บทที่ 4

ผลการทดสอบ

ในบทนี้จะกล่าวถึงการประเมินสมรรถนะของขั้นตอนวิธี (algorithm) การเลือกโครงข่ายไร้สายแบบวิวิธพันธุ์ โดยใช้การควบคุมการอนุญาตการเรียกและฟังก์ชันอรรถประโยชน์สำหรับตัดสินใจเลือกโครงข่ายที่เหมาะสม โดยจะกล่าวถึงการกำหนดโครงสร้างต่างๆของระบบ ต่อมาจะพิจารณาถึงความสัมพันธ์ของน้ำหนักของฟังก์ชันต่างๆ ว่ามีผลกระทบอย่างไรกับค่าชี้วัดทางประสิทธิภาพของระบบ และกล่าวถึงการเปรียบเทียบความแตกต่างของการเลือกใช้กลยุทธ์

4.1 การกำหนดค่าพารามิเตอร์และองค์ประกอบของระบบเพื่อจำลองระบบ (simulation setting)

การทดสอบแบบจำลองเพื่อทดสอบสมรรถนะของระบบนั้น จะต้องกำหนดค่าพารามิเตอร์และองค์ประกอบของระบบอย่างชัดเจนและเหมาะสม ซึ่งการกำหนดค่าสำหรับการทดสอบวิธีการขั้นตอนที่ได้นำเสนอในวิทยานิพนธ์ มีดังต่อไปนี้

4.1.1 การกำหนดโครงสร้างของระบบ

การกำหนดโครงสร้างของระบบนั้น จะทำการกำหนดตามแบบจำลองที่นำเสนอในหัวข้อที่ 3.1 ซึ่งในเซลล์จะประกอบขึ้นจากเทคโนโลยีโครงข่าย 3 ชนิดซึ่งประกอบด้วยโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ 3G (3G cellular) โครงข่าย Wi-Fi และโครงข่าย WiMAX โดยจะกำหนดให้ผู้ใช้บริการทุกรายใช้อุปกรณ์สื่อสารไร้สายที่สามารถติดต่อผ่านระบบได้หลายระบบในอุปกรณ์เดียว แต่ในการใช้งานนั้นผู้ใช้บริการจะสามารถใช้โครงข่ายตามพื้นที่ที่ผู้ใช้บริการอยู่เท่านั้น และกำหนดให้ผู้ใช้บริการไม่มีการเคลื่อนที่ (static user) โดยกำหนดให้การกระจายตัวของผู้ใช้บริการนั้นจะแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบดังนี้

1. การกระจายตัวแบบแบ่งผู้ใช้ออกเป็น 3 ประเภท โดยแต่ละประเภทนั้นจะมีจำนวนผู้ใช้บริการกระจายอยู่ในแต่ละโครงข่ายจำนวนเท่าๆกัน และการกระจายตัวในแต่ละโครงข่ายจะเป็นการกระจายตัวแบบแจกแจงเอกรูป โดยผู้ใช้บริการแต่ละรายในโครงข่ายนั้นๆ มีความน่าจะเป็นที่เกิดขึ้นที่ทุกพื้นที่.ในโครงข่ายเท่ากัน (Case 1)
2. การกระจายตัวแบบการแจกแจงเอกรูป โดยจะเป็นการกระจายตัวโดยผู้ใช้แต่ละราย มีความน่าจะเป็นที่เกิดขึ้นในทุกพื้นที่เท่ากัน (Case 2)

และกำหนดโอกาสในการเรียกใช้บริการประเภทเสียงและบริการประเภทข้อมูลนั้นมีเท่ากัน และมีการกระจายตัวของชนิดการเรียกใช้บริการเป็นแบบการแจกแจงเอกรูป

ในแบบจำลองนี้จะกำหนดให้ปริมาณของทราฟฟิกที่มีความต้องการในการเข้าใช้โครงข่ายมีกระบวนการเข้าใช้บริการเป็นแบบปัวส์ซอง (Poisson distribution process) การเรียกที่ได้รับการเชื่อมต่อจะมีระยะเวลาในการใช้บริการ (holding time) ที่มีการกระจายตัวเป็นแบบเลขชี้กำลัง (exponential)

ในการทดสอบระบบนี้จะทำการปรับเปลี่ยน (vary) ค่าอัตราการเข้ามาขอใช้ระบบ (arrival rate) ตั้งแต่ 10 ถึง 150 รายต่อวินาที และกำหนดระยะเวลาในการใช้บริการเท่ากับ 5 รายต่อวินาที ซึ่งจะสื่อถึงการปรับเปลี่ยนของปริมาณทราฟฟิกที่ต้องการใช้ระบบที่มีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 30 เออร์แลง โดยระยะเวลาในการจำลองระบบในแต่ละรอบเท่ากับ 2000 วินาที

การกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆในการทดสอบนั้น จะกำหนดดังตารางที่ 4.1 [14], [15], [16]

ตารางที่ 4.1 กำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆในแบบจำลอง

พารามิเตอร์	3G	Wi-Fi	WiMAX
เทคโนโลยี	HSDPA	IEEE 802.11g	IEEE802.16
รัศมีการครอบคลุม	1500 m	200 m	1000 m
ความจุ	14.4 Mbps	54 Mbps	30 Mbps

แบนด์วิดท์ที่ใช้สำหรับบริการประเภทเสียง	30 Kbps	30 Kbps	30 Kbps
แบนด์วิดท์ขั้นต่ำที่รับรองสำหรับบริการประเภทข้อมูล	256 Kbps	256 Kbps	256 Kbps
ตำแหน่งของเสาสัญญาณ	(3000,3000)	(3600,3400)	(2700,3400)
ค่าสัมประสิทธิ์การลดทอน	4	4	4
กำลังส่ง	43 dBm (20 W)	18 dBm (60 mW)	43 dBm (20 W)

4.1.2 การกำหนดค่าของฟังก์ชันความพอใจของบริการ

การกำหนดค่าของฟังก์ชันความพอใจของบริการนั้นเพื่อแสดงให้เห็นความเหมาะสมของบริการแต่ละชนิดต่อเทคโนโลยีโครงข่ายทั้ง 3 ประเภท ซึ่งจะกำหนดโดยแบ่งออกเป็นกรณีต่างๆ ดังนี้

1.กรณีที่ผู้ใช้สามารถเข้าใช้งานได้ทั้งสามโครงข่าย จะกำหนดค่าดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 กำหนดค่าของฟังก์ชันความพอใจของบริการในกรณีผู้ใช้สามารถเข้าใช้งานได้ทั้งสามโครงข่าย

P_i	3G	Wi-Fi	WiMAX
Voice	0.4	0.2	0.4
Data	0.2	0.4	0.4

2.กรณีที่ผู้ใช้สามารถเข้าใช้งานได้สองโครงข่าย

2.1 กรณีที่ผู้ใช้งานสามารถเข้าใช้โครงข่าย 3G และ Wi-Fi จะกำหนดค่าดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 กำหนดค่าของฟังก์ชันความพอใจของบริการในกรณีผู้ใช้สามารถเข้าใช้โครงข่าย 3G และ Wi-Fi

P_i	3G	Wi-Fi
Voice	0.6	0.4
Data	0.4	0.6

2.2 กรณีที่ผู้ใช้งานสามารถเข้าใช้โครงข่าย 3G และ WiMAX จะกำหนดค่าดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 กำหนดค่าของฟังก์ชันความพอใจของบริการในกรณีผู้ใช้สามารถเข้าใช้โครงข่าย 3G และ WiMAX

P_i	3G	WiMAX
Voice	0.5	0.5
Data	0.4	0.6

2.3 กรณีที่ผู้ใช้งานสามารถเข้าใช้โครงข่าย Wi-Fi และ WiMAX จะกำหนดค่าดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 กำหนดค่าของฟังก์ชันความพอใจของบริการในกรณีผู้ใช้สามารถเข้าใช้โครงข่าย Wi-Fi และ WiMAX

P_i	Wi-Fi	WiMAX
Voice	0.4	0.6
Data	0.5	0.5

การกำหนดค่าของฟังก์ชันความพอใจของบริการในกรณีต่างๆนั้น สามารถปรับปรุงและเปลี่ยนแปลงได้ แต่ค่าชี้วัดทางประสิทธิภาพของระบบทั้ง 3 ประเภท ที่คำนวณได้ก็จะแตกต่างกันไป

จากการกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆในแบบจำลองดังที่กล่าวมาข้างต้นนั้น ทำให้สามารถคำนวณค่าชี้วัดทางประสิทธิภาพของระบบ ในการทดสอบกรณีศึกษาต่างๆในงานวิทยานิพนธ์นี้ได้ และจะกล่าวถึงกรณีศึกษาต่างๆในหัวข้อต่อไป

