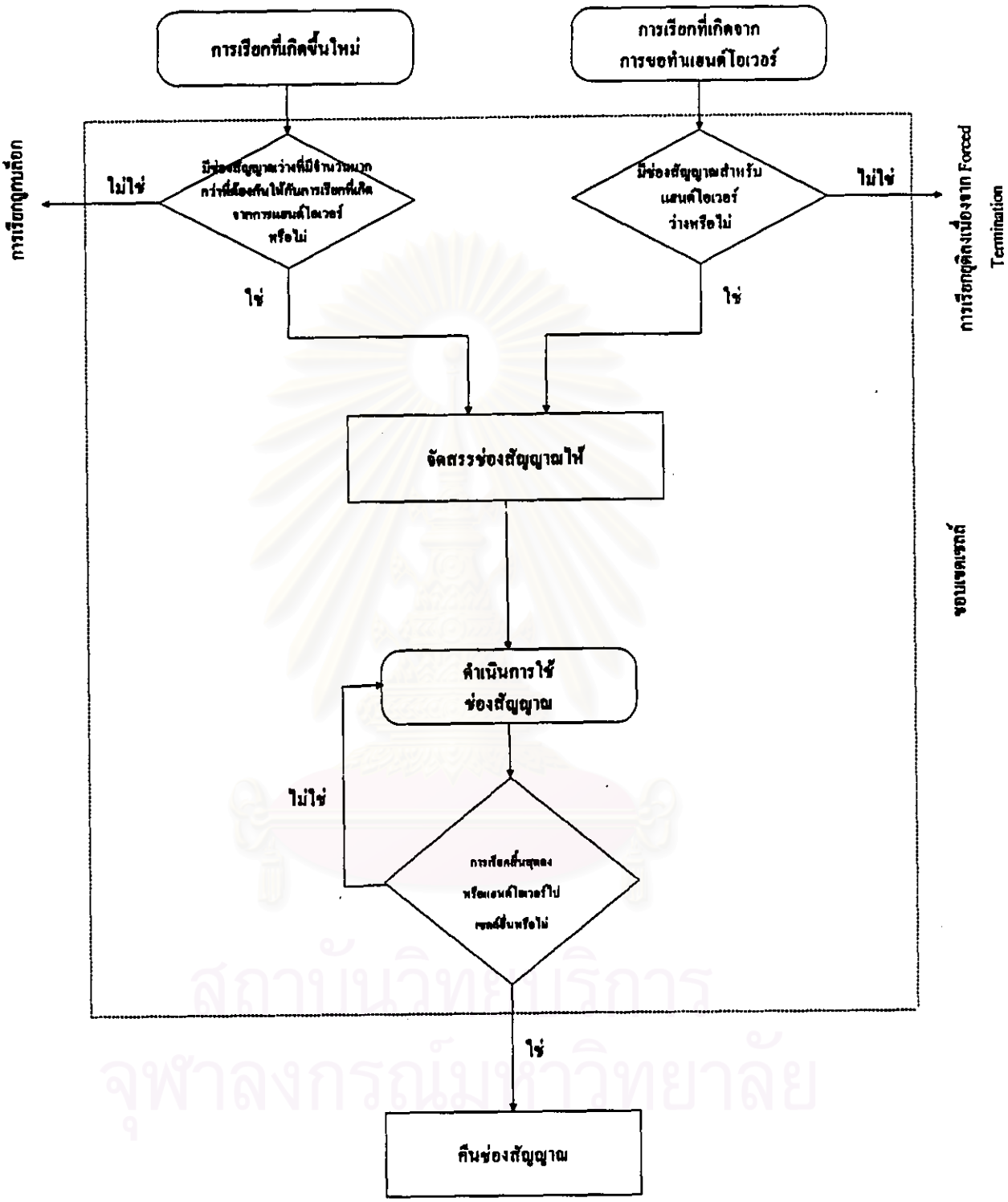
ในระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่แบบเซลลูลาร์ซึ่งการจัดสรรช่องสัญญาณเป็นแบบตายตัว มีพารามิเตอร์ที่สำคัญอยู่สองตัว ซึ่งเกี่ยวกับความสามารถในการจัดสรรช่องสัญญาณภายในเซลล์ให้กับการเรียกที่เกิดขึ้นใหม่หรือการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์โอเวอร์

