บทที่ 4
ผลการจำลองแบบและการวิเคราะห์ผล

บทนี้อธิบายถึงความหมายของพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องในการจำลองแบบ พร้อมทั้งสมมติฐานที่ใช้ในการจำลองแบบ และเปรียบเทียบสมรรถนะของระบบระหว่างแบบแผนการควบคุมการตอบรับการเรียกที่เสนอกับแบบแผนการควบคุมการตอบรับการเรียกที่ใช้แบนด์วิดท์ประสิทธิผลเป็นพารามิเตอร์ในการตัดสิน และแบบแผนการควบคุมการตอบรับการเรียกที่ใช้ระดับ E_b / N_0 เป็นพารามิเตอร์ในการตัดสิน พร้อมทั้งเปรียบเทียบแบบแผนการควบคุมการตอบรับการเรียกที่เสนอระหว่างระบบที่มีแบนด์วิดท์แบบสมมาตรและแบบไม่สมมาตร โดยสมรรถนะที่ใช้ในการเปรียบเทียบคือค่าความน่าจะเป็นในการบล็อกการเรียกใหม่, ค่าความน่าจะเป็นในการแฮนด์ออฟผิดพลาดของการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์ออฟ, ค่าการใช้ประโยชน์ทรัพยากร และค่าความน่าจะเป็นที่สัญญาณขาดหาย โดยเทียบกับอัตราการเข้าของการเรียกใหม่ของผู้ใช้บริการเสียงและอินเทอร์เนตรวมกัน พร้อมทั้งวิเคราะห์และสรุปผลในแต่ละการจำลองแบบ

4.1 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการจำลองแบบ

R คือ อัตราการส่งข้อมูล

υ คือ ตัวประกอบแอกทิวิตี

E_b / N_0 คือ อัตราส่วนพลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวน

B คือ ค่าแบนด์วิดท์ประสิทธิผล

$1/\mu$ คือ ค่าเวลาบริการ

$1/\nu$ คือ ค่าเวลาดเวลล์

4.2 สมมติฐานในการจำลองแบบ

เนื่องด้วยระบบเซลลูลาร์ประกอบด้วยเซลล์จำนวนมาก ในที่นี้เราสมมติให้ระบบเป็นระบบเอกพันธุ์ที่สภาวะสมดุลเชิงสถิติ ซึ่งระบบในลักษณะนี้ทุก ๆ เซลล์จะมีคุณสมบัติทางสถิติเหมือนกัน ดังนั้นในการวิเคราะห์สมรรถนะต่าง ๆ ของระบบสามารถวิเคราะห์ได้จากเซลล์เพียงเซลล์เดียว โดยสภาวะในการจำลองแบบมีลักษณะดังนี้

1. ระบบที่สนใจเป็นระบบ CDMA/TDD
2. ประเภทของบริการที่สนใจแบ่งเป็น 2 ประเภทคือบริการเสียงและบริการอินเทอร์เนต

3. สมมติให้การมาถึงของการเรียกของบริการเสียงและบริการอินเทอร์เนตมีการแจกแจงแบบปัวส์ซง (Poisson) และมีการแจกแจงของตำแหน่งแบบยูนิฟอร์ม (แบบคาร์ทีเชียน) ในพื้นที่ครอบคลุม

4. เวลาดเวลล์ (dwell time) และเวลาบริการ (service time) มีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล

5. พื้นที่ครอบคลุมที่ใช้มีสถานีฐานแบบรอบทิศทาง (Omni-Directional BS) จำนวน 1 สถานีภายใน 1 เซลล์

6. ความจุช่องสัญญาณแบ่งเป็น 2 กรณีคือ กรณีความจุแบบสมมาตร (symmetric bandwidth) โดยความจุช่องสัญญาณของข่ายเชื่อมโยงทั้งสองมีค่า 2 Mbps และกรณีความจุแบบไม่สมมาตร (asymmetric bandwidth) โดยความจุช่องสัญญาณของข่ายเชื่อมโยงขาขึ้นมีค่า 1.76 Mbps และความจุช่องสัญญาณของข่ายเชื่อมโยงขาลงมีค่า 2.24 Mbps

7. การควบคุมกำลังเป็นแบบสมบูรณ์ (perfect power control) หมายถึงบริการประเภทเดียวกันที่อยู่ในเซลล์จะได้รับกำลังเท่ากัน [13]

8. ระบบมีผลเฉลยเดียวในสภาวะสมดุลเชิงสถิติ จึงทำให้บริการแต่ละประเภทมีอัตราเฉลี่ยของการเฮนด์ออฟเข้าถึงเซลล์มีค่าเท่ากับอัตราเฉลี่ยของการเฮนด์ออฟออกจากเซลล์ [12]

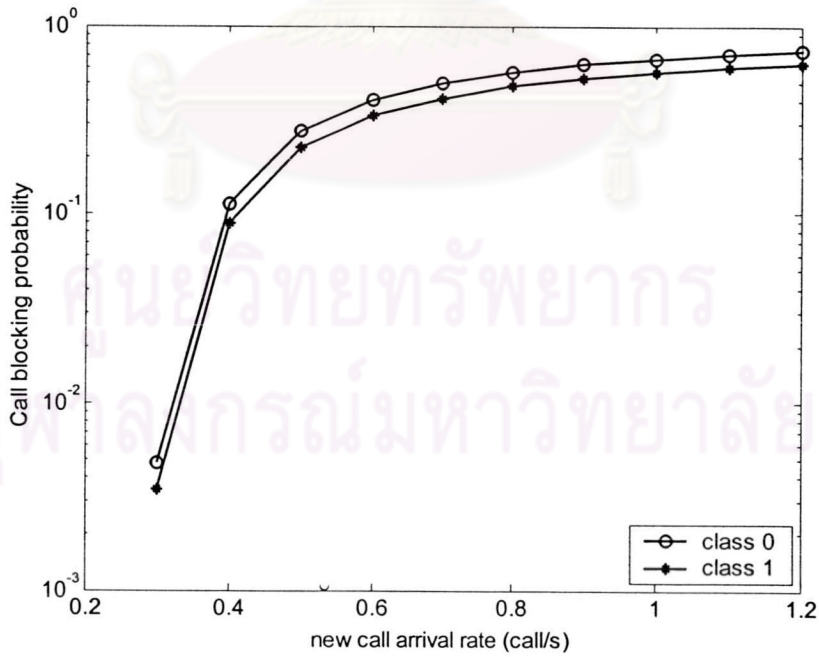
ตารางที่ 4.1 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการจำลองแบบ

	Class 0 Call (Voice Traffic is the main traffic)		Class 1 Call (Internet Traffic is the main traffic)	
Link	Uplink	Downlink	Uplink	Downlink
R	16 kbps	16 kbps	64 kbps	384 kbps
υ	0.5	0.5	0.00285	0.015
E_b / N_0	4 dB	4 dB	4 dB	4 dB
$B = \upsilon R$	8 kbps	8 kbps	182.4 bps	5.76 kbps
Portion of New Call Arrivals	85%		15%	
$1/\mu$	120 sec		3000 sec	
$1/\nu$	300 sec		1200 sec	
Priority	Higher		Lower	

4.3 ผลการจำลองแบบ

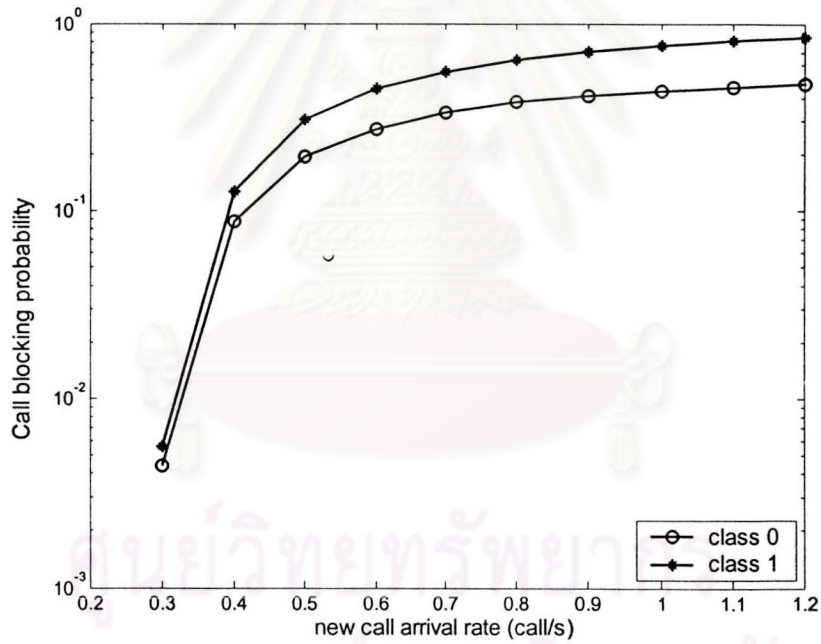
4.3.1 การเปรียบเทียบสมรรถนะของระบบที่ใช้แบบแผนที่เสนอระหว่างกรณีที่ไม่ใช้แบบแผนการให้ลำดับความสำคัญกับกรณีที่ใช้แบบแผนการให้ลำดับความสำคัญ

เนื่องจากระบบสื่อสารมีแนวโน้มที่จะรองรับประเภทของบริการที่หลากหลายขึ้น ดังนั้นประเภทของบริการที่ทำให้เกิดทราฟฟิกในระบบมากมีโอกาสที่จะถูกบล็อกการเรียกมากกว่าบริการที่ทำให้เกิดทราฟฟิกในระบบน้อย ดังเช่นบริการที่สนใจในวิทยานิพนธ์ซึ่งแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ บริการเสียง (class 0) และบริการข้อมูลในที่นี้คือ อินเทอร์เนต (class 1) พบว่าบริการเสียงมีค่าตัวประกอบโหลดในข่ายเชื่อมโยงขาขึ้นและข่ายเชื่อมโยงขาลงดังสมการที่ 3.23 และ 3.24 มากกว่าอินเทอร์เนต เนื่องจากค่าแบนด์วิดท์ประสิทธิผลในตารางที่ 4.1 ของบริการเสียงมีค่ามากกว่าบริการอินเทอร์เนตทั้งข่ายเชื่อมโยงขาขึ้นและข่ายเชื่อมโยงขาลง ดังนั้นโอกาสที่บริการเสียงจะถูกบล็อกจึงมีค่ามากกว่าอินเทอร์เนตดังรูปที่ 4.1 ซึ่งพิจารณาเฉพาะกรณีการเรียกใหม่ ดังนั้นถ้าผู้ให้บริการระบบให้ความสำคัญกับบริการที่ทำให้เกิดทราฟฟิกน้อยมากกว่าบริการที่ทำให้เกิดทราฟฟิกมาก นั่นคือให้โอกาสที่จะเกิดการบล็อกการเรียกมีค่าน้อยก็ไม่จำเป็นต้องนำแบบแผนการให้ลำดับความสำคัญมาใช้ แต่ในการจำลองระบบต้องการให้บริการเสียงมีลำดับความสำคัญสูงกว่าอินเทอร์เนต เนื่องจากคุณสมบัติของบริการเสียงที่เป็นลักษณะบริการแบบเวลาจริง (real-time) จึงได้นำแบบแผนการให้ลำดับความสำคัญมาใช้

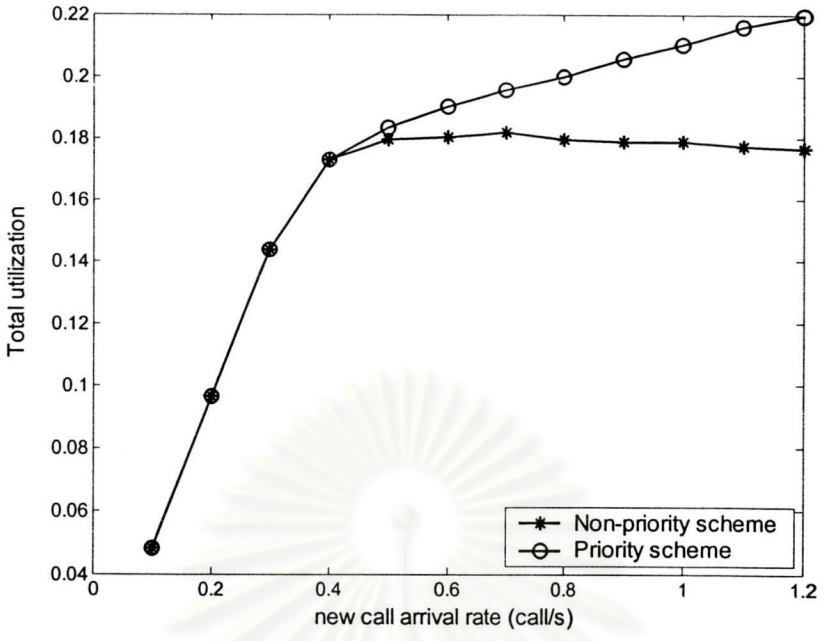


รูปที่ 4.1 ความน่าจะเป็นในการบล็อกการเรียกเมื่อไม่ได้นำแบบแผนการให้ลำดับความสำคัญมาใช้

เมื่อนำแบบแผนการให้ลำดับความสำคัญมาใช้ซึ่งมีหลักการดังนี้ เมื่อมีการเรียกเข้ามาระบบจะทำการจองโหลดไว้ให้เป็นสัดส่วนที่เหมาะสมสำหรับการเรียกที่มีลำดับความสำคัญสูงกว่าการเรียกที่เข้ามา โดยปรับค่าตามอัตราการเข้าของการเรียกที่มีลำดับความสำคัญสูงกว่าการเรียกที่เข้ามา หลังจากนั้นระบบจะทำการตอบรับการเรียกโดยพิจารณาจากสัดส่วนโหลดที่เหลือจะต้องมากกว่าค่าตัวประกอบโหลดของการเรียกที่เข้ามา ดังนั้นถ้าการเรียกที่เข้ามาเป็นบริการอินเทอร์เนต ระบบก็จะจองสัดส่วนไว้สำหรับการเรียกของบริการเสียง ผลที่ได้พบว่าระบบสามารถรับประกันลำดับความสำคัญได้ดังรูปที่ 4.2 โดยการเรียกของบริการเสียงมีโอกาสที่จะถูกบล็อกน้อยกว่าการเรียกของบริการอินเทอร์เนต และเมื่อพิจารณาค่าการใช้ประโยชน์ทรัพยากรดังรูปที่ 4.3 พบว่าเมื่อนำแบบแผนการให้ลำดับความสำคัญมาใช้ระบบสามารถใช้ประโยชน์จากทรัพยากรซึ่งในที่นี้คือแบนด์วิดท์ของช่องสัญญาณที่ใช้ในการส่งข้อมูลได้มากกว่ากรณีที่ไม่ได้นำแบบแผนการให้ลำดับความสำคัญมาใช้ เนื่องจากระบบสามารถรองรับการเรียกประเภทบริการเสียงได้มากขึ้นจึงทำให้เกิดปริมาณทราฟฟิกในการส่งข้อมูลมากขึ้น

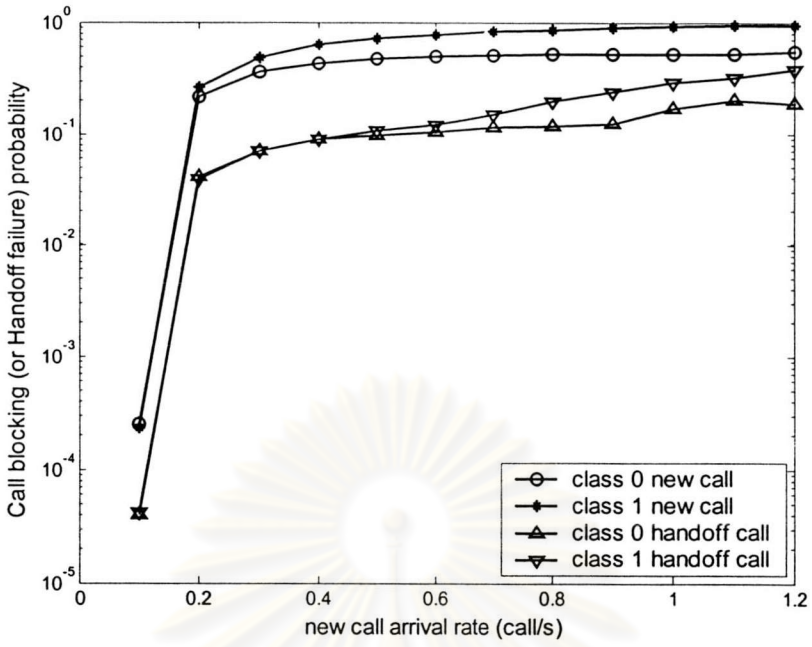


รูปที่ 4.2 ความน่าจะเป็นในการบล็อกการเรียกเมื่อนำแบบแผนการให้ลำดับความสำคัญมาใช้



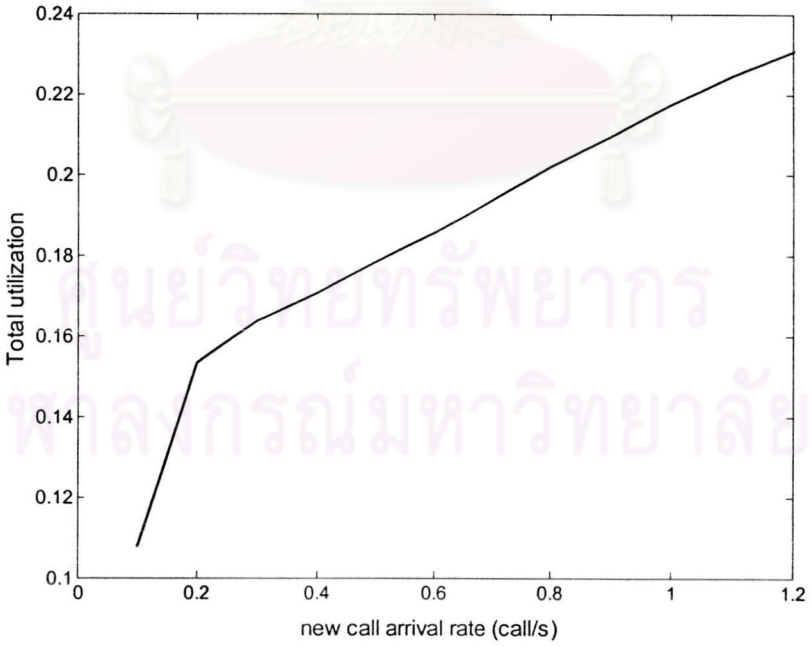
รูปที่ 4.3 เปรียบเทียบค่าการใช้ประโยชน์ทรัพยากรระหว่างกรณีที่ไม่นำแบบแผนการให้ลำดับความสำคัญมาใช้กับกรณีที่นำแบบแผนการให้ลำดับความสำคัญมาใช้