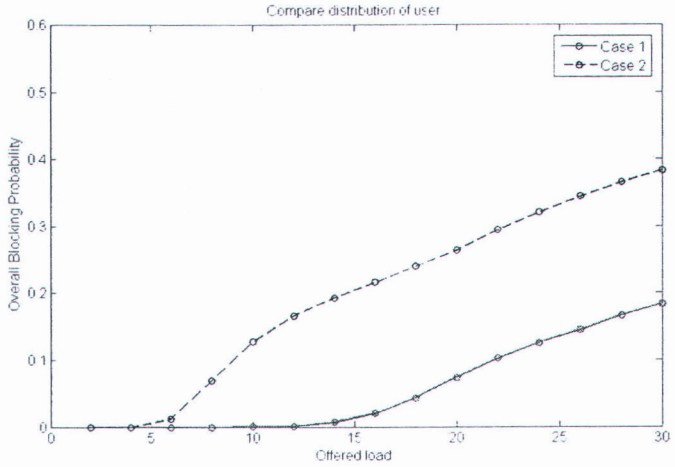
4.2 การเปรียบเทียบการกระจายตัวของผู้ใช้บริการในรูปแบบต่าง ๆ

การกระจายตัวของผู้ใช้บริการนั้นเป็นสาเหตุหนึ่งที่มีผลกระทบต่อการเลือกใช้เทคโนโลยี เนื่องจาก หากผู้ใช้บริการส่วนใหญ่เกิดการกระจายตัวเฉพาะในพื้นที่ ที่ไม่สามารถเลือกเทคโนโลยีเชื่อมต่อได้นั้นระบบจะเกิดภาวะคับคั่งได้อย่างรวดเร็ว และส่งผลกระทบต่อคุณภาพของบริการเป็นอย่างมาก ดังนั้นในหัวข้อนี้จึงได้ทำการวิเคราะห์ถึง ความแตกต่างของการกระจายตัวของผู้ใช้บริการและผลกระทบต่อค่าชี้วัดประสิทธิภาพของระบบ ซึ่งจะแบ่งออกเป็น 2 กรณีดังนี้

1. การกระจายตัวแบบแบ่งผู้ใช้ออกเป็น 3 ประเภท โดยแต่ละประเภทนั้นจะมีจำนวนผู้ใช้บริการกระจายอยู่ในแต่ละโครงข่ายจำนวนเท่าๆกัน และการกระจายตัวในแต่ละโครงข่ายจะเป็นการกระจายตัวแบบแจกแจงเอกรูป โดยผู้ใช้บริการแต่ละรายในโครงข่ายนั้นๆ มีความน่าจะเป็นที่เกิดขึ้นที่ทุกพื้นที่.ในโครงข่ายเท่ากัน (Case 1)

2. การกระจายตัวแบบการแจกแจงเอกรูป โดยจะเป็นการกระจายตัวโดยผู้ใช้แต่ละราย มีความน่าจะเป็นที่เกิดขึ้นในทุกพื้นที่เท่ากัน (Case 2)

ในการทดลองนี้ได้ทำการกำหนดค่า น้ำหนักถ่วงของแต่ละฟังก์ชันเป็นดังนี้ $w_d = 0.3, w_s = 0.3, w_p = 0.4$

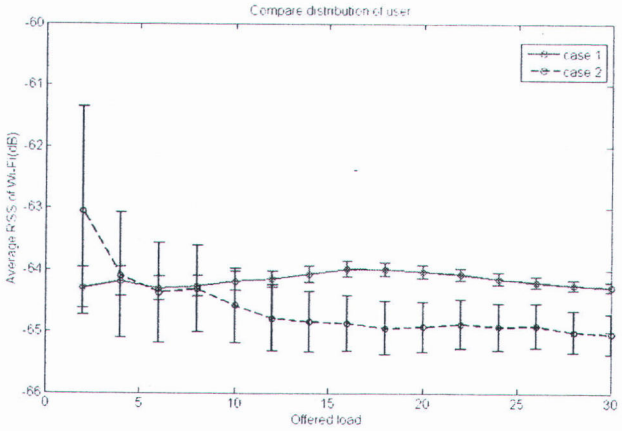


รูปที่ 4.1 ความน่าจะเป็นของการถูกปฏิเสธของการเข้าใช้บริการโดยรวม จากการเปรียบเทียบการกระจายตัวของผู้ใช้บริการ

จากรูปที่ 4.1 เห็นได้ว่าการกระจายตัวของผู้ใช้บริการนั้นมีผลกระทบต่อกลยุทธ์การตัดสินใจ เนื่องจากรูปแบบการกระจายตัวในกรณีที่สองนั้นมีผลทำให้จำนวนของผู้ใช้บริการนั้นไปกระจายตัวอยู่ในพื้นที่ ที่สามารถใช้เทคโนโลยีได้เพียงชนิดเดียวซึ่งก็คือ เทคโนโลยี 3G ซึ่งมีผลทำให้เกิดความคับคั่งขึ้นในเทคโนโลยี 3G เป็นเหตุให้ความน่าจะเป็นของการถูกปฏิเสธของการเข้าใช้บริการโดยรวมมีค่ามากกว่า กรณีที่หนึ่งที่มีการกระจายตัวของผู้ใช้บริการ ในพื้นที่ทับซ้อนมากกว่า โดยจะเห็นได้ว่าการเข้าใช้งานของระบบนั้นในกรณีที่หนึ่งนั้นจะกระจายผู้ใช้บริการไปสู่เทคโนโลยีต่างๆได้ มากกว่าในกรณีที่สอง ซึ่งสังเกตุได้จากปริมาณทราฟฟิกที่ต้องการใช้ระบบในกรณีที่หนึ่งนั้นช่วงที่มีปริมาณทราฟฟิก 0 ถึง 12 เออร์แลง นั้นระบบจะมีความน่าจะเป็นของการถูกปฏิเสธของการเข้าใช้บริการโดยรวมที่ต่ำมาก แต่ในทางกลับกันในกรณีที่สองนั้นระบบจะเริ่ม มีค่าความน่าจะเป็นของการถูกปฏิเสธของการเข้าใช้บริการโดยรวมเพิ่มขึ้นเมื่อมีปริมาณทราฟฟิกเพียง

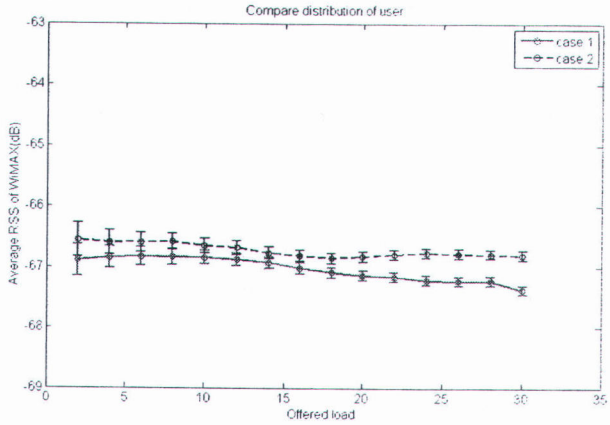
4 เออร์แลงและเมื่อปริมาณทราฟฟิกมีค่าสูงขึ้น ค่าความน่าจะเป็นของการถูกปฏิเสธของการเข้าใช้บริการโดยรวมในกรณีที่สองก็เพิ่มขึ้นมากกว่ากรณีแรก

ต่อมาเมื่อทำการพิจารณาถึงค่าเฉลี่ยของความแรงสัญญาณที่รับได้ในโครงข่าย Wi-Fi จะเห็นว่าในช่วงที่ปริมาณทราฟฟิกที่ต้องการใช้ระบบมีค่าน้อย ค่าเฉลี่ยของความแรงสัญญาณที่รับในโครงข่าย Wi-Fi นั้น กรณีที่สองจะให้ค่ามากกว่ากรณีที่หนึ่ง แต่ในช่วงที่ปริมาณทราฟฟิกที่ต้องการใช้ระบบมีค่ามากนั้น ค่าเฉลี่ยของความแรงสัญญาณที่รับในโครงข่าย Wi-Fi ของกรณีที่สองนั้นจะมีค่าต่ำกว่ากรณีที่หนึ่ง เนื่องจากในช่วงที่ปริมาณทราฟฟิกที่ต้องการใช้ระบบมีค่าน้อยนั้น จำนวนผู้ใช้บริการที่ได้รับเลือกให้ใช้เทคโนโลยี Wi-Fi นั้นจะมีจำนวนน้อย และส่งผลให้กรณีที่สองนั้นให้ค่าเฉลี่ยของความแรงสัญญาณสูงกว่า ในกรณีที่หนึ่งที่มีจำนวนผู้ได้รับเลือกให้ใช้เทคโนโลยี Wi-Fi นั้นมีจำนวนมากกว่า แต่เมื่อจำนวนผู้ใช้บริการในกรณีที่สองเพิ่มมากขึ้น พบว่าค่าเฉลี่ยของความแรงสัญญาณนั้นจะลดลงจนมีค่าใกล้เคียงกับกรณีแรก ดังรูปที่ 4.2 ต่อมาเมื่อพิจารณาถึงความแปรปรวนของข้อมูลนั้น ในช่วงแรกที่มีจำนวนผู้ใช้บริการในโครงข่ายน้อย ข้อมูลก็จะมีความแปรปรวนค่อนข้างมาก แต่ในช่วงที่มีผู้ใช้บริการเพิ่มขึ้นความแปรปรวนของข้อมูลนั้นจะลดลงทำให้ผลการทดลองมีความน่าเชื่อถือมากขึ้น