1. ค่า Call Blocking Probability คืออัตราส่วนของการเรียกที่เกิดขึ้นใหม่ที่ไม่ได้รับการจัดสรรช่องสัญญาณต่อการเรียกที่เกิดขึ้นใหม่ทั้งหมด
2. ค่า Forced Terminating Probability คืออัตราส่วนของการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์โอเวอร์ที่ไม่ได้รับการจัดสรรช่องสัญญาณต่อการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์โอเวอร์ทั้งหมด

ในการออกแบบระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่แบบเซลลูลาร์ เราต้องพยายามให้ค่า Call Blocking Probability และค่า Forced Terminating Probability มีค่าน้อยๆ ซึ่งจะให้ความสำคัญกับค่า Forced Terminating Probability มากกว่า เพราะการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์โอเวอร์นั้นได้เข้าสู่การใช้บริการของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่แบบเซลลูลาร์เรียบร้อยแล้ว แต่การเรียกที่เกิดขึ้นใหม่กำลังจะขอใช้บริการจากระบบ ดังนั้นเราต้องออกแบบให้ระบบมีค่า Forced Terminating Probability น้อยกว่าค่า Call Blocking Probability เสมอ นั่นคือเมื่อมีการเรียกทั้งสองแบบเกิดขึ้นพร้อมๆกัน ระบบจะจัดสรรช่องสัญญาณที่ว่างอยู่ให้กับการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์โอเวอร์ก่อนเสมอ และจะจัดสรรช่องสัญญาณให้กับการเรียกที่เกิดขึ้นใหม่เมื่อการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์โอเวอร์ได้รับการจัดสรรช่องสัญญาณครบแล้ว

ในปี 1985 ได้มีการเสนอวิธีการแบ่งช่องสัญญาณสำหรับการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์โอเวอร์เพียงอย่างเดียว (Guard Channel) วิธีการนี้จะทำการกันจำนวนช่องสัญญาณที่มีอยู่ภายในเซลล์ไว้ให้กับการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์โอเวอร์โดยเฉพาะ ส่วนช่องสัญญาณที่เหลือสามารถจัดสรรให้กับการเรียกที่เกิดขึ้นทั้งสองแบบ เพื่อต้องการให้ Forced Terminating Probability มีค่าน้อยๆ แต่ก็ทำให้ Call Blocking Probability มีค่ามาก เนื่องจากการเรียกที่เกิดขึ้นใหม่ไม่ได้รับการจัดสรรช่องสัญญาณในกรณีที่มีช่องสัญญาณว่างน้อยกว่าจำนวนที่ต้องกันให้กับการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์โอเวอร์ เป็นการทำให้ปริมาณทราฟฟิกที่รองรับได้ของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่แบบเซลลูลาร์มีค่าลดลง และเป็นการทำให้ประสิทธิภาพในการใช้ความถี่ลดลงด้วย [3,4]