นอกจากนั้นการเรียกในระบบสามารถแบ่งเป็นการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์ออฟจากเซลล์ข้างเคียงและการเรียกใหม่ ดังนั้นการจำลองแบบจึงให้ลำดับความสำคัญแก่การเรียกที่เกิดจากการแฮนด์ออฟมีค่ามากกว่าการเรียกใหม่ โดยจะให้ความสำคัญกับประเภทของการเรียกมากกว่าประเภทของบริการ นั้นคือการบริการประเภทใดที่เป็นการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์ออฟจะมีลำดับความสำคัญสูงกว่าการเรียกใหม่เสมอ ถึงแม้ว่าการเรียกใหม่นั้นจะมีประเภทของบริการที่มีลำดับความสำคัญสูงกว่า ซึ่งเมื่อนำหลักการในการให้ลำดับความสำคัญมาประยุกต์ใช้กับระบบที่รองรับการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์ออฟ พบว่าระบบสามารถรับประกันลำดับความสำคัญได้ดังรูปที่ 4.4 โดยพบว่าการเรียกของบริการที่มีลำดับความสำคัญสูงจะมีค่าความน่าเป็นที่จะถูกบล็อกการเรียกน้อยและมีค่าเพิ่มขึ้นตามลำดับความสำคัญที่ลดลง โดยเรียงลำดับความสำคัญจากมากไปน้อย ดังนี้ การเรียกที่เกิดจากการแฮนด์ออฟสำหรับบริการเสียง, การเรียกที่เกิดจากการแฮนด์ออฟสำหรับบริการอินเทอร์เนต, การเรียกใหม่สำหรับบริการเสียงและการเรียกใหม่สำหรับบริการอินเทอร์เนต นอกจากนั้นยังมีค่าเพิ่มขึ้นตามอัตราการเข้าที่เพิ่มขึ้นด้วย



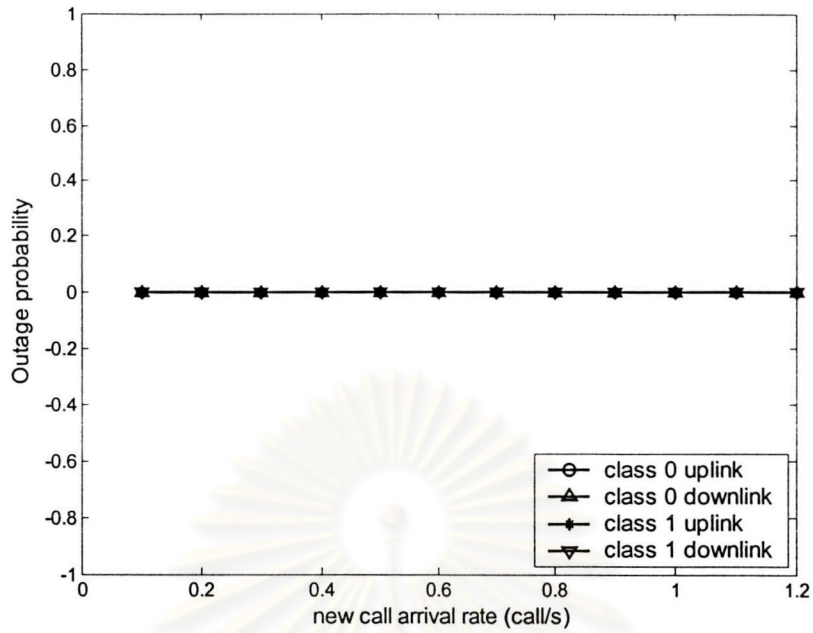
รูปที่ 4.4 ค่าความน่าจะเป็นในการบล็อกการเรียกใหม่และการแฮนด์ออฟผิดพลาดสำหรับแบบแผนที่เสนอแยกตามประเภทของบริการและการเรียก

สำหรับค่าการใช้ประโยชน์ทรัพยากรและค่าความน่าจะเป็นที่บริการไม่ได้รับการประกัน QoS คือค่าความน่าจะเป็นที่สัญญาณขาดหาย แสดงดังรูปที่ 4.5 และ 4.6 ตามลำดับ



รูปที่ 4.5 ค่าการใช้ประโยชน์ทรัพยากรเมื่อใช้แบบแผนที่เสนอ

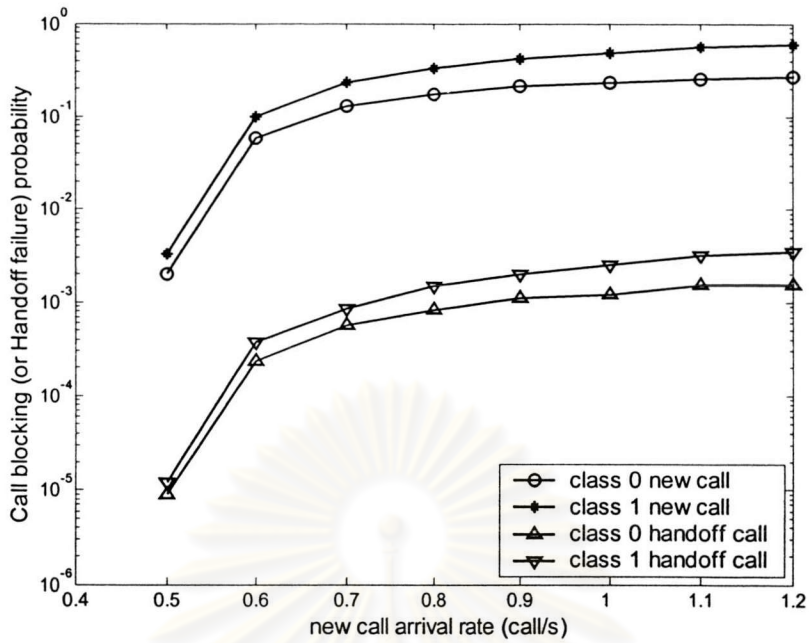
I21282705



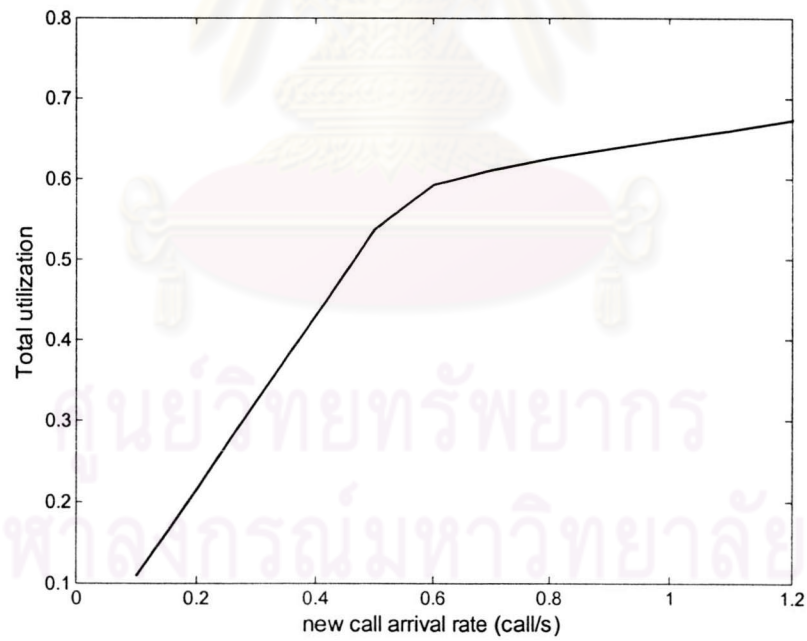
รูปที่ 4.6 ค่าความน่าจะเป็นที่สัญญาณขาดหายเมื่อใช้แบบแผนที่เสนอแยกตามประเภทของบริการและการเรียก

4.3.2 การเปรียบเทียบสมรรถนะของการจำลองแบบระหว่างแบบแผนที่ใช้แบนด์วิดท์ประสิทธิผลเป็นเงื่อนไขในการพิจารณากับแบบแผนที่ใช้ตัวประกอบโหลดเป็นเงื่อนไขในการพิจารณา (แบบแผนที่เสนอ)

จากที่กล่าวไว้ในบทที่ 1 นั้นคือ โดยทั่วไปความจุของระบบแบ่งเป็นความจุแบบตายตัวและแบบไม่ตายตัว จึงทำให้เงื่อนไขที่ใช้ในการตัดสินใจสามารถแบ่งเป็น 2 ประเภทตามความจุที่พิจารณา ซึ่งในหัวข้อนี้จะทำการเปรียบเทียบสมรรถนะของระบบระหว่างแบบแผน CAC ที่ตั้งบนพื้นฐานของความจุแบบตายตัว คือแบบแผนที่ใช้แบนด์วิดท์ประสิทธิผลเป็นเงื่อนไขในการพิจารณา [12] กับแบบแผน CAC ที่ตั้งบนพื้นฐานของความจุแบบกึ่งตายตัว คือแบบแผนที่ใช้ตัวประกอบโหลดเป็นเงื่อนไขในการพิจารณา (แบบแผนที่เสนอ) ซึ่งมีขั้นตอนในการหาโหลดในระบบเป็นแบบไม่ตายตัวแต่ขั้นตอนในการตัดสินใจเป็นแบบตายตัว โดยแบบแผนที่พิจารณาแบนด์วิดท์ประสิทธิผลจะตอบรับการเรียกเมื่อแบนด์วิดท์ที่เหลือจากผลรวมของแบนด์วิดท์ที่ใช้งานแล้วกับแบนด์วิดท์ที่จองไว้สำหรับการเรียกที่มีลำดับความสำคัญสูงกว่าการเรียกที่เข้ามามีค่าอย่างน้อยเท่ากับค่าแบนด์วิดท์ประสิทธิผลของการเรียกที่เข้ามา ผลที่ได้เป็นดังรูปที่ 4.7 ถึงรูปที่ 4.9

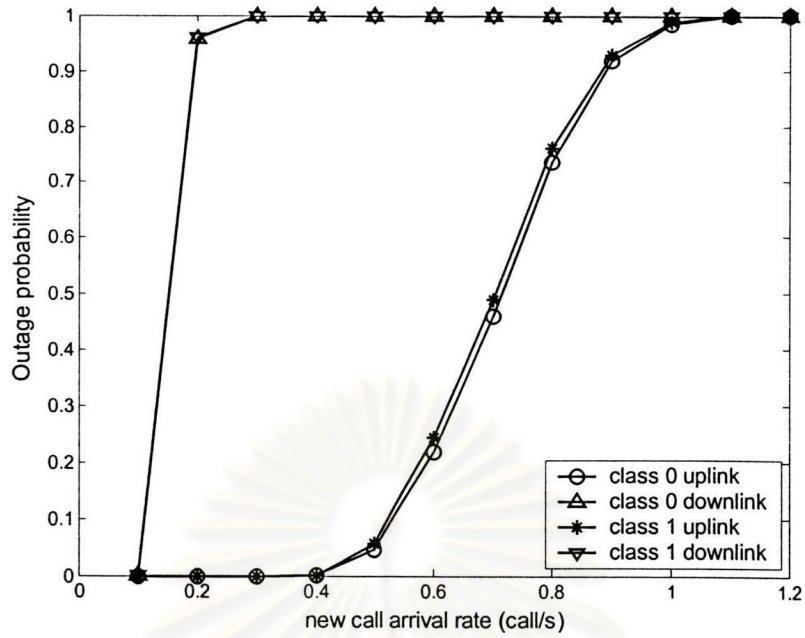


รูปที่ 4.7 ค่าความน่าจะเป็นในการบล็อกการเรียกใหม่และการแฮนด์ออฟผิดพลาดแยกตามประเภทของบริการและการเรียกเมื่อใช้แบบแผนที่พิจารณาแบนด์วิดท์ประสิทธิผล



รูปที่ 4.8 ค่าการใช้ประโยชน์ทรัพยากรเมื่อใช้แบบแผนที่พิจารณาแบนด์วิดท์ประสิทธิผล

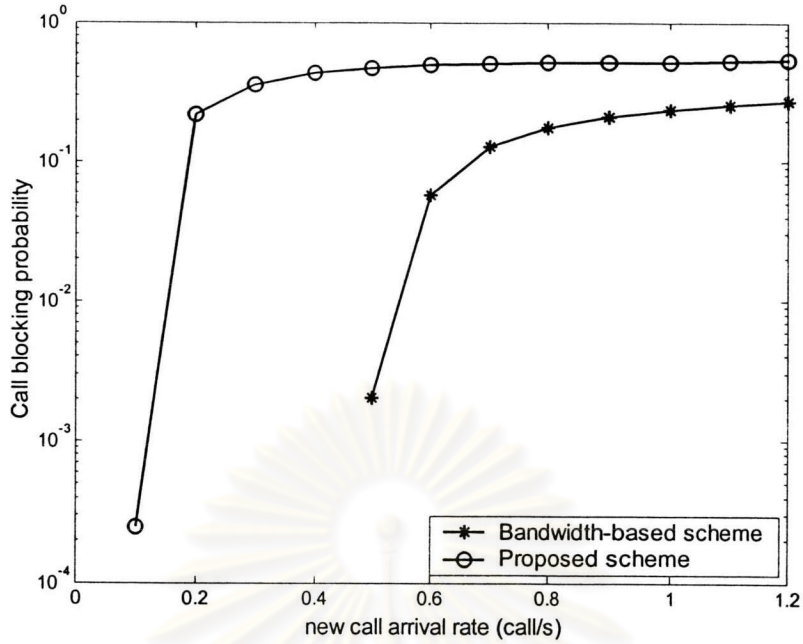
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



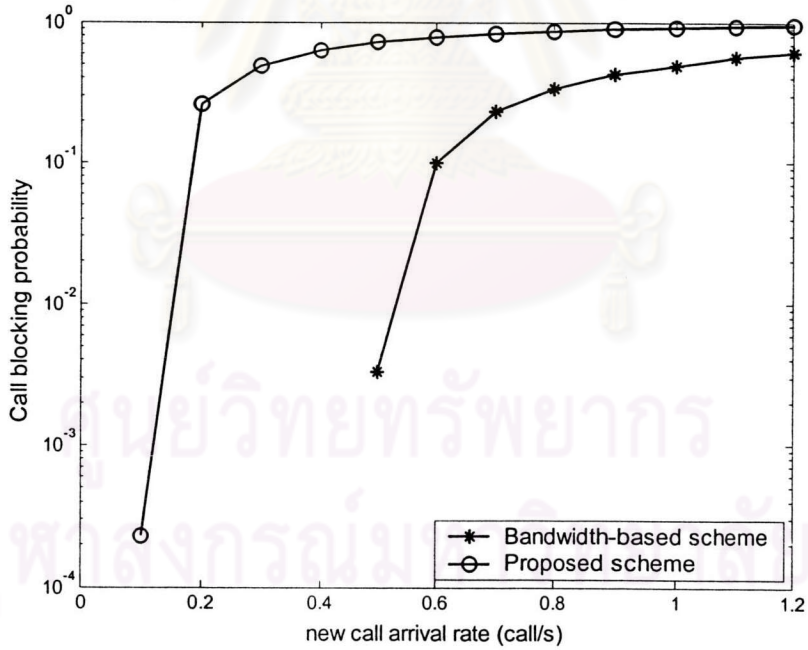
รูปที่ 4.9 ค่าความน่าจะเป็นที่สัญญาณขาดหายแยกตามประเภทของบริการและประเภทของการเรียกเมื่อใช้แบบแผนที่พิจารณาแบนด์วิดท์ประสิทธิผล

จากรูปที่ 4.9 ซึ่งแสดงค่าความน่าจะเป็นที่สัญญาณขาดหายแยกตามประเภทของบริการและประเภทของการเรียก พบว่าโอกาสที่การเรียกจะไม่ได้รับ QoS ตามต้องการในช่ายเชื่อมโยงขาลงมีค่ามากกว่าช่ายเชื่อมโยงขาขึ้น เนื่องมาจากทราฟฟิกในช่ายเชื่อมโยงขาลงมีมากกว่าช่ายเชื่อมโยงขาขึ้นซึ่งจะเห็นได้จากค่าแบนด์วิดท์ประสิทธิผลทางช่ายเชื่อมโยงขาลงของบริการอินเทอร์เนตมีค่ามากกว่าช่ายเชื่อมโยงขาขึ้น จึงทำให้ค่าสัญญาณแทรกสอดทางช่ายเชื่อมโยงขาลงมีค่ามากกว่าด้วย ซึ่งทำให้มีโอกาสสูงที่ระดับ E_b / N_0 ของการเรียกมีค่าน้อยกว่าค่าที่การเรียกสามารถยอมรับได้ นั้นคือสัญญาณที่การเรียกส่งยังมีคุณภาพไม่ดีทำให้สัญญาณขาดหายพร้อมทั้งมีผลต่ออัตราบิตผิดพลาดของข้อมูลได้