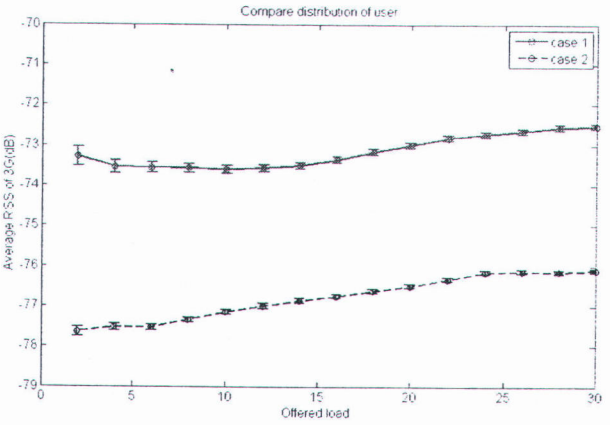


รูปที่ 4.2 ค่าเฉลี่ยของความแรงสัญญาณที่รับในโครงข่าย Wi-Fi โดยเปรียบเทียบการกระจายตัวของผู้ใช้บริการ

เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของความแรงสัญญาณที่รับในโครงข่าย WiMAX จะพบว่ามีค่าใกล้เคียงกันทั้งสองกรณีที่นำมาเปรียบเทียบดังรูปที่ 4.3 เนื่องจากการกระจายตัวของผู้ที่ได้รับเลือกให้ใช้เทคโนโลยี WiMAX นั้นมีการกระจายตัวในจำนวนที่ใกล้เคียงกัน โดยมีสาเหตุจากพื้นที่ที่ครอบคลุมโดยเทคโนโลยี WiMAX นั้นมีระยะครอบคลุมกว้าง จึงทำให้โอกาสในการกระจายตัวในกรณีที่สองนั้นสูงกว่าในเทคโนโลยี Wi-Fi ดังรูปที่ 4.3 จะเห็นได้ว่าข้อมูลของผู้ใช้บริการทั้งหมดนั้นจะมีความแปรปรวนของข้อมูลค่อยข้างน้อยและมีค่าใกล้เคียงกันในทั้งสองกรณี



รูปที่ 4.3 ค่าเฉลี่ยของความแรงสัญญาณที่รับในโครงข่าย WiMAX โดยเปรียบเทียบการกระจายตัวของผู้ใช้บริการ



รูปที่ 4.4 ค่าเฉลี่ยของความแรงสัญญาณที่รับในโครงข่าย 3G โดยเปรียบเทียบการกระจายตัวของผู้ใช้บริการ

ในรูปที่ 4.4 จะเห็นว่าค่าเฉลี่ยของความแรงสัญญาณที่รับในโครงข่าย 3G นั้นในกรณีที่หนึ่ง นั้นมีค่ามากกว่ากรณีที่สอง เนื่องจากจำนวนของผู้ใช้ในกรณีที่สองนั้นมีจำนนมากกว่าในกรณีที่หนึ่ง จึงเป็นผลทำให้ค่าเฉลี่ยของความแรงสัญญาณที่คำนวณได้นั้นมีค่าน้อยกว่า เมื่อพิจารณาถึงค่าความแปรปรวนของข้อมูลนั้นจะเห็นได้ว่าข้อมูลนั้นจะมีความแปรปรวนน้อยทั้งสองกรณี เนื่องจากจำนวนข้อมูลของผู้ใช้บริการที่ถูกเลือกให้ใช้โครงข่าย 3G นั้นมีจำนวนมาก

4.3 ความสัมพันธ์ของน้ำหนักถ่วงในแต่ละฟังก์ชัน

ในหัวข้อนี้จะเป็นการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลง ค่าน้ำหนักถ่วงของแต่ละฟังก์ชันย่อย ซึ่งจะมีผลกระทบต่อค่าชี้วัดประสิทธิภาพของระบบที่แตกต่างกัน และกำหนดให้การกระจายตัวของผู้ใช้เป็นแบบแบ่งผู้ใช้ออกเป็น 3 ประเภท โดยในหัวข้อนี้จะแบ่งการพิจารณาออกเป็น 3 กรณี คือ

4.3.1 การปรับเปลี่ยนค่าน้ำหนักของฟังก์ชันอัตราการลดของแบนด์วิดท์ต่อรายของผู้ใช้บริการประเภทข้อมูล (Wd)

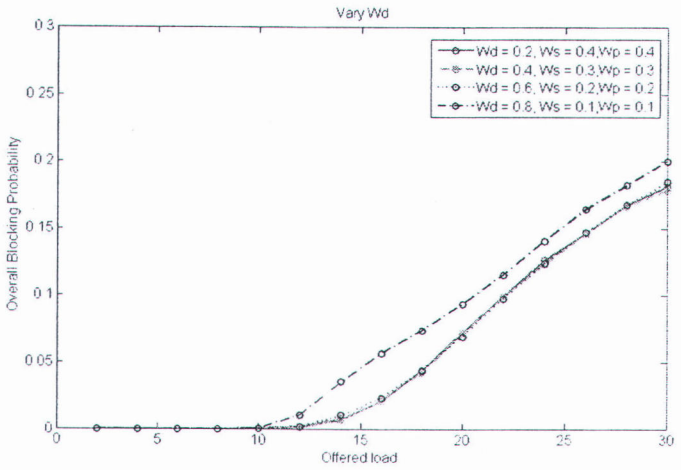
ในกรณีนี้แสดงถึงความสัมพันธ์ของค่าน้ำหนักของฟังก์ชันอัตราการลดของแบนด์วิดท์ต่อรายของผู้ใช้บริการประเภทข้อมูล โดยการปรับเปลี่ยนค่าน้ำหนักนั้นจะแบ่งออกเป็น 4 กรณี ประกอบด้วย

1. $w_d = 0.2, w_s = 0.4, w_p = 0.4$
2. $w_d = 0.4, w_s = 0.3, w_p = 0.3$
3. $w_d = 0.6, w_s = 0.2, w_p = 0.2$
4. $w_d = 0.8, w_s = 0.1, w_p = 0.1$

ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อค่าชี้วัดทางประสิทธิภาพของระบบดังนี้

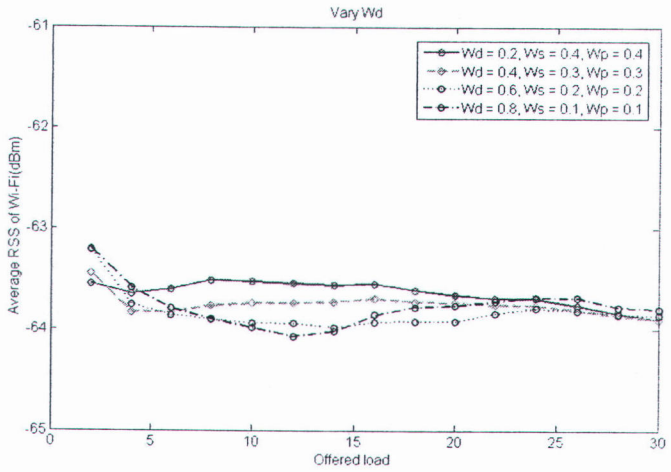
การเปลี่ยนแปลงของค่าความน่าจะเป็นของการถูกปฏิเสธของการเข้าใช้บริการโดยรวมนั้นจะมีผลมากจากการเพิ่มค่าน้ำหนักของฟังก์ชันอัตราการลดของแบนด์วิดท์ต่อรายของผู้ใช้บริการประเภทข้อมูลดังแสดงในรูปที่ 4.5 แต่เมื่อทำการเพิ่มค่าไปถึง 0.8 นั้นกลับมีผลกระทบ

ให้ค่าความน่าจะเป็นของการถูกปฏิเสธของการเข้าใช้บริการโดยรวมเพิ่มขึ้น โดยมีผลกระทบจากการปรับค่าน้ำหนัก ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการกำหนดค่าน้ำหนักของฟังก์ชันอัตราการลดของแบนด์วิดท์ต่อรายของผู้ใช้บริการประเภทข้อมูล นั้นไม่ควรกำหนดให้มีค่าสูงเกินไป โดยในรูปที่ 4.5 แสดงให้เห็นว่าในกรณีที่ 1, 2 และ 3 ผลการทดสอบค่าความน่าจะเป็นของการถูกปฏิเสธของการเข้าใช้บริการโดยรวมของระบบ ที่ได้นั้นมีค่าใกล้เคียงกัน

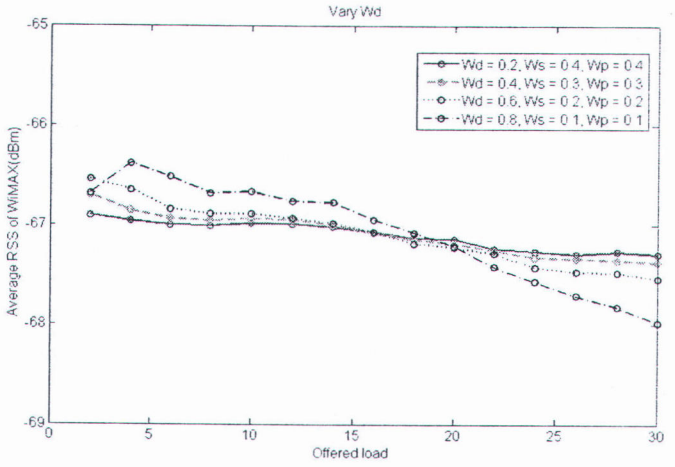


รูปที่ 4.5 ความน่าจะเป็นของการถูกปฏิเสธของการเข้าใช้บริการโดยรวม โดยเปรียบเทียบการปรับเปลี่ยนค่าน้ำหนักของฟังก์ชันอัตราการลดของแบนด์วิดท์ต่อรายของผู้ใช้บริการประเภทข้อมูล