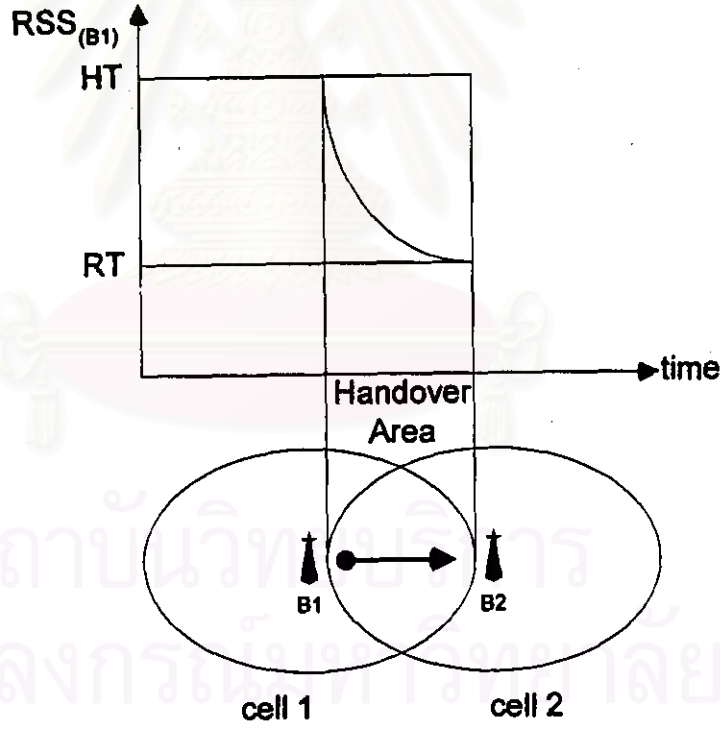
อัลกอริทึม สำหรับการจัดสรรช่องสัญญาณโดยแบ่งจำนวนช่องสัญญาณเพื่อรองรับการแฮนด์โอเวอร์โดยเฉพาะ แสดงในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 อัลกอริทึมสำหรับการจัดสรรช่องสัญญาณโดยแบ่งจำนวนช่องสัญญาณเพื่อรองรับการแฮนด์โอเวอร์โดยเฉพาะ

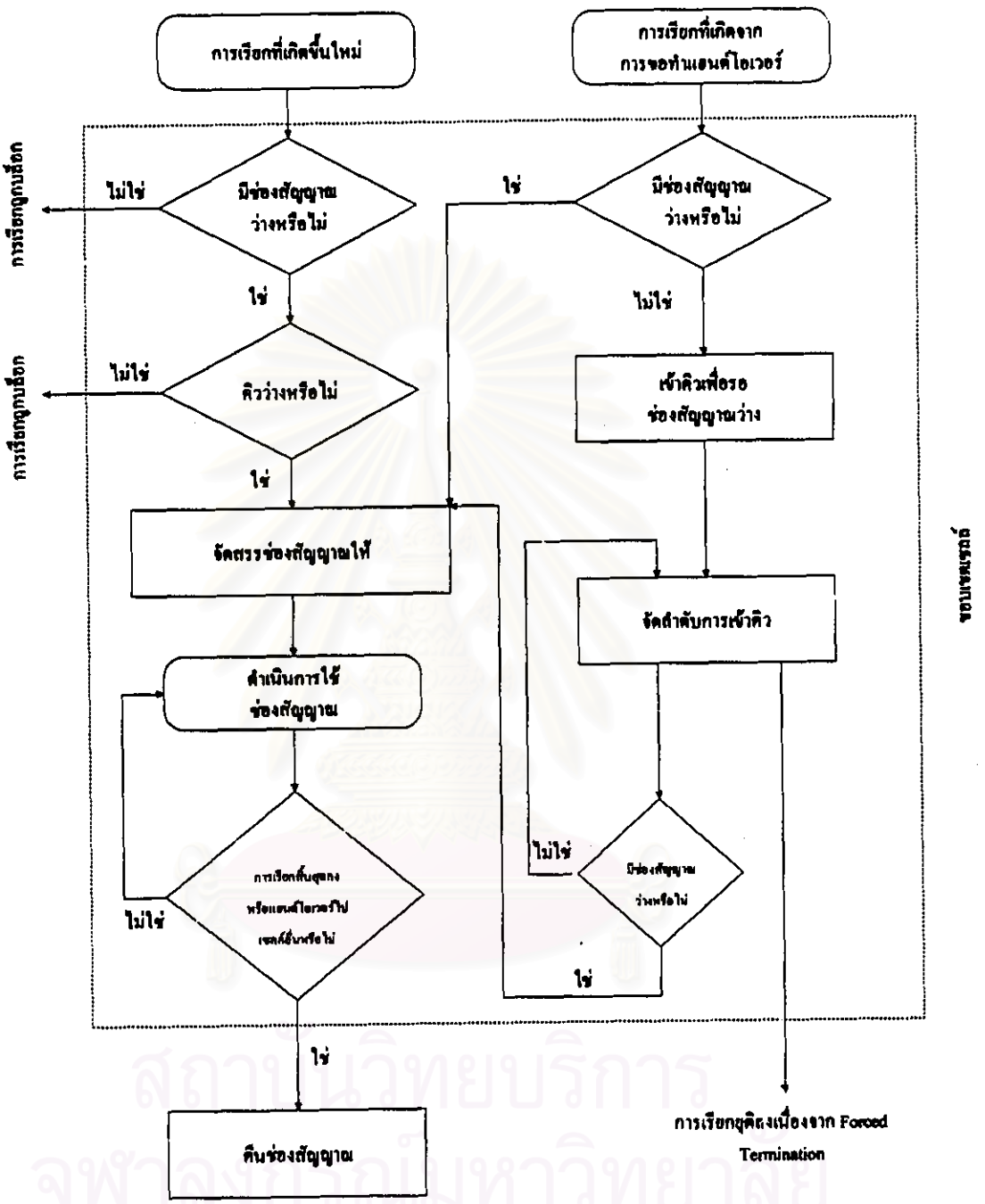
3.2 การจัดให้มีการเข้าคิวสำหรับการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์โอเวอร์