เนื่องจากระบบที่พิจารณาเป็นการพิจารณาสมรรถนะของระบบที่สภาวะสมดุลเชิงสถิติ ดังนั้นจุดประสงค์หลักที่พิจารณาสมรรถนะของระบบคือค่าการใช้ประโยชน์ทรัพยากร ในที่นี้คือแบนด์วิดท์ที่ใช้ในการส่งข้อมูล ซึ่งค่าการใช้ประโยชน์ทรัพยากรมีความสัมพันธ์กับค่าความน่าจะเป็นในการบล็อกการเรียกใหม่, ค่าความน่าจะเป็นในการแฮนด์ออฟผิดพลาด และอัตราการมาถึงของการเรียกดังสมการที่ 3.38 ถึงสมการที่ 3.41 และพิจาณาค่าความน่าจะเป็นที่สัญญาณขาดหายเพื่อเปรียบเทียบคุณภาพของสัญญาณด้วย ซึ่งผลการเปรียบเทียบเป็นดังนี้

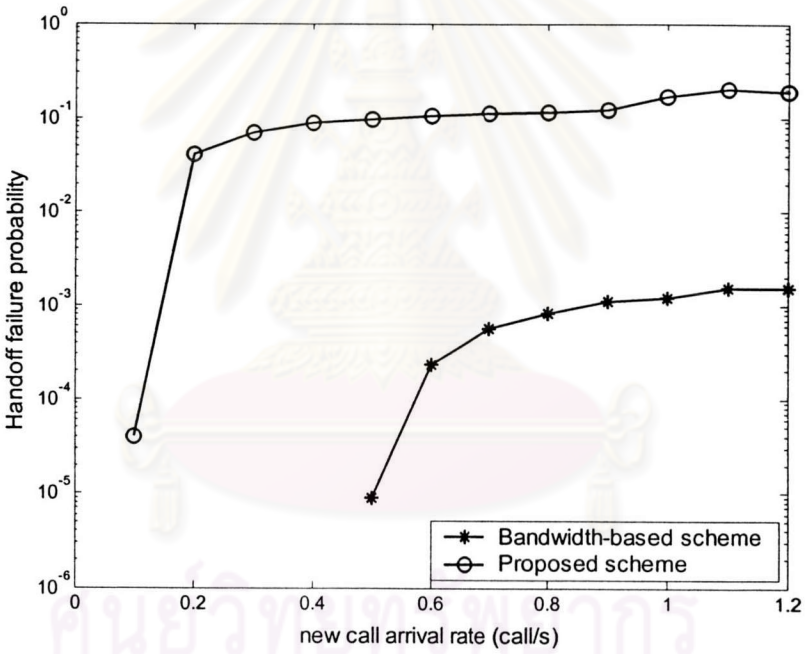


รูปที่ 4.10 เปรียบเทียบค่าความน่าจะเป็นในการบล็อกการเรียกใหม่สำหรับบริการเสียงระหว่างแบบแผนที่พิจารณาแบนด์วิดท์ประสิทธิผลกับแบบแผนที่เสนอ

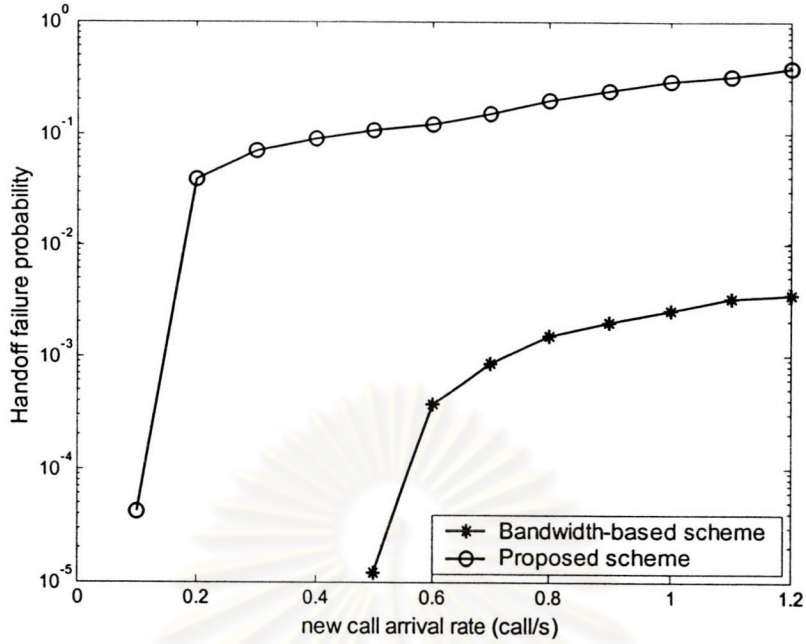


รูปที่ 4.11 เปรียบเทียบค่าความน่าจะเป็นในการบล็อกการเรียกใหม่สำหรับบริการอินเทอร์เนตระหว่างแบบแผนที่พิจารณาแบนด์วิดท์ประสิทธิผลกับแบบแผนที่เสนอ

เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าความน่าจะเป็นในการบล็อกการเรียกใหม่สำหรับบริการเสียงและอินเทอร์เนตระหว่างแบบแผนที่พิจารณาแบนด์วิดท์ประสิทธิผลกับแบบแผนที่เสนอดังรูปที่ 4.10 และรูปที่ 4.11 พบว่าแบบแผนที่เสนอมีโอกาสที่จะบล็อกการเรียกใหม่สูงกว่าแบบแผนที่พิจารณาแบนด์วิดท์ประสิทธิผลทั้งบริการเสียงและบริการอินเทอร์เนต เช่นเดียวกับการเปรียบเทียบค่าความน่าจะเป็นในการแฮนด์ออฟผิดพลาดสำหรับบริการเสียงและอินเทอร์เนต ดังรูปที่ 4.12 และรูปที่ 4.13 เนื่องจากแบบแผนที่เสนอมีการพิจารณาผลของการแทรกสอดที่จะเกิดขึ้นทั้งจากการเรียกในเซลล์ข้างเคียงและการเรียกในเซลล์ที่สนใจถ้าระบบทำการตอบรับการเรียก จึงทำให้โหลดในระบบมีค่ามากกว่าโหลดจริง ๆ ที่เกิดจากทราฟฟิกที่ดำเนินอยู่ในเซลล์ที่สนใจเท่านั้น ซึ่งแตกต่างจากแบบแผนที่พิจารณาแบนด์วิดท์ประสิทธิผลโดยในการตอบรับการเรียกนั้นจะไม่พิจารณาผลของการแทรกสอดทั้งจากการเรียกภายในเซลล์และการเรียกจากเซลล์ข้างเคียง ดังนั้นโหลดที่วัดได้จึงเกิดจากการเรียกที่ดำเนินอยู่ในเซลล์ที่สนใจเท่านั้น

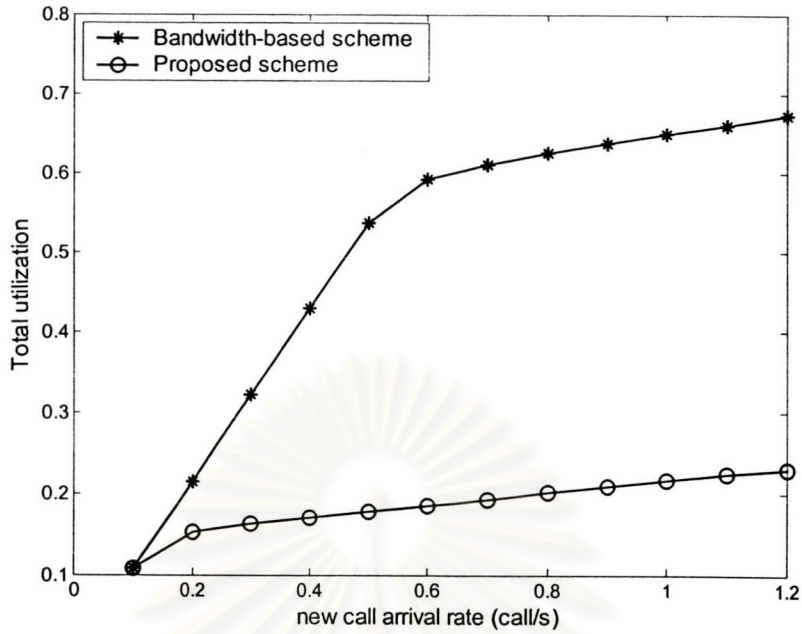


รูปที่ 4.12 เปรียบเทียบค่าความน่าจะเป็นที่เกิดการแฮนด์ออฟผิดพลาดสำหรับบริการเสียงระหว่างแบบแผนที่พิจารณาแบนด์วิดท์ประสิทธิผลกับแบบแผนที่เสนอ



รูปที่ 4.13 เปรียบเทียบค่าความน่าจะเป็นที่เกิดการแฮนด์ออฟผิดพลาดสำหรับบริการอินเทอร์เนต ระหว่างแบบแผนที่พิจารณาแบนด์วิดท์ประสิทธิผลกับแบบแผนที่เสนอ

ดังที่กล่าวไว้ข้างต้นเมื่อแบบแผนที่เสนอตอบรับการเรียกได้น้อย เนื่องจากแบบแผนที่เสนอพิจารณาค่าการแทรกสอดที่เกิดขึ้นแต่แบบแผนที่พิจารณาแบนด์วิดท์ประสิทธิผลไม่ได้สนใจค่าการแทรกสอดที่เกิดขึ้น ดังที่กล่าวไว้ในการเปรียบเทียบค่าความน่าจะเป็นในการบล็อกการเรียกใหม่และค่าความน่าจะเป็นที่เกิดการแฮนด์ออฟผิดพลาด จึงทำให้ทรัพยากรที่มีอยู่ถูกใช้ไปเพียงเล็กน้อย โดยยังคงมีทรัพยากรที่ไม่ได้ใช้งานเหลืออยู่มากกว่าแบบแผนที่พิจารณาแบนด์วิดท์ประสิทธิผล จึงเป็นสาเหตุให้ค่าการใช้ประโยชน์ทรัพยากรของแบบแผนที่เสนอมีค่าน้อยกว่าแบบแผนที่พิจารณาแบนด์วิดท์ประสิทธิผล ดังแสดงในรูปที่ 4.14 โดยที่อัตราการเข้า 0.1 call/s แบบแผนทั้งสองแบบแผนตอบรับการเรียกได้ใกล้เคียงกันจึงทำให้ปริมาณทรัพยากรที่ถูกใช้ไปมีปริมาณใกล้เคียงกัน แต่เมื่ออัตราการเข้าเพิ่มขึ้นปริมาณการเรียกที่ได้รับการตอบรับเนื่องจากการใช้แบบแผนทั้งสองแบบแผนมีค่าต่างกันมากขึ้น นั้นคือแบบแผนที่เสนอตอบรับการเรียกได้น้อยกว่าจึงทำให้ค่าการใช้ประโยชน์ทรัพยากรของแบบแผนที่เสนอมีค่าน้อยกว่า สังเกตได้ที่อัตราการเข้า 1.2 call/s พบว่าแบบแผนที่พิจารณาแบนด์วิดท์ประสิทธิผลใช้ทรัพยากรได้มากกว่าแบบแผนที่เสนอประมาณ 45%



รูปที่ 4.14 เปรียบเทียบค่าการใช้ประโยชน์ทรัพยากรระหว่างแบบแผนที่พิจารณาแบนด์วิดท์ประสิทธิผลกับแบบแผนที่เสนอ

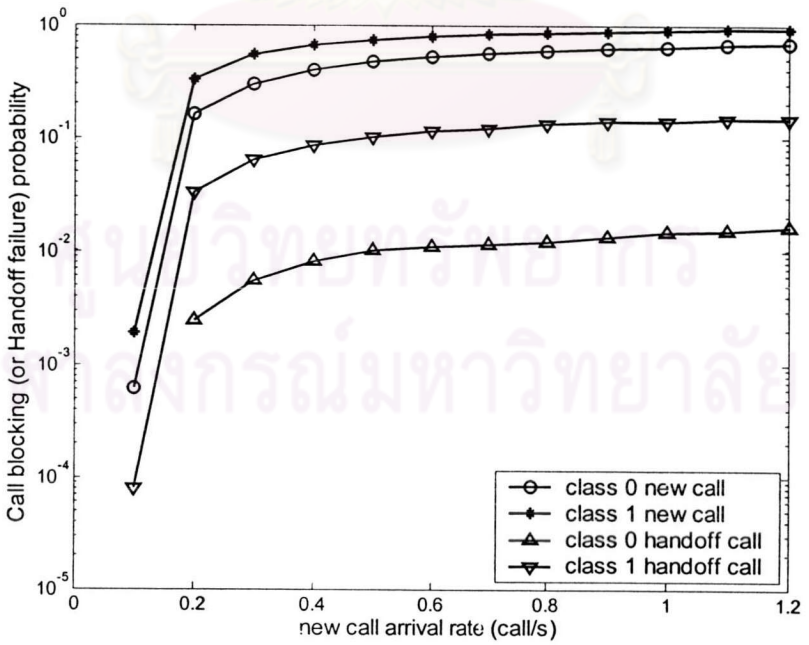
พิจารณาค่าความน่าจะเป็นที่สัญญาณขาดหายระหว่างรูปที่ 4.6 กับรูปที่ 4.9 พบว่าแบบแผนที่เสนอมีโอกาสที่สัญญาณขาดหายน้อยกว่าแบบแผนที่พิจารณาแบนด์วิดท์ประสิทธิผล นั้นแสดงว่าแบบแผนที่เสนอจะให้คุณภาพของสัญญาณสำหรับการเรียกดีกว่าแบบแผนที่พิจารณาแบนด์วิดท์ประสิทธิผล เนื่องจากในขั้นตอนของการตัดสินใจของแบบแผนที่เสนอจะพิจารณาผลของการแทรกสอดที่จะเกิดขึ้นและมีผลต่อการเรียกที่ดำเนินอยู่เมื่อมีการตอบรับการเรียกเข้าไปในระบบ ทำให้เมื่อระบบตอบรับการเรียกเข้าไปจึงไม่มีผลต่อการเรียกที่ดำเนินอยู่ทำให้ระบบสามารถรับประกัน QoS ได้ แต่แบบแผนที่พิจารณาแบนด์วิดท์ประสิทธิผลจะตอบรับการเรียกโดยไม่คำนึงถึงผลการแทรกสอดที่จะเกิดขึ้นจึงทำให้ระบบตอบรับการเรียกมากเกินไป และค่าการแทรกสอดก็มากขึ้นจนระบบไม่สามารถรับประกัน QoS ให้กับการเรียกได้ นั่นคือระดับ E_b / N_0 ของการเรียกมีค่าน้อยกว่าค่าที่ต้องการจึงทำให้สัญญาณขาดหายและนำไปสู่การดร็อปการเรียกได้

ดังจะเห็นได้ว่าที่อัตราการเข้า 0.1 call/s ระบบที่ใช้แบบแผนที่พิจารณาค่าแบนด์วิดท์ประสิทธิผลยังคงตอบรับการเรียกปริมาณน้อยจึงทำให้เกิดค่าการแทรกสอดน้อยและทำให้ระบบยังคงรับประกัน QoS ได้ แต่เมื่ออัตราการเข้าเพิ่มขึ้นปริมาณการเรียกที่ตอบรับก็มากขึ้นและทำให้ค่าการแทรกสอดมากขึ้นด้วย จึงทำให้โอกาสที่การเรียกจะไม่ได้รับประกัน QoS ก็มากขึ้น ดังที่อัตราการเข้า 1.2 call/s แบบแผนที่เสนอสามารถรับประกัน QoS ได้ดีกว่าแบบแผนที่พิจารณาแบนด์วิดท์ประสิทธิผล โดยมีโอกาสที่สัญญาณขาดหายน้อยกว่าถึง 100%

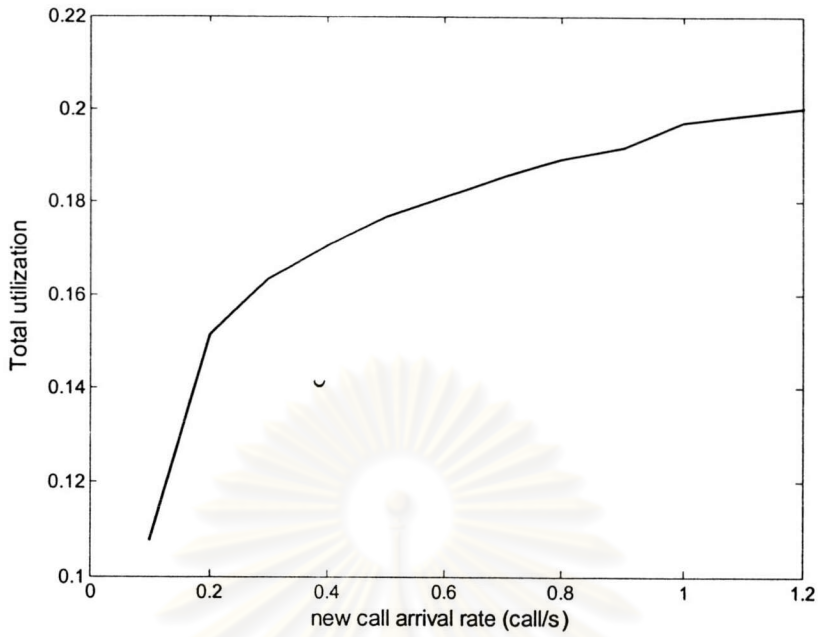
4.3.3 การเปรียบเทียบสมรรถนะของการจำลองแบบระหว่างแบบแผนที่ใช้ระดับ E_b / N_0 เป็นเงื่อนไขในการพิจารณากับแบบแผนที่ใช้ตัวประกอบโหลดเป็นเงื่อนไขในการพิจารณา (แบบแผนที่เสนอ)