ต่อมาเมื่อพิจารณาในค่าเฉลี่ยของความแรงสัญญาณที่รับในโครงข่าย Wi-Fi นั้น จะเห็นได้ว่ามีค่าที่ใกล้เคียงกันในทุกกรณี แต่ในกรณีที่ 1 นั้นจะมีค่าเฉลี่ยในระดับค่อนข้างคงที่ เนื่องจากค่าน้ำหนักถ่วงในฟังก์ชันความสัมพันธ์ของความแรงสัญญาณที่รับได้ นั้นมีค่าสูงกว่าในกรณีอื่น เนื่องจากการเพิ่มค่าน้ำหนักของฟังก์ชันอัตราการลดของแบนด์วิดท์ต่อรายของผู้ใช้บริการประเภทข้อมูล ส่งผลกระทบให้ค่าน้ำหนักของฟังก์ชันความสัมพันธ์ของความแรงสัญญาณที่รับนั้นลดลง และพบว่าในกรณีที่กำหนดค่าน้ำหนักของฟังก์ชันความสัมพันธ์ของความแรงสัญญาณที่รับได้ต่ำจะมีผลให้ค่าเฉลี่ยของความแรงสัญญาณที่รับในโครงข่าย Wi-Fi ลดลง ดังรูปที่ 4.6



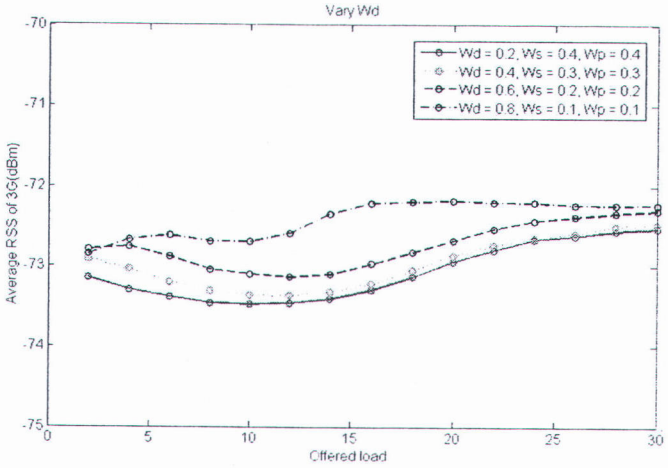
รูปที่ 4.6 ค่าเฉลี่ยของความแรงสัญญาณที่รับในโครงข่าย Wi-Fi โดยเปรียบเทียบการปรับเปลี่ยนค่าน้ำหนักของฟังก์ชันอัตราการลดของแบนด์วิดท์ต่อรายของผู้ใช้บริการประเภทข้อมูล



รูปที่ 4.7 ค่าเฉลี่ยของความแรงสัญญาณที่รับในโครงข่าย WiMAX โดยเปรียบเทียบการปรับเปลี่ยนค่าน้ำหนักของฟังก์ชันอัตราการลดของแบนด์วิดท์ต่อรายของผู้ใช้บริการประเภทข้อมูล

รูปที่ 4.7 แสดงถึงค่าเฉลี่ยของความแรงสัญญาณที่รับในโครงข่าย WiMAX นั้นจะมีการเปลี่ยนแปลง หากกำหนดให้ค่าน้ำหนักของฟังก์ชันอัตราการลดของแบนด์วิดท์ต่อรายของผู้ใช้บริการประเภทข้อมูล นั้นมีค่ามากขึ้นซึ่งจะส่งผลกระทบให้ค่าน้ำหนักของฟังก์ชันที่เหลือมีค่าลดลง ดังจะเห็นได้ในกรณีที่ 1 ที่ค่าน้ำหนักของฟังก์ชันอัตราการลดของแบนด์วิดท์ต่อรายของ

ผู้ใช้บริการประเภทข้อมูลมีค่าน้อยที่สุด ค่าเฉลี่ยของความแรงสัญญาณที่รับในโครงข่าย WiMAX นั้นจะค่อนข้างคงที่สำหรับทุกค่าของปริมาณทราฟฟิกของระบบ แต่ในกรณีอื่นๆที่ค่าน้ำหนักของฟังก์ชันอัตราการลดของแบนด์วิดท์ต่อรายของผู้ใช้บริการประเภทข้อมูล นั้นมีค่ามากขึ้นกลับส่งผลให้ ค่าเฉลี่ยของความแรงสัญญาณที่รับในโครงข่าย WiMAX นั้นจะลดลง



รูปที่ 4.8 ค่าเฉลี่ยของความแรงสัญญาณที่รับในโครงข่าย 3G โดยเปรียบเทียบการปรับเปลี่ยนค่าน้ำหนักของฟังก์ชันอัตราการลดของแบนด์วิดท์ต่อรายของผู้ใช้บริการประเภทข้อมูล

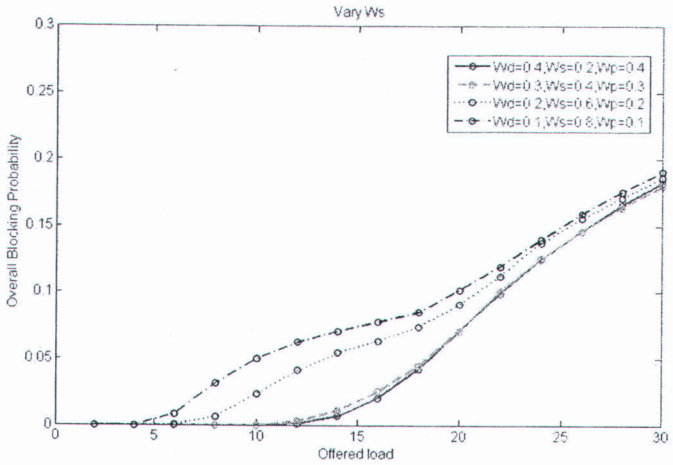
ในรูปที่ 4.8 พบว่าค่าเฉลี่ยของความแรงสัญญาณที่รับในโครงข่าย 3G นั้นจะมีค่ามากที่สุดในกรณีที่ 4 ซึ่งมีค่าน้ำหนักของฟังก์ชันอัตราการลดของแบนด์วิดท์ต่อรายของผู้ใช้บริการประเภทข้อมูลมีค่ามากที่สุด ซึ่งส่งผลให้การกระจายตัวของผู้ใช้บริการในทุกเทคโนโลยีนั้นจะเกิดการกระจายมากขึ้น โดยให้ผลสลับกับค่าเฉลี่ยของความแรงของสัญญาณในโครงข่ายอื่น โดยมีผลมาจากที่ระบบได้ทำการเลือกโครงข่ายอื่นที่มีค่าความแรงของสัญญาณมากที่สุด ดังนั้นเทคโนโลยีที่เหลือซึ่งคือ เทคโนโลยี 3G นั้นจะส่งผลให้ ค่าความแรงสัญญาณเฉลี่ยมีค่าสูงกว่าเทคโนโลยีอื่น แต่เมื่อค่าน้ำหนักของฟังก์ชันอัตราการลดของแบนด์วิดท์ต่อรายของผู้ใช้บริการประเภทข้อมูลลดลง จึงส่งผลให้การกระจายตัวของผู้ใช้ลดลง และมีผลให้ผู้ใช้เข้าสู่โครงข่าย 3G มากขึ้น ส่งผลให้ค่าเฉลี่ยของความแรงสัญญาณที่รับในโครงข่าย 3G นั้นลดลงตามลำดับ

4.3.2 การปรับเปลี่ยนค่าน้ำหนักของฟังก์ชันความสัมพันธ์ของความแรงสัญญาณที่รับได้ (Ws)

ในกรณีนี้แสดงถึงความสัมพันธ์ของค่าน้ำหนักของฟังก์ชันความสัมพันธ์ของความแรงสัญญาณที่รับได้ โดยการปรับเปลี่ยนค่าน้ำหนักนั้นจะแบ่งออกเป็น 4 กรณี ประกอบด้วย

1. $w_d = 0.4, w_s = 0.2, w_p = 0.4$
2. $w_d = 0.3, w_s = 0.4, w_p = 0.3$
3. $w_d = 0.2, w_s = 0.6, w_p = 0.2$
4. $w_d = 0.1, w_s = 0.8, w_p = 0.1$

ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อค่าชี้วัดทางประสิทธิภาพของระบบดังนี้

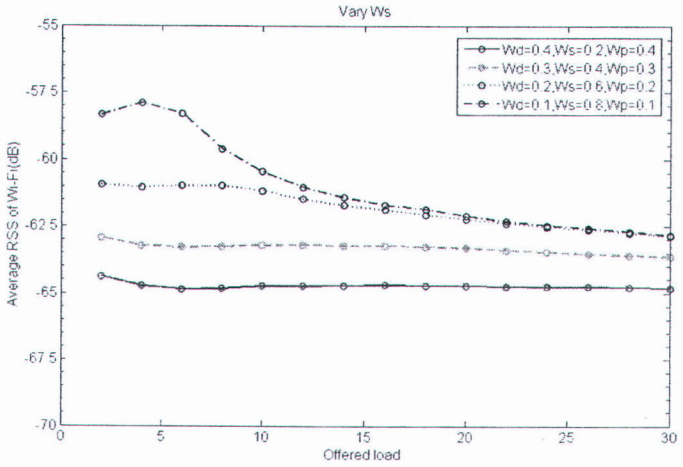


รูปที่ 4.9 ความน่าจะเป็นของการถูกปฏิเสธของการเข้าใช้บริการโดยรวม โดยเปรียบเทียบการปรับเปลี่ยนค่าน้ำหนักของฟังก์ชันความสัมพันธ์ของความแรงสัญญาณที่รับได้