วิธีการนี้ ถ้ายังมีช่องสัญญาณภายในเซลล์ว่างอยู่ การเรียกที่เกิดขึ้นใหม่ หรือ การเรียกที่เกิดจากการแฮนด์โอเวอร์สามารถใช้ช่องสัญญาณที่ว่างนั้นได้ แต่ถ้าจำนวนช่องสัญญาณภายในเซลล์ถูกใช้หมด การเรียกที่เกิดขึ้นใหม่จะไม่ได้รับการจัดสรรช่องสัญญาณ ส่วนการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์โอเวอร์จะจัดให้มีการเข้าคิวไว้ก่อน โดยวิธีการจัดให้มีการเข้าคิวเพื่อรอการแฮนโอเวอร์ ในกระบวนการทำแฮนด์โอเวอร์ จะเริ่มมีขึ้นเมื่อค่าความแรงสัญญาณที่รับได้ (Received Signal Strength, RSS) ของการเรียกใด ๆ มีค่าลดลงจนเท่ากับค่า Handover Threshold (HT) ถ้าช่องสัญญาณของเซลล์ที่ต้องการแฮนด์โอเวอร์ไปไม่ว่าง ก็จะมีการเข้าคิวเพื่อรอการทำแฮนด์โอเวอร์ และเมื่อการเรียกนั้นมีค่าระดับสัญญาณที่รับได้ลดลงเรื่อย ๆ จนถึงค่า Receiver Threshold (RT) ถ้าหากเซลล์ข้างเคียงยังไม่สามารถจัดสรรช่องสัญญาณได้ การเรียกนั้นก็จะยุติลง (Forced Terminating Call) ดังแสดงในรูปที่ 3.2 การเรียกที่เกิดขึ้นใหม่จะได้รับการจัดสรรช่องสัญญาณก็ต่อเมื่อไม่มีการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์โอเวอร์อยู่ภายในคิวและเมื่อมีช่องสัญญาณว่าง



รูปที่ 3.2 กระบวนการแฮนด์โอเวอร์โดยอ้างอิงกับระดับสัญญาณ

อัลกอริทึม ในการจัดสรรช่องสัญญาณสำหรับวิธีการจัดให้มีการเข้าคิวของการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์โอเวอร์ แสดงในรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 อัลกอริทึมในการจัดสรรช่องสัญญาณสำหรับวิธีการจัดให้มีการเข้าคิว