หัวข้อนี้เป็นการเปรียบเทียบระหว่างแบบแผน CAC ที่ตั้งบนพื้นฐานของความจุแบบไม่ตายตัวซึ่งก็คือแบบแผนที่ใช้ระดับ E_b / N_0 เป็นเงื่อนไขในการพิจารณา [13] กับแบบแผนที่เสนอ โดยแบบแผนที่พิจารณาระดับ E_b / N_0 จะตอบรับการเรียกเมื่อระดับ E_b / N_0 ของการเรียกที่ดำเนินอยู่และการเรียกที่เข้ามาในระบบจะต้องมีค่ามากกว่าค่าจุดเริ่มเปลี่ยนที่ตั้งไว้โดยคำนึงถึงค่าการแทรกสอดที่เพิ่มขึ้นเมื่อระบบตอบรับการเรียกนั้น และค่าจุดเริ่มเปลี่ยนซึ่งเป็นค่าคงที่จะมีค่าไม่เท่ากันขึ้นกับลำดับความสำคัญของการเรียกที่เข้ามา พบว่าสมรรถนะของระบบที่ใช้แบบแผนที่พิจารณาระดับ E_b / N_0 แสดงดังรูปที่ 4.15 และรูปที่ 4.17

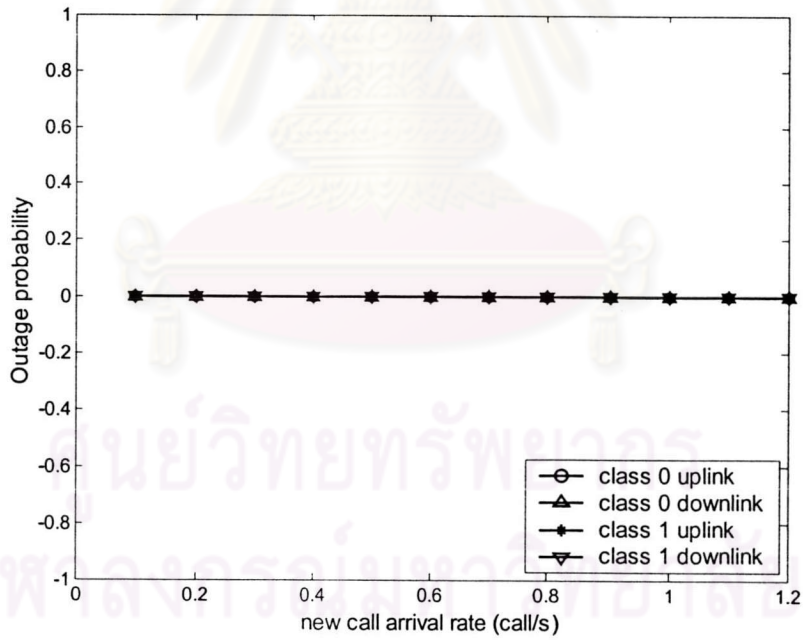
พิจารณารูปที่ 4.15 พบว่าแบบแผนที่พิจารณาระดับ E_b / N_0 สามารถรับประกันลำดับความสำคัญได้ นั้นคือเรียงลำดับความสำคัญจากมากไปน้อยได้ดังนี้ การเรียกที่เกิดจากการแฮนด์ออฟของบริการเสียง, การเรียกที่เกิดจากการแฮนด์ออฟของบริการอินเทอร์เนต, การเรียกใหม่ของบริการเสียงและการเรียกใหม่ของบริการอินเทอร์เนต เนื่องจากในการให้ลำดับความสำคัญนั้นค่าระดับ E_b / N_0 ของการเรียกทุกตัวที่ตั้งไว้จะมีค่าต่ำเมื่อการเรียกที่เข้ามามีลำดับความสำคัญสูงเพื่อให้ตอบรับการเรียกได้มากขึ้น และค่าที่ตั้งไว้จะมีค่าเพิ่มขึ้นตามลำดับความสำคัญที่ลดลง เมื่อพิจารณารูปที่ 4.16 พบว่าค่าการใช้ประโยชน์มีค่าเพิ่มขึ้นตามอัตราการเข้าที่เพิ่มขึ้น



รูปที่ 4.15 ค่าความน่าจะเป็นในการบล็อกการเรียกใหม่และการแฮนด์ออฟผิดพลาดแยกตามประเภทของบริการและการเรียกเมื่อใช้แบบแผนที่พิจารณาระดับ E_b / N_0



รูปที่ 4.16 ค่าการใช้ประโยชน์ทรัพยากรเมื่อใช้แบบแผนที่พิจารณาระดับ E_b / N_0

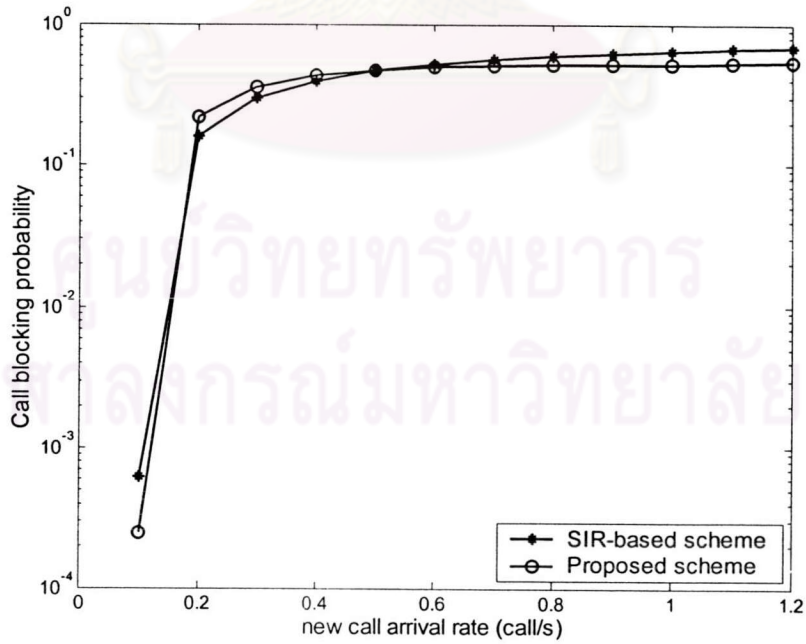


รูปที่ 4.17 ค่าความน่าจะเป็นที่สัญญาณขาดหายแยกตามประเภทของบริการและประเภทของการเรียกเมื่อใช้แบบแผนที่พิจารณาระดับ E_b / N_0

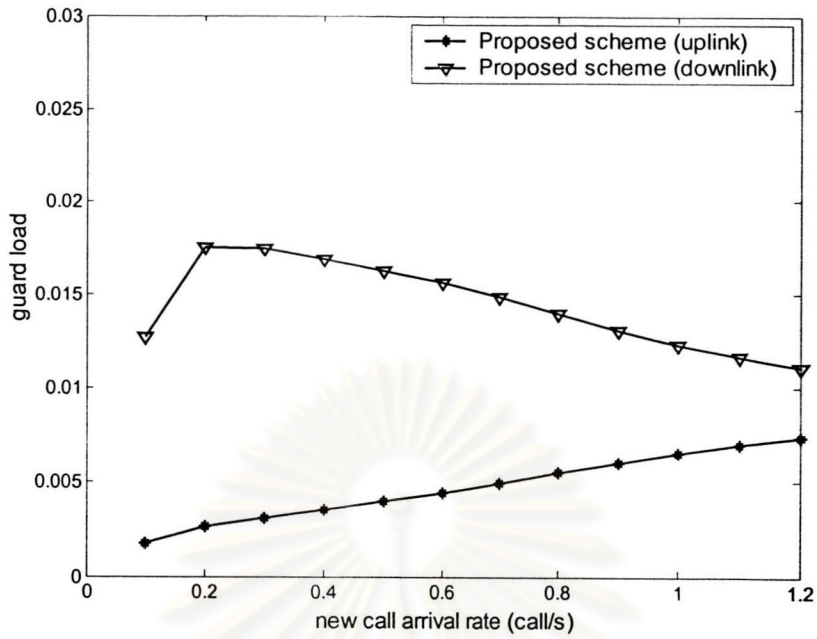
สำหรับรูปที่ 4.17 พบว่าแบบแผนที่พิจารณาระดับ E_b / N_0 สามารถรับประกัน QoS ให้กับการเรียกได้ นั้นคือโอกาสที่สัญญาณขาดหายมีค่าน้อย เนื่องมาจากแบบแผนนี้จะคำนึงถึงค่าการแทรกสอดที่มีผลต่อการเรียกถ้าระบบตอบรับการเรียกเข้ามา นอกจากนั้นค่าจุดเปลี่ยนที่ตั้งไว้เพื่อการให้ลำดับความสำคัญก็มีค่ามากกว่าระดับ E_b / N_0 ต่ำสุดที่การเรียกสามารถยอมรับได้

เช่นเดียวกับกรณีการเปรียบเทียบสมรรถนะของระบบระหว่างแบบแผนที่เสนอกับแบบแผนที่พิจารณาค่าแบนด์วิดท์ประสิทธิผล เนื่องจากเป็นการพิจารณาสมรรถนะของระบบที่สภาวะสมดุลเชิงสถิติเช่นกัน ดังนั้นสมรรถนะของระบบที่พิจารณาคือค่าการใช้ประโยชน์ทรัพยากร และพิจาณาค่าความน่าจะเป็นที่สัญญาณขาดหาย ผลที่ได้เป็นดังนี้

เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าความน่าจะเป็นในการบล็อกการเรียกใหม่สำหรับบริการเสียงระหว่างแบบแผนที่พิจารณาระดับ E_b / N_0 กับแบบแผนที่เสนอดังรูปที่ 4.18 พบว่าช่วงอัตราการเรียกที่น้อยกว่า 0.5 call/s แบบแผนที่เสนอมีโอกาสที่จะบล็อกการเรียกใหม่สำหรับบริการเสียงสูงกว่าแบบแผนที่พิจารณาระดับ E_b / N_0 แต่ในช่วงที่อัตราการเรียกมากกว่า 0.5 call/s แบบแผนที่เสนอมีโอกาสที่จะบล็อกการเรียกใหม่สำหรับบริการเสียงต่ำกว่าแบบแผนที่พิจารณาระดับ E_b / N_0 เนื่องจากขั้นตอนในการจองโหลดสำหรับแบบแผนการให้ลำดับความสำคัญของแบบแผนที่เสนอสามารถปรับค่าได้ โดยมีค่าลดลงตามอัตราการแฮนด์ออฟสำหรับบริการอินเทอร์เนต และมีผลต่อการจองโหลดมากกว่าอัตราการแฮนด์ออฟสำหรับบริการเสียงดังรูปที่ 4.19



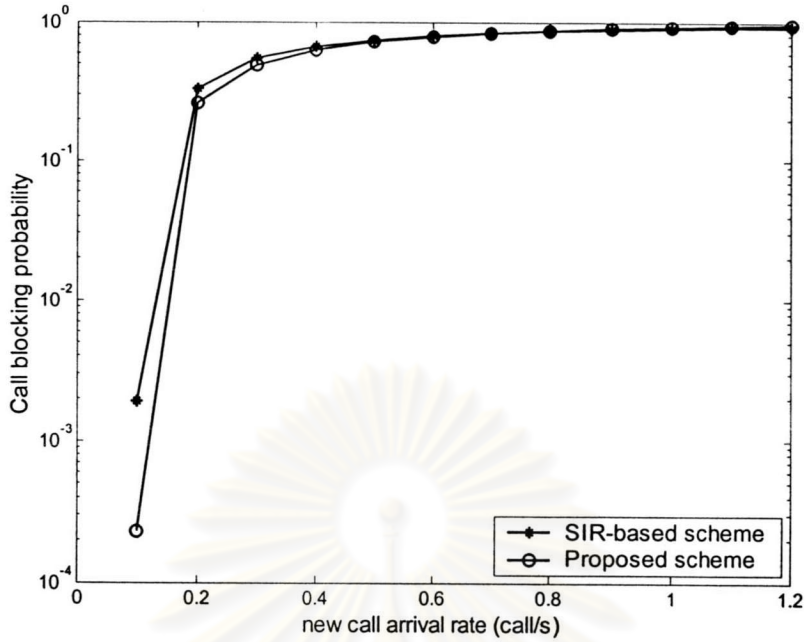
รูปที่ 4.18 เปรียบเทียบค่าความน่าจะเป็นในการบล็อกการเรียกใหม่สำหรับบริการเสียงระหว่างแบบแผนที่พิจารณาระดับ E_b / N_0 กับแบบแผนที่เสนอ



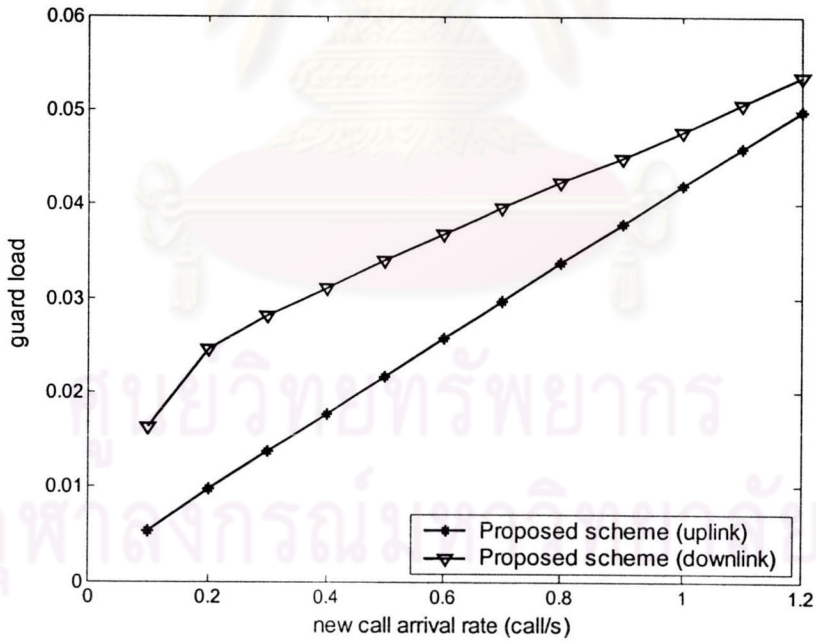
รูปที่ 4.19 ค่าโหลดที่จองไว้เมื่อการเรียกที่เข้ามาคือการเรียกใหม่สำหรับบริการเสียงแยกตามประเภทของข่ายเชื่อมโยงเมื่อใช้แบบแผนที่เสนอ

เมื่อพิจารณารูปที่ 4.20 ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบค่าความน่าจะเป็นที่จะเกิดการบล็อกการเรียกใหม่สำหรับบริการอินเทอร์เนต พบว่าแบบแผนที่เสนอมีโอกาสที่จะเกิดการบล็อกการเรียกใหม่น้อยกว่าแบบแผนที่พิจารณาระดับ E_b / N_0 ในช่วงอัตราการเข้า 0.1-0.4 call/s แต่เมื่ออัตราการเข้ามากกว่า 0.4 call/s แบบแผนที่เสนอให้ค่าความน่าจะเป็นที่จะเกิดการบล็อกการเรียกใหม่สำหรับบริการอินเทอร์เนตใกล้เคียงกับแบบแผนที่พิจารณาระดับ E_b / N_0 เนื่องจากการจองโหลดสำหรับแบบแผนการให้ลำดับความสำคัญของแบบแผนที่เสนอมีค่าเพิ่มขึ้นตามอัตราการแฮนด์ออฟของการเรียกและอัตราการเข้าของการเรียกใหม่สำหรับบริการเสียงดังรูปที่ 4.21