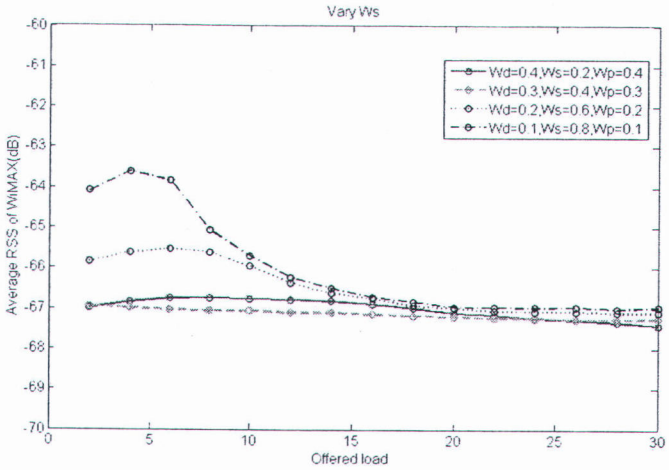
จากรูปที่ 4.9จะเห็นได้ว่าเมื่อทำการกำหนดค่าน้ำหนักของฟังก์ชันความสัมพันธ์ของความแรงสัญญาณที่รับได้เพิ่มมากขึ้น จะส่งผลกระทบต่อระบบให้มีค่าความน่าจะเป็นของการถูกปฏิเสธของการเข้าใช้บริการเพิ่มขึ้นด้วย เนื่องจากค่าน้ำหนักของฟังก์ชันที่เหลือมีค่าลดลงและระบบจึงตัดสินใจเลือกโครงข่ายจากค่าความแรงของสัญญาณเป็นหลัก เป็นเหตุให้การกระจายตัวของผู้ใช้บริการนั้นเกิดความไม่เท่าเทียมจึงเป็นเหตุให้ในกรณีที่ 1 ที่มีค่าน้ำหนักของฟังก์ชันความ

แรงของสัญญาณมีค่าต่ำที่สุดมีค่าความน่าจะเป็นของการถูกปฏิเสธของการเข้าใช้บริการน้อยกว่ากรณีอื่น

แต่ในกรณีที่พิจารณาของค่าเฉลี่ยของความแรงสัญญาณที่รับในโครงข่ายเทคโนโลยีทั้งสามชนิดนั้น กรณีที่กำหนดค่าน้ำหนักของฟังก์ชันความสัมพันธ์ของความแรงสัญญาณที่รับได้เพิ่มมากขึ้น จะส่งผลให้ค่าเฉลี่ยของความแรงสัญญาณที่รับในโครงข่ายทุกชนิดมีค่ามากกว่ากรณีที่กำหนดให้ค่าน้ำหนักของฟังก์ชันความสัมพันธ์ของความแรงสัญญาณมีค่าน้อย ดังรูปที่ 4.10

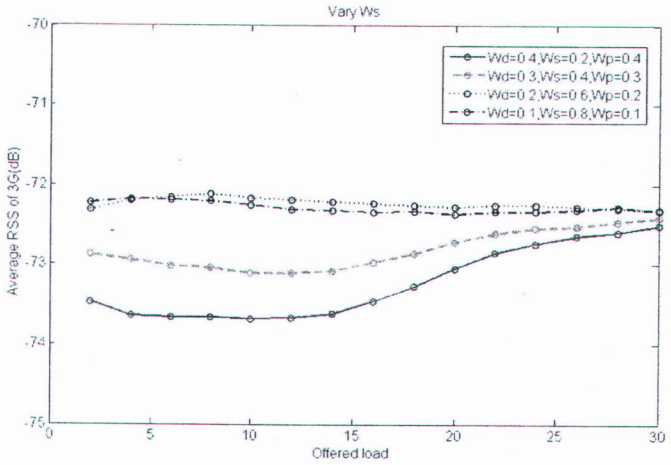


รูปที่ 4.10 ค่าเฉลี่ยของความแรงสัญญาณที่รับในโครงข่าย Wi-Fi โดยเปรียบเทียบการปรับเปลี่ยนค่าน้ำหนักของฟังก์ชันความสัมพันธ์ของความแรงสัญญาณที่รับได้



รูปที่ 4.11 ค่าเฉลี่ยของความแรงสัญญาณที่รับในโครงข่าย WiMAX โดยเปรียบเทียบการปรับเปลี่ยนค่าน้ำหนักของฟังก์ชันความสัมพันธ์ของความแรงสัญญาณที่รับได้

จากรูปที่ 4.11 พบว่าการเพิ่มค่าน้ำหนักถ่วงของฟังก์ชันความสัมพันธ์ของความแรงสัญญาณที่รับได้นั้น ส่งผลกระทบถึงการพัฒนาค่าเฉลี่ยของความแรงสัญญาณที่รับในโครงข่าย WiMAX ให้ม่าค่าสูงขึ้นด้วย



รูปที่ 4.12 ค่าเฉลี่ยของความแรงสัญญาณที่รับในโครงข่าย 3G โดยเปรียบเทียบการปรับเปลี่ยนค่าน้ำหนักของฟังก์ชันความสัมพันธ์ของความแรงสัญญาณที่รับได้

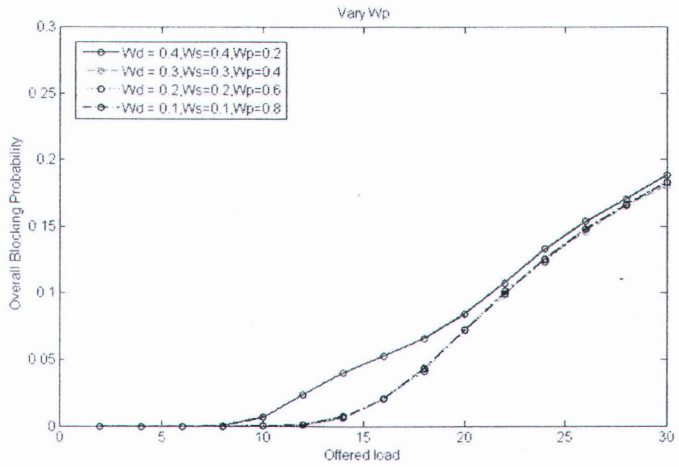
ผลจากการเพิ่มค่าน้ำหนักถ่วงของฟังก์ชันความสัมพันธ์ของความแรงสัญญาณที่รับได้นั้น จะส่งผลกระทบต่อค่าเฉลี่ยของความแรงสัญญาณที่รับในโครงข่าย 3G ดังรูปที่ 4.12 ซึ่งจะเห็นว่าในกรณีที่ค่าน้ำหนักถ่วงของฟังก์ชันความสัมพันธ์ของความแรงสัญญาณที่รับได้ เมื่อมีค่าเพิ่มขึ้น ค่าเฉลี่ยของความแรงของสัญญาณที่รับในโครงข่าย 3G นั้นก็จะเพิ่มขึ้นด้วย

4.3.3 การปรับเปลี่ยนค่าน้ำหนักของฟังก์ชันความพอใจของบริการ (Wp)

ในกรณีนี้แสดงถึงความสัมพันธ์ของค่าน้ำหนักของฟังก์ชันความสัมพันธ์ของความแรงสัญญาณที่รับได้ โดยการปรับเปลี่ยนค่าน้ำหนักนั้นจะแบ่งออกเป็น 4 กรณี ประกอบด้วย

1. $w_d = 0.4, w_s = 0.4, w_p = 0.2$
2. $w_d = 0.3, w_s = 0.3, w_p = 0.4$
3. $w_d = 0.2, w_s = 0.2, w_p = 0.6$
4. $w_d = 0.1, w_s = 0.1, w_p = 0.8$

ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อค่าชี้วัดทางประสิทธิภาพของระบบดังนี้

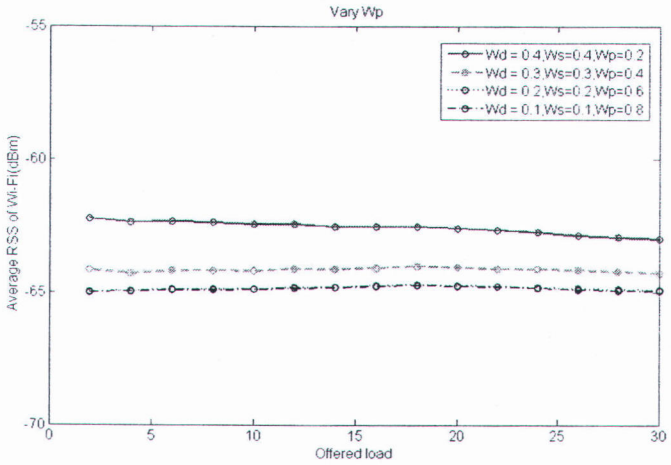


รูปที่ 4.13 ความน่าจะเป็นของการถูกปฏิเสธของการเข้าใช้บริการโดยรวม โดยเปรียบเทียบการปรับเปลี่ยนค่าน้ำหนักของฟังก์ชันความพอใจของบริการ