วิธีการจัดลำดับการเข้าคิวของโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่รอการแฮนด์โอเวอร์ ในปัจจุบันมีการศึกษาอยู่ด้วยกัน 3 วิธี คือ แบบเข้าก่อน-ออกก่อน (First-In First-out, FIFO), แบบเรียงลำดับตามความแรงของสัญญาณที่รับได้ (Measurement Based Prioritization Scheme, MBPS) และแบบเรียงลำดับตามการคาดการณ์การลดลงของความแรงสัญญาณที่รับได้ (Signal Prediction Priority Queueing, SPPQ)

3.2.1 การจัดลำดับคิวแบบ FIFO

ในวิธีนี้การเรียกที่เกิดจากการแฮนด์โอเวอร์ที่จะได้รับการจัดสรรช่องสัญญาณ คือการเรียกที่เข้าคิวไปก่อนการเรียกอื่นๆที่อยู่ในคิว และมีค่าความแรงสัญญาณที่รับได้มากกว่าค่า RT ในขณะที่มีช่องสัญญาณว่างเกิดขึ้น [2,4]

จะเห็นว่าวิธีนี้ให้ความสำคัญกับการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์โอเวอร์ที่เข้าสู่คิวก่อนเพื่อรอรับการจัดสรรช่องสัญญาณที่ว่างลง โดยมีสมมติฐานว่า การเรียกใดมีค่าความแรงสัญญาณที่รับได้ลดลงจนถึงค่า HT ก่อน ซึ่งเป็นระดับความแรงของสัญญาณที่รับได้ของการเรียกที่เริ่มทำการแฮนด์โอเวอร์ การเรียกนั้นน่าจะมีค่าความแรงสัญญาณที่รับได้ลดลงถึงค่า RT ก่อนการเรียกที่เตรียมการแฮนด์โอเวอร์ซึ่งเข้ามาทีหลัง ดังนั้นจึงทำการจัดสรรช่องสัญญาณที่ว่างให้กับการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์โอเวอร์ที่เข้ามาต่อคิวก่อนนั่นเอง

3.2.2 การจัดลำดับคิวแบบ MBPS

วิธีนี้การเรียกที่เกิดจากการแฮนด์โอเวอร์ซึ่งอยู่ภายในคิวที่จะได้รับการจัดสรรช่องสัญญาณที่ว่างก่อนคือการเรียกที่มีค่าความแรงสัญญาณที่รับได้ (RSS) น้อยที่สุด

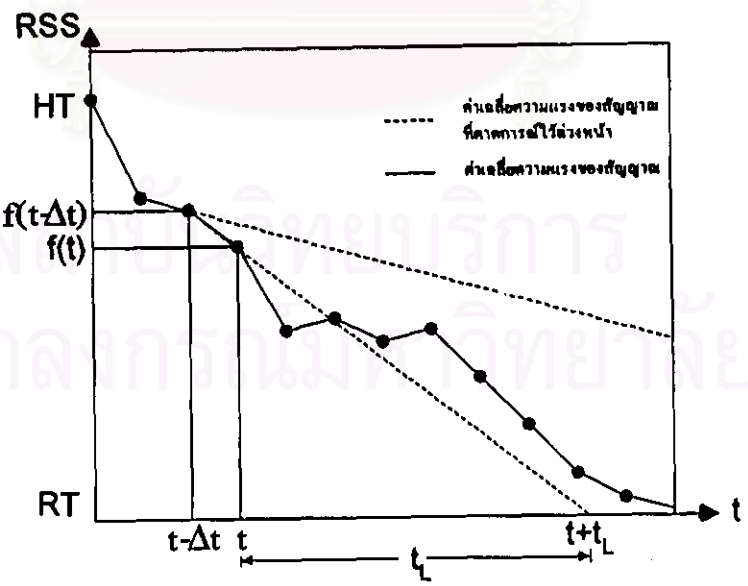
ผู้ที่เสนอแนวคิดการจัดลำดับคิวแบบ MBPS นี้ได้แก่ Sirin Tekiney และ Bijan Jabbari [5-7] ซึ่งให้ความสำคัญกับค่าความแรงสัญญาณที่รับได้ของแต่ละการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์โอเวอร์โดยตรง คือการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์โอเวอร์ซึ่งอยู่ภายในคิวที่มีค่าความแรงสัญญาณที่รับได้ใกล้เคียงกับค่า RT มากที่สุดจะได้รับการจัดสรรช่องสัญญาณที่ว่างก่อน โดยมีสมมติฐานว่าการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์โอเวอร์ที่มีค่าความแรงสัญญาณที่รับได้น้อยกว่าการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์โอเวอร์อื่นๆ น่าจะมีการลดลงของค่าความแรงสัญญาณที่รับได้ถึงค่า RT ก่อนการเรียกอื่นๆ ดังนั้นจึงจัดสรรช่องสัญญาณที่ว่างให้กับการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์โอเวอร์ที่อยู่ภายในคิว ที่มีค่าความแรงสัญญาณที่รับได้น้อยที่สุดก่อนนั่นเอง