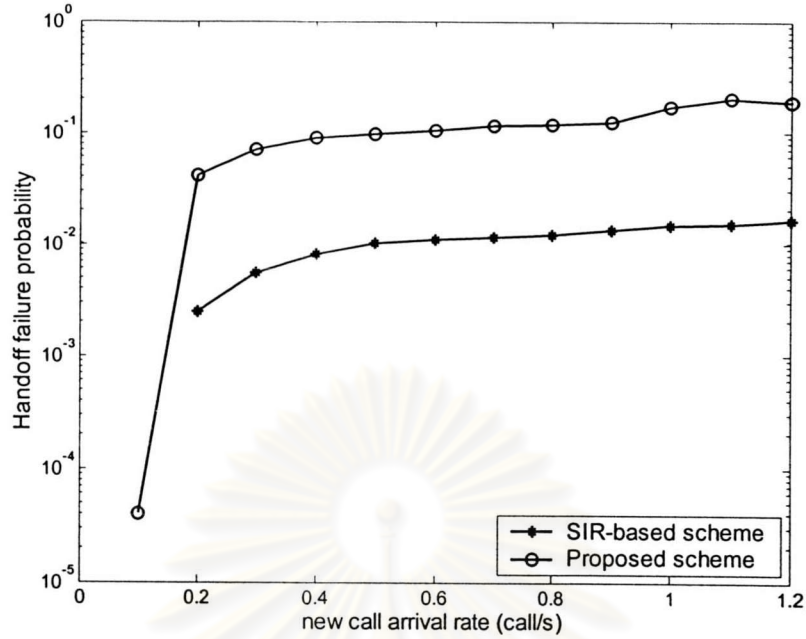
สำหรับการเปรียบเทียบค่าความน่าจะเป็นในการแฮนด์ออฟผิดพลาดสำหรับบริการเสียงดังรูปที่ 4.22 พบว่าแบบแผนที่เสนอมีโอกาสที่จะเกิดแฮนด์ออฟผิดพลาดมากกว่าแบบแผนที่พิจารณาระดับ E_b / N_0 เนื่องจากแบบแผนที่เสนอตอบรับการเรียกได้มากกว่า และนอกจากนั้นอัตราการแฮนด์ออฟของบริการเสียงสำหรับแบบแผนที่เสนอก็มีค่ามากกว่าแบบแผนที่พิจารณาระดับ E_b / N_0 ด้วยดังแสดงในรูปที่ 4.23



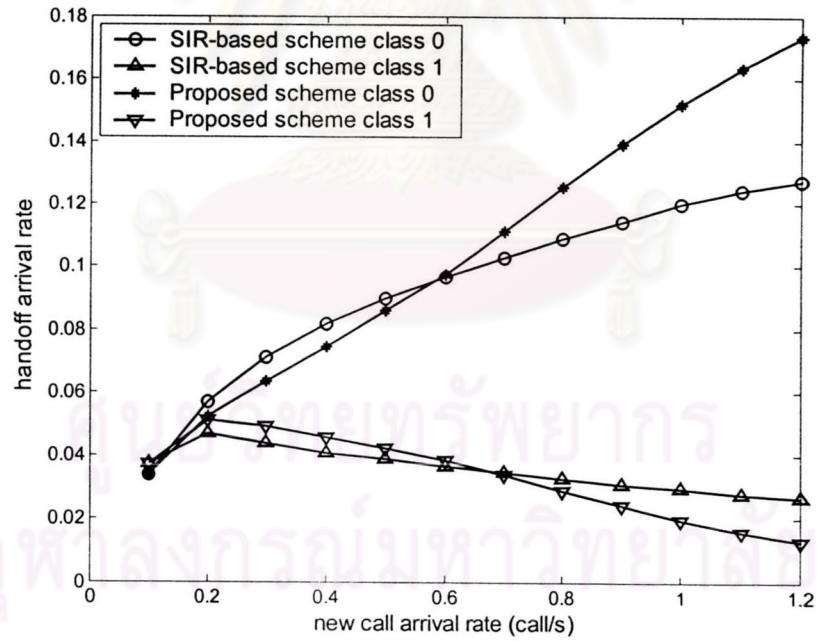
รูปที่ 4.20 เปรียบเทียบค่าความน่าจะเป็นในการบล็อกการเรียกใหม่สำหรับบริการอินเทอร์เนต ระหว่างแบบแผนที่พิจารณาระดับ E_b / N_0 กับแบบแผนที่เสนอ



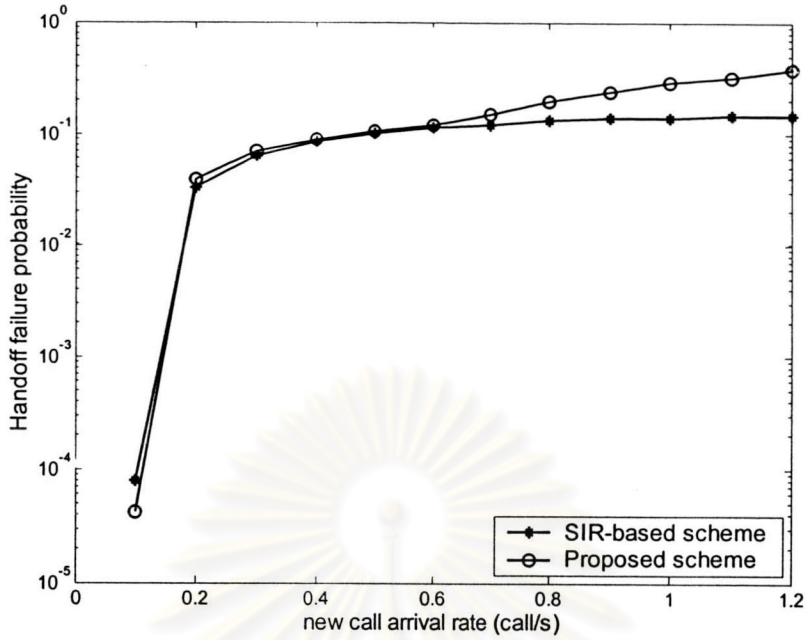
รูปที่ 4.21 ค่าโหลดที่จองไว้เมื่อการเรียกที่เข้ามาคือการเรียกใหม่สำหรับบริการอินเทอร์เนตแยกตามประเภทของข่ายเชื่อมโยงเมื่อใช้แบบแผนที่เสนอ



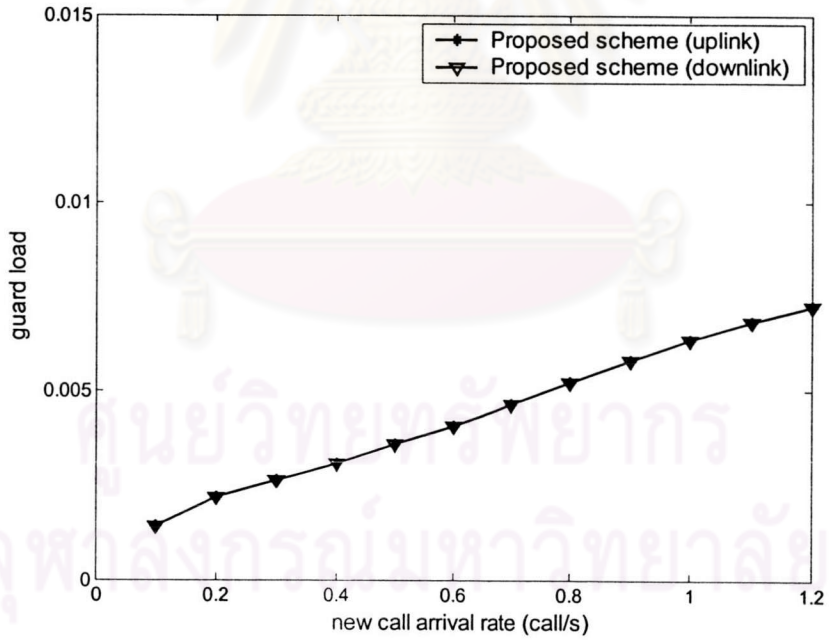
รูปที่ 4.22 เปรียบเทียบค่าความน่าจะเป็นที่เกิดการแฮนด์ออฟผิดพลาดสำหรับบริการเสียงระหว่างแบบแผนที่พิจารณาระดับ E_b / N_0 กับแบบแผนที่เสนอ



รูปที่ 4.23 เปรียบเทียบค่าอัตราการแฮนด์ออฟแยกตามประเภทของบริการระหว่างแบบแผนที่พิจารณาระดับ E_b / N_0 กับแบบแผนที่เสนอ



รูปที่ 4.24 เปรียบเทียบค่าความน่าจะเป็นที่เกิดการแฮนด์ออฟผิดพลาดสำหรับบริการอินเทอร์เนตระหว่างแบบแผนที่พิจารณาระดับ E_b / N_0 กับแบบแผนที่เสนอ

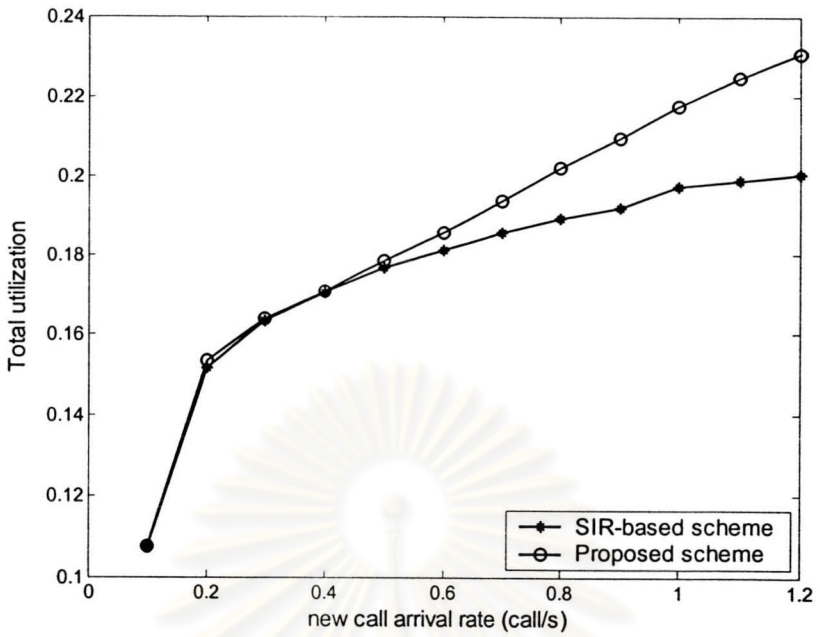


รูปที่ 4.25 ค่าโหลดที่จองไว้เมื่อการเรียกที่เข้ามาคือการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์ออฟสำหรับบริการอินเทอร์เนตแยกตามประเภทของข่ายเชื่อมโยงเมื่อใช้แบบแผนที่เสนอ

สำหรับรูปที่ 4.24 พบว่าที่อัตราการเข้าน้อยกว่า 0.6 call/s แบบแผนที่เสนอและแบบแผนที่พิจารณาระดับ E_b / N_0 มีโอกาสที่จะเกิดการแฮนด์ออฟผิดพลาดใกล้เคียงกัน แต่เมื่ออัตราการเข้ามากกว่า 0.6 call/s พบว่าแบบแผนที่เสนอมีโอกาสที่จะเกิดการแฮนด์ออฟผิดพลาดมากกว่าแบบแผนที่พิจารณาระดับ E_b / N_0 เนื่องจากค่าโหลดที่ถูกจองไว้สำหรับแบบแผนที่เสนอมีค่าเพิ่มขึ้นตามอัตราการแฮนด์ออฟสำหรับบริการเสียงที่มีค่าเพิ่มขึ้นดังรูปที่ 4.25

เนื่องจากค่าการใช้ประโยชน์ทรัพยากรมีความสัมพันธ์กับค่าความน่าจะเป็นที่เกิดการแฮนด์ออฟผิดพลาด, ค่าความน่าจะเป็นในการบล็อกการเรียกใหม่ และค่าอัตราการมาถึงทั้งการเรียกใหม่และการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์ออฟดังที่กล่าวไว้ข้างต้น พบว่าผลการเปรียบเทียบค่าการใช้ประโยชน์ทรัพยากรระหว่างแบบแผนทั้งสองเป็นดังรูปที่ 4.26 ซึ่งสังเกตได้ว่าแบบแผนที่เสนอให้ค่าการใช้ประโยชน์ทรัพยากรมากกว่าแบบแผนที่พิจารณาระดับ E_b / N_0 เนื่องจากขั้นตอนการจองโหลดซึ่งเป็นส่วนของแบบแผนการให้ลำดับความสำคัญของแบบแผนที่เสนอนั้นสามารถปรับค่าได้ แต่แบบแผนการให้ลำดับความสำคัญของแบบแผนที่พิจารณาระดับ E_b / N_0 เป็นการตั้งค่าจุดเปลี่ยนไว้คงที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงตามอัตราการเข้าที่เปลี่ยนไปซึ่งมีลักษณะคล้ายกับการจองโหลดที่มีค่าคงที่เสมอ จึงทำให้ที่อัตราการเข้าบางช่วงแบบแผนที่เสนอมีโอกาสที่จะบล็อกการเรียกใหม่หรือเกิดการแฮนด์ออฟผิดพลาดมากกว่าแบบแผนที่พิจารณาระดับ E_b / N_0 แต่ที่อัตราการเข้าบางช่วงแบบแผนที่เสนอมีโอกาสที่จะบล็อกการเรียกใหม่หรือเกิดการแฮนด์ออฟผิดพลาดน้อยกว่าแบบแผนที่พิจารณาระดับ E_b / N_0

นอกจากนั้นการตอบรับการเรียกใหม่เข้ามาในระบบมีผลต่ออัตราการแฮนด์ออฟการเรียก ดังนั้นเมื่อค่าความน่าจะเป็นที่จะบล็อกการเรียกใหม่มีลักษณะดังที่กล่าวมาข้างต้น จึงทำให้อัตราการแฮนด์ออฟมีลักษณะเช่นเดียวกันคือที่อัตราการเข้าบางช่วงแบบแผนที่เสนอมีอัตราการแฮนด์ออฟมากกว่าแบบแผนที่พิจารณาระดับ E_b / N_0 แต่บางช่วงกลับมีค่าน้อยกว่าแสดงได้ดังรูปที่ 4.23 ดังนั้นเมื่อนำไปคำนวณหาค่าการใช้ประโยชน์ทรัพยากรจึงพบว่าที่อัตราการเข้าบางช่วงแบบแผนที่เสนอให้ค่าการใช้ประโยชน์ทรัพยากรมากกว่าแบบแผนที่พิจารณาระดับ E_b / N_0 แต่ที่อัตราการเข้าบางช่วงมีค่าใกล้เคียงกัน ดังเช่นช่วงอัตราการเข้าน้อยกว่า 0.4 call/s แบบแผนที่เสนอและแบบแผนที่พิจารณาระดับ E_b / N_0 ให้ค่าการใช้ประโยชน์ทรัพยากรใกล้เคียงกัน แต่เมื่ออัตราการเข้ามากกว่า 0.4 call/s แบบแผนที่เสนอให้ค่าการใช้ประโยชน์ทรัพยากรมากกว่าเนื่องมาจากระบบตอบรับการเรียกใหม่สำหรับบริการเสียงได้มากกว่าซึ่งทำให้อัตราการแฮนด์ออฟสำหรับบริการเสียงมีค่ามาก และบริการเสียงใช้ทรัพยากรมากกว่าบริการอินเทอร์เนตทั้งช่ายเชื่อมโยงขาขึ้นและช่ายเชื่อมโยงขาลง ดังนั้นเมื่อคำนวณค่าการใช้ประโยชน์ทรัพยากรโดยรวมจึงทำให้ระบบที่ใช้แบบแผนที่เสนอสามารถใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ได้มากกว่าแบบแผนที่พิจารณาระดับ E_b / N_0

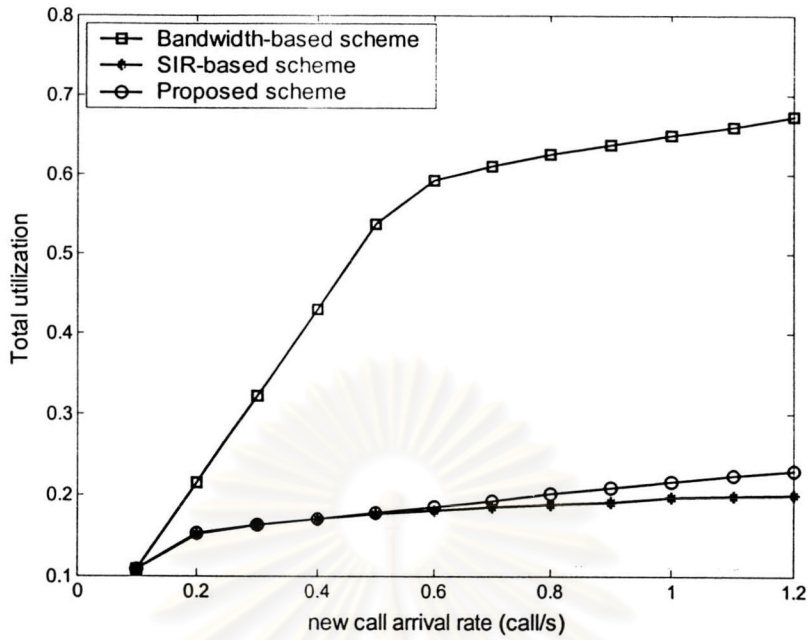


รูป 4.26 เปรียบเทียบค่าการใช้ประโยชน์ทรัพยากรระหว่างแบบแผนที่พิจารณาระดับ E_b / N_0 กับแบบแผนที่เสนอ

สำหรับการเปรียบเทียบค่าความน่าจะเป็นที่สัญญาณขาดหายระหว่างรูปที่ 4.6 และรูปที่ 4.17 พบว่า แบบแผนทั้งสองมีโอกาสที่สัญญาณขาดหายเท่ากัน แสดงว่าแบบแผนทั้งสองแบบแผนสามารถรับประกัน QoS ของการเรียกและคุณภาพของสัญญาณได้ทำให้อัตราบิตผิดพลาดอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ตาม QoS ของการเรียก เนื่องมาจากในขั้นตอนการพิจารณาเงื่อนไขในการตัดสินใจของแบบแผนทั้งสองแบบแผนคำนึงถึงค่าการะแทรกสอดทั้งจากการเรียกที่ดำเนินในเซลล์ที่สนใจและจากการเรียกในเซลล์ข้างเคียงที่มีผลต่อการเรียกที่ดำเนินอยู่เมื่อระบบตอบรับการเรียกซึ่งถือได้ว่าเป็นการพิจารณาและรับประกัน QoS ของการเรียก