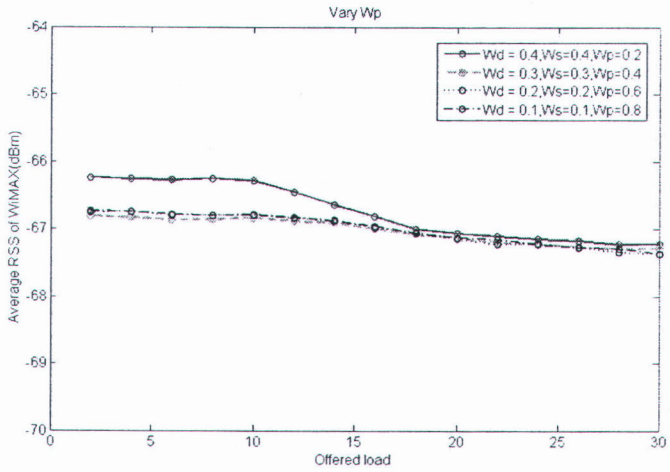
จากรูปที่ 4.13 เห็นได้ว่าการกำหนดค่าน้ำหนักของฟังก์ชันความพอใจของบริการ นั้นส่งผลต่อการตัดสินใจเลือกโครงข่ายที่เหมาะสมกับผู้ใช้บริการ ซึ่งค่าความน่าจะเป็นของการถูก

ปฏิเสธของการเข้าใช้บริการโดยรวมของระบบในกรณีที่ 1 สูงกว่ากรณีที่เหลือ เนื่องจากการที่ระบบพิจารณาถึงค่าความพอใจของบริการน้อย แต่ในทางกลับกันหากระบบพิจารณาถึงค่าความพอใจของบริการมากนั้นจะมีผลให้ ค่าความน่าจะเป็นของการถูกปฏิเสธของการเข้าใช้บริการโดยรวมนั้นลดลง

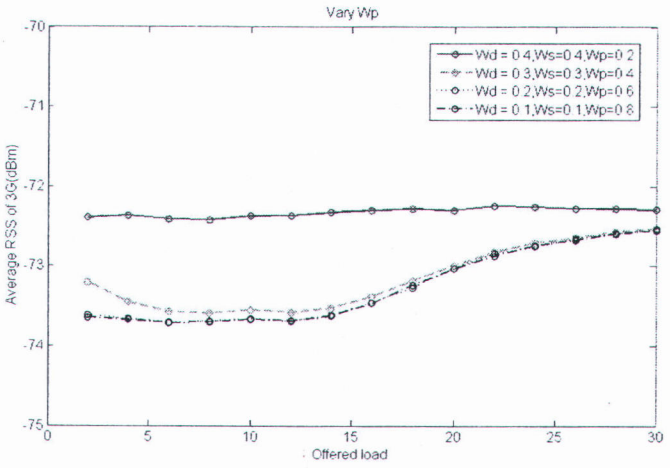
แต่เมื่อทำการพิจารณาถึงค่าเฉลี่ยของความแรงสัญญาณที่รับในแต่ละโครงข่าย กลับพบว่าค่าเฉลี่ยจะสูงขึ้นในกรณีที่กำหนดค่าน้ำหนักของฟังก์ชันความพอใจของบริการ มีค่าน้อยซึ่งเป็นเหตุให้ค่าน้ำหนักของฟังก์ชันความสัมพันธ์ของความแรงสัญญาณที่รับได้เพิ่มมากขึ้น จึงทำให้ระบบทำการเลือกโครงข่ายจากความแรงสัญญาณที่มากที่สุด ดังรูปที่ 4.14, รูปที่ 4.15 และรูปที่ 4.16



รูปที่ 4.14 ค่าเฉลี่ยของความแรงสัญญาณที่รับในโครงข่าย Wi-Fi โดยเปรียบเทียบการปรับเปลี่ยนค่าน้ำหนักของฟังก์ชันความพอใจของบริการ



รูปที่ 4.15 ค่าเฉลี่ยของความแรงสัญญาณที่รับในโครงข่าย WiMAX โดยเปรียบเทียบการปรับเปลี่ยนค่าน้ำหนักของฟังก์ชันความพอใจของบริการ



รูปที่ 4.16 ค่าเฉลี่ยของความแรงสัญญาณที่รับในโครงข่าย 3G โดยเปรียบเทียบการปรับเปลี่ยนค่าน้ำหนักของฟังก์ชันความพอใจของบริการ

จากการเปรียบเทียบถึงผลกระทบของการกำหนดน้ำหนักในรูปแบบต่างๆนั้น พบว่าการกำหนดค่าน้ำหนักถ่วงของฟังก์ชันอัตราการลดของแบนด์วิดท์ต่อรายของผู้ใช้บริการประเภทข้อมูลและฟังก์ชันความพอใจของบริการ จะส่งผลกระทบให้ค่าความน่าจะเป็นของการถูกปฏิเสธของการเข้าใช้บริการโดยรวมนั้นได้ถูกปรับปรุงให้ดีขึ้น แต่ค่าความแรงเฉลี่ยของสัญญาณที่รับได้ในแต่

ละโครงข่ายนั้นจะมีค่าต่ำลง ในทางกลับกันกรณีที่กำหนดค่าน้ำหนักถ่วงของฟังก์ชันความสัมพันธ์ของความแรงสัญญาณที่รับได้ให้มีค่ามากขึ้นนั้น มีผลกระทบให้ค่าความแรงเฉลี่ยของสัญญาณที่รับได้ในแต่ละโครงข่ายนั้นจะมีค่าเพิ่มมากขึ้น แต่จะส่งผลให้ค่าความน่าจะเป็นของการถูกปฏิเสธของการเข้าใช้บริการโดยรวมนั้นลดลง

4.4 การเปรียบเทียบความแตกต่างของการเลือกใช้กลยุทธ์

ในการเปรียบเทียบความแตกต่างของการเลือกใช้กลยุทธ์นั้น จะทำการเปรียบเทียบกับกลยุทธ์ในงานวิจัยในอดีต 3 กลยุทธ์ คือ

1. กลยุทธ์การเลือกใช้เทคโนโลยีแบบสุ่ม โดยไม่พิจารณาขั้นตอนการควบคุมการอนุญาตการเรียกก่อน (Random Selection first : RS) [17]

ในกลยุทธ์นี้จะตัดสินใจเลือกเทคโนโลยีโครงข่ายแบบสุ่ม โดยสุ่มจากประเภทของเทคโนโลยีที่ครอบคลุมตำแหน่งของผู้ใช้บริการอยู่ และจะสุ่มโดยมีการกระจายตัวแบบการแจกแจงเอกรูป ซึ่งแต่ละเทคโนโลยีจะมีอัตราการถูกเลือกเท่ากัน หลังจากนั้นระบบจะทำการตรวจสอบโดยขั้นตอนการควบคุมการอนุญาตการเรียกว่าสามารถรองรับการร้องขอใช้บริการได้หรือไม่ หากไม่ได้ระบบจะทำการปฏิเสธการร้องขอทันที

2. กลยุทธ์การเลือกใช้เทคโนโลยีแบบสุ่ม โดยพิจารณาขั้นตอนการควบคุมการอนุญาตการเรียกก่อน (CAC and Random Selection) [18]

ในกลยุทธ์นี้ระบบจะตรวจสอบการเรียกใช้บริการ โดยขั้นตอนการควบคุมการอนุญาตการเรียกที่นำเสนอ กับเทคโนโลยีต่างๆที่ครอบคลุมตำแหน่งของผู้ใช้บริการอยู่ และให้อนุญาตกับเทคโนโลยีที่มีแบนด์วิดท์มากพอที่จะรองรับการร้องขอใช้บริการใหม่ได้ จะคิดว่าเป็นโครงข่ายที่อาจถูกเลือก (candidate network) หลังจากนั้นระบบจะตรวจสอบว่ามีเทคโนโลยีหลายชนิดที่ผ่านการอนุญาตหรือไม่ หากมีโครงข่ายที่เข้าแข่งขันหลายเทคโนโลยีระบบจะทำการตัดสินใจเลือกเทคโนโลยีแบบสุ่ม และจะสุ่มโดยมีการกระจายตัวแบบการแจกแจงเอกรูป ซึ่งแต่ละเทคโนโลยีจะมีอัตราการถูกเลือกเท่ากัน แต่หากผ่านการอนุญาตแค่เพียงเทคโนโลยีเดียวระบบก็จะตัดสินให้เข้า

ใช้บริการในเทคโนโลยีนั้น และหากไม่มีเทคโนโลยีใดที่ผ่านการอนุญาตเลย ระบบจะทำการปฏิเสธการร้องขอนั้นทันที

3. กลยุทธ์การเลือกใช้เทคโนโลยีโดยใช้ตรรกศาสตร์คลุมเครือ (Fuzzy logic) โดยพิจารณาขั้นตอนการควบคุมการอนุญาตการเรียกก่อน [19]

ในกลยุทธ์นี้ระบบจะตรวจสอบการเรียกใช้บริการ โดยขั้นตอนการควบคุมการอนุญาตการเรียกที่นำเสนอกับเทคโนโลยีต่างๆที่ครอบคลุมตำแหน่งของผู้ใช้บริการอยู่ และให้อนุญาตกับเทคโนโลยีที่มีแบนด์วิดท์มากพอที่จะรองรับการร้องขอใช้บริการใหม่ได้ หลังจากนั้นระบบจะตรวจสอบว่ามีเทคโนโลยีหลายชนิดที่ผ่านการอนุญาตหรือไม่ หากผ่านการอนุญาตแค่เพียงเทคโนโลยีเดียวระบบก็จะตัดสินให้เข้าใช้บริการในเทคโนโลยีนั้น และหากไม่มีเทคโนโลยีใดที่ผ่านการอนุญาตเลย ระบบจะทำการปฏิเสธการร้องขอนั้นทันที แต่หากมีโครงข่ายที่เข้าแข่งขัน (candidate network) หลายเทคโนโลยีระบบจะทำการตัดสินใจเลือกเทคโนโลยีโดยใช้วิธีการเลือกแบบฟัซซี่ โดยคำนึงถึงการลดของแบนด์วิดท์ต่อรายของผู้ใช้บริการประเภทข้อมูล และความแรงของสัญญาณที่ได้รับ ซึ่งจะทำการคำนวณโดยผ่านการขั้นตอน FQDA(FUZZY-LOGIC THEORY BASED QUANTITATIVE DECISION ALGORITHM) [19] โดยประกอบด้วยสามขั้นตอน

1.การแปลงค่าสู่กระบวนการฟัซซี่ (Fuzzification) ในขั้นตอนนี้เป็นการจัดเรียงลำดับและจัดทำให้พารามิเตอร์ต่างๆเข้าสู่กระบวนการฟัซซี่ โดยจะทำการแบ่งค่าฟังก์ชันภาวะสมาชิก (membership function) ซึ่งจะแบ่งออกเป็น 5 ระดับ คือ ต่ำมาก, ต่ำ, กลาง, สูงและสูงมาก โดยทุกพารามิเตอร์ในแต่ละเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องจะต้องเข้าสู่กระบวนการนี้ และระบบจะทำการกำหนดการประเมินค่าเชิงปริมาณ (Quantitative evaluation) จะกำหนดค่าระดับดังนี้ $[Q_{VL}\ Q_{L}\ Q_{M}\ Q_{H}\ Q_{VH}]$ สำหรับพารามิเตอร์ทุกตัวในกลุ่มฟัซซี่ โดยในที่นี้จะกำหนดให้ค่า $Q=[0\ 0.25\ 0.5\ 0.75\ 1]$ ทั้งพารามิเตอร์การลดของแบนด์วิดท์ต่อรายของผู้ใช้บริการประเภทข้อมูล และความแรงของสัญญาณที่ได้รับ

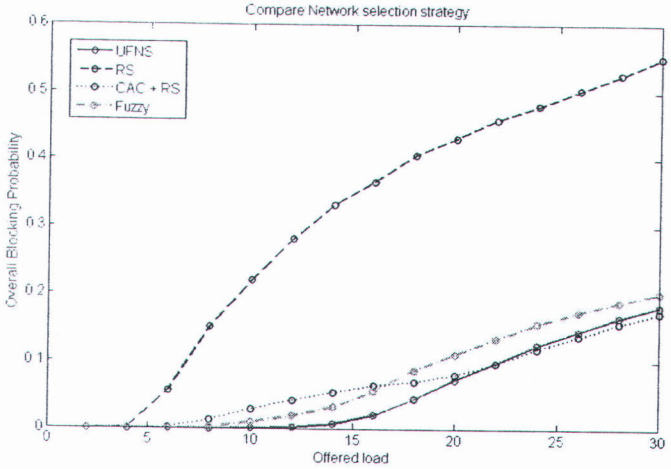
2.การประเมินค่าเชิงปริมาณ (Quantitative evaluation)

จากการกำหนดค่าของฟังก์ชันภาวะสมาชิก (membership function) และการประเมินค่าเชิงปริมาณนั้นสามารถนำมาหาผลคูณไขว้ (cross product) เพื่อหาค่าประเมินเชิงปริมาณ (Quantitative Evaluation Values : QEVs) เพื่อใช้สำหรับเป็นกลุ่มข้อมูลสำหรับใช้ในการเปรียบเทียบ

3.การตัดสินใจเชิงปริมาณ (Quantitative decision)

เมื่อได้ค่าประเมินเชิงปริมาณแล้วระบบจะนำมาหาค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) ของแต่ละพารามิเตอร์ เพื่อนำมาคำนวณหาค่าน้ำหนักถ่วงโดยใช้เป็นการหาผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยจัดอยู่ในรูของค่าฟังก์ชันเลขชี้กำลัง (exponential) และจึงนำค่าที่ได้ในแต่ละพารามิเตอร์มาทำการปรับค่าให้เป็นค่ามาตรฐาน (normalization) สำหรับน้ำหนักถ่วงสำหรับค่าพารามิเตอร์ทุกตัว จากนั้นระบบจะทำการคำนวณค่าของแต่ละเทคโนโลยีเพื่อหาค่าการตัดสินใจเชิงปริมาณ (Quantitative Decision Values :QDVs) แล้วระบบจึงทำการเลือกค่าที่สูงที่สุดให้กับผู้ใช้บริการ

จากกลยุทธ์ที่กล่าวมาทั้ง 3 กลยุทธ์นั้นจะนำมาเข้าสู่ระบบจำลองเพื่อทำการเปรียบเทียบค่าชี้วัดทางประสิทธิภาพของระบบ โดยเทียบกับกลยุทธ์การตัดสินใจที่ได้นำเสนอ โดยได้กำหนดค่าน้ำหนักถ่วงของแต่ละฟังก์ชันไว้ดังนี้ $w_d = 0.33, w_s = 0.33, w_p = 0.34$ ซึ่งได้ผลการทดสอบระบบดังนี้

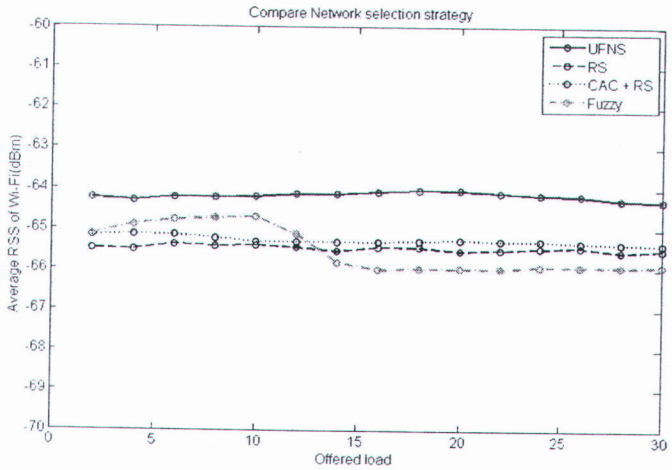


รูปที่ 4.17 ความน่าจะเป็นของการถูกปฏิเสธของการเข้าใช้บริการโดยรวม โดยเปรียบเทียบกลยุทธ์การตัดสินใจเลือกโครงข่าย

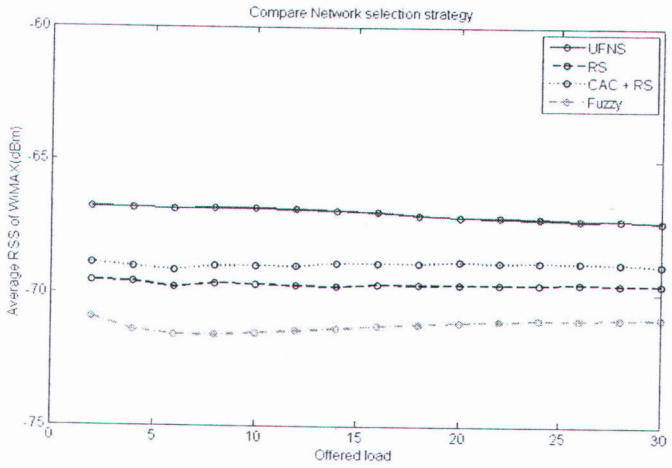
รูปที่ 4.17 แสดงให้เห็นว่าในขณะที่ปริมาณทราฟฟิกที่ต้องการใช้ระบบมีค่าน้อย กลยุทธ์ UFNS นั้นให้ค่าความน่าจะเป็นของการถูกปฏิเสธของการเข้าใช้บริการโดยรวมต่ำที่สุด แต่เมื่อปริมาณทราฟฟิกเพิ่มมากขึ้นจะเห็นได้ว่าค่าความน่าจะเป็นของการถูกปฏิเสธของการเข้าใช้บริการโดยรวมนั้นจะเพิ่มมากขึ้นจนใกล้เคียงกับกลยุทธ์การเลือกใช้เทคโนโลยีแบบสุ่ม โดยพิจารณาขั้นตอนการควบคุมการอนุญาตการเรียกก่อน(CAC + RS) แต่ในส่วนของกลยุทธ์ RS นั้นค่าความน่าจะเป็นของการถูกปฏิเสธของการเข้าใช้บริการโดยรวมมีค่าสูงที่สุดเมื่อเทียบกับกลยุทธ์อื่นๆ เนื่องจากในขณะเลือกโครงข่ายเพื่อเชื่อมต่อนั้น ระบบยังไม่ได้ทำการตรวจสอบว่าโครงข่ายที่เลือกเพื่อจะเชื่อมต่อนั้นมีแบนด์วิดท์เหลือพอที่จะรับการเรียกเข้าใช้บริการใหม่หรือไม่ จึงเป็นเหตุให้การเลือกโครงข่ายเพื่อเชื่อมต่อนั้น เกิดเหตุการณ์ที่เลือกแล้วโครงข่ายไม่สามารถรองรับการเรียกได้ ระบบจึงต้องทำการปฏิเสธการเรียกนั้นไป