3.2.3 การจัดลำดับคิวแบบ SPPQ

วิธีนี้การเรียกที่เกิดจากการแฮนด์โอเวอร์ซึ่งอยู่ภายในคิวที่จะได้รับการจัดสรรช่องสัญญาณที่ว่างก่อน คือการเรียกที่มีระยะเวลาการคาดการณ์ของการลดลงของค่าความแรงสัญญาณที่รับได้ ณ เวลานั้นจนถึงค่า RT ที่สั้นที่สุด

การจัดลำดับคิวแบบ SPPQ ซึ่ง H.G. Ebersman และ O.K. Tonguz เป็นผู้เสนอแนวคิดนี้ [8] จะมีการคาดการณ์ล่วงหน้าว่าระยะเวลาที่ความแรงสัญญาณที่รับได้จะลดลงจนถึงค่าความแรงสัญญาณต่ำสุดที่สามารถใช้เซตของช่องสัญญาณของเซลล์ปัจจุบันเป็นเวลานานเท่าไร ในการจัดคิวของการเรียกที่ต้องการแฮนด์โอเวอร์ไปยังเซลล์อื่นจะเรียงตามระยะเวลาที่ได้คาดการณ์นี้ หมายความว่าจะมีการจัดลำดับคิวตามระยะเวลาคาดการณ์นี้จากน้อยสุดไปมากสุด ดังนั้น ถ้าช่องสัญญาณของเซลล์ที่จะถูกแฮนด์โอเวอร์ไปยังไม่ว่าง การเรียกที่ต้องการแฮนด์โอเวอร์ไปจะมีการเข้าคิว และเมื่อมีช่องสัญญาณว่างเกิดขึ้น การเรียกที่ร้องขอแฮนด์โอเวอร์ที่จะได้รับการจัดสรรช่องสัญญาณก่อน คือ การเรียกที่มีการคาดการณ์ว่าความแรงสัญญาณที่รับได้จะถึงระดับ Receiver Threshold ในระยะเวลาสั้นที่สุด

สำหรับการคาดการณ์ระยะเวลาที่ความแรงสัญญาณจะลดลงถึงค่าความแรงสัญญาณต่ำสุดนี้ ใช้วิธีเอ็กตราโพเลต (Extrapolate) ช่วงเวลาออกไปจากเวลาปัจจุบันไปจนถึงค่าความแรงสัญญาณเท่ากับค่า RT ความแรงสัญญาณอ้างอิงที่จะทำการเอ็กตราโพเลต คือ ความแรงสัญญาณที่รับได้ในเวลาปัจจุบัน กับ ระดับสัญญาณที่รับได้ในอดีตที่ห่างจากเวลาปัจจุบันเท่ากับ Δt ดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 วิธีการเอ็กตราโพเลตในการจัดลำดับคิวแบบ SPPQ

จากรูป t_L คือ ระยะเวลาที่คาดว่าความแรงสัญญาณจะลดลงถึงค่า RT ซึ่งสามารถหาค่าได้จากความสัมพันธ์ดังสมการที่ (3.1)

$$t_L = \frac{[f(t) - RT]\Delta t}{[f(t-\Delta t) - f(t)]} \qquad (3.1)$$

จะเห็นได้ว่าการจัดลำดับคิววิธีนี้ได้ให้ความสำคัญกับความแตกต่างของค่าความแรงสัญญาณที่รับได้ (ΔRSS) และมีข้อสมมติฐานที่ว่า ระยะเวลาการคาดการณ์โดยวิธีเอ็กตราโพเลตจากค่าความแรงสัญญาณ ณ เวลานั้นจนถึงเวลาที่ RSS ลดลงจนถึงค่า RT ของการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์โอเวอร์ใด คือช่วงเวลาของการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์โอเวอร์มีค่าความแรงสัญญาณก่อนที่จะลดลงมาเท่ากับค่า RT ดังนั้นจึงจัดสรรช่องสัญญาณที่ว่างให้กับการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์โอเวอร์ที่มีค่า t_L น้อยที่สุดที่อยู่ภายในคิวนั่นเอง

3.2.4 การจัดลำดับคิวแบบ MBPS และ SPPQ (วิธีที่เสนอ)

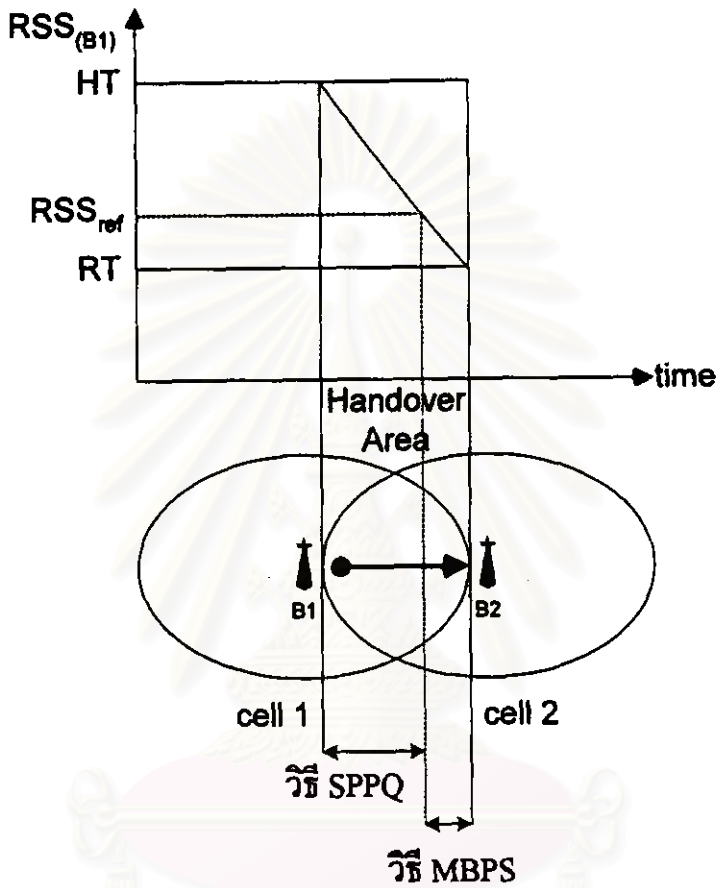
วิธีการจัดลำดับคิวที่ผ่านๆมาจะทำการจัดสรรช่องสัญญาณที่ว่างลง ให้กับการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์โอเวอร์ที่มีการลดลงของความแรงสัญญาณที่รับได้จนถึงค่า RT ก่อนการเรียกอื่นๆซึ่งอยู่ภายในคิว วิธีการจัดลำดับคิวแบบ MBPS ได้ให้ความสำคัญกับค่าความแรงสัญญาณที่รับได้ (RSS) ส่วนวิธีการจัดลำดับคิวแบบ SPPQ ได้ให้ความสำคัญกับความแตกต่างของค่าความแรงสัญญาณที่รับได้ (ΔRSS)

สำหรับวิธีการจัดลำดับคิวที่นำเสนอในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะนำทั้งวิธี MBPS และวิธี SPPQ มาใช้ในการจัดลำดับคิวของการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์โอเวอร์ นั่นคือเราจะให้ความสำคัญทั้ง RSS และ ΔRSS ดังนี้ เมื่อการเรียกเริ่มมีการร้องขอทำแฮนด์โอเวอร์ คือ ระดับ RSS ลดลงต่ำกว่าระดับ HT ในการจัดคิวจะใช้วิธี SPPQ ไปจนกระทั่งระดับ RSS ถึงค่าๆ หนึ่ง ซึ่งเข้าใกล้ค่าระดับสัญญาณอ้างอิง (RSS_{ref}) ที่กำหนดขึ้น การจัดลำดับคิวจะใช้วิธี MBPS และถ้าระดับ RSS ลดลงจนถึงค่า RT การร้องขอการแฮนด์โอเวอร์นั้นยังไม่ได้รับการจัดสรรช่องสัญญาณ การเรียกนั้นก็จะสิ้นสุดลง (Forced Terminating Call)

ค่า RSS_{ref} จะอยู่ในช่วงระหว่างค่า RT และค่า HT โทรศัพท์เคลื่อนที่ที่มีค่า RSS อยู่ในช่วง HT และ RSS_{ref} จะมีการจัดลำดับคิวเพื่อรอการแฮนด์โอเวอร์แบบ SPPQ ส่วนโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่มีค่า RSS อยู่ในช่วง RSS_{ref} และ RT จะมีการจัดลำดับคิวเพื่อรอการแฮนด์โอเวอร์แบบ MBPS

การจัดคิววิธีใหม่นี้ ในช่วงแรก เราจะให้ความสำคัญกับ ΔRSS มากกว่า RSS ซึ่งเป็นการคาดการณ์ช่วงระยะเวลาจนถึงการเรียกนั้นยุติลงถ้ายังไม่มีการแฮนด์โอเวอร์ แต่เนื่องจากระดับสัญญาณ RSS ไม่ได้มีอัตราการลดลงของค่า RSS ที่คงที่ อาจมีอัตราการลดลงของค่า RSS มากกว่าหรือน้อยกว่าที่คาดการณ์ไว้ก็ได้ ดังนั้นเมื่อค่า RSS ลดลงถึงระดับหนึ่ง เราจะให้ความสำคัญกับค่า RSS มากกว่า ΔRSS เนื่องจาก

ระดับ RSS เข้าใกล้ระดับ RT ซึ่งถ้ายังไม่มีการจัดสรรช่องสัญญาณให้การเรียกนั้นก็สิ้นสุดลง ดังแสดงในรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 การจัดลำดับการเข้าคิวโดยใช้วิธี MBPS และ SPPQ

จะเห็นได้ว่าถ้าเราตั้งค่าระดับสัญญาณอ้างอิง (RSS_{ref}) เท่ากับ ค่า HT การจัดลำดับคิวจะเป็นแบบ MBPS และถ้าเราตั้งค่า RSS_{ref} เท่ากับ ค่า RT การจัดลำดับคิวจะเป็นแบบ SPPQ อนึ่ง ค่า RSS_{ref} มีค่าอยู่ตั้งแต่ค่า RT จนถึงค่า HT และเพื่อให้ระบบมีค่า Forced Terminating Probability น้อยที่สุด จะต้องทำการกำหนดค่า RSS_{ref} ที่เหมาะสม

ในการทดสอบ จะจำลองการจัดลำดับคิวของการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์โอเวอร์ทั้ง 4 วิธี คือ FIFO, MBPS, SPPQ และวิธีที่เสนอ (MBPS และ SPPQ) เปรียบเทียบค่า Call Blocking Probabilty กับค่า Forced Terminating Probability ที่ได้จากการทดสอบ