4.3.4 การเปรียบเทียบสมรรถนะของการจำลองแบบสำหรับแบบแผนที่ใช้แบนด์วิดท์ประสิทธิผล, แบบแผนที่ใช้ระดับ E_b / N_0 และแบบแผนที่ใช้ตัวประกอบโหลดเป็นเงื่อนไขในการพิจารณา (แบบแผนที่เสนอ)

ในหัวข้อต่าง ๆ ที่กล่าวมาข้างต้นเป็นการเปรียบเทียบสมรรถนะของระบบระหว่างแบบแผน CAC ที่แตกต่างกัน 2 แบบแผน สำหรับในหัวข้อนี้จะเป็นการเปรียบเทียบสมรรถนะของระบบเนื่องจากการใช้แบบแผน CAC ทั้ง 3 แบบแผนคือ แบบแผนที่ใช้แบนด์วิดท์ประสิทธิผล, แบบแผนที่ใช้ระดับ E_b / N_0 และแบบแผนที่เสนอ โดยจะพิจารณาเฉพาะค่าการใช้ประโยชน์ทรัพยากรและค่าความน่าจะเป็นที่สัญญาณขาดหาย ดังแสดงในรูปที่ 4.6, รูปที่ 4.9, รูปที่ 4.17และรูปที่ 4.27



รูป 4.27 เปรียบเทียบค่าการใช้ประโยชน์ทรัพยากรระหว่างแบบแผนที่พิจารณาแบนด์วิดท์ประสิทธิผล, แบบแผนที่พิจารณาระดับ E_b / N_0 กับแบบแผนที่เสนอ

จะสังเกตได้ว่าแบบแผนที่ใช้แบนด์วิดท์ประสิทธิผลจะให้ค่าการใช้ประโยชน์ทรัพยากรมากที่สุดในแบบแผนทั้ง 3 แบบแผน และโอกาสที่สัญญาณขาดหายก็มากที่สุดเช่นเดียวกัน เนื่องจากแบบแผนที่พิจารณาแบนด์วิดท์ไม่พิจารณาค่าการแทรกสอดเหมือนแบบแผนที่พิจารณาระดับ E_b / N_0 และแบบแผนที่เสนอ

สำหรับการเปรียบเทียบความซับซ้อนของแบบแผน CAC ในที่นี้จะเปรียบเทียบจากการนับจำนวนฟลอป (flop count) ซึ่งก็คือการนับจำนวนโอเปอร์เรชันที่ใช้ในการคำนวณ ซึ่งโอเปอร์เรชันในที่นี้คือการดำเนินการบวก การลบ การคูณ และการหาร โดย 1 ฟลอปหมายถึงจำนวนโอเปอร์เรชันที่ใช้ในการคำนวณ 1 ครั้ง ดังนั้นในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะคำนวณความซับซ้อนของแบบแผนจากจำนวนฟลอปทั้งหมดที่ใช้ในการหาค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่ใช้ในขั้นตอนของการตัดสินใจซึ่งบอกถึงความเร็วในการตัดสินใจของแบบแผน CAC

พิจารณาแบบแผนที่พิจารณาแบนด์วิดท์ประสิทธิผลพบว่ามีขั้นตอนหลัก 3 ขั้นตอนก่อนตัดสินใจดังนี้

1. ขั้นตอนหาค่าแบนด์วิดท์ที่ถูกใช้งานเนื่องจากการเรียกที่ดำเนินอยู่ ซึ่งในขั้นตอนนี้มีจำนวนฟลอปเท่ากับ N-1 ฟลอป โดยที่ N คือจำนวนการเรียกทั้งหมดที่กำลังดำเนินอยู่ในระบบ

2. ขั้นตอนการจองแบนด์วิดท์ไว้ตามลำดับความสำคัญของการเรียกที่เข้ามา มีจำนวนฟลอปเท่ากับ 4i-4 โดยที่ i คือลำดับความสำคัญของการเรียกที่เข้ามา ซึ่งลำดับความสำคัญจะมีค่าลดลงเมื่อค่า i เพิ่มขึ้น ในการจำลองแบบค่า i จะมีค่าดังนี้

i = 1 แทนการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์ออฟสำหรับบริการเสียง

i = 2 แทนการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์ออฟสำหรับบริการอินเทอร์เนต

i = 3 แทนการเรียกใหม่สำหรับบริการเสียง

i = 4 แทนการเรียกใหม่สำหรับบริการอินเทอร์เนต

3. ขั้นตอนประมาณค่าแบนด์วิดท์ของการเรียกที่เข้ามา ซึ่งในขั้นตอนนี้จะไม่มีการคำนวณจึงไม่มีจำนวนฟลอป

เมื่อผ่านทั้ง 3 ขั้นตอนระบบจะรวมค่าทั้งหมดเพื่อเข้าสู่ขบวนการตัดสินใจ ดังนั้นจำนวนฟลอปทั้งหมดที่ใช้ในการตัดสินใจแยกตามประเภทของข่ายเชื่อมโยงสำหรับการเรียกแต่ละประเภทแสดงได้ดังตารางที่ 4.2

พิจารณาความซับซ้อนของแบบแผนที่พิจารณาระดับ E_b / N_0 พบว่าแบบแผนนี้จะมีขั้นตอนก่อนการตัดสินใจเพียงขั้นตอนเดียวคือขั้นตอนหาระดับ E_b / N_0 ของการเรียกที่ดำเนินอยู่เมื่อระบบทำการตอบรับการเรียกที่เข้ามา ซึ่งจำนวนฟลอปที่ใช้ในการหาระดับ E_b / N_0 ของการเรียกที่ดำเนินอยู่ 1 การเรียกในข่ายเชื่อมโยงขาขึ้นเท่ากับ N+6 ฟลอป ส่วนข่ายเชื่อมโยงขาลงเท่ากับ N+11 ฟลอป ดังนั้นจำนวนฟลอปทั้งหมดที่ใช้เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ในการตัดสินใจแสดงได้ดังตารางที่ 4.3 และ ตารางที่ 4.4 ซึ่งแบ่งเป็น 2 กรณี คือ กรณีที่สนใจทุกการเรียกที่ดำเนินอยู่ในระบบและกรณีในแบบจำลองซึ่งการเรียกที่มีประเภทของบริการเหมือนกันจะได้รับกำลังเท่ากัน ดังนั้นจึงพิจารณาการเรียกเพียง 2 การเรียกตามประเภทของบริการซึ่งมี 2 ประเภท

สำหรับแบบแผนที่เสนอมีขั้นตอนคำนวณค่าพารามิเตอร์ต่างๆ เพื่อใช้ในการตัดสินใจเหมือนกับแบบแผนที่พิจารณาแบนด์วิดท์ประสิทธิผลแต่มีรายละเอียดที่ต่างกันดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 หาค่าสัดส่วนของโหลดในระบบขณะนั้น เนื่องจากแบบแผนที่เสนอพิจารณาค่าการแทรกสอดด้วยดังนั้นจำนวนฟลอปจึงมีค่าเท่ากับ N+1 ฟลอปสำหรับข่ายเชื่อมโยงขาขึ้น และข่ายเชื่อมโยงขาลงมีค่าเท่ากับ N+4 ฟลอป

ขั้นตอนที่ 2 หาค่าสัดส่วนโหลดที่จะถูกจองไว้ตามลำดับความสำคัญของการเรียกที่เข้ามา ซึ่งขั้นตอนนี้มีจำนวนฟลอปทั้งหมดเท่ากับ 4i-4

ขั้นตอนที่ 3 ประมาณค่าตัวประกอบโหลดของการเรียกที่เข้ามา ซึ่งไม่มีการคำนวณในขั้นตอนนี้จึงไม่มีจำนวนฟลอปเช่นเดียวกับแบบแผนที่พิจารณาแบนด์วิดท์ประสิทธิผล

ดังนั้นจำนวนฟลอปที่ใช้แยกตามประเภทของการเรียกแสดงได้ดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.2 จำนวนฟลอปที่ใช้ในกรณีที่ใช้แบบแผนที่พิจารณาแบนด์วิดท์ประสิทธิผลแยกตามประเภทของการเรียกที่เข้ามา

ประเภทของการเรียก	จำนวนฟลอป	
	ข่ายเชื่อมโยงขาขึ้น	ข่ายเชื่อมโยงขาลง
การเรียกที่เกิดจากการแฮนด์ออฟสำหรับบริการเสียง	N	N
การเรียกที่เกิดจากการแฮนด์ออฟสำหรับบริการอินเทอร์เนต	N+5	N+5
การเรียกใหม่สำหรับบริการเสียง	N+9	N+9
การเรียกใหม่สำหรับบริการอินเทอร์เนต	N+13	N+13

ตารางที่ 4.3 จำนวนฟลอปที่ใช้ในกรณีที่ใช้แบบแผนที่พิจารณา E_b / N_0 กรณีที่ 1 แยกตามประเภทของการเรียกที่เข้ามา

ประเภทของการเรียก	จำนวนฟลอป	
	ข่ายเชื่อมโยงขาขึ้น	ข่ายเชื่อมโยงขาลง
การเรียกที่เกิดจากการแฮนด์ออฟสำหรับบริการเสียง	N^2+6N	N^2+11N
การเรียกที่เกิดจากการแฮนด์ออฟสำหรับบริการอินเทอร์เนต	N^2+6N	N^2+11N
การเรียกใหม่สำหรับบริการเสียง	N^2+6N	N^2+11N
การเรียกใหม่สำหรับบริการอินเทอร์เนต	N^2+6N	N^2+11N

ตารางที่ 4.4 จำนวนฟลอปที่ใช้ในกรณีที่ใช้แบบแผนที่พิจารณา E_b / N_0 กรณีที่ 2 แยกตามประเภทของการเรียกที่เข้ามา

ประเภทของการเรียก	จำนวนฟลอป	
	ข่ายเชื่อมโยงขาขึ้น	ข่ายเชื่อมโยงขาลง
การเรียกที่เกิดจากการแฮนด์ออฟสำหรับบริการเสียง	2N+12	2N+22
การเรียกที่เกิดจากการแฮนด์ออฟสำหรับบริการอินเทอร์เนต	2N+12	2N+22
การเรียกใหม่สำหรับบริการเสียง	2N+12	2N+22
การเรียกใหม่สำหรับบริการอินเทอร์เนต	2N+12	2N+22

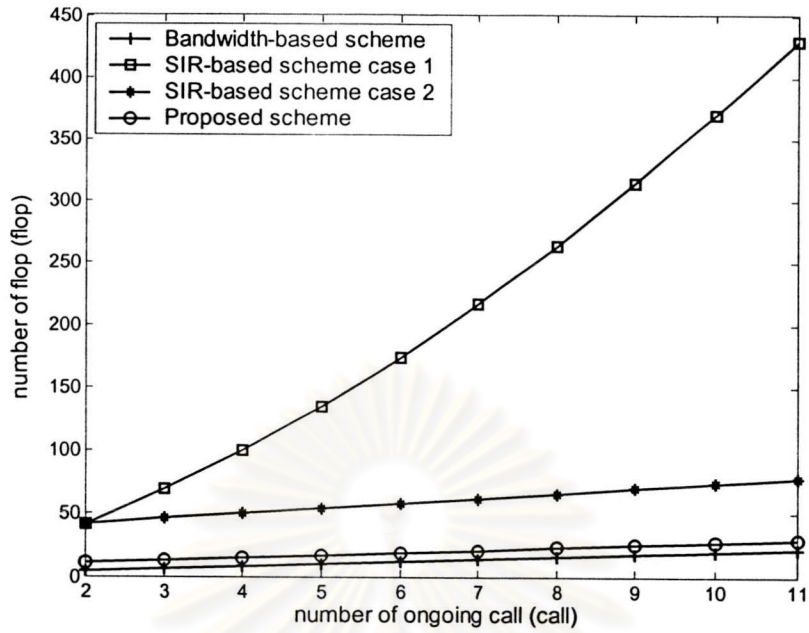
ตารางที่ 4.5 จำนวนฟลอปที่ใช้ในกรณีที่ใช้แบบแผนที่เสนอแยกตามประเภทของการเรียกที่เข้ามา

ประเภทของการเรียก	จำนวนฟลอป	
	ข่ายเชื่อมโยงขาขึ้น	ข่ายเชื่อมโยงขาลง
การเรียกที่เกิดจากการแฮนด์ออฟสำหรับบริการเสียง	N+2	N+5
การเรียกที่เกิดจากการแฮนด์ออฟสำหรับบริการอินเทอร์เนต	N+7	N+10
การเรียกใหม่สำหรับบริการเสียง	N+11	N+14
การเรียกใหม่สำหรับบริการอินเทอร์เนต	N+15	N+18

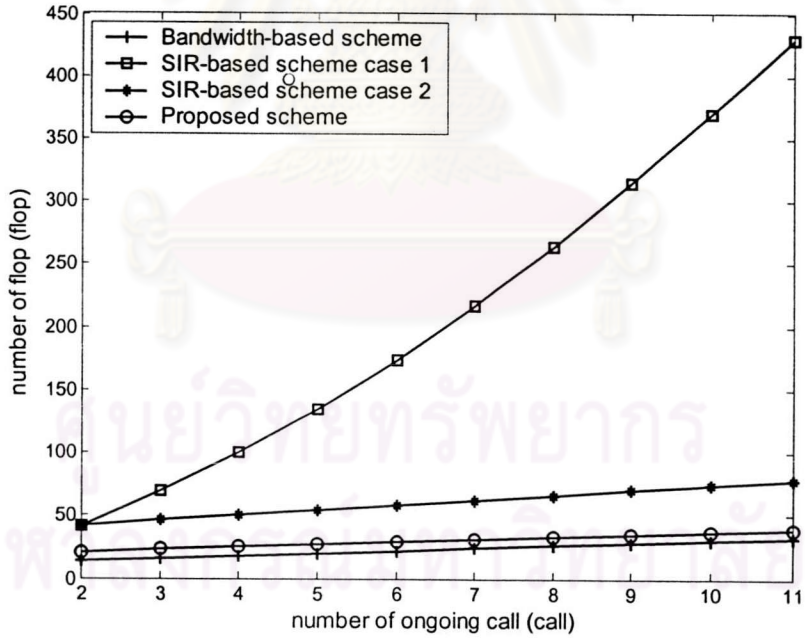
จากตารางเมื่อเปรียบเทียบความซับซ้อนจะเห็นได้ว่าแบบแผนที่พิจารณาแบนด์วิดท์ประสิทธิผลและแบบแผนที่เสนอจะมีค่าความซับซ้อนเพิ่มขึ้นเมื่อการเรียกที่เข้ามามีลำดับความสำคัญลดลง เนื่องมาจากในขั้นตอนการให้ลำดับความสำคัญของแบบแผนทั้งสองแบบแผนมีการคำนวณมากขึ้นเพราะต้องจองแบนด์วิดท์หรือจองโหลดตามอัตราการเข้าของการเรียกที่มีลำดับความสำคัญสูงกว่าการเรียกที่เข้ามาทุกลำดับ เมื่อการเรียกที่เข้ามามีลำดับความสำคัญต่ำลงจำนวนประเภทของการเรียกที่มีลำดับความสำคัญสูงกว่าก็มีมากขึ้น ซึ่งขั้นตอนนี้เป็นสาเหตุให้ความซับซ้อนเพิ่มขึ้น แต่สำหรับแบบแผนที่พิจารณาระดับ E_b / N_0 ความซับซ้อนไม่เปลี่ยนแปลงถึงแม้ลำดับความสำคัญจะลดลง เนื่องมาจากแบบแผนการให้ลำดับความสำคัญของแบบแผนนี้เป็นการกำหนดค่าจุดเปลี่ยนซึ่งเป็นค่าคงที่ให้กับการเรียกที่มีลำดับความสำคัญต่างกันไม่เท่ากันจึงไม่มีการคำนวณในการให้ลำดับความสำคัญ

สำหรับแบบแผนที่พิจารณาระดับ E_b / N_0 ทั้ง 2 กรณี พบว่าในกรณีที่ 1 จะใช้จำนวนฟลอปมากกว่ากรณีที่ 2 เนื่องจากกรณีที่ 2 เป็นกรณีที่สมมติให้การเรียกที่มีประเภทของบริการเหมือนกันจะได้รับและส่งกำลังสัญญาณเท่ากันจึงสามารถลดความซับซ้อนในการตัดสินใจลงโดยพิจารณาแยกตามประเภทของบริการเท่านั้น ซึ่งการเรียกใดไม่ผ่านเงื่อนไขก็ถือว่าการเรียกทุกตัวที่มีประเภทของบริการเหมือนกันก็จะไม่ผ่านเงื่อนไขเช่นเดียวกัน