ต่อมาเมื่อทำการพิจารณาถึงค่าเฉลี่ยของความแรงสัญญาณที่รับในโครงข่าย Wi-Fi พบว่ากลยุทธ์ที่นำเสนอให้ค่าเฉลี่ยที่สูงกว่ากลยุทธ์อื่นดังรูปที่ 4.18 เนื่องจากในกลยุทธ์ที่นำเสนอนั้นได้มีการคำนึงถึงค่าความแรงของสัญญาณที่รับได้ เป็นส่วนหนึ่งของฟังก์ชันย่อยที่สนใจ และในส่วน

ของกลยุทธ์ฟัซซี่นั้นจะเห็นได้ว่าช่วงที่มีปริมาณทราฟฟิกน้อยจะให้ค่าเฉลี่ยสูงแต่หากปริมาณทราฟฟิกของระบบเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ค่าเฉลี่ยนั้นมีค่าลดลง

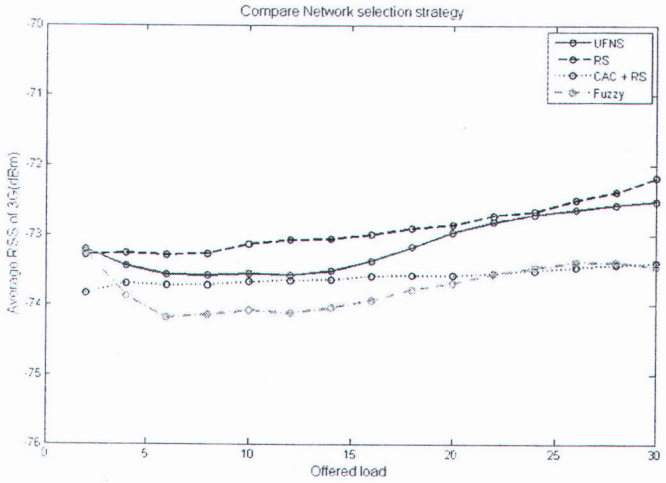


รูปที่ 4.18 ค่าเฉลี่ยของความแรงสัญญาณที่รับในโครงข่าย Wi-Fi โดยเปรียบเทียบกลยุทธ์การตัดสินใจเลือกโครงข่าย



รูปที่ 4.19 ค่าเฉลี่ยของความแรงสัญญาณที่รับในโครงข่าย WiMAX โดยเปรียบเทียบกลยุทธ์การตัดสินใจเลือกโครงข่าย

รูปที่ 4.19แสดงให้เห็นว่า ค่าเฉลี่ยของความแรงสัญญาณที่รับในโครงข่าย WiMAX นั้น กลยุทธ์ที่นำเสนอให้ค่าเฉลี่ยความแรงสัญญาณที่สูงกว่ากลยุทธ์อื่น เนื่องจากกลยุทธ์ที่นำเสนอนั้นได้มีการคำนึงถึงค่าความแรงของสัญญาณที่รับได้ เป็นส่วนหนึ่งของฟังก์ชันย่อยที่สนใจ



รูปที่ 4.20 ค่าเฉลี่ยของความแรงสัญญาณที่รับในโครงข่าย 3G โดยเปรียบเทียบกลยุทธ์การตัดสินใจเลือกโครงข่าย

แต่จากรูปที่ 4.20 นั้นแสดงให้เห็นว่าค่าเฉลี่ยของความแรงสัญญาณที่รับในโครงข่าย 3G นั้นในช่วงที่ปริมาณทราฟฟิกมีค่าน้อย ค่าเฉลี่ยจะสูงในกรณีที่ใช้กลยุทธ์ RS แต่ในช่วงที่ปริมาณทราฟฟิกมีค่ามากนั้น ค่าเฉลี่ยของกลยุทธ์ที่นำเสนอนั้นมีค่าใกล้เคียงกับกลยุทธ์ RS เนื่องจากการเข้าใช้งานในโครงข่าย 3G นั้นเป็นโครงข่ายที่ผู้ใช้บริการบางรายไม่มีเทคโนโลยีทางเลือก จึงเป็นเหตุให้ระบบต้องตัดสินใจเลือกใช้งานในโครงข่าย 3G ในกรณีที่เทคโนโลยี 3G ยังมีแบนด์วิดท์เหลืออยู่ ในขณะที่มีการเรียกใช้บริการจึงเป็นเหตุให้ค่าเฉลี่ยของความแรงสัญญาณที่รับในโครงข่าย 3G มีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก

4.5 สรุป

ผลจากการจำลองระบบในกรณีศึกษาต่างๆแสดงให้เห็นว่า

1. การกระจายตัวของผู้ใช้บริการนั้นมีผลกระทบต่อการตัดสินใจเลือกโครงข่ายเป็นอย่างมาก โดยจะเห็นได้ว่า หากการกระจายตัวของผู้ใช้บริการเกิดการกระจายตัวในส่วนของพื้นที่ที่มีเพียงเทคโนโลยีเดียวให้เชื่อมต่อนั้น มีผลทำให้ระบบเกิดความคับคั่งขึ้นได้ แต่หากผู้ใช้บริการมีการกระจายตัวอยู่ในพื้นที่ๆ มีหลายเทคโนโลยีนั้นระบบจะทำการตัดสินใจเลือกโครงข่ายที่เหมาะสมกับผู้ใช้บริการได้
2. ความสัมพันธ์ของค่าน้ำหนักถ่วงของแต่ละฟังก์ชันนั้น มีผลกระทบที่แตกต่างกัน ในส่วนของค่าน้ำหนักของฟังก์ชันการลดของแบนด์วิดท์ต่อรายของผู้ใช้บริการประเภทข้อมูลและฟังก์ชันฟังก์ชันความพอใจของบริการนั้นมีผลกระทบต่อค่าความน่าจะเป็นของการถูกปฏิเสธของการเข้าใช้บริการโดยรวม และในส่วนของน้ำหนักของฟังก์ชันความสัมพันธ์ของความแรงสัญญาณที่รับได้นั้นจะมีผลกระทบต่อค่าเฉลี่ยของความแรงสัญญาณที่ผู้ใช้บริการแต่ละรายได้รับในแต่ละโครงข่าย และสามารถทำการเลือกกำหนดค่าน้ำหนักของฟังก์ชันตามความต้องการของผู้ให้บริการได้ และควรคำนึงถึงความคุ้มค่าของการปรับปรุงค่าชี้วัดทางประสิทธิภาพของระบบเป็นสำคัญ แต่การกำหนดค่าน้ำหนักถ่วงของแต่ละฟังก์ชันสูงเกินไปนั้นจะส่งผลให้ค่าชี้วัดทางประสิทธิภาพของระบบที่สนใจมีค่าต่ำลง
3. จากกรณีการเปรียบเทียบกลยุทธ์ที่ถูกเสนอในงานวิจัยในอดีตนั้นแสดงให้เห็นว่า ขั้นตอนวิธีที่ได้นำเสนอในวิทยานิพนธ์นี้ สามารถนำไปใช้เป็นกลยุทธ์การตัดสินใจเลือกโครงข่ายในโครงข่ายไร้สายแบบวิวิธพันธุ์ ที่มีการให้บริการหลายบริการได้ ซึ่งการกำหนดค่าน้ำหนักถ่วงนั้นควรกำหนดให้มีความเหมาะสมกับค่าชี้วัดทางประสิทธิภาพที่ต้องการปรับปรุง โดยการกำหนดค่าน้ำหนักถ่วงฟังก์ชันใดฟังก์ชันหนึ่งมากเกินไปจะส่งผลให้ ค่าชี้วัดทางประสิทธิภาพที่ได้นั้นแย่กว่าการใช้กลยุทธ์ที่ถูกเสนอในงานวิจัยในอดีตได้

จากผลการทดลองทั้งหมดสามารถสรุปได้ว่า ขั้นตอนวิธีการตัดสินใจเลือกโครงข่ายที่เหมาะสมโดยระบบให้กับผู้ใช้บริการที่ทำการร้องขอเข้าใช้บริการในโครงข่ายไร้สายแบบวิวิธพันธุ์ ซึ่งมีการให้บริการที่หลากหลายนั้น สามารถช่วยในการตัดสินใจเลือกโครงข่ายที่เหมาะสมได้ และกลยุทธ์การตัดสินใจเลือกโครงข่ายนี้ยังเป็นประโยชน์กับงานวิจัยที่ต้องการนำไปขยายผลต่อใน

ส่วนของการปรับปรุงค่าชี้วัดทางประสิทธิภาพ ค่าอื่นนอกจากที่ค่าที่ทำการพิจารณาในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้