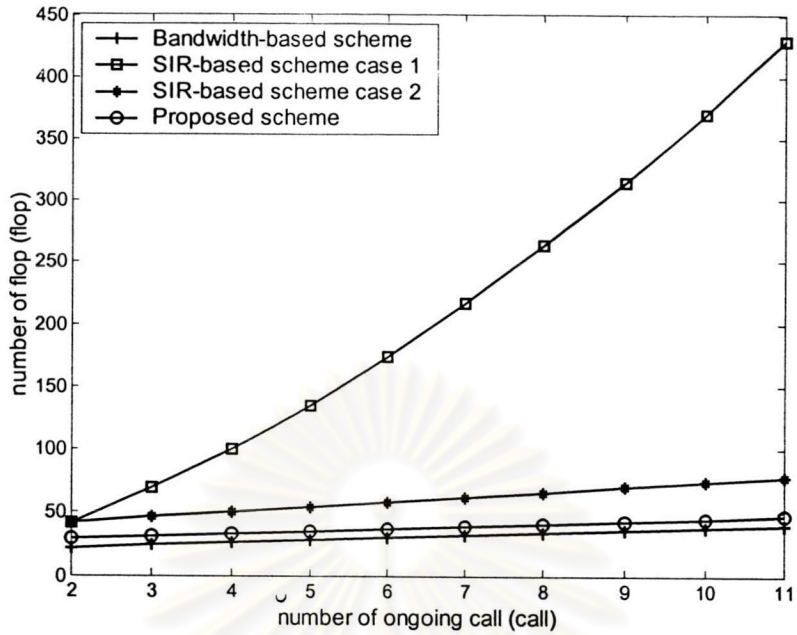
เมื่อเปรียบเทียบความซับซ้อนระหว่างแบบแผนที่เสนอกับแบบแผนอ้างอิงทั้งสามแบบแผน พบว่าแบบแผนที่เสนอมีความซับซ้อนมากกว่าแบบแผนที่พิจารณาแบนด์วิดท์ประสิทธิผลเพียงเล็กน้อย โดยใช้จำนวนฟลอปมากกว่าเป็นจำนวน 7 ฟลอป แสดงว่ากรณีที่จำนวนการเรียกที่ดำเนินอยู่ในระบบเท่ากันและการเรียกที่เข้ามาเป็นการเรียกประเภทเดียวกันแบบแผนที่เสนอจะต้องคำนวณมากกว่าแบบแผนที่พิจารณาแบนด์วิดท์ประสิทธิผลจำนวน 7 ครั้ง จึงทำให้ใช้เวลาในการตัดสินใจมากกว่า แต่เมื่อเปรียบเทียบแบบแผนที่เสนอกับแบบแผนที่พิจารณาระดับ E_b / N_0 พบว่าแบบแผนที่เสนอมีความซับซ้อนน้อยกว่าแบบแผนที่พิจารณาระดับ E_b / N_0 ทั้งสองกรณี เนื่องจากแบบแผนที่พิจารณาระดับ E_b / N_0 จะต้องพิจารณาระดับ E_b / N_0 ของการเรียกที่ดำเนินอยู่ในระบบทุกตัว แต่แบบแผนที่เสนอเป็นการพิจารณาผลรวมของโหลดทั้งหมดซึ่งเป็นการมองภาพรวมไม่ต้องแยกพิจารณาการเรียกแต่ละตัวซึ่งคล้ายกับแบบแผนที่พิจารณาแบนด์วิดท์ประสิทธิผล ดังนั้นถ้าจำนวนการเรียกในระบบมากขึ้นหรือรองรับประเภทของบริการที่หลากหลายมากขึ้นแบบแผนที่พิจารณาระดับ E_b / N_0 ก็จะมีความซับซ้อนมากกว่าแบบแผนที่เสนอมากขึ้น ซึ่งสามารถเปรียบเทียบความซับซ้อนของแบบแผน CAC ทั้งสามแบบแผนแยกตามประเภทของบริการที่เข้ามาในระบบได้ดังรูปที่ 4.28 ถึงรูปที่ 4.31



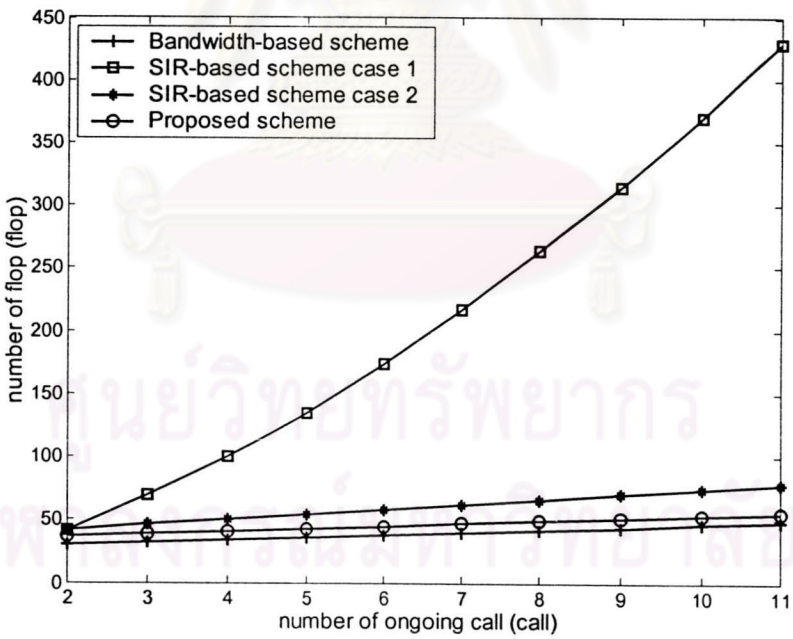
รูปที่ 4.28 เปรียบเทียบความซับซ้อนระหว่างแบบแผนที่เสนอกับแบบแผนอ้างอิงทั้งสองแบบแผน สำหรับการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์ออฟของบริการเสียง



รูปที่ 4.29 เปรียบเทียบความซับซ้อนระหว่างแบบแผนที่เสนอกับแบบแผนอ้างอิงทั้งสองแบบแผน สำหรับการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์ออฟของบริการอินเทอร์เนต



รูปที่ 4.30 เปรียบเทียบความซับซ้อนระหว่างแบบแผนที่เสนอกับแบบแผนอ้างอิงทั้งสองแบบแผนสำหรับการเรียกใหม่ของบริการเสียง

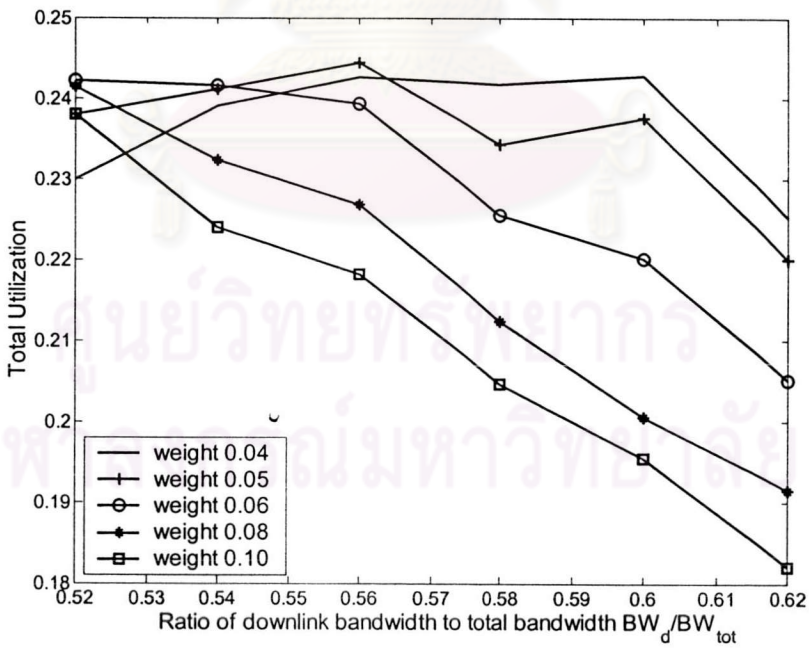


รูปที่ 4.31 เปรียบเทียบความซับซ้อนระหว่างแบบแผนที่เสนอกับแบบแผนอ้างอิงทั้งสองแบบแผนสำหรับการเรียกใหม่ของบริการอินเทอร์เนต

4.3.5 การเปรียบเทียบสมรรถนะของการจำลองแบบสำหรับแบบแผนที่ใช้ตัวประกอบโหลดเป็นเงื่อนไขในการพิจารณา (วิธีที่เสนอ) ระหว่างกรณีที่ความจุระหว่างข่ายเชื่อมโยงทั้งสองเป็นแบบสมมาตรกับแบบไม่สมมาตร

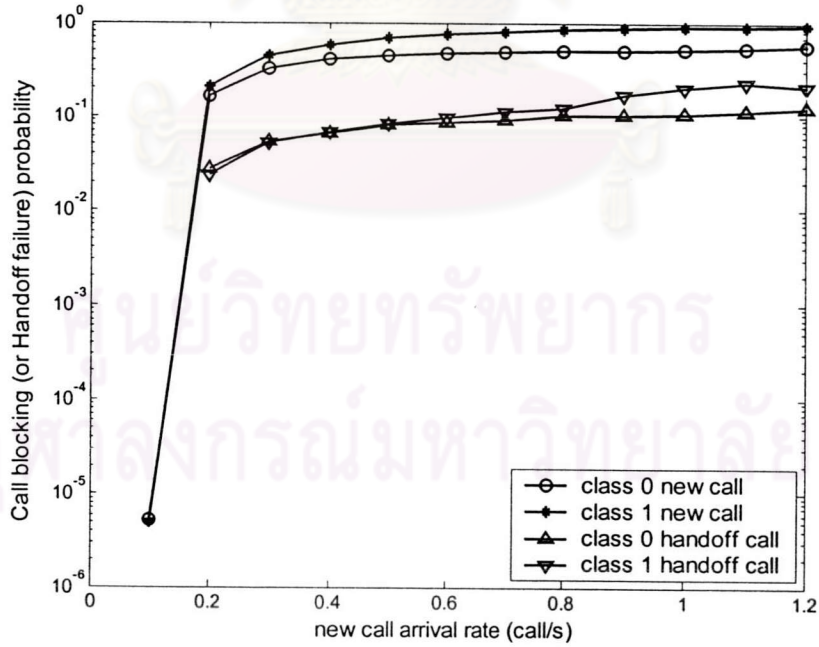
หัวข้อที่ผ่านมาเป็นการเปรียบเทียบแบบแผน CAC แบบต่างๆ ส่วนหัวข้อต่อไปนี้เป็นการเปรียบเทียบสมรรถนะของระบบระหว่างกรณีแบนด์วิดท์แบบสมมาตรซึ่งก็คือกรณีความจุในข่ายเชื่อมโยงทั้งสองเท่ากัน และแบบไม่สมมาตรคือกรณีที่ความจุในข่ายเชื่อมโยงทั้งสองไม่เท่ากัน เพื่อพิจารณาระบบที่เหมาะสมที่จะรองรับทราฟฟิกแบบเสียงและข้อมูล ดังแนวคิดที่ว่าระบบที่รองรับบริการแบบเสียงและข้อมูลซึ่งบริการบางประเภททำให้เกิดทราฟฟิกในข่ายเชื่อมโยงทั้งสองไม่เท่ากัน โดยในวิทยานิพนธ์คือบริการอินเทอร์เนตทำให้เกิดทราฟฟิกในข่ายเชื่อมโยงขาลงมากกว่าข่ายเชื่อมโยงขาขึ้น ควรมีแบนด์วิดท์แบบไม่สมมาตรจะทำให้ใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ได้มากขึ้น

เนื่องจากสมรรถนะของระบบขึ้นกับความจุในข่ายเชื่อมโยงทั้งสอง และค่า Δ (weight) ซึ่งเป็นค่าที่ใช้ชดเชยข้อดีข้อเสียระหว่างค่าความน่าจะเป็นในการบล็อกการเรียกและค่าการใช้ประโยชน์ทรัพยากร นอกจากนั้น Δ ยังเป็นค่าที่มีผลต่อแบบแผนการให้ลำดับความสำคัญด้วย ดังนั้นในรูปที่ 4.32 เป็นการหาค่า Δ และค่าความจุในข่ายเชื่อมโยงทั้งสองที่ทำให้ระบบสามารถรับประกันลำดับความสำคัญพร้อมทั้งยังให้ค่าการใช้ประโยชน์ทรัพยากรสูงที่สุด ซึ่งค่า Δ จะเป็นค่าคงที่ โดยพิจารณาเฉพาะกรณีที่ความจุในข่ายเชื่อมโยงทั้งสองไม่เท่ากัน

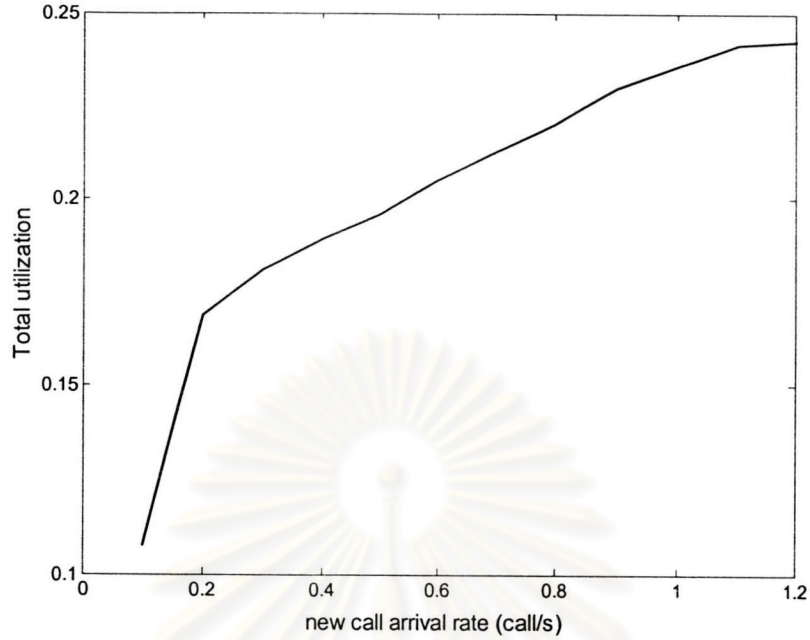


รูปที่ 4.32 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการใช้ประโยชน์ทรัพยากรกับค่าอัตราส่วนระหว่างแบนด์วิดท์ในข่ายเชื่อมโยงขาลงและแบนด์วิดท์ทั้งหมดที่อัตราการมาถึงของการเรียกเท่ากับ 1.2 call/s

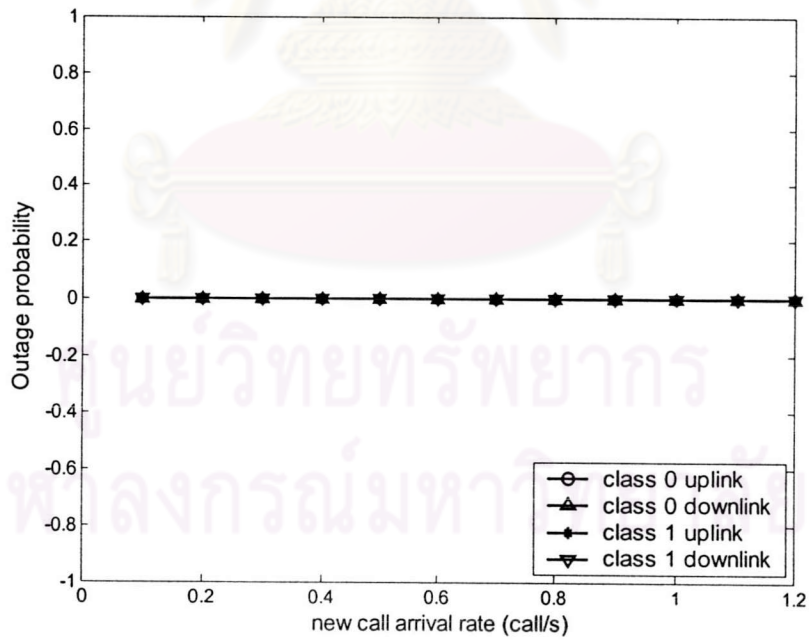
จากรูปที่ 4.32 พบว่าที่อัตราส่วนแบนด์วิดท์บางค่าเมื่อค่า Δ มีค่าเพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าการใช้ประโยชน์ทรัพยากรมีค่าเพิ่มขึ้นเนื่องจากระบบสามารถตอบรับการเรียกสำหรับบริการเสียงได้มากขึ้นโดยระบบจะทำการจองโหลดของบริการที่มีลำดับความสำคัญสูงเพิ่มขึ้น นั้นคือตอบรับการเรียกสำหรับบริการอินเทอร์เนตน้อยลง และเนื่องจากบริการเสียงใช้ประโยชน์จากทรัพยากรได้มากกว่าบริการอินเทอร์เนตดังนั้นเมื่อตอบรับบริการเสียงมากขึ้นจึงทำให้ใช้ทรัพยากรได้มากขึ้น แต่เมื่อค่า Δ มีค่ามากเกินไปซึ่งสังเกตได้ที่ค่า Δ เท่ากับ 0.08 และ 0.10 เมื่อค่าสัดส่วนแบนด์วิดท์มีค่าเพิ่มขึ้นทำให้ค่าการใช้ประโยชน์ทรัพยากรมีค่าลดลงเพราะการบล็อกการเรียกใหม่มากขึ้น และเมื่อตอบรับการเรียกใหม่น้อยลงการแฮนด์ออฟที่ร้องขอเข้ามาก็จะน้อยลงด้วย ถึงแม้จะมีโอกาสที่จะแฮนด์ออฟผิดพลาดน้อยลง แต่เนื่องจากอัตราการแฮนด์ออฟที่ร้องขอเข้ามาน้อยลง ดังนั้นการตอบรับการเรียกใหม่และการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์ออฟที่น้อยลงจึงทำให้ทรัพยากรที่ถูกใช้ไปมีค่าน้อยลงและทำให้ค่าการใช้ประโยชน์ทรัพยากรมีค่าลดลงเมื่ออัตราการเข้าเพิ่มขึ้น ดังนั้นค่า Δ ที่เหมาะสมที่ระบบสามารถใช้ประโยชน์จากทรัพยากรมากที่สุดดังรูปที่ 4.32 คือสัดส่วนแบนด์วิดท์ระหว่างข่ายเชื่อมโยงขาลงกับค่าแบนด์วิดท์ทั้งหมดเท่ากับ 0.56 ซึ่งก็คือความจุในข่ายเชื่อมโยงขาขึ้นเท่ากับ 1.76 Mbps ความจุในข่ายเชื่อมโยงขาลงเท่ากับ 2.24 Mbps และค่า Δ เท่ากับ 0.05 จึงทำให้ระบบให้ค่าการใช้ประโยชน์ทรัพยากรสูงที่สุดพร้อมทั้งรับประกันลำดับความสำคัญได้สมรรถนะของระบบแสดงได้ดังรูปที่ 4.33 ถึงรูปที่ 4.35



รูปที่ 4.33 ความน่าจะเป็นในการบล็อกการเรียกใหม่และความน่าจะเป็นในการแฮนด์ออฟผิดพลาดสำหรับแบบแผนที่เสนอในกรณีความจุข่ายเชื่อมโยงขาขึ้นเท่ากับ 1.76 Mbps และข่ายเชื่อมโยงขาลงเท่ากับ 2.24 Mbps

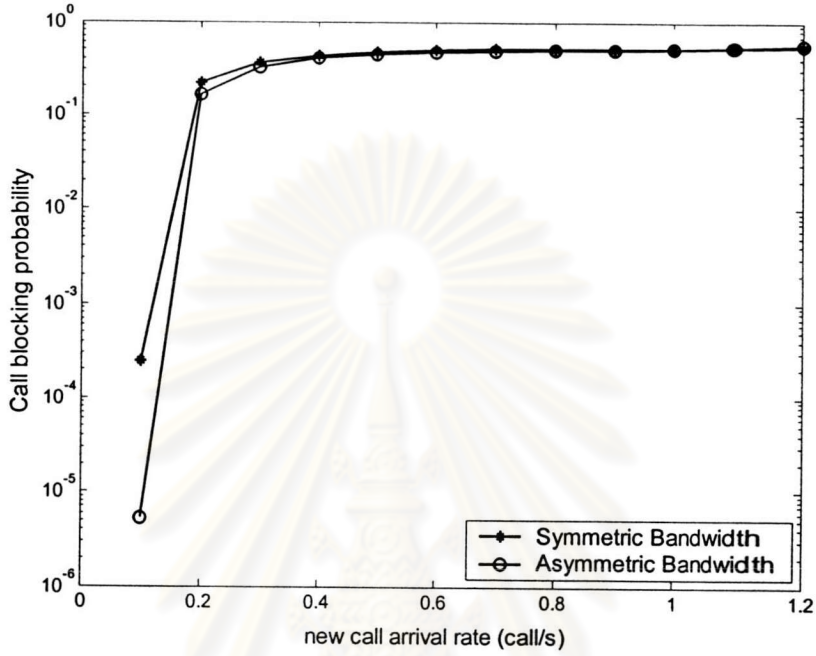


รูปที่ 4.34 ค่าการใช้ประโยชน์ทรัพยากรสำหรับแบบแผนที่เสนอในกรณีความจุข่ายเชื่อมโยงขาขึ้นเท่ากับ 1.76 Mbps และข่ายเชื่อมโยงขาลงเท่ากับ 2.24 Mbps

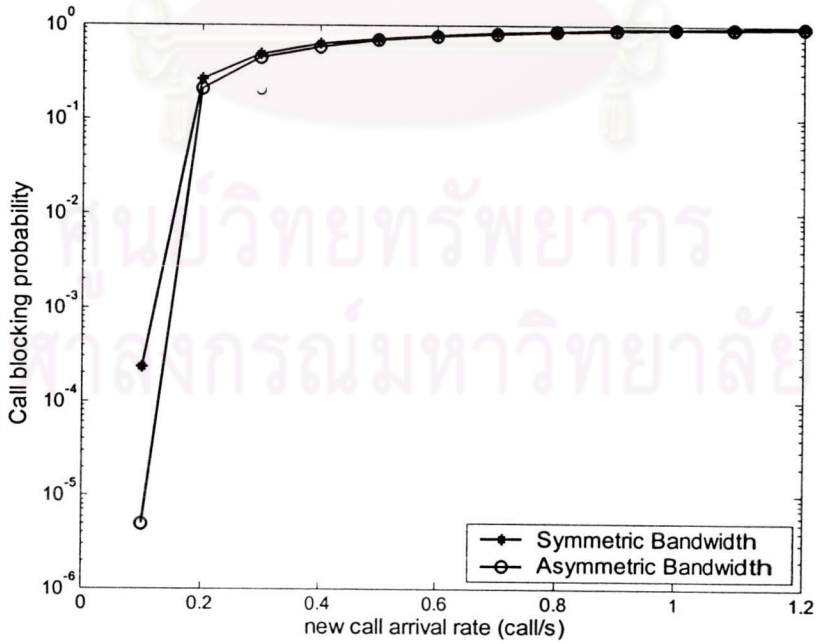


รูปที่ 4.35 ความน่าจะเป็นที่สัญญาณขาดหายสำหรับแบบแผนที่เสนอในกรณีความจุข่ายเชื่อมโยงขาขึ้นเท่ากับ 1.76 Mbps และข่ายเชื่อมโยงขาลงเท่ากับ 2.24 Mbps

เมื่อทำการเปรียบเทียบสมรรถนะระหว่างระบบที่มีค่าความจุในข่ายเชื่อมโยงทั้งสองเป็นแบบสมมาตรคือค่าความจุในข่ายเชื่อมโยงทั้งสองมีค่าเท่ากับ 2 Mbps กับกรณีที่ค่าความจุในข่ายเชื่อมโยงเป็นแบบไม่สมมาตรคือค่าความจุในข่ายเชื่อมโยงขาขึ้นเท่ากับ 1.76 Mbps และค่าความจุในข่ายเชื่อมโยงขาลงเท่ากับ 2.24 Mbps ผลที่ได้เป็นดังนี้



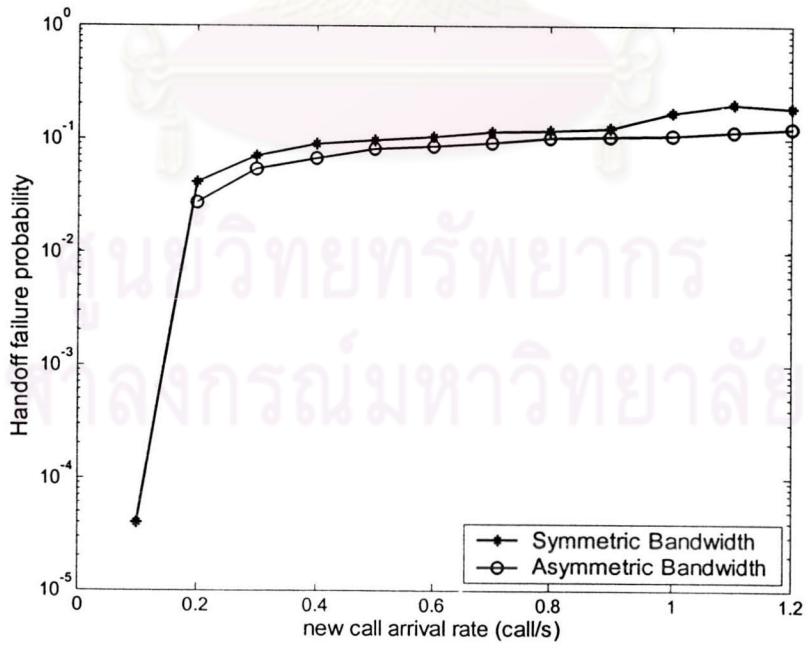
รูปที่ 4.36 เปรียบเทียบค่าความน่าจะเป็นในการบล็อกการเรียกใหม่สำหรับบริการเสียงในกรณีแบนด์วิดท์แบบสมมาตรกับกรณีแบนด์วิดท์แบบไม่สมมาตร



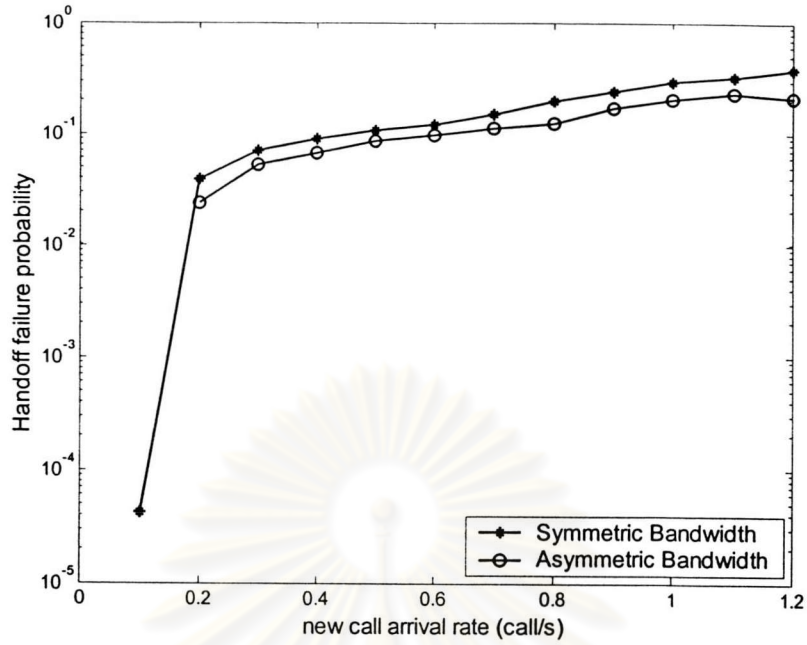
รูปที่ 4.37 เปรียบเทียบค่าความน่าจะเป็นในการบล็อกการเรียกใหม่สำหรับบริการอินเทอร์เนตในกรณีแบนด์วิดท์แบบสมมาตรกับกรณีแบนด์วิดท์แบบไม่สมมาตร

เมื่อเปรียบเทียบค่าความน่าจะเป็นในการบล็อกการเรียกใหม่แยกตามประเภทของบริการ จะเห็นได้ว่าค่าความน่าจะเป็นในการบล็อกการเรียกใหม่ของระบบที่มีความจุในข่ายเชื่อมโยงทั้งสองไม่เท่ากันมีค่าน้อยกว่าระบบที่มีความจุในข่ายเชื่อมโยงทั้งสองเท่ากัน ดังแสดงในรูปที่ 4.36 และรูปที่ 4.37 เนื่องจากเมื่อความจุในข่ายเชื่อมโยงขาลงเพิ่มขึ้นจะทำให้ระบบสามารถตอบรับการเรียกได้เพิ่มขึ้น แต่ค่าความน่าจะเป็นในการบล็อกการเรียกยังแสดงให้เห็นไม่ชัดเจน ดังนั้นการเปรียบเทียบจากค่าความน่าจะเป็นที่เกิดการแฮนด์ออฟผิดพลาดจะแสดงให้เห็นได้ชัดเจน ดังแสดงในรูปที่ 4.38 และรูปที่ 4.39

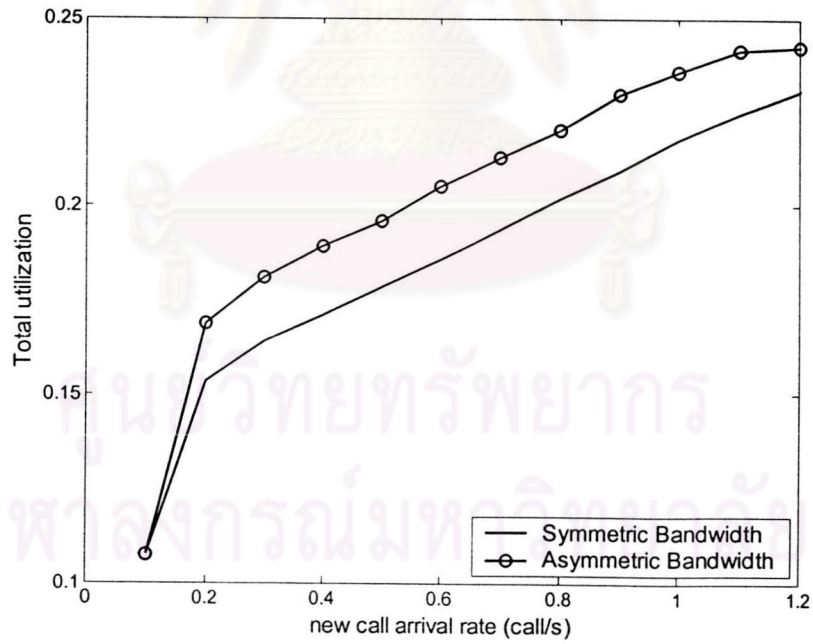
พิจารณารูปที่ 4.38 ถึงรูปที่ 4.39 พบว่าค่าความน่าจะเป็นในการแฮนด์ออฟผิดพลาดกรณีความจุในข่ายเชื่อมโยงทั้งสองไม่เท่ากันมีค่าน้อยกว่าอย่างเห็นได้ชัด เนื่องมาจากบริการอินเทอร์เนตทำให้เกิดทราฟฟิกในข่ายเชื่อมโยงขาลงมากกว่าข่ายเชื่อมโยงขาขึ้น ดังนั้นถ้าข่ายเชื่อมโยงทั้งสองมีความจุเท่ากันก็จะทำให้ความจุของระบบถูกจำกัดด้วยข่ายเชื่อมโยงขาลง แต่เมื่อระบบมีความจุในข่ายเชื่อมโยงขาลงมากกว่าข่ายเชื่อมโยงข่ายขึ้นก็จะทำให้ระบบตอบรับการเรียกได้มากขึ้นจึงทำให้มีโอกาสที่จะเกิดการแฮนด์ออฟผิดพลาดลดลง ซึ่งมีผลต่อค่าการใช้ประโยชน์ทรัพยากรแสดงได้ดังรูปที่ 4.40 เมื่อตอบรับการเรียกได้มากขึ้นทรัพยากรที่ถูกใช้ไปก็มากขึ้นด้วยและด้วยคุณสมบัติของระบบดูเพลกซ์แบบแบ่งเวลาทำให้ทรัพยากรที่ถูกสูญเสียไปในข่ายเชื่อมโยงขาขึ้นเนื่องจากระบบถูกจำกัดด้วยข่ายเชื่อมโยงขาลงสามารถนำมาใช้ในข่ายเชื่อมโยงขาลงได้ ดังนั้นทรัพยากรที่ไม่ได้ใช้ประโยชน์จึงมีค่าลดลงและทำให้ค่าการใช้ประโยชน์ทรัพยากรมีค่าเพิ่มขึ้น



รูปที่ 4.38 เปรียบเทียบค่าความน่าจะเป็นในการแฮนด์ออฟผิดพลาดสำหรับบริการเสียงในกรณีแบนด์วิดท์แบบสมมาตรกับกรณีแบนด์วิดท์แบบไม่สมมาตร



รูปที่ 4.39 เปรียบเทียบค่าความน่าจะเป็นในการแฮนด์ออฟผิดพลาดสำหรับบริการอินเทอร์เนตในกรณีแบนด์วิดท์แบบสมมาตรกับกรณีแบนด์วิดท์แบบไม่สมมาตร



รูป 4.40 เปรียบเทียบค่าการใช้ประโยชน์ทรัพยากรในกรณีแบนด์วิดท์แบบสมมาตรกับกรณีแบนด์วิดท์แบบไม่สมมาตร

เมื่อเปรียบเทียบค่าความน่าจะเป็นที่สัญญาณขาดหายดังรูปที่ 4.6 กับรูปที่ 4.35 พบว่าสามารถรับประกัน QoS ให้กับการเรียกได้เท่ากันเนื่องจากใช้แบบแผน CAC ที่เหมือนกันซึ่งพิจารณาค่าการแทรกสอดในขั้นตอนตัดสินใจด้วยจึงทำให้สามารถรับประกัน QoS ได้ นอกจากนั้นความซับซ้อนในส่วนของแบบแผน CAC ยังคงไม่เปลี่ยนแปลงเนื่องจากกรณีที่แบนด์วิดท์ไม่เท่ากันไม่มีผลต่อขั้นตอนการคำนวณ

ดังนั้นเมื่อนำระบบที่มีความจุในข่ายเชื่อมโยงทั้งสองไม่เท่ากันโดยให้ข่ายเชื่อมโยงขาลงมีความจุมากกว่าข่ายเชื่อมโยงขาขึ้นมารองรับบริการแบบเสียงและข้อมูลที่มีบริการบางประเภทที่ทำให้เกิดทราฟฟิกในข่ายเชื่อมโยงขาลงมากกว่าข่ายเชื่อมโยงขาขึ้น จะทำให้ใช้ประโยชน์จากทรัพยากรที่มีอยู่ได้มากกว่าระบบที่มีความจุในข่ายเชื่อมโยงทั้งสองเท่ากัน นั้นคือสามารถส่งข้อมูลผ่านข่ายเชื่อมโยงทั้งสองได้มากกว่า โดยที่ระบบยังสามารถรับประกันคุณภาพให้กับการเรียกได้ถึงแม้ระบบจะตอบรับการเรียกได้มากขึ้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย