การควบคุมการเรียกโดยใช้ฟังก์ชันอรรถประโยชน์ในวิธีการเลือกเข้าใช้โครงข่ายสำหรับโครงข่ายไร้สายแบบวิวิธพันธุ์

นาย สัญญา จตุวงษ์วิวัฒน์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2553

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

UTILITY FUNCTION BASED CALL ADMISSION CONTROL FOR NETWORK SELECTION STRATEGY IN HETEROGENEOUS WIRELESS NETWORK

Mr. Sunya Jatuwongwiwat

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering Program in Electrical Engineering
Department of Electrical Engineering
Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Academic Year 2010
Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การควบคุมการเรียกโดยใช้ฟังก์ชันอรรถประโยชน์ในวิธีการเลือกเข้าใช้โครงข่ายสำหรับโครงข่ายไร้สายแบบวิวิธพันธุ์
โดย	นาย สัญญา จตุวงษ์วิวัฒน์
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชัยเชษฐ์ สายวิจิตร

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร. บุญสม เลิศหิรัญวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. วาทิต เบญจพลกุล)

.... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชัยเชษฐ์ สายวิจิตร)

.... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เชาวน์ดิศ อัศวกุล)

.... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(ดร. จตุพร ชินรุ่งเรือง)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สัญญา จตุวงษ์วิวัฒน์: การควบคุมการเรียกโดยใช้ฟังก์ชันอรรถประโยชน์ในวิธีการเลือกเข้าใช้โครงข่ายสำหรับโครงข่ายไร้สายแบบวิวิธพันธุ์. (UTILITY FUNCTION BASED CALL ADMISSION CONTROL FOR NETWORK SELECTION STRATEGY IN HETEROGENEOUS WIRELESS NETWORK) อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : ผศ. ดร. ชัยเชษฐ์ สายวิจิตร, 68 หน้า.

การพัฒนาของเทคโนโลยีการสื่อสารไร้สายในปัจจุบันก้าวหน้าไปอย่างรวดเร็ว อีกทั้งชนิดของบริการที่เพิ่มขึ้นยังส่งผลให้จำนวนของผู้ใช้บริการเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน ด้วยเหตุนี้ปัญหาความคับคั่งของระบบที่เกิดขึ้น จึงได้รับการแก้ไขโดยการนำเทคโนโลยีโครงข่ายหลากหลายเทคโนโลยีมารวมเข้าไว้ในระบบเดียวกัน ซึ่งเรียกว่าโครงข่ายการสื่อสารไร้สายแบบวิวิธพันธุ์ โดยจะมีอุปกรณ์สื่อสารไร้สายที่สามารถติดต่อผ่านโครงข่ายได้หลายประเภทในอุปกรณ์เดียว แต่ทั้งนี้หากผู้ใช้ยังคงเป็นผู้ที่สามารถเลือกโครงข่ายได้ด้วยตนเอง ปัญหาความคับคั่งของระบบก็ยังคงอยู่เช่นเดิม และส่งผลให้ระบบไม่สามารถรับรองคุณภาพของการให้บริการได้ วิทยานิพนธ์นี้จึงได้ทำการศึกษาปัญหาดังกล่าว และนำเสนอขั้นตอนวิธีการแก้ไขโดยใช้กลยุทธ์การเลือกโครงข่ายไร้สายแบบวิวิธพันธุ์ อันประกอบไปด้วย ขั้นตอนการควบคุมการอนุญาตการเรียก และฟังก์ชันอรรถประโยชน์สำหรับตัดสินใจเลือกโครงข่ายที่เหมาะสมโดยผู้ให้บริการ เพื่อทำการปรับปรุงค่าชี้วัดทางประสิทธิภาพของระบบ โดยระบบโครงข่ายการสื่อสารไร้สายแบบวิวิธพันธุ์ที่ทำการศึกษานั้น จะประกอบด้วยเทคโนโลยีเซลลูลาร์ Wi-Fi และ WiMAX รวมไปถึงการให้บริการหลายชนิด นอกจากนี้ยังมีการจำลองระบบเพื่อทดสอบความสามารถของขั้นตอนวิธีที่นำเสนอ ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 กรณี คือ การเปรียบเทียบการกระจายตัวของผู้ใช้บริการในรูปแบบต่างๆ ความสัมพันธ์ของน้ำหนักถ่วงของฟังก์ชันย่อยที่ใช้ในกลยุทธ์ และการเปรียบเทียบความแตกต่างในการเลือกใช้กลยุทธ์ ทั้งนี้ ผลวิเคราะห์จากการทดสอบระบบแสดงให้เห็นว่า ขั้นตอนวิธีที่นำเสนอนั้นสามารถช่วยปรับปรุงค่าชี้วัดทางประสิทธิภาพของระบบได้

ภาควิชา............วิศวกรรมไฟฟ้า............ลายมือชื่อนิสิต......สัญญา จตุวงษ์วิวัฒน์..........
สาขาวิชา..........วิศวกรรมไฟฟ้า........... ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก..................
ปีการศึกษา.....2553.............

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5170492021 : MAJOR ELECTRICAL ENGINEERING

KEYWORDS : NETWORK SELECTION / HETEROGENEOUS WIRELESS NETWORK / MULTI SERVICE / QUALITY OF SERVICE.

SUNYA JATUWONGWIWAT : UTILITY FUNCTION BASED CALL ADMISSION CONTROL FOR NETWORK SELECTION STRATEGY IN HETEROGENEOUS WIRELESS NETWORK. ADVISOR: ASST. PROF. CHAIYACHET SAIVICHIT, Ph.D. , 68 pp.

Nowadays, the development of wireless communication technology is rapidly evolved and increasing varieties of services also result in higher amount of users which subsequently causes network congestion. One scenario of providing such services to users is combining several types of network to one system that is called Heterogeneous Wireless Network, using multi-mode equipment which can connect through many technologies. However, if the users are allowed to select to connect to any networks by themselves, the congestion problem cannot be solved even we have already used those equipments. This circumstance affects the system in a way that it could not satisfy the guaranteed Quality of Service (QoS). Therefore, this thesis emphasized on this problem and proposed an algorithm by using network selection strategy which includes Call Admission Control (CAC) and Utility Function based Network Selection (UFNS) that were selected by the operator in order to improve system performance indices. In our study, the Heterogeneous Wireless Network, combining with cellular network, Wi-Fi, WiMAX, was considered to provide multi services and we created simulation system to test capability of the proposed algorithm. We considered three main issues; comparing types of user distribution, relationship of weighting in utility function and comparing our strategies with others.The result of this simulation showed us that the proposed algorithm can help improving various network performance indices.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Department : Electrical Engineering
Field of Study : Electrical Engineering
Academic Year : 2010

Student's Signature Sunya Jatuwongwiwat
Advisor's Signature [signature]

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงไปด้วยความช่วยเหลือที่ดี เป็นอย่างยิ่ง จากอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร. ชัยเชษฐ์ สายวิจิตร ซึ่งได้ให้ความรู้ ความเข้าใจ และคำแนะนำที่มีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งต่อผู้วิจัย อีกทั้งยังได้ให้ความช่วยเหลือตรวจทานงานวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ด้วยดี ผู้วิจัยจึงขอกราบขอบพระคุณ มา ณ ที่นี้

ขอขอบคุณกลุ่มวิจัยโครงข่าย (Network Research Group: NRG) ซึ่งดูแลโดย ผศ.ดร. เชาวน์ดิศ อัศวกุล และ ผศ.ดร.ชัยเชษฐ์ สายวิจิตร ที่กรุณาจัดกิจกรรมที่น่าสนใจ สำหรับช่วยพัฒนาความรู้ เพิ่มพูน ศักยภาพของผู้วิจัยให้มีความสามารถและทำงานอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น อีกทั้งยังให้การสนับสนุนในเรื่องของอุปกรณ์การวิจัยในห้องปฏิบัติการทางโทรคมนาคม

ขอขอบพระคุณรศ. ดร.วาทิต เบญจพลกุล ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ดร.จตุพร ชินรุ่งเรือง กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้สละเวลาตรวจสอบและให้คำแนะนำเพื่อให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณอาจารย์ภัทรชาติ โกมลกิติ และคุณพี่กลิกา สุขสมบูรณ์ เป็นอย่างสูง ในการให้ความ ช่วยเหลือ แนะนำ และให้ความคิดเห็นอันเป็นประโยชน์แก่วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ตลอดมา

ขอบคุณเพื่อน พี่ น้อง รวมถึงเจ้าหน้าที่บุคลากร ที่อยู่ในภาคไฟฟ้า สาขาโทรคมนาคมทุกท่าน ที่ได้ให้ความช่วยเหลือเป็นอย่างดีเสมอมา

ขอบคุณห้องปฏิบัติการโทรคมนาคม ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สำหรับอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ในการศึกษาและวิจัย

ขอขอบคุณโครงการ GE12 โรงงานนำร่องเพื่อพัฒนาเทคโนโลยีควบคุมอัจฉริยะสำหรับ Green society ที่ได้ให้การสนับสนุนด้านงบประมาณ ในระหว่างการทำงานวิจัย

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ที่ได้ให้กำลังใจ และดูแลผู้วิจัยเป็นอย่างดี รวมถึงยังมอบโอกาสให้ได้ศึกษาในระดับปริญญามหาบัณฑิต

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย .... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ... จ

กิตติกรรมประกาศ.. ฉ

สารบัญ .... ช

สารบัญตาราง.. ญ

สารบัญภาพ .... ฏ

บทที่ 1 บทนำ.. 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิทยานิพนธ์ 5

1.3 ขอบเขตงานวิจัย.. 5

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.. 6

1.5 ประมวลวิทยานิพนธ์.. 7

บทที่ 2 เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องและทฤษฎี 8

2.1 รายละเอียดของเทคโนโลยี 8

2.1.1 เทคโนโลยี 3G... 8

2.1.2 เทคโนโลยี Wi-Fi (Wireless Fidelity) 9

2.1.3 เทคโนโลยี WiMAX (Wireless Inter Operability for Microwave Access) 10

2.2 วิธีการวิเคราะห์ความน่าจะเป็นของการถูกปฏิเสธของการเข้าใช้บริการ.................. 12

2.3 ทฤษฎีการลดทอนของสัญญาณ (Attenuation) 12

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน้า

2.4 ทฤษฎีการควบคุมการอนุญาตการเรียกเข้าใช้งานระบบ (CAC) 13

2.5 ทฤษฎีที่ใช้ในการตัดสินใจเลือกโครงข่ายที่เหมาะสม (Network selection) 13

บทที่ 3 กลยุทธ์การเลือกโครงข่ายไร้สายแบบวิวิธพันธุ์โดยใช้การควบคุมการอนุญาตการเรียกและฟังก์ชันอรรถประโยชน์ 17

3.1 แบบจำลองที่นำเสนอ.. 17

3.2 ขั้นตอนวิธี(Algorithm) ที่นำเสนอ 18

3.2.1 ขั้นตอนการควบคุมการอนุญาตการเรียกที่นำเสนอ (Call Admission Control) 20

3.2.2 ฟังก์ชันอรรถประโยชน์สำหรับตัดสินใจเลือกโครงข่ายที่เหมาะสม (Utility Function based Network Selection: UFNS) 25

3.3 การคำนวณค่าชี้วัดทางประสิทธิภาพของระบบ 31

3.3.1 ความน่าจะเป็นของการถูกปฏิเสธของการเข้าใช้บริการโดยรวม 32

3.3.2 ค่าเฉลี่ยของความแรงสัญญาณที่รับในแต่ละโครงข่าย 32

3.4 สรุป.. 32

บทที่ 4 ผลการทดสอบ 34

4.1 การกำหนดค่าพารามิเตอร์และองค์ประกอบของระบบเพื่อจำลองระบบ (simulation setting) 34

4.1.1 การกำหนดโครงสร้างของระบบ.. 34

4.1.2 การกำหนดค่าของฟังก์ชันความพอใจของบริการ 36

4.2 การเปรียบเทียบการกระจายตัวของผู้ใช้บริการในรูปแบบต่างๆ 38

4.3 ความสัมพันธ์ของน้ำหนักถ่วงในแต่ละฟังก์ชัน 42

หน้า

4.3.1 การปรับเปลี่ยนค่าน้ำหนักของฟังก์ชันอัตราการลดของแบนด์วิดท์ต่อรายของผู้ใช้บริการประเภทข้อมูล (Wd) 42
4.3.2 การปรับเปลี่ยนค่าน้ำหนักของฟังก์ชันความสัมพันธ์ของความแรงสัญญาณที่รับได้ (Ws) 46
4.3.3 การปรับเปลี่ยนค่าน้ำหนักของฟังก์ชันความพอใจของบริการ (Wp) 49
4.4 การเปรียบเทียบความแตกต่างของการเลือกใช้กลยุทธ์ 52
4.5 สรุป 57
บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ 60
5.1 บทสรุป 60
5.2 ข้อเสนอแนะ 62
รายการอ้างอิง 65
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 68

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1: รายละเอียดเบื้องต้นของมาตรฐาน IEEE802.11x 10
ตารางที่ 2.2 : รายละเอียดเบื้องต้นของมาตรฐาน 802.16x 10
ตารางที่ 3.1 : ค่าความพอใจของบริการโดยเทียบแต่ละโครงข่าย 27
ตารางที่ 4.1 กำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆในแบบจำลอง 35
ตารางที่ 4.2 กำหนดค่าของฟังก์ชันความพอใจของบริการในกรณีผู้ใช้สามารถเข้าใช้งานได้ทั้งสามโครงข่าย 36
ตารางที่ 4.3 กำหนดค่าของฟังก์ชันความพอใจของบริการในกรณีผู้ใช้สามารถเข้าใช้โครงข่าย 3G และ Wi-Fi 37
ตารางที่ 4.4 กำหนดค่าของฟังก์ชันความพอใจของบริการในกรณีผู้ใช้สามารถเข้าใช้โครงข่าย 3G และ WiMAX 37
ตารางที่ 4.5 กำหนดค่าของฟังก์ชันความพอใจของบริการในกรณีผู้ใช้สามารถเข้าใช้โครงข่าย Wi-Fi และ WiMAX 38

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

หน้า

รูปที่ 3.1: แบบจำลองของเซลล์ที่นำเสนอ 17
รูปที่ 3.2 : ขั้นตอนวิธี (algorithm) ที่ใช้ในการเลือกระบบให้กับผู้ใช้บริการ............................. 19
รูปที่ 3.3 : ขั้นตอนการควบคุมการเรียกเข้าใช้งานของโครงข่าย 21
รูปที่ 4.1 ความน่าจะเป็นของการถูกปฏิเสธของการเข้าใช้บริการโดยรวม จากการเปรียบเทียบการกระจายตัวของผู้ใช้บริการ 39
รูปที่ 4.2 ค่าเฉลี่ยของความแรงสัญญาณที่รับในโครงข่าย Wi-Fi โดยเปรียบเทียบการกระจายตัวของผู้ใช้บริการ 40
รูปที่ 4.3 ค่าเฉลี่ยของความแรงสัญญาณที่รับในโครงข่าย WiMAX โดยเปรียบเทียบการกระจายตัวของผู้ใช้บริการ 41
รูปที่ 4.4 ค่าเฉลี่ยของความแรงสัญญาณที่รับในโครงข่าย 3G โดยเปรียบเทียบการกระจายตัวของผู้ใช้บริการ 41
รูปที่ 4.5 ความน่าจะเป็นของการถูกปฏิเสธของการเข้าใช้บริการโดยรวม โดยเปรียบเทียบการปรับเปลี่ยนค่าน้ำหนักของฟังก์ชันอัตราการลดของแบนด์วิดท์ต่อรายของผู้ใช้บริการประเภทข้อมูล 43
รูปที่ 4.6 ค่าเฉลี่ยของความแรงสัญญาณที่รับในโครงข่าย Wi-Fi โดยเปรียบเทียบการปรับเปลี่ยนค่าน้ำหนักของฟังก์ชันอัตราการลดของแบนด์วิดท์ต่อรายของผู้ใช้บริการประเภทข้อมูล 44
รูปที่ 4.7 ค่าเฉลี่ยของความแรงสัญญาณที่รับในโครงข่าย WiMAX โดยเปรียบเทียบการปรับเปลี่ยนค่าน้ำหนักของฟังก์ชันอัตราการลดของแบนด์วิดท์ต่อรายของผู้ใช้บริการประเภทข้อมูล 44
รูปที่ 4.8 ค่าเฉลี่ยของความแรงสัญญาณที่รับในโครงข่าย 3G โดยเปรียบเทียบการปรับเปลี่ยนค่าน้ำหนักของฟังก์ชันอัตราการลดของแบนด์วิดท์ต่อรายของผู้ใช้บริการประเภทข้อมูล 45

หน้า

รูปที่ 4.9 ความน่าจะเป็นของการถูกปฏิเสธของการเข้าใช้บริการโดยรวม โดยเปรียบเทียบการปรับเปลี่ยนค่าน้ำหนักของฟังก์ชันความสัมพันธ์ของความแรงสัญญาณที่รับได้....................... 46

รูปที่ 4.10 ค่าเฉลี่ยของความแรงสัญญาณที่รับในโครงข่าย Wi-Fi โดยเปรียบเทียบการปรับเปลี่ยนค่าน้ำหนักของฟังก์ชันความสัมพันธ์ของความแรงสัญญาณที่รับได้ 47

รูปที่ 4.11 ค่าเฉลี่ยของความแรงสัญญาณที่รับในโครงข่าย WiMAX โดยเปรียบเทียบการปรับเปลี่ยนค่าน้ำหนักของฟังก์ชันความสัมพันธ์ของความแรงสัญญาณที่รับได้....................... 48

รูปที่ 4.12 ค่าเฉลี่ยของความแรงสัญญาณที่รับในโครงข่าย 3G โดยเปรียบเทียบการปรับเปลี่ยนค่าน้ำหนักของฟังก์ชันความสัมพันธ์ของความแรงสัญญาณที่รับได้ 48

รูปที่ 4.13 ความน่าจะเป็นของการถูกปฏิเสธของการเข้าใช้บริการโดยรวม โดยเปรียบเทียบการปรับเปลี่ยนค่าน้ำหนักของฟังก์ชันความพอใจของบริการ... 49

รูปที่ 4.14 ค่าเฉลี่ยของความแรงสัญญาณที่รับในโครงข่าย Wi-Fi โดยเปรียบเทียบการปรับเปลี่ยนค่าน้ำหนักของฟังก์ชันความพอใจของบริการ.. 50

รูปที่ 4.15 ค่าเฉลี่ยของความแรงสัญญาณที่รับในโครงข่าย WiMAX โดยเปรียบเทียบการปรับเปลี่ยนค่าน้ำหนักของฟังก์ชันความพอใจของบริการ... 51

รูปที่ 4.16 ค่าเฉลี่ยของความแรงสัญญาณที่รับในโครงข่าย 3G โดยเปรียบเทียบการปรับเปลี่ยนค่าน้ำหนักของฟังก์ชันความพอใจของบริการ... 51

รูปที่ 4.17 ความน่าจะเป็นของการถูกปฏิเสธของการเข้าใช้บริการโดยรวม โดยเปรียบเทียบกลยุทธ์การตัดสินใจเลือกโครงข่าย.. 55

รูปที่ 4.18 ค่าเฉลี่ยของความแรงสัญญาณที่รับในโครงข่าย Wi-Fi โดยเปรียบเทียบกลยุทธ์การตัดสินใจเลือกโครงข่าย 56

รูปที่ 4.19 ค่าเฉลี่ยของความแรงสัญญาณที่รับในโครงข่าย WiMAX โดยเปรียบเทียบกลยุทธ์การตัดสินใจเลือกโครงข่าย 56

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน้า

รูปที่ 4.20 ค่าเฉลี่ยของความแรงสัญญาณที่รับในโครงข่าย 3G โดยเปรียบเทียบกลยุทธ์การตัดสินใจเลือกโครงข่าย 57

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันโครงข่ายเทคโนโลยีสื่อสารแบบไร้สายนั้น ได้เข้ามามีบทบาทสำคัญในชีวิตประจำวัน ซึ่งมีเหตุมาจากความสะดวกสบายในการใช้บริการ เทคโนโลยีสื่อสารแบบไร้สายได้มีการพัฒนาไปอย่างต่อเนื่องหลากหลายเทคโนโลยี อาทิเช่น เซลลูลาร์ (Cellular), IEEE 802.11 (Wi-Fi), ไวแม็กซ์ (WiMAX) เป็นต้น อย่างไรก็ตามเทคโนโลยีสื่อสารแต่ละชนิดก็มีข้อดีข้อเสียแตกต่างกันไป ซึ่งการใช้งานแต่ละเทคโนโลยีล้วนมีความแตกต่างกันในเรื่องของการรองรับบริการชนิดต่างๆ ระยะครอบคลุมการให้บริการ และความเร็วในการส่งประเภทข้อมูล อีกทั้งยังมีปัญหาเรื่อง ข้อจำกัดทางด้านความจุ (capacity) ของระบบที่มีอยู่จำกัด จึงเป็นเหตุให้เกิดแนวคิดที่จะนำโครงข่ายการสื่อสารไร้สายแบบวิวิธพันธุ์ (heterogeneous wireless network) มาใช้งานร่วมกันเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบ ผ่านอุปกรณ์สื่อสารไร้สายที่สามารถติดต่อผ่านระบบได้หลายระบบในอุปกรณ์เดียว (multi-mode equipment) ซึ่งแนวคิดนี้จะสามารถลดปัญหาการรองรับบริการชนิดต่างๆ เพิ่มระยะครอบคลุมการให้บริการ ความเร็วในการส่งข้อมูล และยังสามารถเพิ่มความจุรวมของระบบให้มากขึ้น

การที่อุปกรณ์มีสามารถติดต่อผ่านระบบได้หลายระบบในอุปกรณ์เดียวอาจส่งผลให้เกิดปัญหาขึ้นเนื่องจากผู้ใช้บริการส่วนใหญ่ทำการเลือกใช้ระบบใดๆเพียงชนิดเดียว ทำให้ระบบเกิดความคับคั่งของการเข้าใช้งาน (congestion) และเมื่อมีการเรียกที่ถูกปฏิเสธของระบบ (blocking) เพิ่มขึ้น จะทำให้ระบบไม่สามารถรับรองคุณภาพของการให้บริการ (quality of service, QoS) ได้ จึงมีการเสนอระบบการตัดสินใจเลือกโครงข่าย (network selection) ขึ้น ซึ่งการเลือกเข้าใช้บริการในระบบนั้นนอกจากจะทำให้ผู้ให้บริการสามารถจัดสรรทรัพยากรได้เหมาะสมแล้วสามารถเพิ่ม

จำนวนการรองรับผู้ใช้บริการ ซึ่งส่งผลให้ความน่าจะเป็นของการเรียกที่ถูกปฏิเสธของระบบ (blocking probability) ลดลง

การตัดสินใจเลือกโครงข่าย (network selection) ในงานวิจัยผ่านมานั้น ได้ถูกเสนอขึ้นโดยมีจุดประสงค์ที่จะเลือกให้บริการในโครงข่ายที่เหมาะสมกับผู้ใช้บริการที่มีความต้องการขอใช้บริการกับระบบซึ่งคำนึงถึงตัวชี้วัดต่างๆกัน ใน [1] ได้เสนอวิธีการคัดเลือกโครงข่ายที่เหมาะสมโดยพิจารณาจาก ค่าอรรถประโยชน์ (utility value) ที่มากที่สุดที่คำนวณจาก อัตราการส่งข้อมูล (data rate) เวลาประวิงในการส่งข้อมูล (delay), อัตราความผิดพลาดในการส่งแพ็กเก็ต (packet error rate) และความสามารถในการเคลื่อนที่ (mobility) ในโครงข่ายไร้สายแบบวิวิธพันธุ์ที่มีการให้บริการหลายประเภท ซึ่งใน [1] นั้นยังขาดในส่วนของการพิจารณาในด้านของการปรับปรุงประสิทธิภาพของโครงข่ายที่ใช้งาน

ใน [2] ได้นำฟังก์ชันอรรถประโยชน์ที่ใช้ในเศรษฐศาสตร์หลายรูปแบบมาเพื่อวิเคราะห์หารูปแบบที่เหมาะสมที่สุด เพื่อจะนำมาใช้ในการตัดสินใจเลือกโครงข่าย โดยได้นำเสนอในรูปแบบของฟังก์ชันอรรถประโยชน์ที่พิจารณาหลายเกณฑ์ (multi-criterion utility function) แล้วทำการตัดสินใจเลือกโครงข่ายจากโครงข่ายที่มีค่าอรรถประโยชน์ที่สูงที่สุด โดยพิจารณาจากค่าแบนด์วิดท์ที่จัดสรรให้ (allocated bandwidth) กับราคาของบริการ ในงานวิจัยนี้ยังขาดการพิจารณาในด้านของประสิทธิภาพของโครงข่ายที่ใช้งาน

ใน [3] ได้พิจารณาจากค่า SINR (Signal to interference plus noise ratio) เพื่อหาค่าแบนด์วิดท์ที่ให้บริการได้ซึ่งจะพิจารณาถึงความสามารถในการรองรับระบบว่าเหมาะสมหรือไม่โดยพิจารณาในรูปแบบของฟังก์ชันค่าใช้จ่าย (cost function) แล้วทำการเลือกโครงข่ายที่มีค่า Cost มากที่สุดในการตัดสินใจเลือกโครงข่ายที่เหมาะสมโดยในงานวิจัยนี้ยังขาดการพิจารณาในส่วนของความจุซึ่งเป็นสิ่งสำคัญในการพิจารณาการเข้าใช้งานของโครงข่ายไร้สายแบบวิวิธพันธุ์

ใน [4] ได้พิจารณาถึง วิธีการตัดสินใจเลือกโครงข่ายที่เหมาะสมโดยพิจารณาจากฟังก์ชันค่าใช้จ่ายซึ่งจะพิจารณาถึง แบนด์วิดท์ที่เหลืออยู่ (available bandwidth) และค่าความแรงของสัญญาณที่รับได้ (received signal strength) และได้ทำการวิเคราะห์ระบบโดยใช้แบบจำลอง

มาร์คอฟ(Markov Model) เพื่อวิเคราะห์หาค่าความน่าจะเป็นของการเรียกที่ถูกปฏิเสธของระบบ (blocking probability) และยังพิจารณาถึงข้อแลกเปลี่ยนระหว่างค่าของความน่าจะเป็นของการเรียกที่ถูกปฏิเสธของระบบและค่าเฉลี่ยของความแรงสัญญาณที่วัดได้ โดยงานวิจัยนี้จะยังขาดการพิจารณาในส่วนของการให้บริการหลายชนิด (multi service) และฟังก์ชั่นอรรถประโยชน์ที่กล่าวมาข้างต้นนั้นยังขาดการอธิบายถึงที่มาของค่าของน้ำหนักที่ถ่วง (weighting) ในแต่ละเกณฑ์ที่พิจารณาอีกด้วย

ใน [5] ได้เสนอการใช้ฟังก์ชันอรรถประโยชน์สำหรับการจัดสรรแบนด์วิดท์สำหรับโครงข่ายที่ให้บริการหลายชนิด และได้เสนอการจัดสรรแบนด์วิดท์อย่างยุติธรรม (fair bandwidth allocation) สำหรับทุกบริการในทุกๆโครงข่ายแต่จะไม่ได้พิจารณาถึงความเหมาะสมในการเข้าใช้งานในแต่ละโครงข่าย

ใน [6] ได้มีการเสนอขั้นตอนการตัดสินใจเลือกเข้าใช้งานโครงข่ายและใช้ฟังก์ชันค่าใช้จ่ายในการตัดสินใจเลือกโครงข่ายที่เหมาะสม โดยจะวิเคราะห์จากหลายองค์ประกอบ เช่น ความชอบของผู้ใช้บริการ (user preference) เช่น ค่าใช้จ่ายชั่วขณะ (momentary cost) การใช้พลังงาน (power consumption) ระดับของความปลอดภัย เป็นต้นแล้วในแต่ละองค์ประกอบนั้นจะมีการพิจารณาถึงค่าของน้ำหนักถ่วงที่มีการเปลี่ยนแปลง (dynamic weighting) โดยตัดสินใจเลือกโครงข่ายที่ให้ค่าใช้จ่าย (cost value) น้อยที่สุด แต่ในงานวิจัยชิ้นนี้เพียงจำลองการเปลี่ยนแปลงในกรณีของผู้ใช้งาน 1 ราย ในหลากหลายสถานการณ์ จึงเป็นเหตุให้ขาดการพิจารณาในส่วนของประสิทธิภาพของระบบ

ในส่วนของ [7] ได้เสนอถึงการตัดสินใจเลือกโครงข่ายโดยนำฟังก์ชันอรรถประโยชน์มาใช้คำนวณค่าขององค์ประกอบต่างๆ และทำการตัดสินใจเลือกเข้าใช้โดยพิจารณาจากหลายองค์ประกอบ (Multiple Criteria Network Selection) ซึ่งใช้วิธี AHP (Analysis Hierarchy Process) ซึ่งใช้ในการเปรียบเทียบและวิเคราะห์ข้อมูลองค์ประกอบต่างๆ เช่น คุณภาพของบริการ (QoS), สถานะของโครงข่าย, ความพอใจของผู้ใช้บริการ เป็นต้น มาใช้ในการคำนวณและเรียงลำดับ (Ranking) เพื่อจะเลือกโครงข่ายลำดับแรกที่มีความเหมาะสมที่สุด ใน [8] และ [9] ได้

ใช้เสนอวิธีการตัดสินใจจากหลายองค์ประกอบโดยใช้วิธี TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) ซึ่งจะทำการเลือกค่าที่มีความใกล้เคียงกับค่าในอุดมคติที่สุด โดยจะพิจารณาจากองค์ประกอบต่างๆแล้วนำมาจัดเรียงลำดับของแต่ละโครงข่าย จากนั้นจึงทำการตัดสินใจเลือกโครงข่ายที่ดีที่สุด โดยงานวิจัยทั้ง 3 งานนี้ได้ทำการหาค่าน้ำหนักที่ใช้ถ่วงของแต่ละองค์ประกอบโดยใช้วิธีพิจารณาที่แตกต่างกัน ซึ่งสามารถปรับหาค่าน้ำหนักถ่วงที่เหมาะสมของแต่ละองค์ประกอบได้ โดยใน [7], [8] และ [9] นั้นจะสนใจในส่วนของความพอใจของผู้ใช้บริการเท่านั้น แต่ไม่ได้คำนึงถึงมุมมองของผู้ให้บริการ

ในงานวิจัยที่ [2] ถึง [9] นั้นเป็นงานวิจัยที่พิจารณาโครงข่ายไร้สายแบบวิวิธพันธุ์ที่ให้บริการเพียงประเภทเดียวเท่านั้น จึงเป็นเหตุให้ในงานวิทยานิพนธ์นี้ได้ทำการศึกษาถึงการเพิ่มประเภทของบริการโดยจะพิจารณาในส่วนของระบบที่ให้บริการประเภทเสียงและบริการประเภทข้อมูลร่วมกัน ซึ่งทำให้ระบบที่นำเสนอนั้นมีความใกล้เคียงกับการใช้งานจริงมากขึ้น และงานวิจัย [1], [2], [6] – [9] นั้นไม่ได้ทำการพิจารณาถึงการปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบซึ่งเป็นส่วนที่สำคัญที่ควรจะพิจารณาสำหรับมุมมองของผู้ให้บริการระบบจึงเป็นเหตุให้ในงานวิทยานิพนธ์นี้ได้ทำการพิจารณาเพิ่มเติมถึงการปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบด้วย

จากงานวิจัยในอดีตที่กล่าวมาข้างต้นนั้นไม่ได้ทำการพิจารณาถึงประเภทของบริการที่มีความเหมาะสมกับประเภทของเทคโนโลยีโครงข่าย ซึ่งการใช้ประเภทของบริการที่เหมาะสมกับโครงข่ายนั้น ผู้ใช้บริการจะได้รับการรับรองคุณภาพของบริการ จึงเป็นมุมมองที่ควรจะนำมาพิจารณาด้วย

เนื่องจากโครงข่ายไร้สายแบบวิวิธพันธุ์ ที่ให้บริการทั้งประเภทเสียงและประเภทข้อมูล นั้นมีข้อจำกัดทางด้านความจุของเทคโนโลยีโครงข่าย ความแรงของสัญญาณที่รับได้ และความเหมาะสมของเทคโนโลยีโครงข่ายต่อประเภทของบริการ จึงเป็นที่มาของการเสนอกลยุทธ์การควบคุมการเรียกโดยใช้ฟังก์ชั่นอรรถประโยชน์ในการเลือกเข้าใช้โครงข่ายที่เหมาะสมโดยพิจารณาจากพารามิเตอร์ความจุของเทคโนโลยีโครงข่าย ความแรงของสัญญาณที่รับได้ และความเหมาะสมของเทคโนโลยีโครงข่ายต่อประเภทของบริการ โดยผู้ให้บริการจะตัดสินใจเลือกโครงข่าย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ที่เหมาะสมให้กับผู้ใช้บริการ ส่งผลให้ผู้ให้บริการสามารถควบคุมประสิทธิภาพของโครงข่าย และยังสามารถรับรองคุณภาพในการบริการให้กับผู้ใช้บริการได้ด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิทยานิพนธ์

เพื่อพัฒนาฟังก์ชันอรรถประโยชน์ที่เหมาะสมสำหรับการควบคุมการอนุญาตการเรียก (call admission control, CAC) ในกลยุทธ์การเลือกโครงข่ายไร้สายแบบวิวิธพันธุ์เพื่อปรับปรุงค่าชี้วัดทางประสิทธิภาพของระบบ ซึ่งประกอบด้วยการลดค่าความน่าจะเป็นของการถูกปฏิเสธของการเข้าใช้บริการโดยรวม (overall blocking probability) และเพิ่มค่าความแรงสัญญาณเฉลี่ยที่ผู้ใช้บริการแต่ละรายได้รับในแต่ละโครงข่าย (average receive signal strength per user in each network) สำหรับการขอเข้าใช้งานโครงข่ายไร้สายแบบวิวิธพันธุ์(heterogeneous wireless network) ซึ่งประกอบด้วยระบบ 3G เซลลูลาร์, Wi-Fi (IEEE 802.11x) และ WiMAX (IEEE 802.16x) ที่ให้บริการหลายชนิด

1.3 ขอบเขตงานวิจัย

1. พิจารณาโครงข่ายไร้สายแบบวิวิธพันธุ์ที่มีโครงข่ายสามชนิดในระบบ คือ 3G cellular, Wi-Fiและ WiMAX โดยในส่วนของ cell นั้นจะประกอบด้วยพื้นที่ที่แบ่งออกเป็น 3 ประเภท ซึ่งแยกตามประเภทของเทคโนโลยีที่ให้บริการ โดยกำหนดให้ผู้ใช้บริการทุกรายใช้อุปกรณ์สื่อสารไร้สายที่สามารถติดต่อผ่านระบบได้หลายระบบในอุปกรณ์เดียว และพิจารณาเฉพาะการเรียกเข้าใช้งานใหม่ที่เกิดขึ้นในระบบโดยไม่ได้คำนึงถึงการเคลื่อนที่ของผู้ใช้บริการภายใน cell และการเปลี่ยนโครงข่ายขณะใช้งานของผู้ใช้บริการ
2. พิจารณาการขอเข้าใช้บริการที่แตกต่างกันโดยจะแบ่งออกเป็นบริการ สองชนิดคือ การเรียกใช้บริการประเภทเสียง (voice call) และการเรียกใช้บริการประเภทข้อมูล (data call)
3. นำเสนอกระบวนการควบคุมการเรียกเข้าใช้งานของระบบเมื่อเกิดการร้องขอเข้าใช้งานในระบบและเมื่อผู้ขอใช้บริการอยู่ในพื้นที่ที่สามารถเข้าใช้งานได้หลายเทคโนโลยี โดยผู้ให้บริการจะเป็นผู้ดำเนินการพิจารณากระบวนการตัดสินใจเลือกเทคโนโลยีโครงข่ายที่เหมาะสมให้กับผู้ใช้บริการ โดยพิจารณาจากองค์ประกอบต่างๆ ซึ่งประกอบด้วยฟังก์ชัน

อัตราการลดของแบนด์วิดท์ต่อรายของผู้ใช้บริการประเภทข้อมูล ฟังก์ชันความสัมพันธ์ของความแรงสัญญาณที่รับได้ และฟังก์ชันความพอใจของบริการ ซึ่งผู้ใช้บริการจะไม่สามารถเลือกเทคโนโลยีโครงข่ายเองได้

4. ประเมินคุณภาพของระบบโดยคำนวณค่าความน่าจะเป็นของการปฏิเสธการร้องขอจากระบบและค่าความแรงสัญญาณเฉลี่ยที่ผู้ใช้บริการแต่ละรายได้รับในแต่ละโครงข่าย โดยพิจารณาจากการเปลี่ยนแปลงของอัตราการส่งข้อมูลที่ให้แก่ผู้ใช้บริการประเภทข้อมูลและการรับรองอัตราการส่งข้อมูลที่ให้แก่ผู้ใช้บริการ
5. พิจารณาถึงผลกระทบต่อการกำหนดน้ำหนักที่ถ่วงในแต่ละองค์ประกอบ ซึ่งทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของวิธีการตัดสินใจเลือกโครงข่าย และมีผลให้ค่าตัวชี้วัดทางประสิทธิภาพของระบบ คือ ค่าความน่าจะเป็นของการปฏิเสธการร้องขอจากระบบและค่าเฉลี่ยของความแรงสัญญาณที่ผู้ใช้บริการแต่ละรายได้รับในแต่ละโครงข่าย นั้นให้ผลการปรับปรุงที่แตกต่างกัน
6. ทำการทดลองระบบที่นำเสนอด้วยโปรแกรมจำลองระบบโดยใช้ขั้นตอนวิธี (algorithm) ที่นำเสนอเปรียบเทียบกับงานวิจัยในอดีต โดยทำการเปรียบเทียบค่าชี้วัดทางประสิทธิภาพของโครงข่าย และวิเคราะห์ถึงผลกระทบของการกำหนดค่าน้ำหนักถ่วงที่ใช้ในแต่ละองค์ประกอบซึ่งส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าชี้วัดทางประสิทธิภาพของโครงข่าย

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

แนวทางวิทยานิพนธ์ที่นำเสนอนี้สามารถนำขั้นตอนวิธี (algorithm) ที่นำเสนอมาใช้งานในการควบคุมและตัดสินใจเลือกโครงข่ายที่เหมาะสมกับผู้ใช้บริการ โดยสามารถปรับปรุงค่าประสิทธิภาพของระบบ ซึ่งประกอบด้วยการลดค่าความน่าจะเป็นของการถูกปฏิเสธของการเข้าใช้บริการโดยรวมของระบบ และการเพิ่มค่าเฉลี่ยของความแรงสัญญาณที่ผู้ใช้บริการแต่ละรายได้รับในแต่ละโครงข่าย แล้วยังสามารถหาผลกระทบของการกำหนดค่าน้ำหนักถ่วงในแต่ละฟังก์ชัน ซึ่งส่งผลให้เกิดการปรับปรุงค่าประสิทธิภาพของระบบ ในแบบจำลองของเซลล์โครงข่าย (network cell) ที่นำเสนอ

1.5 ประมวลวิทยานิพนธ์

บทที่ 1 บทนำ: งานวิจัยในอดีตที่เกี่ยวข้องกับการตัดสินใจเลือกเชื่อมต่อเทคโนโลยีสื่อสารไร้สายในโครงข่ายไร้สายแบบวิวิธพันธุ์ ปัญหาที่เกิดขึ้นจากงานวิจัยในอดีต พร้อมทั้งเสนอกลยุทธ์กลยุทธ์ควบคุมการเข้าใช้งานและตัดสินใจเลือกเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับผู้ใช้บริการในโครงข่ายไร้สายแบบวิวิธพันธุ์ ที่ให้บริการหลายชนิด

บทที่ 2 เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องและทฤษฎี: กล่าวถึงคุณลักษณะของเทคโนโลยีสื่อสารไร้สายที่เกี่ยวข้อง ประกอบด้วยระบบ 3G เซลลูลาร์, Wi-Fi (IEEE 802.11x) และ WiMAX (IEEE 802.16x) พร้อมทั้งกล่าวถึงขั้นตอนวิธี (algorithm) ที่ประกอบด้วยการควบคุมการอนุญาตการเรียกและฟังก์ชันอรรถประโยชน์ แล้วยังกล่าวถึงวิธีการคำนวณค่าชี้วัดทางประสิทธิภาพของโครงข่ายด้วยพารามิเตอร์ต่างๆ

บทที่ 3 กลยุทธ์การเลือกโครงข่ายไร้สายแบบวิวิธพันธุ์โดยใช้การควบคุมการอนุญาตการเรียกและฟังก์ชันอรรถประโยชน์: กล่าวถึงขั้นตอนการทำงานของขั้นตอนวิธี (Algorithm) ที่ประกอบด้วยการควบคุมการอนุญาตการเรียกที่ตัดสินการเข้าใช้งานและฟังก์ชันอรรถประโยชน์ที่ใช้สำหรับการเลือกเทคโนโลยีที่เหมาะสม

บทที่ 4 ผลการทดลอง: แสดงผลการทดสอบโครงข่ายวิวิธพันธุ์ที่ใช้กลยุทธ์การเลือกโครงข่ายไร้สายแบบวิวิธพันธุ์โดยใช้การควบคุมการอนุญาตการเรียกและฟังก์ชันอรรถประโยชน์

บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ: สรุปงานวิจัยทั้งหมดในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้และเสนอแนวทางพัฒนางานวิจัยในอนาคต

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องและทฤษฎี

2.1 รายละเอียดของเทคโนโลยี

เทคโนโลยีโครงข่ายนั้น แต่ละชนิดนั้นมีความสามารถที่แตกต่างกันไป ซึ่งแต่ละเทคโนโลยีจะสะท้อนให้เห็นจุดเด่นและจุดด้อยที่ต่างกัน ในส่วนนี้จะแสดงถึงรายละเอียดของเทคโนโลยีต่างๆ ในวิทยานิพนธ์

2.1.1 เทคโนโลยี 3G

โครงข่าย 3G คือ โครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่มีการพัฒนามาถึงยุคที่ 3 (third generation) ซึ่งความสามารถหลักที่เพิ่มขึ้นจากโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ในยุคที่ผ่านมา ก็คือ การพัฒนาอัตราการส่งข้อมูลได้สูงขึ้นจนถึงในระดับบรอดแบนด์ (broadband) มีผลทำให้สามารถให้บริการสื่อประสม (multimedia) ผ่านทางโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ได้ ความเร็วของการส่งข้อมูลที่สามารถให้บริการได้ตามมาตรฐาน IMT-2000 คือ 384 Kbps ในขณะที่ผู้ใช้อยู่ในสภาวะการเคลื่อนที่ สามารถส่งได้เร็วถึง 2 Mbps ในขณะที่ผู้ใช้อยู่ในสถานะที่ไม่เคลื่อนที่ และรับรองความเร็วขั้นต่ำในการส่งข้อมูลที่ 144 Kbps ในทุกสภาวะ ซึ่งในปัจจุบันโครงข่าย 3G ได้มีการแบ่งออกเป็น 3 มาตรฐาน คือ [10]

1. WCDMA พัฒนามาจากระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่จีเอสเอ็ม (global system for mobile communications: GSM) และ ทีดีเอ็มเอ (time division multiple access: TDMA) ซึ่งทำให้ขยายแถบช่องสัญญาณได้ มากและกว้างขึ้น

2. CDMA 2000 ปัจจุบันพัฒนาไปถึงระบบ 1x EV-DO เป็นเทคโนโลยีที่มีจุดเด่นทางด้านการส่งข้อมูลความเร็วสูงครอบคลุมพื้นที่กว้าง 1xEV-DO เป็นระบบเดียวกับซีดีเอ็มเอ (code division multiple access: CDMA) ที่ได้รับการยอมรับจาก สมาพันธ์โทรคมนาคมระหว่าง

ประเทศ (ITU) ให้เป็นเทคโนโลยีที่ได้มาตรฐานการสื่อสารไร้สายยุค3G ข้อดีของระบบนี้คือการใช้งานที่สะดวก ง่ายต่อการติดต่อและสามารถเชื่อมต่อได้หลายรูปแบบทั้ง โทรศัพท์มือถือ เครื่องช่วยงานส่วนบุคคลแบบดิจิทัล (personal digital assistant : PDA) โดยสามารถต่อแบบไร้สายได้

3. TD-SCDMA (Time Division-Synchronous Code Division Multiple Access) เป็นเครือข่ายซีดีเอ็มเออีกประเภทที่ถูกนำมาใช้เป็นระบบ 3G ที่ได้รับการรับรองโดยสมาพันธ์โทรคมนาคมระหว่างประเทศ

ต่อมาได้มีการพัฒนาโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่อย่างต่อเนื่อง มีผลทำให้เกิดมาตรฐานที่ทำการพัฒนาโครงข่าง 3G ออกมาเป็นมาตรฐานใหม่ที่เรียกว่า HSPA(High Speed Packet Access) ซึ่งจะแบ่งออกเป็น ฝั่งขาลง(Downlink) และขาขึ้น(Uplink) ซึ่งจะมีชื่อเรียกที่ต่างกัน คือ HSDPA(High Speed Downlink Packet Access) และ HSUPA(High Speed Uplink Packet Access) ซึ่งจะมีความเร็วในการส่งข้อมูลตามมาตรฐาน คือ 14.4 Mbps สำหรับขาลง กับ 384 Kbps สำหรับขาขึ้น และ 14.4 Mbps สำหรับขาลง กับ 5.84 Mbps สำหรับขาขึ้น เรียงตามลำดับ [12]

2.1.2 **เทคโนโลยี** Wi-Fi (Wireless Fidelity)

Wi-Fi คือ องค์กรที่ทำการทดสอบผลิตภัณฑ์โครงข่ายท้องถิ่นไร้สาย (Wireless Local Area Networks: WLAN) ด้วยเทคโนโลยีการสื่อสารภายใต้มาตรฐาน IEEE802.11x ซึ่งอุปกรณ์ทุกตัวนั้นสามารถติดต่อสื่อสารกันได้โดยไม่ประสบปัญหา หากอุปกรณ์นั้นผ่านตามเกณฑ์มาตรฐานก็จะมีการประทับตรา Wi-Fi Certified ซึ่งหมายความว่า อุปกรณ์ตัวนี้สามารถเชื่อมต่อแบบไร้สายกับ อุปกรณ์อื่นที่มีตรา Wi-Fi Certified ได้ แล้วจึงกลายมาเป็นคำศัพท์ของอุปกรณ์โครงข่ายเฉพาะที่แบบไร้สาย

ปัจจุบันเทคโนโลยี Wi-Fi นั้นได้มีการพัฒนาภายใต้มาตรฐาน IEEE802.11x อย่างต่อเนื่องดังตารางที่ 2.1ซึ่งแสดงถึงรายละเอียดเบื้องต้นของมาตรฐานที่มีการใช้อย่างแพร่หลาย [10], [11]

ตารางที่ 2.1: รายละเอียดเบื้องต้นของมาตรฐาน IEEE802.11x

Series No.	802.11	802.11b	802.11a	802.11g	802.11n
Frequency	2.4 GHz	2.4 GHz	5 GHz	2.4 GHz	2.4/5 GHz
Maximum Rate	2 Mbps	11 Mbps	54 Mbps	54 Mbps	150 Mbps
Modulation	FHSS	DSSS	OFDM	DSSS-OFDM	OFDM
Distance	100 m	100 m	80 m	150 m	250 m

2.1.3 **เทคโนโลยี** WiMAX (Wireless Inter Operability for Microwave Access)

WiMAX คือ เทคโนโลยีบรอดแบนด์ไร้สายความเร็วสูง ได้รับการพัฒนาขึ้นภายใต้มาตรฐาน IEEE 802.16x โดยเทคโนโลยี WiMAX นั้นจะเป็น WMAN (Wireless Metropolitan Access Network) ซึ่งจะเป็นโครงข่ายที่มีพื้นที่ครอบคลุมกว้างกว่าแลนไร้สาย โดยในปัจจุบันโครงข่าย WiMAX ได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ดังตารางที่ 2.2ที่แสดงถึงรายละเอียดเบื้องต้นของมาตรฐาน 802.16x [10], [11]

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.2 : รายละเอียดเบื้องต้นของมาตรฐาน 802.16x

Series No.	802.16	802.16a	802.16d	802.16e
Coverage	Up to 8Km	Up to 50Km	Up to 40Km	1-5 Km
Environment	LOS	LOS	NLOS	NLOS
Frequency	10-66GHz	2-11GHz	2-66GHz	2-6GHz
	Licensed	(un)Licensed	(un)Licensed	(un)Licensed

Application	FBWA	FBWA	FBWA	FBWA +Mobility
Bandwidth	1.5-20Mhz	1.5-20Mhz	1.5-20Mhz	1.5-5Mhz (Subch.)
Modulation	QPSK 16QAM	OFDM,QPSK	OFDM,QPSK	OFDM,QPSK
	64QAM	16QAM, 64QAM	16QAM, 64QAM	16QAM, 64QAM
Spectrum Usage	<4.8bps/Hz	3.75bps/Hz	3.75bps/Hz	3bps/Hz
Bit Rate	<134Mbps	<75Mbps	<75Mbps	<15Mbps
	(20Mhz Ch)	(20Mhz Ch)	(20Mhz Ch)	(5Mhz Ch)

จากข้อมูลด้านบนจะเห็นได้ว่าเทคโนโลยีนี้สามารถตอบสนองความต้องการ ของการเชื่อมต่อเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ให้กับพื้นที่ที่ห่างไกลที่สายเคเบิลไม่สามารถลากไปถึงได้เป็นอย่างดี ตลอดจนเพิ่มความสะดวกสบายและประหยัดสำหรับการขยายเครือข่ายในเมืองที่มีอยู่แล้ว นอกจากนี้ WiMAX ยังได้รับการปรับปรุงประสิทธิภาพของคุณภาพในการให้บริการ ซึ่งสามารถรองรับการใช้บริการประเภทเสียง และบริการประเภทข้อมูล ภายใต้เทคโนโลยีการบริหารจัดการทรัพยากรโครงข่ายไร้สาย OFDMA อีกทั้งในเรื่องของความปลอดภัย WiMAX ยังสามารถประยุกต์ใช้วิธีการพิสูจน์ตัวตน (authentication) ก่อนที่จะเข้าหรือออกจากโครงข่ายและข้อมูลต่างๆ ที่รับส่งก็จะได้รับการเข้ารหัสลับ (encryption) อีกด้วย ทำให้การรับส่งข้อมูลบนมาตรฐานตัวนี้มีความปลอดภัยมากขึ้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.2 วิธีการวิเคราะห์ความน่าจะเป็นของการถูกปฏิเสธของการเข้าใช้บริการ

ในทางวิศวกรรมโทรคมนาคม ความน่าจะเป็นของการถูกปฏิเสธของการเข้าใช้บริการนั้นเป็นค่าที่ใช้ชี้วัดถึงคุณภาพของบริการที่สำคัญ โดยเฉพาะในระบบที่โครงสร้างสามารถตัดสินใจตอบรับหรือปฏิเสธการเรียกตามเงื่อนไขของระบบที่มีความจุจำกัด ซึ่งจะแสดงถึงโอกาสที่การเรียกเข้าใช้บริการในแต่ละครั้งจะถูกปฏิเสธโดยระบบ โดยรูปแบบการคำนวณที่นำมาใช้นั้นจะเป็นการเปรียบเทียบสัดส่วนของการเรียกที่ถูกปฏิเสธในช่วงที่มีความคับคั่งของการเรียก(call congestion) ต่อปริมาณการเรียกทั้งหมด ซึ่งค่าความน่าจะเป็นของการถูกปฏิเสธของการเข้าใช้บริการนั้นจะคำนวณจากสมการที่ 2.1

$$P_B = \frac{Number\ of\ blocked\ call}{Total\ call\ request} \tag{2.1}$$

โดยค่าความน่าจะเป็นของการถูกปฏิเสธของการเข้าใช้บริการที่มากจะสื่อถึงระบบที่มีคุณภาพการให้บริการไม่ดี จึงจำเป็นต้องมีการพัฒนาระบบการควบคุมการเข้าใช้งานของระบบที่ดีเพื่อเพิ่มคุณภาพการให้บริการและความน่าเชื่อถือให้กับผู้ใช้บริการนั่นเอง

2.3 ทฤษฎีการลดทอนของสัญญาณ (Attenuation)

การลดทอนของสัญญาณ (path attenuation) [4] คือ การลดทอนสัญญาณโดยกำลังส่งของสัญญาณจะถูกทำให้ลดลงตามระยะทางในการส่งสัญญาณ ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2.2

$$L = -10\gamma \log(d) \tag{2.2}$$

โดย L คือ การลดทอนความแรงของสัญญาณ

γ คือ ค่าสัมประสิทธิ์การลดทอน (attenuation factor)

d คือ ระยะห่างระหว่างเสาสัญญาณและเครื่องรับสัญญาณ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ค่าความแรงของสัญญาณที่ผู้รับได้รับนั้นจะมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับความแรงสัญญาณที่ส่งจากเสาสัญญาณเสมอ และความแรงของสัญญาณนั้นยังสะท้อนถึงคุณภาพในการให้บริการ ด้วยเนื่องจากความแรงของสัญญาณที่ได้รับนั้นมีความสัมพันธ์กับอัตราความเร็วในการส่งข้อมูล

2.4 ทฤษฎีการควบคุมการอนุญาตการเรียกเข้าใช้งานระบบ (CAC)

การควบคุมการอนุญาตการเรียกเข้าใช้งานระบบนั้นเป็นทฤษฎีที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย ซึ่งเป้าหมายของการนำทฤษฎีนี้มาใช้ในการควบคุมการเข้าใช้ก็เพื่อจะรับประกันคุณภาพของบริการของการเรียกที่เข้ามาใหม่และยังคงทำให้การเรียกของทราฟฟิก เดิมที่กำลังดำเนินอยู่ในระบบมีคุณภาพเช่นเดิม และยังเป็นกลไกสำคัญที่ใช้แก้ปัญหาความคับคั่งภายในโครงข่าย โดยการควบคุมทราฟฟิกในโครงข่ายจะขึ้นกับวิธีการตัดสินใจเลือกใช้ในการควบคุมการอนุญาตการเรียก ซึ่งมีอยู่หลายวิธีเช่น วิธีการแบ่งโดยสมบูรณ์ (Complete Sharing: CS) ที่ให้ระบบทำการแบ่งแบนด์วิดท์ให้กับผู้ใช้บริการทุกบริการร่วมกัน วิธีการแบ่งส่วนโดยสมบูรณ์(Complete Partitioning :CP) ที่ระบบทำการแยกแบนด์วิดท์สำหรับแต่ละบริการไว้ก่อนแล้วจึงทำการจัดสรรแบนด์วิดท์สำหรับผู้ใช้บริการแต่ละชนิดบริการ เป็นต้น ซึ่งแต่ละวิธีก็จะมีข้อดีข้อเสียต่างกัน โดยการควบคุมการเข้าใช้งานของระบบนั้น ได้ถูกนำมาใช้ควบคุมการเข้าใช้งานในโครงข่ายไร้สายแบบวิวิธพันธุ์ ซึ่งจะพิจารณาถึงความจุของโครงข่ายทุกชนิดที่มีอยู่ในระบบซึ่งมีอยู่อย่างจำกัด โดยที่จะพิจารณาถึงแบนด์วิดท์ที่เหลืออยู่ของแต่ละโครงข่ายว่าสามารถรองรับการให้บริการใหม่ได้หรือไม่ หากโครงข่ายใดสามารถรองรับได้ก็จะตอบรับการร้องขอ แต่หากมีหลายโครงข่ายที่สามารถรองรับได้แล้ว ระบบก็จะทำการตัดสินใจเลือกโครงข่ายในขั้นต่อไป และเมื่อไม่มีแบนด์วิดท์เหลือในทุกโครงข่ายแล้วระบบก็จะปฏิเสธการร้องขอไป [4]

2.5 ทฤษฎีที่ใช้ในการตัดสินใจเลือกโครงข่ายที่เหมาะสม (Network selection)

การตัดสินใจเลือกโครงข่ายที่เหมาะสมนั้นมีเป้าหมายเพื่อให้ระบบทำการตัดสินใจเลือกโครงข่ายที่ดีที่สุดให้กับผู้ใช้บริการโดยคำนึงถึงองค์ประกอบหลายๆด้าน ทั้งมุมมองของผู้ให้บริการและมุมมองของผู้ใช้บริการซึ่ง ในมุมมองของผู้ให้บริการนั้นจะสนใจเกี่ยวกับสถานะของโครงข่ายความน่าจะเป็นที่การเรียกถูกปฏิเสธสำหรับการเรียกเข้าของผู้ใช้บริการ และในมุมมองของ

ผู้ใช้บริการซึ่งต้องการการให้บริการที่ดีที่สุด จะพิจารณาจากหลายๆองค์ประกอบ เช่น ความแรงของสัญญาณที่รับได้ โครงข่ายที่มีแบนด์วิดท์พอเพียง โครงข่ายที่ราคาค่าบริการถูกเป็นต้น โดยจากมุมมองของผู้ใช้บริการนั้นสามารถกำหนดการเลือกโดยจัดเป็นปัญหาการตัดสินใจจากหลายองค์ประกอบ (Multi-Criterion Decision Making: MCDM) ซึ่งการแก้ปัญหานั้น ใน [4] ได้เสนอวิธีการตัดสินใจโดยใช้วิธีการเลือกโครงข่ายจากฟังก์ชันค่าใช้จ่าย(Cost-Function based Network Selection :CFNS) โดยสนใจองค์ประกอบ 2 ชนิด คือ ความหนาแน่นของทราฟฟิกในโครงข่ายและความแรงของสัญญาณที่รับได้ โดยได้เสนอในรูปแบบของสมการดังนี้

กำหนดสัญกรณ์ (notation) ที่ใช้มีดังนี้

C_i คือ ค่าใช้จ่าย (cost) ของโครงข่าย i

w_s คือ ค่าน้ำหนักของความสัมพันธ์ของความแรงสัญญาณที่รับ (relative received signal strength) ได้

S_i คือ ฟังก์ชันของความสัมพันธ์ของความแรงสัญญาณที่รับได้ ของโครงข่าย i

w_g คือ ค่าน้ำหนักของอัตราการขยายของโครงข่าย (Network Gain)

G_i คือ อัตราการขยายของโครงข่าย i

r_i คือ ระยะทางที่ผู้ใช้อยู่ห่างจากสถานีฐาน (Base station) ของโครงข่าย i

R_i คือ ระยะครอบคลุมของโครงข่าย i

ABW_i คือ แบนด์วิดท์ที่ใช้งานได้ของโครงข่าย i

BW_i คือ ความจุแบนด์วิดท์ของโครงข่าย i

P_i^C คือ ความแรงของสัญญาณที่รับได้ของผู้ใช้ในโครงข่าย i

P_i^{th} คือ ความแรงสัญญาณขั้นต่ำที่จะทำให้ใช้งานโครงข่าย i ได้

$P_i^{\max}$ คือ ความแรงสัญญาณที่มากที่สุดที่โครงข่าย i ส่ง

γ คือ ค่าสัมประสิทธิ์การลดทอน (attenuation factor)

$$C_i = w_g G_i + w_s S_i \tag{2.3}$$

$$w_g + w_s = 1 \tag{2.4}$$

$$G_i = \frac{ABW_i}{BW_i} \tag{2.5}$$

$$S_i = \frac{P_i^C - P_i^{th}}{P_i^{\max} - P_i^{th}} \tag{2.6}$$

$$P_i^C = P_i^{\max} - 10\gamma \log(r_i) \tag{2.7}$$

$$P_i^{th} = P_i^{\max} - 10\gamma \log(R_i) \tag{2.8}$$

$$S_i = 1 - \frac{\log(r_i)}{\log(R_i)}; r_i > 1, R_i > 1 \tag{2.9}$$

$$i = Types\ of\ \ Access\ Networks$$

สมการที่ 2.3 อธิบายถึงฟังก์ชันค่าใช้จ่าย (cost function) ซึ่งจะหาค่าใช้จ่าย (cost) ได้จากผลรวมของฟังก์ชันอัตราการขยายของโครงข่าย(network gain) และฟังก์ชันของความสัมพันธ์ของความแรงสัญญาณที่รับได้ ที่มีการถ่วงน้ำหนักของแต่ละฟังก์ชันเพื่อใช้ในการตัดสินใจเลือกโครงข่ายที่เหมาะสม ในส่วนของสมการที่ 2.4 จะอธิบายถึงความสัมพันธ์ของค่าน้ำหนักถ่วงของแต่ละฟังก์ชัน ซึ่งกำหนดให้มีผลรวมเท่ากับ 1 ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการปรับค่าให้เป็นค่ามาตรฐาน (normalization) สมการที่ 2.5 แสดงถึงฟังก์ชันอัตราการขยายของโครงข่ายที่แสดงถึงความหนาแน่นของโครงข่าย ซึ่งเป็นอัตราส่วนระหว่างแบนด์วิดท์ที่ใช้งานได้ต่อแบนด์วิดท์ทั้งหมด และสมการ 2.6- 2.9 อธิบายถึงที่มาของฟังก์ชันความสัมพันธ์ของความแรงสัญญาณที่รับได้ โดยเริ่มจากสมการที่ 2.6 ซึ่งเป็นที่มาของฟังก์ชันความสัมพันธ์ของความแรงสัญญาณที่รับได้ ต่อมาสมการที่ 2.7 อธิบายถึงค่าความแรงของสัญญาณที่รับได้ ซึ่งคำนวณได้จากค่าความแรงของ

สัญญาณที่ส่งมาจากระบบ แล้วความแรงของสัญญาณจะลดลงด้วยการลดทอนของสัญญาณ (path attenuation) เช่นเดียวกับสมการที่ (2.8) ซึ่งอธิบายถึงค่าความแรงของสัญญาณขั้นต่ำหากค่าสัญญาณที่รับได้มีค่าน้อยกว่าค่านี้ การเชื่อมต่อจะไม่สามารถเกิดขึ้นได้ และสมการที่ 2.9 เกิดจากการแทนค่าของสมการที่ 2.7และ 2.8 ลงในสมการที่ 2.6 เพื่อทำการลดรูปให้เกิดความง่ายต่อการคำนวณ ซึ่งสมการที่ใช้ในการตัดสินใจนี้จะทำการหาค่าใช้จ่าย ของทุกโครงข่ายออกมาก และทำการเลือกค่าที่มีค่าใช้จ่ายมากที่สุด เพื่อแสดงให้เห็นถึงโครงข่ายที่เหมาะสมกับผู้ใช้บริการมากที่สุดนั่นเอง ซึ่งองค์ประกอบที่ใช้ในการพิจารณาเลือกระบบนั้นสามารถเปลี่ยนแปลงตามมุมมองและความสนใจ ได้โดยที่จะต้องใช้การทำให้เป็นมาตรฐาน และความสัมพันธ์ของแต่ละองค์ประกอบจะต้องเป็นอิสระต่อกันซึ่งเป็นข้อจำกัดของวิธีตัดสินใจนี้ด้วย

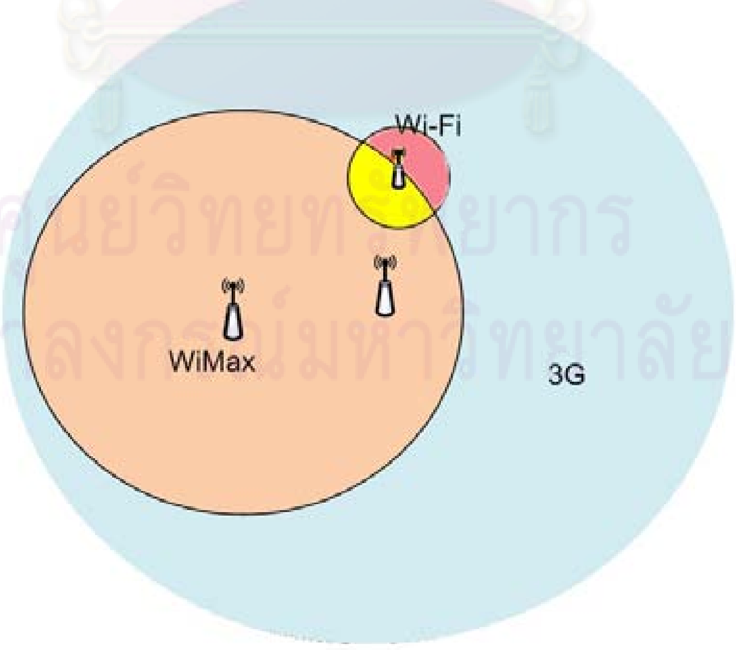
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

กลยุทธ์การเลือกโครงข่ายไร้สายแบบวิวิธพันธุ์โดยใช้การควบคุมการอนุญาตการเรียกและฟังก์ชันอรรถประโยชน์

3.1 แบบจำลองที่นำเสนอ

แบบจำลองที่เป็นเซลล์ซึ่งประกอบขึ้นจากเทคโนโลยีโครงข่าย 3 ชนิดซึ่งประกอบด้วยโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ 3G (3G cellular) โครงข่าย Wi-Fi และโครงข่าย WiMAX โดยแต่ละโครงข่ายนั้นก็จะมีความแตกต่างกัน เช่น ความจุของแต่ละโครงข่าย ค่าอัตราการส่งข้อมูล ค่าความกว้างของรัศมีการครอบคลุม (coverage area) และความเหมาะสมในการรองรับบริการเป็นต้น โดยในเซลล์จะประกอบด้วยพื้นที่ต่างๆกัน 4 ชนิด ซึ่งจะมีเทคโนโลยีที่รองรับแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1: แบบจำลองของเซลล์ที่นำเสนอ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โดยจากรูปจะพบว่าเซลล์ประกอบด้วยพื้นที่ 3 ประเภทใหญ่ๆ คือ

1.พื้นที่ที่ประกอบด้วยโครงข่ายประเภทเดียว ซึ่งจะเป็นพื้นที่ที่ครอบคลุมด้วยโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่

2. พื้นที่ที่ประกอบด้วยโครงข่ายสองประเภท ซึ่งจะแบ่งย่อยได้เป็น 2 พื้นที่ดังนี้

2.1 พื้นที่ที่ครอบคลุมด้วยโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ และโครงข่าย Wi-Fi

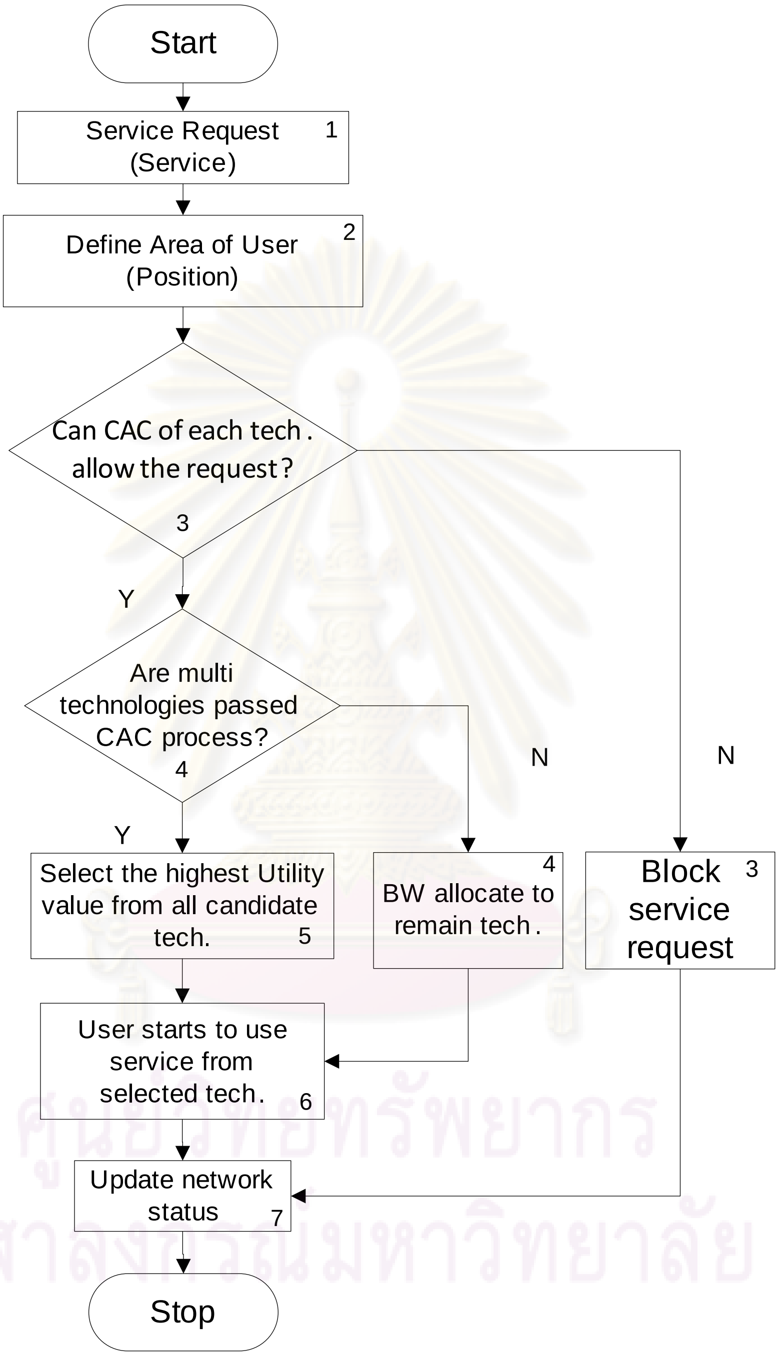
2.2 พื้นที่ที่ครอบคลุมด้วยโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ และโครงข่าย WiMAX

3.พื้นที่ที่ประกอบด้วยโครงข่ายสามประเภท ซึ่งจะเป็นพื้นที่ๆครอบคลุมด้วยโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ โครงข่าย Wi-Fi และ โครงข่าย WiMAX ในระบบที่นำเสนอนี้จะกำหนดให้ผู้ใช้งานในเซลล์นั้นจะใช้อุปกรณ์เชื่อมต่อที่สามารถรองรับการใช้งานได้ทั้งสามโครงข่ายซึ่งจะเรียกว่าเป็นอุปกรณ์สื่อสารไร้สายที่สามารถติดต่อผ่านระบบได้หลายระบบในอุปกรณ์เดียวแต่ในการใช้งานนั้นผู้ใช้บริการจะสามารถใช้โครงข่ายตามพื้นที่ที่ผู้ใช้บริการอยู่เท่านั้น

ระบบที่นำเสนอนี้จะกำหนดให้ผู้ใช้สามารถใช้งานบริการได้ 2 ประเภท ซึ่งจะประกอบด้วยบริการประเภทเสียง (voice service) และบริการประเภทข้อมูล (data service) ซึ่งคุณสมบัติของแต่ละบริการจะมีความแตกต่างกัน กล่าวคือบริการประเภทเสียงนั้นจะใช้อัตราการส่งข้อมูลคงที่ (Constant Bit Rate: CBR) ส่วนบริการประเภทข้อมูลนั้นอัตราการส่งข้อมูลจะสามารถเปลี่ยนแปลงได้ (Available Bit Rate: ABR)

3.2 ขั้นตอนวิธี(Algorithm) ที่นำเสนอ

ขั้นตอนการทำงานของระบบที่นำเสนอ นั้นแสดงถึงขั้นตอนการทำงานโดยเริ่มตั้งแต่ผู้ใช้งานได้ร้องขอเพื่อจะใช้บริการ จนกระทั่งผู้ใช้งานได้ใช้บริการหรือถูกปฏิเสธการเข้าใช้บริการ ซึ่งประกอบ ด้วยขั้นตอนต่างๆดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 : ขั้นตอนวิธี (algorithm) ที่ใช้ในการเลือกระบบให้กับผู้ใช้บริการ

จากรูปที่ 3.2จะสามารถอธิบายเป็นขั้นตอนการทำงานได้ดังนี้

ขั้นแรก: ผู้ใช้บริการจะทำการร้องขอเพื่อใช้งานบริการในระบบ

ขั้นที่สอง: ระบบจะทำการกำหนดพื้นที่ของผู้ใช้บริการว่าสามารถใช้โครงข่ายใดได้บ้าง

ขั้นที่สาม: ตรวจสอบการควบคุมการเรียกเข้าใช้งาน ว่าแต่ละโครงข่ายจะสามารถรองรับการร้องขอใช้บริการได้หรือไม่ หากระบบสามารถรองรับได้ก็จะทำงานต่อในขั้นที่ห้า แต่หากโครงข่ายใดที่ไม่สามารถรองรับได้ผู้ใช้เพิ่มได้ก็จะไม่ทำการพิจารณาโครงข่ายนั้นในการตัดสินใจขั้นต่อไป และหากทุกโครงข่ายไม่สามารถรองรับบริการที่มีการร้องขอเข้ามาได้ระบบก็จะทำการปฏิเสธการร้องขอไป

ขั้นที่สี่: ระบบจะตรวจสอบว่ามีโครงข่ายจำนวนเท่าใดที่สามารถรองรับการร้องขอใช้บริการได้ หากมีเพียงโครงข่ายเดียวระบบจะทำการเลือกโครงข่าย และจัดสรรแบนด์วิดท์ให้ผู้ใช้บริการทันที แต่หากมีหลายโครงข่ายแล้วระบบจะไปสู่ขั้นตอนการตัดสินใจเลือกโครงข่ายที่เหมาะสม

ขั้นที่ห้า: ระบบจะทำการตัดสินใจเลือกโครงข่ายที่เหมาะสมให้กับผู้ใช้บริการโดยที่จะพิจารณาโดยใช้ ฟังก์ชันอรรถประโยชน์ ในการคำนวณแล้วจึงทำการเลือกโครงข่ายที่ได้ค่าอรรถประโยชน์สูงสุด

ขั้นที่หก: ผู้ใช้บริการเริ่มใช้บริการที่ร้องขอ

ขั้นสุดท้าย: ระบบทำการปรับค่าให้เป็นปัจจุบัน

3.2.1 **ขั้นตอนการควบคุมการอนุญาตการเรียกที่นำเสนอ** (Call Admission Control)

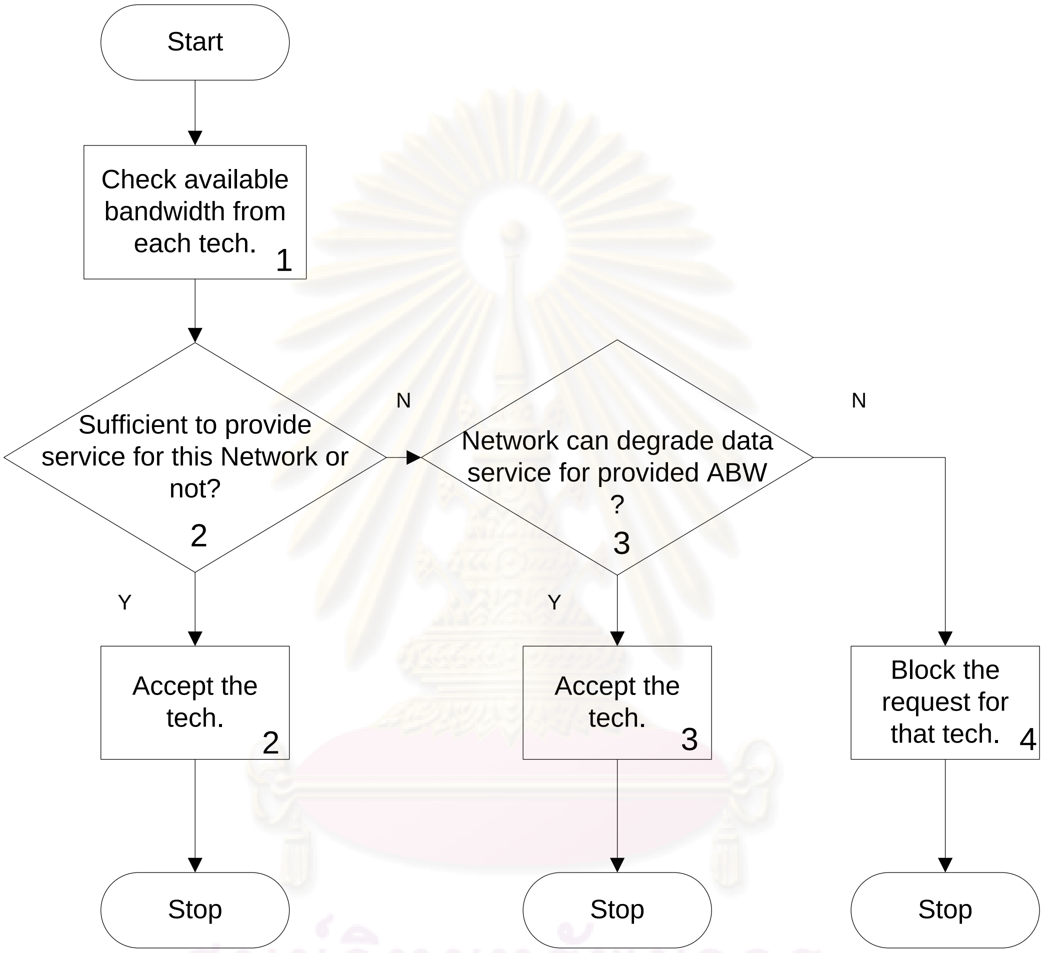
การทำงานของการควบคุมการเรียกเข้าใช้งานที่นำเสนอจะประกอบด้วยขั้นตอนต่างๆ ดังรูปที่ 3.3 ซึ่งจะสามารถอธิบายขั้นตอนการทำงานต่างๆได้ดังนี้

ขั้นแรก ระบบจะตรวจสอบแบนด์วิดท์ที่ใช้ได้จากทุกโครงข่าย

ขั้นที่สอง ระบบจะตรวจสอบว่าแบนด์วิดท์ที่ใช้ได้นั้นเพียงพอต่อการให้บริการหรือไม่ หากมีแบนด์วิดท์มากพอระบบจะยอมรับการร้องขอใช้บริการ แต่หากมีแบนด์วิดท์ที่ใช้ได้ไม่เพียงพอแล้วระบบจะทำการพิจารณาในขั้นต่อไป

ขั้นสุดท้าย ระบบจะตรวจสอบว่าจะสามารถลดระดับอัตราการส่งข้อมูล(data rate) ให้กับผู้ใช้บริการประเภทข้อมูล เพื่อที่จะเพิ่มแบนด์วิดท์ที่ใช้ได้เพื่อรองรับการร้องขอได้หรือไม่ หาก

สามารถทำได้ระบบจะทำการยอมรับการร้องขอใช้บริการ แต่หากไม่สามารถทำได้ระบบจะทำการปฏิเสธการร้องขอสำหรับโครงข่ายนั้นๆไป



รูปที่ 3.3 : ขั้นตอนการควบคุมการเรียกเข้าใช้งานของโครงข่าย

โดยจะสามารถอธิบายในรูปของสมการทางคณิตศาสตร์ได้ดังต่อไปนี้

กำหนดสัญกรณ์(notation) ที่ใช้มีดังนี้

M_i คือ จำนวนผู้ใช้บริการประเภทเสียงของโครงข่าย i $M_i \in \{M_1, M_2, ..., M_k\}$

N_i คือ จำนวนผู้ใช้บริการประเภทข้อมูลของโครงข่าย i $N_i \in \{N_1, N_2, ..., N_k\}$

BW_i^{MAX} คือ ค่าความจุของแบนด์วิดท์ของโครงข่าย i

b_i^{voice} คือ ค่าแบนด์วิดท์ที่ใช้สำหรับให้บริการประเภทเสียงต่อหนึ่งบริการ ของโครงข่าย i

BW_i^{voice,M_i} คือ ค่าแบนด์วิดท์ทั้งหมดที่ใช้สำหรับให้บริการประเภทเสียงของโครงข่าย i

b_i^{data,M_i,N_i} คือ ค่าแบนด์วิดท์ที่ใช้สำหรับบริการประเภทข้อมูลต่อหนึ่งบริการของโครงข่าย i

ABW_i^M คือ ค่าแบนด์วิดท์ที่ใช้งานได้ ของโครงข่าย i

Δb_i คือ ค่าการลดของแบนด์วิดท์ที่ใช้สำหรับบริการประเภทข้อมูลต่อหนึ่งผู้ใช้บริการของโครงข่าย i

สมการที่แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของแบนด์วิดท์ในระบบมีดังนี้

$$BW_i^{voice,M_i} = M_i b_i^{voice} \tag{3.1}$$

$$ABW_i^{M_i} = BW_i^{Max} - BW_i^{voice,M_i} \tag{3.2}$$

$$b_i^{data,M_i,N_i} = \frac{ABW_i^{M_i}}{N_i}; b_i^{data,M_i,N_i} \geq b_i^{data,Th} \tag{3.3}$$

$$i = Types\ of\ \ Access\ \ Networks;$$

สมการที่ 3.1 อธิบายถึงค่าแบนด์วิดท์ที่ใช้ทั้งหมดในการให้บริการประเภทเสียงของผู้ใช้บริการจำนวน M ราย ส่วนของสมการที่ 3.2 แสดงถึงแบนด์วิดท์ที่ใช้งานได้ซึ่งหาได้ค่าความจุของแบนด์วิดท์ลบด้วยค่าที่คำนวณจากสมการ 3.1

ในสมการที่ 3.3 จะอธิบายถึงค่าของแบนด์วิดท์ต่อรายของผู้ใช้บริการประเภทข้อมูลโดยทราบได้จาก อัตราส่วนของค่าจากสมการที่ 3.2 กับจำนวนของผู้ใช้บริการประเภทข้อมูลจำนวน N รายซึ่งค่าแบนด์วิดท์ที่ให้ผู้ใช้บริการต้องมีค่าไม่ต่ำกว่าค่าที่กำหนดไว้ด้วย

โดยค่า i นั้นเมื่อมีค่าเท่ากับ 1 จะกำหนดให้เป็นโครงข่าย 3G, เมื่อมีค่าเท่ากับ 2 จะให้เป็นโครงข่าย Wi-Fi และเมื่อมีค่าเท่ากับ 3 จะกำหนดให้เป็นโครงข่าย WiMAX

- พิจารณากรณีการรองรับการร้องขอใช้บริการประเภทเสียงเพิ่มจากผู้ใช้บริการ 1 ราย (accept new voice call)

$$BW_i^{voice,M_i+1} = \left(M_i + 1\right) b_i^{voice} \tag{3.4}$$

$$ABW_i^{M_i+1} = BW_i^{Max} - BW_i^{voice,M_i+1} \tag{3.5}$$

$$b_i^{data,M_i+1,N_i} = \frac{ABW_i^{M_i+1}}{N_i}; b_i^{data,M_i+1,N_i} \geq b_i^{data,Th} \tag{3.6}$$

$$\Delta b_i^{voice} = b_i^{data,M_i,N_i} - b_i^{data,M_i+1,N_i} \tag{3.7}$$

ในส่วนของสมการที่ 3.4 – 3.6 นั้นแสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของแบนด์วิดท์ที่เกิดขึ้นเมื่อมีผู้ใช้บริการประเภทเสียงเพิ่มขึ้น 1 รายและในสมการที่ 3.7 อธิบายถึงการลดลงของแบนด์วิดท์ต่อรายของผู้ใช้บริการประเภทข้อมูล

- พิจารณากรณีการเลิกใช้บริการประเภทเสียงจากผู้ใช้บริการ 1 ราย (Departure voice call)

$$BW_i^{voice,M-1} = \left(M - 1\right)_i b_i^{voice};\ M >= 1; \tag{3.8}$$

$$ABW_i^{M_i-1} = BW_i^{Max} - BW_i^{voice,M_i-1} \tag{3.9}$$

$$b_i^{data,M_i-1,N_i} = \frac{ABW_i^{M_i-1}}{N_i}; b_i^{data,M_i-1,N_i} \geq b_i^{data,Th} \tag{3.10}$$

ในสมการที่ 3.8 – 3.10 นั้นแสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของแบนด์วิดท์ที่เกิดขึ้นเมื่อมีการจบบริการของผู้ใช้บริการประเภทเสียง 1 ราย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- พิจารณากรณีการรองรับการร้องขอใช้บริการประเภทข้อมูลเพิ่มจากผู้ใช้บริการ 1 ราย (accept new data call)

$$BW_i^{voice,M_i} = M_i b_i^{voice} \tag{3.11}$$

$$ABW_i^{M_i} = BW_i^{Max} - BW_i^{voice,M_i} \tag{3.12}$$

$$b_i^{data,M_i,N_i+1} = \frac{ABW_i^{M_i}}{N_i+1};\ b_i^{data,M_i,N_i+1} \geq b_i^{data,Th}\ ; N_i > 1 \tag{3.13}$$

$$\Delta b_i^{data} = b_i^{data,M_i,N_i} - b_i^{data,M_i,N_i+1} \tag{3.14}$$

ในส่วนของสมการที่ 3.11 – 3.13 นั้นแสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของแบนด์วิดท์ที่เกิดขึ้นเมื่อมีผู้ใช้บริการประเภทข้อมูลเพิ่มขึ้น 1 รายและในสมการที่ 3.14 อธิบายถึงการลดลงของแบนด์วิดท์ต่อรายของผู้ใช้บริการประเภทข้อมูล

- พิจารณากรณีการเลิกใช้การบริการประเภทข้อมูลจากผู้ใช้บริการ 1 ราย (Departure data call)

$$BW_i^{voice,M_i} = M_i b_i^{voice} \tag{3.15}$$

$$ABW_i^{M_i} = BW_i^{Max} - BW_i^{voice,M_i} \tag{3.16}$$

$$b_i^{data,M_i,N_i-1} = \frac{ABW_i^{M_i}}{N_i-1};\ b_i^{data,M_i,N_i-1} \geq b_i^{data,Th}\ ; N_i > 1 \tag{3.17}$$

ในสมการที่ 3.15 – 3.17 นั้นแสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของแบนด์วิดท์ที่เกิดขึ้นเมื่อมีการจบบริการของผู้ใช้บริการประเภทข้อมูล 1 ราย

3.2.2 **ฟังก์ชันอรรถประโยชน์สำหรับตัดสินใจเลือกโครงข่ายที่เหมาะสม** (Utility Function based Network Selection: UFNS)

ฟังก์ชันอรรถประโยชน์ที่ใช้สำหรับการตัดสินใจเลือกเทคโนโลยีที่เหมาะสมที่นำเสนอจะประกอบด้วย 3 ฟังก์ชันย่อย ซึ่งก็คือ ฟังก์ชันอัตราการลดลงของแบนด์วิดท์ที่ให้กับการติดต่อที่ใช้ข้อมูล, ฟังก์ชันของความสัมพันธ์ของความแรงสัญญาณที่รับได้ และฟังก์ชันความพอใจของบริการ ซึ่งค่าอรรถประโยชน์ (utility value) จะได้จากการนำค่าที่ได้จากฟังก์ชันต่างๆมาคูณกับค่าน้ำหนักของแต่ละฟังก์ชัน แล้วรวมค่าจากทุกฟังก์ชันย่อยเข้าด้วยกัน โดยฟังก์ชันต่างๆที่กล่าวมาข้างต้นนั้นจะส่งผลต่อการพัฒนาระบบโดยคำนึงถึงความรู้สึกของผู้ใช้บริการเป็นสำคัญ ซึ่งฟังก์ชันอัตราการลดลงของแบนด์วิดท์ที่ให้กับการติดต่อที่ใช้ข้อมูลนั้นจำคำนึงถึงความรู้สึกของผู้ใช้บริการประเภทข้อมูลที่ถูกลดแบนด์วิดท์ลง ระบบจะทำการพิจารณาในการกระจายการลดแบนด์วิดท์ในแต่ละเทคโนโลยีให้เกิดความสมดุลกัน ต่อมาในส่วนของฟังก์ชันของความสัมพันธ์ของความแรงสัญญาณที่รับได้นั้นจะพิจารณาถึงมุมมองของคุณภาพของการให้บริการ ซึ่งเมื่อผู้ใช้บริการได้รับความแรงสัญญาณมาก จะส่งผลให้บริการที่ได้รับนั้นมีคุณภาพดีขึ้น และในส่วนของฟังก์ชันความพอใจของบริการนั้นจะคำนึงถึงความเหมาะสมของประเภทบริการต่อเทคโนโลยีโครงข่าย เนื่องจากการได้เข้าใช้งานในโครงข่ายที่เหมาะสมนั้นส่งผลให้คุณภาพของบริการและความพอใจของผู้ใช้บริการนั้นเพิ่มมากขึ้น จากฟังก์ชันที่กล่าวมาทั้งหมดนั้นระบบจะทำการตัดสินใจเลือกโครงข่ายที่มีค่าอรรถประโยชน์มากที่สุดให้กับผู้ใช้บริการ ซึ่งจะมีวิธีการคำนวณค่าอรรถประโยชน์ดังนี้

กำหนดสัญกรณ์ (notation) ที่ใช้ในการคำนวณมีดังนี้

U_i คือ ค่าอรรถประโยชน์สำหรับโครงข่าย i

w_d คือ ค่าน้ำหนักของอัตราการลดของแบนด์วิดท์ของโครงข่าย i

D_i คือ ฟังก์ชันอัตราการลดลงของแบนด์วิดท์ (bandwidth degradation function) ที่ให้กับการติดต่อที่ใช้ข้อมูลของโครงข่าย i

w_s คือ ค่าน้ำหนักของความสัมพันธ์ของความแรงสัญญาณที่รับได้

(relative received signal strength) ของโครงข่าย i

S_i คือ ฟังก์ชันของความสัมพันธ์ของความแรงสัญญาณที่รับได้ ของโครงข่าย i

w_p คือ ค่าน้ำหนักของค่าความพอใจของบริการ (service preference) ของโครงข่าย i

P_i คือ ฟังก์ชันความพอใจของบริการ ของโครงข่าย i

r_i คือ ระยะทางที่ผู้ใช้อยู่ห่างจากสถานีฐานของโครงข่าย i

R_i คือ ระยะครอบคลุม (coverage) ของโครงข่าย i

X_i คือ ค่าความพอใจของการใช้บริการประเภทเสียงในโครงข่าย i

Y_i คือ ค่าความพอใจของการใช้บริการประเภทข้อมูลในโครงข่าย i

Δb_i คือ ค่าการลดของแบนด์วิดท์ที่ใช้สำหรับบริการประเภทข้อมูลต่อหนึ่งผู้ใช้บริการของ

โครงข่าย i

b_i^{data,M_i,N_i} คือ ค่าแบนด์วิดท์ที่ใช้สำหรับบริการประเภทข้อมูลต่อหนึ่งผู้ใช้บริการ ของโครงข่าย i

สมการที่ใช้ในการคำนวณหาค่าอรรถประโยชน์และฟังก์ชันของแต่ละองค์ประกอบ

$$U_i = w_d D_i + w_s S_i + w_p P_i \qquad (3.18)$$

$$w_d + w_s + w_p = 1 \qquad (3.19)$$

$$D_i^{voice} = \frac{\Delta b_i^{voice}}{b_i^{data,M_i,N_i}} \qquad (3.20)$$

$$D_i^{data} = \frac{\Delta b_i^{data}}{b_i^{data,M_i,N_i}} \qquad (3.21)$$

$$S_i = 1 - \frac{\log(r_i)}{\log(R_i)}; r_i > 1, R_i > 1 \qquad (3.22)$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ในสมการที่ 3.18 อธิบายถึงฟังก์ชันอรรถประโยชน์ซึ่งประกอบด้วยฟังก์ชันย่อย 3 ฟังก์ชัน โดยมีพิสัย (range) ของแต่ละฟังก์ชันอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 ซึ่งประกอบด้วยฟังก์ชันของอัตราการลดของแบนด์วิดท์ต่อรายของผู้ใช้บริการประเภทข้อมูลเมื่อมีการเรียกเข้าใช้งานบริการประเภทเสียงในสมการที่ 3.20 หรือเมื่อมีการเรียกเข้าใช้งานบริการประเภทเสียงในสมการที่ 3.21 โดยเลือกสมการตามประเภทของบริการที่ผู้ใช้บริการร้องขอเข้าใช้งานระบบ โดยข้อจำกัดของฟังก์ชัน D_i นั้นจะเกิดขึ้นในกรณีเมื่อผู้ใช้บริการเข้าใช้บริการในระบบทั้งหมดจนเทคโนโลยีต่างๆ มีการใช้แบนด์วิดท์จนใกล้เต็มความจุ ส่งผลให้ค่าของฟังก์ชัน D_i นั้นจะมีค่าลู่เข้าสู่ค่าศูนย์ ฟังก์ชันความสัมพันธ์ของความแรงสัญญาณที่รับได้ในสมการที่ 3.22 ซึ่งอ้างอิงจาก [4] โดยค่า r_i ของแต่ละเทคโนโลยีนั้นระบบจะทราบได้จากการวัดค่าประวิงเวลา (delay time) และส่วนของฟังก์ชันความพอใจของบริการจะอธิบายในส่วนต่อไป

ในส่วนของสมการที่ 3.19 จะอธิบายถึงความสัมพันธ์ของค่าน้ำหนักถ่วงของแต่ละฟังก์ชันซึ่งกำหนดให้มีผลรวมเท่ากับ 1 เพื่อเปรียบเทียบผลรวมของค่าฟังก์ชันอรรถประโยชน์ โดยจะเปรียบเทียบเป็นสัดส่วนของแต่ละฟังก์ชันย่อย และเมื่อได้คำนวณค่าอรรถประโยชน์ของแต่ละโครงข่ายแล้วจึงทำการเปรียบเทียบค่าและ ตัดสินใจเลือกโครงข่ายที่ให้ค่าอรรถประโยชน์สูงที่สุด

การกำหนดฟังก์ชันความพอใจของบริการ (service preference function) จะเป็นการกำหนดเพื่อแสดงถึงความเหมาะสมระหว่างประเภทของบริการและประเภทของเทคโนโลยี

ตารางที่ 3.1 : ค่าความพอใจของบริการโดยเทียบแต่ละโครงข่าย

P_i	3G	Wi-Fi	WiMAX
Voice	X_1	X_2	X_3
Data	Y_1	Y_2	Y_3

จากตารางที่ 3.1 แสดงให้เห็นถึงค่าความพอใจระหว่างประเภทบริการและเทคโนโลยี เพื่อแสดงถึงอัตราของความเหมาะสมของประเภทบริการต่อเทคโนโลยี ซึ่งค่า X_i นั้นจะสื่อถึงค่า

ความพอใจของการใช้บริการประเภทเสียงในโครงข่าย i และค่า Y_i คือ ค่าความพอใจของการใช้บริการประเภทข้อมูลในโครงข่าย i สำหรับการกำหนดค่าความพอใจนั้น มีจุดประสงค์เพื่อแสดงถึงอัตราการเลือกเทคโนโลยี สำหรับบริการประเภทต่างๆของระบบ โดยผลรวมของอัตราส่วนนั้นจะกำหนดให้เท่ากับ 1 เนื่องจากต้องการแสดงในรูปของความน่าจะเป็นที่ระบบจะทำการเลือกเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับบริการ เช่น ถ้ากำหนดให้ค่า X_i ของระบบ 3G สูงที่สุด แสดงว่าสำหรับบริการประเภทเสียงนั้นระบบจะสนใจที่จะเลือกเทคโนโลยี 3G มากกว่าเทคโนโลยีอื่น หรือ หากค่า Y_i ของระบบ Wi-Fi สูงที่สุด แสดงว่าสำหรับบริการประเภทข้อมูลนั้นระบบจะสนใจที่จะเลือกเทคโนโลยี Wi-Fi มากกว่าเทคโนโลยีอื่น เป็นต้น โดยการกำหนดฟังก์ชันความพอใจจะแบ่งออกเป็นกรณีย่อยได้ดังนี้

1. กรณีที่ผู้ใช้สามารถเข้าใช้งานได้ทั้งสามโครงข่ายสามารถคำนวณได้ดังนี้

Voice

$$X_1 + X_2 + X_3 = 1 \tag{3.23}$$

$$X_1 = X_3 \tag{3.24}$$

$$X_1 > X_2 ; \quad X_1, X_2, X_3 > 0$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Data

$$Y_1 + Y_2 + Y_3 = 1 \tag{3.25}$$

$$Y_2 = Y_3 \tag{3.26}$$

$$Y_1 < Y_2 ; \quad Y_1, Y_2, Y_3 > 0$$

2. กรณีที่ผู้ใช้สามารถเข้าใช้งานได้สองโครงข่าย

2.1 กรณีที่ผู้ใช้งานสามารถเข้าใช้โครงข่าย 3G และ Wi-Fi

Voice

$$X_1 + X_2 = 1 \tag{3.27}$$

$$X_1 > X_2\,; \quad X_1, X_2 > 0\,; X_3 = 0;$$

Data

$$Y_1 + Y_2 = 1 \tag{3.28}$$

$$Y_1 < Y_2\,; \quad Y_1, Y_2 > 0; Y_3 = 0;$$

2.2 กรณีที่ผู้ใช้งานสามารถเข้าใช้โครงข่าย 3G และ WiMAX

Voice

$$X_1 + X_3 = 1 \tag{3.29}$$

$$X_1 = X_3; \quad X_1, X_3 > 0; X_2 = 0;$$

Data

$$Y_1 + Y_3 = 1 \tag{3.30}$$

$$Y_1 < Y_3\,; \quad Y_1, Y_3 > 0; Y_2 = 0;$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.3 กรณีที่ผู้ใช้งานสามารถเข้าใช้โครงข่าย Wi-Fi และ WiMAX

Voice

$$X_2 + X_3 = 1 \tag{3.31}$$

$$X_2 < X_3 ; \quad X_2, X_3 > 0; X_1 = 0;$$

Data

$$Y_2 + Y_3 = 1 \tag{3.32}$$

$$Y_2 = Y_3; \quad Y_2, Y_3 > 0; Y_1 = 0;$$

กรณีที่ 1 ผู้ใช้สามารถเข้าใช้งานได้ทั้งสามโครงข่ายโดยจะแบ่งออกเป็นบริการประเภทเสียงในสมการที่ 3.23 – 3.24 โดยจะกำหนดให้ค่าความพอใจของโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่กับโครงข่าย WiMAX มีความเหมาะสมมากกว่าโครงข่าย Wi-Fi เนื่องจากโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่กับโครงข่าย WiMAX นั้นสามารถรับประกันคุณภาพของบริการประเภทเสียงได้ในขณะที่ไม่มีการรับประกันคุณภาพของบริการประเภทเสียงในโครงข่าย Wi-Fi และบริการประเภทข้อมูลในสมการที่ 3.25 – 3.26 นั้นแสดงถึงความพอใจของบริการประเภทข้อมูลที่เหมาะสมกับโครงข่าย Wi-Fi และ WiMAX มากกว่าโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่เนื่องจากความสามารถในการให้อัตราการส่งข้อมูลได้มากกว่า

กรณีที่ 2.1 ผู้ใช้งานสามารถเข้าใช้โครงข่าย 3G และ Wi-Fi โดยจะแบ่งออกเป็นบริการประเภทเสียงในสมการที่ 3.27 เนื่องจากโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่นั้นสามารถรับประกันคุณภาพของบริการประเภทเสียงได้แต่ในโครงข่าย Wi-Fi นั้นไม่สามารถรับประกันคุณภาพได้ จึงกำหนดให้ค่าความพอใจของโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่นั้นมีค่ามากกว่าโครงข่าย Wi-Fi แต่ในส่วนบริการประเภทข้อมูลนั้นเนื่องจากโครงข่าย Wi-Fi สามารถให้อัตราการส่งข้อมูลที่มากกว่าโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ดังแสดงในสมการที่ 3.28 ระบบจะกำหนดค่าความพอใจของบริการประเภทข้อมูลให้กับโครงข่าย Wi-Fi มากกว่าโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่

กรณีที่ 2.2 ผู้ใช้งานสามารถเข้าใช้โครงข่าย 3G และ WiMAX จากสมการที่ 3.29 จะเป็นบริการประเภทเสียงซึ่งระบบจะกำหนดให้ค่าความพอใจของโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่กับโครงข่าย WiMAX มีค่าเท่ากัน เนื่องจากสามารถรับประกันคุณภาพของบริการประเภทเสียงได้เช่นเดียวกัน แต่ในส่วนของบริการประเภทข้อมูลในสมการที่ 3.30 นั้นแสดงถึงค่าความพอใจของบริการประเภทข้อมูลสำหรับโครงข่าย WiMAX จะมีค่ามากกว่าโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ เนื่องจากโครงข่าย WiMAX นั้นสามารถให้อัตราการส่งข้อมูลที่มากกว่าโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่

กรณีที่ 2.3 ผู้ใช้งานสามารถเข้าใช้โครงข่าย Wi-Fi และ WiMAX โดยจะแบ่งออกเป็นบริการประเภทเสียงในสมการที่ 3.31 ซึ่งจะกำหนดให้ค่าความพอใจของโครงข่าย Wi-Fi นั้นมีค่าน้อยกว่าของโครงข่าย WiMAX เนื่องจากโครงข่าย WiMAX นั้นสามารถรับประกันคุณภาพของบริการประเภทเสียงได้ แต่ในส่วนของบริการประเภทข้อมูลในสมการที่ 3.32 นั้นแสดงถึงค่าความพอใจของบริการประเภทข้อมูลที่ระบบกำหนดให้มีค่าเท่ากันทั้งโครงข่าย WiMAX และโครงข่าย Wi-Fi เนื่องจากทั้งสองโครงข่ายนั้นสามารถให้อัตราการส่งข้อมูลได้เท่าเทียมกัน

3.3 การคำนวณค่าชี้วัดทางประสิทธิภาพของระบบ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะพิจารณาค่าชี้วัดทางประสิทธิภาพของระบบจากพารามิเตอร์สามประเภท คือ

1. ความน่าจะเป็นของการถูกปฏิเสธของการเข้าใช้บริการโดยรวม (overall blocking probability)
2. ค่าเฉลี่ยของความแรงสัญญาณที่รับได้ในแต่ละโครงข่าย (average received signal strength)

ค่าพารามิเตอร์ทั้งสองประเภทนี้จะสื่อถึงประสิทธิภาพของระบบ และคุณภาพของการให้บริการ ซึ่งสามารถตอบสนองความต้องการทั้งทางด้านของผู้ให้บริการ รวมถึงด้านของผู้ใช้บริการด้วย ในส่วนของผู้ให้บริการนั้นจะพิจารณาประสิทธิภาพของระบบจากพารามิเตอร์ความน่าจะเป็นของการถูกปฏิเสธของการเข้าใช้บริการโดยรวมของระบบ แต่ในส่วนของ

พารามิเตอร์ค่าเฉลี่ยของความแรงสัญญาณที่รับนั้นจะส่งผลต่อผู้ใช้บริการเพื่อแสดงถึงคุณภาพของบริการที่ได้รับจากระบบ ซึ่งจะกล่าวโดยละเอียดได้ดังนี้

3.3.1 ความน่าจะเป็นของการถูกปฏิเสธของการเข้าใช้บริการโดยรวม

ความน่าจะเป็นของการถูกปฏิเสธของการเข้าใช้บริการโดยรวมนั้นสามารถคำนวณได้อัตราส่วนของผลรวมจำนวนการเรียกที่ถูกปฏิเสธทั้งหมดในระบบกับจำนวนการเรียกที่เกิดขึ้นทั้งหมดในระบบดังสมการที่ 3.33

$$P_{OBP} = \frac{Number\ of\ overall\ blocked\ call}{Total\ call\ request} \tag{3.33}$$

3.3.2 ค่าเฉลี่ยของความแรงสัญญาณที่รับในแต่ละโครงข่าย

ค่าเฉลี่ยของความแรงสัญญาณที่รับในแต่ละโครงข่ายนั้นสามารถคำนวณได้จากอัตราส่วนของผลรวมของความแรงสัญญาณที่วัดได้ในแต่ละโครงข่ายต่อจำนวนผู้ใช้บริการในโครงข่ายนั้นๆดังนี้

$$P_i^{sum} = Summation\ of\ RSS\ of\ all\ users\ in\ network\ i \tag{3.34}$$

$$P_i^{AVG} = \frac{P_i^{sum}}{Number\ of\ user\ in\ network\ i} \tag{3.35}$$

จากสมการที่ 3.34 จะแสดงถึงผลรวมของความแรงสัญญาณที่ได้รับทั้งหมดในแต่ละโครงข่าย โดยค่าความแรงของสัญญาณที่รับได้นั้นสามารถหาได้จากสมการที่ 2.7 และจะสามารถหาค่าเฉลี่ยของความแรงสัญญาณที่รับในแต่ละโครงข่ายได้จากสมการที่ 3.35 โดยจะมีหน่วยเป็นมิลลิเดซิเบล (dBm)

3.4 สรุป

บทที่ 3 นี้ได้เสนอถึงขั้นตอนวิธีซึ่งเป็นแผนการ (strategy) ที่นำเสนอในงานวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ โดยได้กล่าวถึงรายละเอียดขั้นตอนวิธีทั้งหมด ที่ประกอบด้วยขั้นตอนการควบคุมการอนุญาตการเรียกที่นำเสนอ ฟังก์ชันอรรถประโยชน์สำหรับตัดสินใจเลือกโครงข่ายที่เหมาะสม ใน

ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ขั้นตอนวิธีที่นำเสนอนั้นจะทำการตัดสินใจเลือกโครงข่ายที่เหมาะสม ในระบบที่ประกอบด้วยโครงข่ายสามประเภท ซึ่งประกอบด้วยโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ 3G (3G cellular) โครงข่าย Wi-Fi และโครงข่าย WiMAX และได้จำลองระบบและคำนวณค่าชี้วัดทางประสิทธิภาพของระบบซึ่งประกอบด้วย ความน่าจะเป็นของการถูกปฏิเสธของการเข้าใช้บริการโดยรวม และค่าเฉลี่ยของความแรงสัญญาณที่รับในแต่ละโครงข่าย โดยผลการทดสอบนั้นจะทำการแสดงในบทที่ 4

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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

และกำหนดโอกาสในการเรียกใช้บริการประเภทเสียงและบริการประเภทข้อมูลนั้นมีเท่ากัน และมีการกระจายตัวของชนิดการเรียกใช้บริการเป็นแบบการแจกแจงเอกรูป

ในแบบจำลองนี้จะกำหนดให้ปริมาณของทราฟฟิกที่มีความต้องการในการเข้าใช้โครงข่าย มีกระบวนการเข้าใช้บริการเป็นแบบปัวส์ซอง (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

ศูนย์วิทยทรัพยากร

ตารางที่ 4.2 กำหนดค่าของฟังก์ชันความพอใจของบริการในกรณีผู้ใช้สามารถเข้าใช้งานได้ทั้งสามโครงข่าย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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

ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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

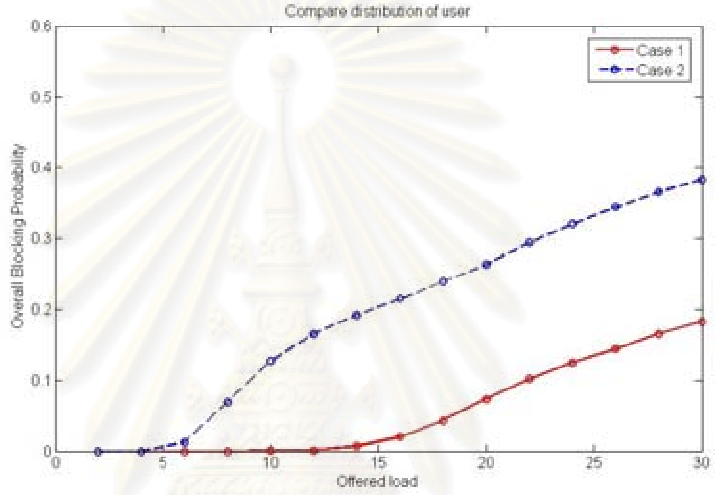
4.2 การเปรียบเทียบการกระจายตัวของผู้ใช้บริการในรูปแบบต่าง ๆ

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

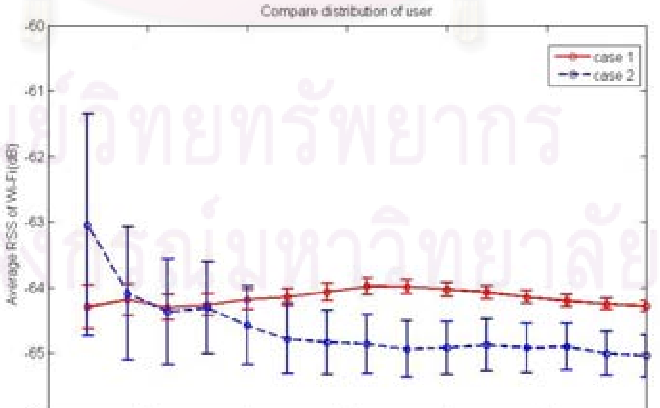


รูปที่ 4.1 ความน่าจะเป็นของการถูกปฏิเสธของการเข้าใช้บริการโดยรวม จากการเปรียบเทียบการกระจายตัวของผู้ใช้บริการ

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

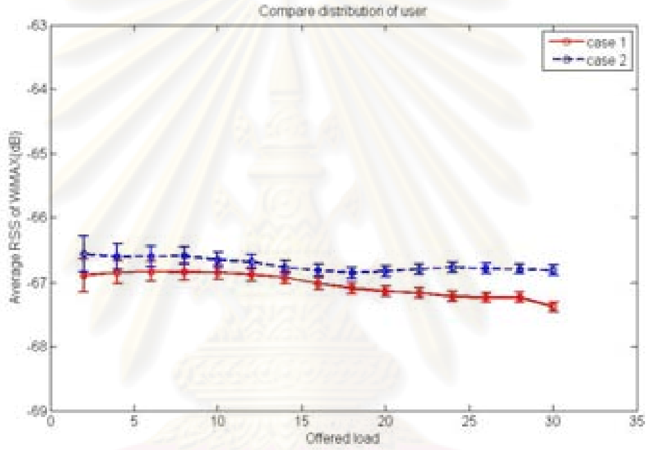
4 เออร์แลงและเมื่อปริมาณทราฟฟิกมีค่าสูงขึ้น ค่าความน่าจะเป็นของการถูกปฏิเสธของการเข้าใช้บริการโดยรวมในกรณีที่สองก็เพิ่มขึ้นมากกว่ากรณีแรก

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

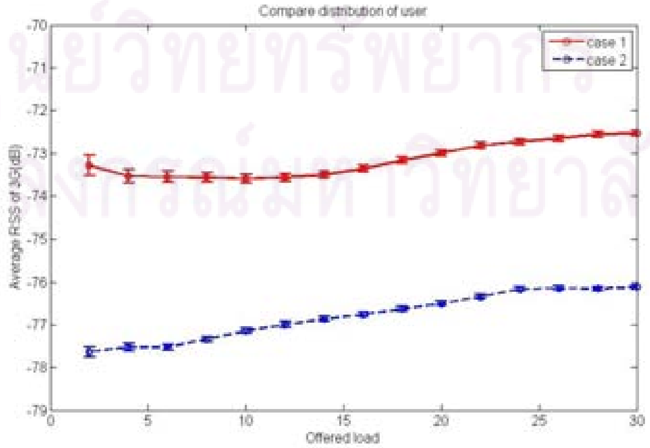


รูปที่ 4.2 ค่าเฉลี่ยของความแรงสัญญาณที่รับในโครงข่าย Wi-Fi โดยเปรียบเทียบการกระจายตัวของผู้ใช้บริการ

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



รูปที่ 4.3 ค่าเฉลี่ยของความแรงสัญญาณที่รับในโครงข่าย WiMAX โดยเปรียบเทียบการกระจายตัวของผู้ใช้บริการ



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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)

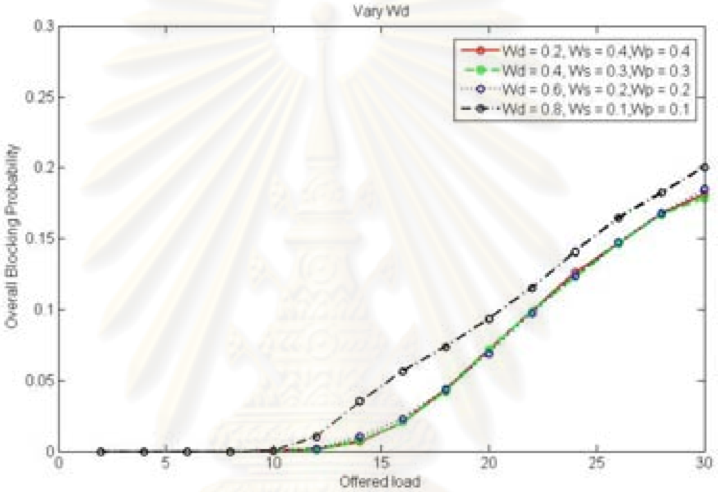
ในกรณีนี้แสดงถึงความสัมพันธ์ของค่าน้ำหนักของฟังก์ชันอัตราการลดของแบนด์วิดท์ต่อรายของผู้ใช้บริการประเภทข้อมูล โดยการปรับเปลี่ยนค่าน้ำหนักนั้นจะแบ่งออกเป็น 4 กรณี ประกอบด้วย

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

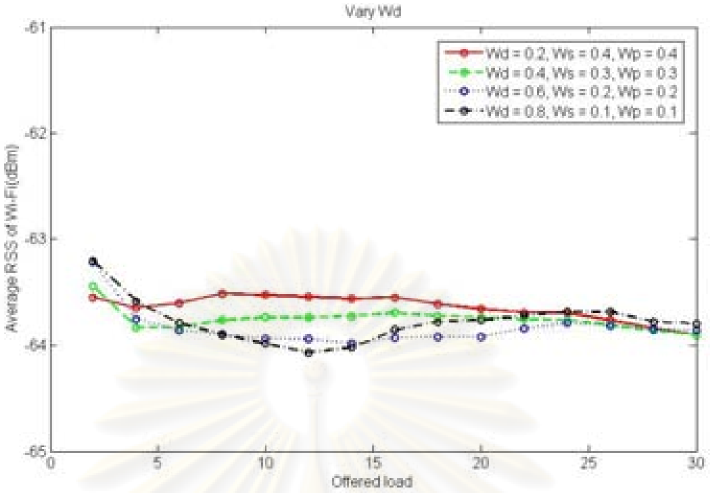
การเปลี่ยนแปลงของค่าความน่าจะเป็นของการถูกปฏิเสธของการเข้าใช้บริการโดยรวมนั้นจะมีผลมากจากการเพิ่มค่าน้ำหนักของฟังก์ชันอัตราการลดของแบนด์วิดท์ต่อรายของผู้ใช้บริการประเภทข้อมูลดังแสดงในรูปที่ 4.5 แต่เมื่อทำการเพิ่มค่าไปถึง 0.8 นั้นกลับมีผลกระทบ

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

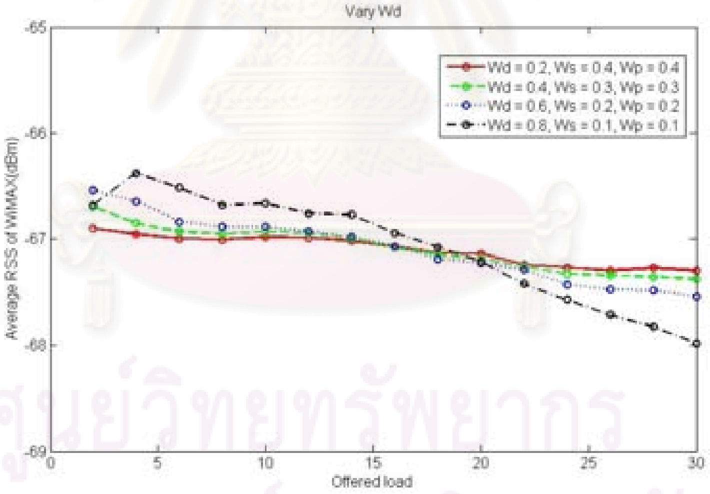


รูปที่ 4.5 ความน่าจะเป็นของการถูกปฏิเสธของการเข้าใช้บริการโดยรวม โดยเปรียบเทียบการปรับเปลี่ยนค่าน้ำหนักของฟังก์ชันอัตราการลดของแบนด์วิดท์ต่อรายของผู้ใช้บริการประเภทข้อมูล

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



รูปที่ 4.6 ค่าเฉลี่ยของความแรงสัญญาณที่รับในโครงข่าย Wi-Fi โดยเปรียบเทียบการปรับเปลี่ยนค่าน้ำหนักของฟังก์ชันอัตราการลดของแบนด์วิดท์ต่อรายของผู้ใช้บริการประเภทข้อมูล

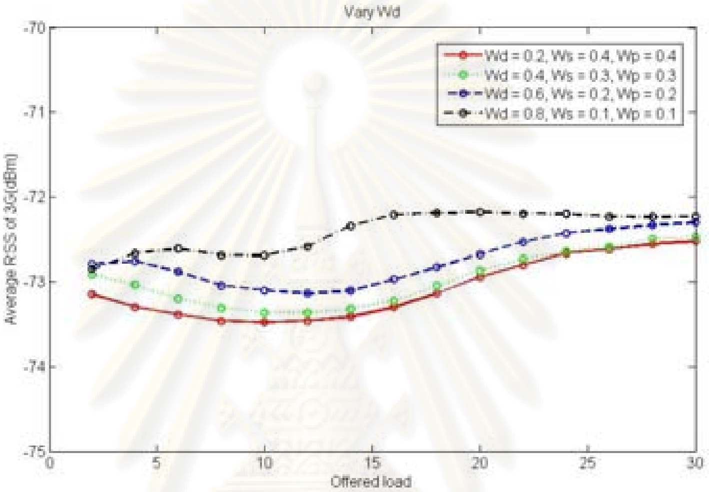


ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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

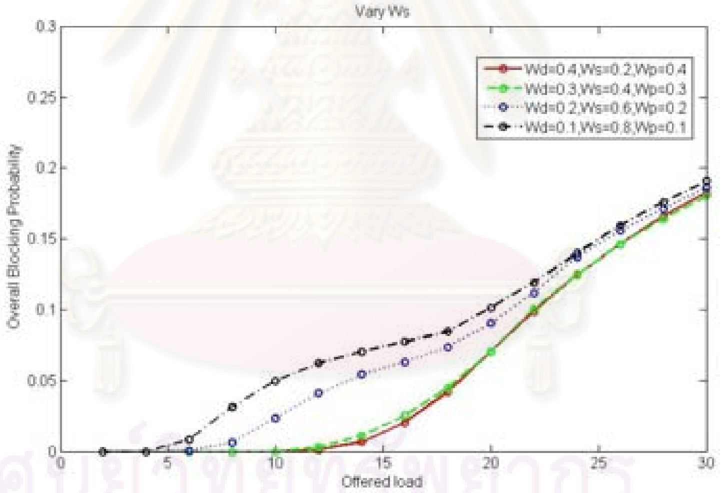
ในรูปที่ 4.8 พบว่าค่าเฉลี่ยของความแรงสัญญาณที่รับในโครงข่าย 3G นั้นจะมีค่ามากที่สุดในกรณีที่ 4 ซึ่งมีค่าน้ำหนักของฟังก์ชันอัตราการลดของแบนด์วิดท์ต่อรายของผู้ใช้บริการประเภทข้อมูลมีค่ามากที่สุด ซึ่งส่งผลให้การกระจายตัวของผู้ใช้บริการในทุกเทคโนโลยีนั้นจะเกิดการกระจายมากขึ้น โดยให้ผลสลับกับค่าเฉลี่ยของความแรงของสัญญาณในโครงข่ายอื่น 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



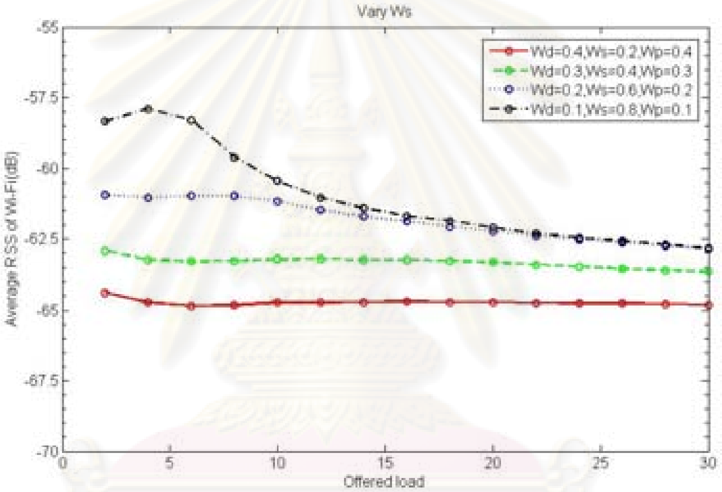
รูปที่ 4.9 ความน่าจะเป็นของการถูกปฏิเสธของการเข้าใช้บริการโดยรวม โดยเปรียบเทียบการปรับเปลี่ยนค่าน้ำหนักของฟังก์ชันความสัมพันธ์ของความแรงสัญญาณที่รับได้

จากรูปที่ 4.9จะเห็นได้ว่าเมื่อทำการกำหนดค่าน้ำหนักของฟังก์ชันความสัมพันธ์ของความแรงสัญญาณที่รับได้เพิ่มมากขึ้น จะส่งผลกระทบต่อระบบให้มีค่าความน่าจะเป็นของการถูกปฏิเสธของการเข้าใช้บริการเพิ่มขึ้นด้วย เนื่องจากค่าน้ำหนักของฟังก์ชันที่เหลือมีค่าลดลงและระบบจึงตัดสินใจเลือกโครงข่ายจากค่าความแรงของสัญญาณเป็นหลัก เป็นเหตุให้การกระจายตัวของผู้ใช้บริการนั้นเกิดความไม่เท่าเทียมจึงเป็นเหตุให้ในกรณีที่ 1 ที่มีค่าน้ำหนักของฟังก์ชันความ

ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

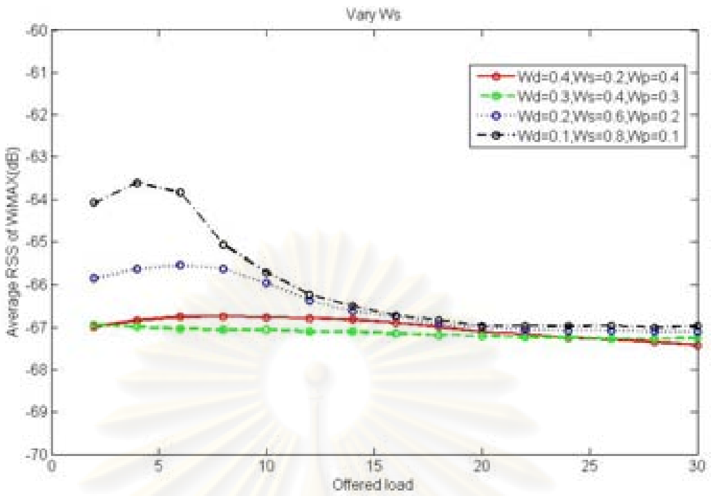
แรงของสัญญาณมีค่าต่ำที่สุดมีค่าความน่าจะเป็นของการถูกปฏิเสธของการเข้าใช้บริการน้อยกว่ากรณีอื่น

แต่ในกรณีที่พิจารณาของค่าเฉลี่ยของความแรงสัญญาณที่รับในโครงข่ายเทคโนโลยีทั้งสามชนิดนั้น กรณีที่กำหนดค่าน้ำหนักของฟังก์ชันความสัมพันธ์ของความแรงสัญญาณที่รับได้เพิ่มมากขึ้น จะส่งผลให้ค่าเฉลี่ยของความแรงสัญญาณที่รับในโครงข่ายทุกชนิดมีค่ามากกว่ากรณีที่กำหนดให้ค่าน้ำหนักของฟังก์ชันความสัมพันธ์ของความแรงสัญญาณมีค่าน้อย ดังรูปที่ 4.10



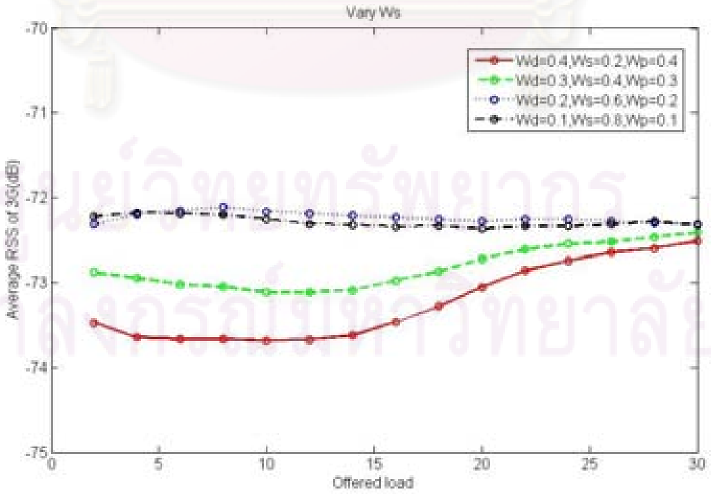
รูปที่ 4.10 ค่าเฉลี่ยของความแรงสัญญาณที่รับในโครงข่าย Wi-Fi โดยเปรียบเทียบการปรับเปลี่ยนค่าน้ำหนักของฟังก์ชันความสัมพันธ์ของความแรงสัญญาณที่รับได้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.11 ค่าเฉลี่ยของความแรงสัญญาณที่รับในโครงข่าย WiMAX โดยเปรียบเทียบการปรับเปลี่ยนค่าน้ำหนักของฟังก์ชันความสัมพันธ์ของความแรงสัญญาณที่รับได้

จากรูปที่ 4.11 พบว่าการเพิ่มค่าน้ำหนักถ่วงของฟังก์ชันความสัมพันธ์ของความแรงสัญญาณที่รับได้นั้น ส่งผลกระทบถึงการพัฒนาค่าเฉลี่ยของความแรงสัญญาณที่รับในโครงข่าย WiMAX ให้ม่าค่าสูงขึ้นด้วย



รูปที่ 4.12 ค่าเฉลี่ยของความแรงสัญญาณที่รับในโครงข่าย 3G โดยเปรียบเทียบการปรับเปลี่ยนค่าน้ำหนักของฟังก์ชันความสัมพันธ์ของความแรงสัญญาณที่รับได้

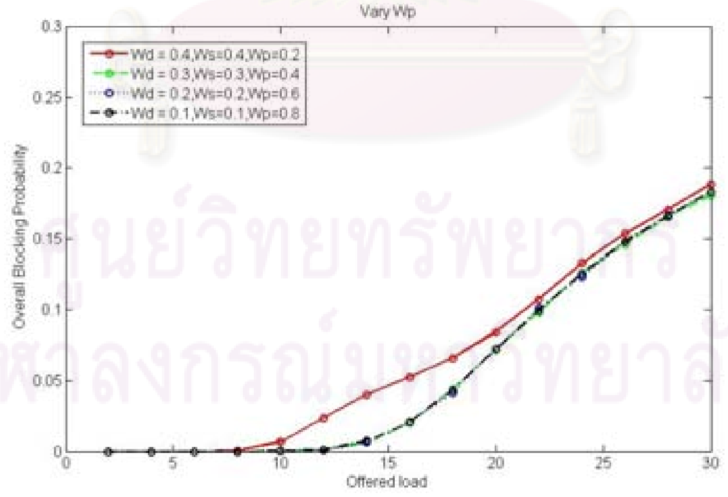
ผลจากการเพิ่มค่าน้ำหนักถ่วงของฟังก์ชันความสัมพันธ์ของความแรงสัญญาณที่รับได้นั้น จะส่งผลกระทบต่อค่าเฉลี่ยของความแรงสัญญาณที่รับในโครงข่าย 3G ดังรูปที่ 4.12 ซึ่งจะเห็นว่าในกรณีที่ค่าน้ำหนักถ่วงของฟังก์ชันความสัมพันธ์ของความแรงสัญญาณที่รับได้ เมื่อมีค่าเพิ่มขึ้น ค่าเฉลี่ยของความแรงของสัญญาณที่รับในโครงข่าย 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

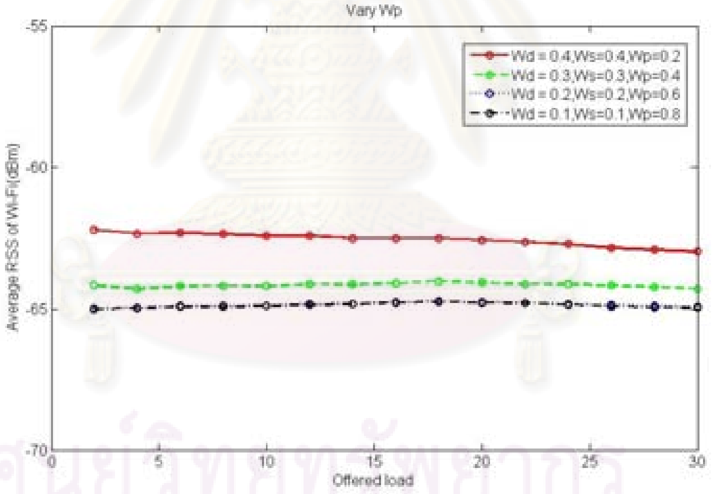


รูปที่ 4.13 ความน่าจะเป็นของการถูกปฏิเสธของการเข้าใช้บริการโดยรวม โดยเปรียบเทียบการปรับเปลี่ยนค่าน้ำหนักของฟังก์ชันความพอใจของบริการ

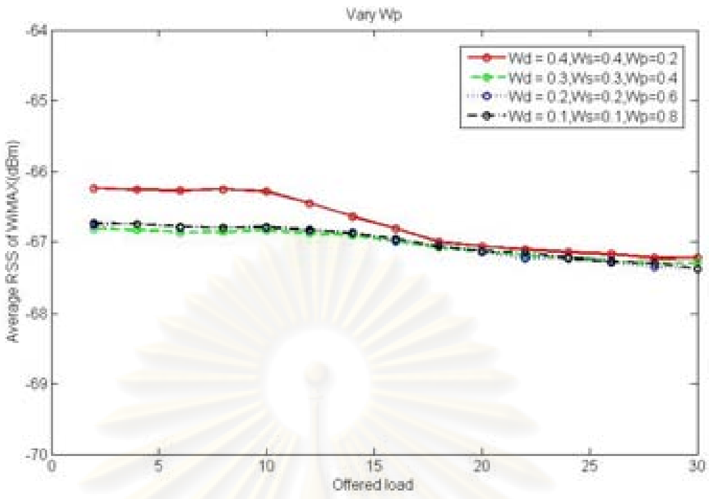
จากรูปที่ 4.13 เห็นได้ว่าการกำหนดค่าน้ำหนักของฟังก์ชันความพอใจของบริการ นั้นส่งผลต่อการตัดสินใจเลือกโครงข่ายที่เหมาะสมกับผู้ใช้บริการ ซึ่งค่าความน่าจะเป็นของการถูก

ปฏิเสธของการเข้าใช้บริการโดยรวมของระบบในกรณีที่ 1 สูงกว่ากรณีที่เหลือ เนื่องจากการที่ระบบพิจารณาถึงค่าความพอใจของบริการน้อย แต่ในทางกลับกันหากระบบพิจารณาถึงค่าความพอใจของบริการมากนั้นจะมีผลให้ ค่าความน่าจะเป็นของการถูกปฏิเสธของการเข้าใช้บริการโดยรวมนั้นลดลง

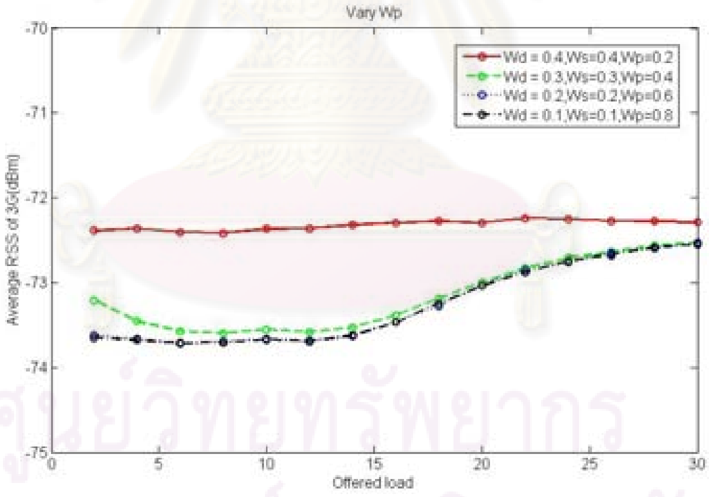
แต่เมื่อทำการพิจารณาถึงค่าเฉลี่ยของความแรงสัญญาณที่รับในแต่ละโครงข่าย กลับพบว่าค่าเฉลี่ยจะสูงขึ้นในกรณีที่กำหนดค่าน้ำหนักของฟังก์ชันความพอใจของบริการ มีค่าน้อยซึ่งเป็นเหตุให้ค่าน้ำหนักของฟังก์ชันความสัมพันธ์ของความแรงสัญญาณที่รับได้เพิ่มมากขึ้น จึงทำให้ระบบทำการเลือกโครงข่ายจากความแรงสัญญาณที่มากที่สุด ดังรูปที่ 4.14, รูปที่ 4.15 และรูปที่ 4.16



รูปที่ 4.14 ค่าเฉลี่ยของความแรงสัญญาณที่รับในโครงข่าย Wi-Fi โดยเปรียบเทียบการปรับเปลี่ยนค่าน้ำหนักของฟังก์ชันความพอใจของบริการ



รูปที่ 4.15 ค่าเฉลี่ยของความแรงสัญญาณที่รับในโครงข่าย WiMAX โดยเปรียบเทียบการปรับเปลี่ยนค่าน้ำหนักของฟังก์ชันความพอใจของบริการ



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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

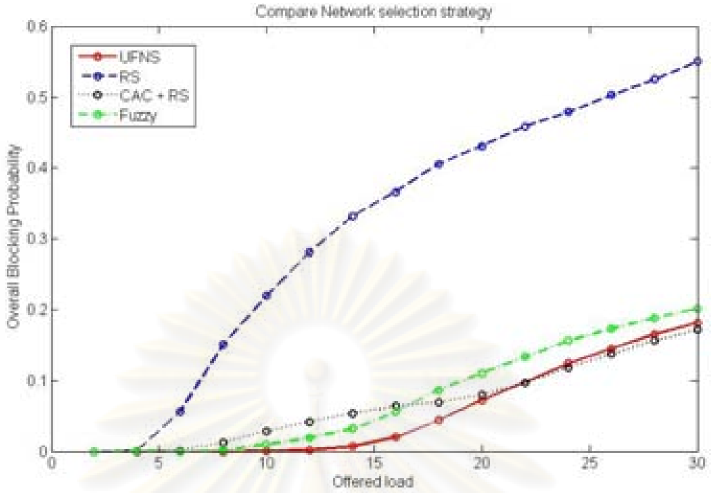
2.การประเมินค่าเชิงปริมาณ (Quantitative evaluation)

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

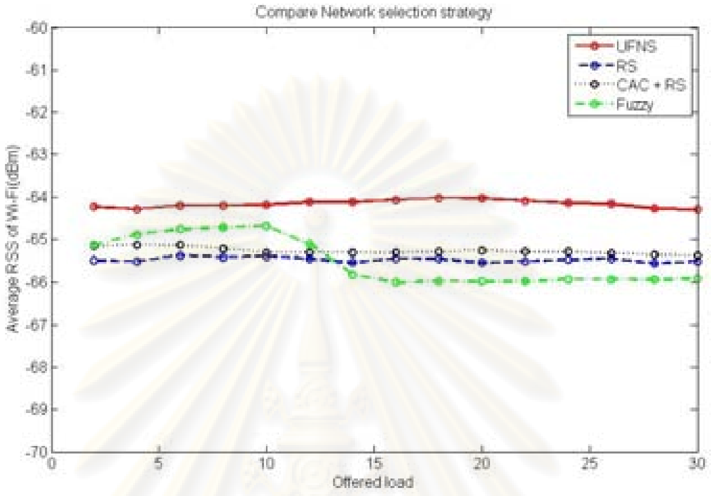


รูปที่ 4.17 ความน่าจะเป็นของการถูกปฏิเสธของการเข้าใช้บริการโดยรวม โดยเปรียบเทียบกลยุทธ์การตัดสินใจเลือกโครงข่าย

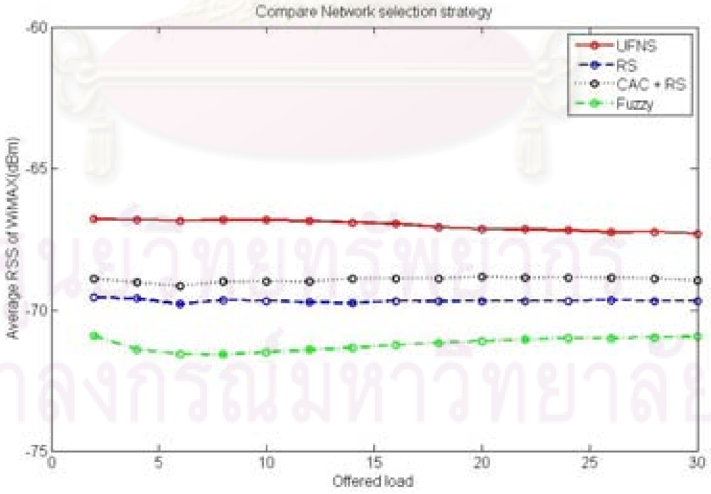
รูปที่ 4.17 แสดงให้เห็นว่าในขณะที่ปริมาณทราฟฟิกที่ต้องการใช้ระบบมีค่าน้อย กลยุทธ์ UFNS นั้นให้ค่าความน่าจะเป็นของการถูกปฏิเสธของการเข้าใช้บริการโดยรวมต่ำที่สุด แต่เมื่อปริมาณทราฟฟิกเพิ่มมากขึ้นจะเห็นได้ว่าค่าความน่าจะเป็นของการถูกปฏิเสธของการเข้าใช้บริการโดยรวมนั้นจะเพิ่มมากขึ้นจนใกล้เคียงกับกลยุทธ์การเลือกใช้เทคโนโลยีแบบสุ่ม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

ต่อมาเมื่อทำการพิจารณาถึงค่าเฉลี่ยของความแรงสัญญาณที่รับในโครงข่าย Wi-Fi พบว่ากลยุทธ์ที่นำเสนอให้ค่าเฉลี่ยที่สูงกว่ากลยุทธ์อื่นดังรูปที่ 4.18 เนื่องจากในกลยุทธ์ที่นำเสนอนั้นได้มีการคำนึงถึงค่าความแรงของสัญญาณที่รับได้ เป็นส่วนหนึ่งของฟังก์ชันย่อยที่สนใจ และในส่วน

ของกลยุทธ์ฟัซซี่นั้นจะเห็นได้ว่าช่วงที่มีปริมาณทราฟฟิกน้อยจะให้ค่าเฉลี่ยสูงแต่หากปริมาณทราฟฟิกของระบบเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ค่าเฉลี่ยนั้นมีค่าลดลง

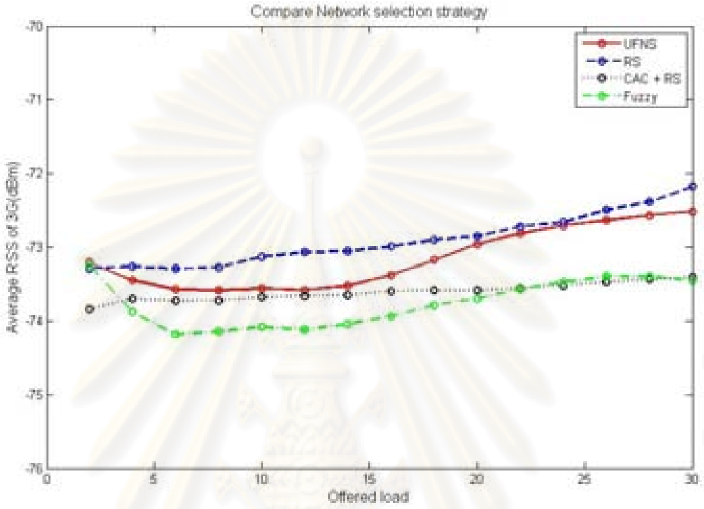


รูปที่ 4.18 ค่าเฉลี่ยของความแรงสัญญาณที่รับในโครงข่าย Wi-Fi โดยเปรียบเทียบกลยุทธ์การตัดสินใจเลือกโครงข่าย



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 ขั้นตอนวิธีการตัดสินใจเลือกโครงข่ายที่เหมาะสมโดยระบบให้กับผู้ใช้บริการที่ทำการร้องขอเข้าใช้บริการในโครงข่ายไร้สายแบบวิวิธพันธุ์ซึ่งมีการให้บริการที่หลากหลายนั้น สามารถช่วยในการตัดสินใจเลือกโครงข่ายที่เหมาะสมได้ และกลยุทธ์การตัดสินใจเลือกโครงข่ายนี้ยังเป็นประโยชน์กับงานวิจัยที่ต้องการนำไปขยายผลต่อใน

ส่วนของการปรับปรุงค่าชี้วัดทางประสิทธิภาพ ค่าอื่นนอกจากที่ค่าที่ทำการพิจารณาใน
วิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 บทสรุป

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้ทำการศึกษาถึงระบบตัดสินใจเลือกโครงข่ายไร้สายแบบวิวิธพันธุ์ซึ่งประกอบด้วยเทคโนโลยี 3 ชนิดคือ เทคโนโลยีเซลลูลาร์ Wi-Fi และ WiMAX โดยโครงข่ายนี้ให้บริการสองประเภท คือบริการประเภทเสียงและบริการประเภทข้อมูล และกำหนดให้ผู้ใช้บริการทุกรายใช้อุปกรณ์สื่อสารไร้สายที่สามารถติดต่อผ่านระบบได้หลายระบบในอุปกรณ์เดียว แต่จะทำการจำกัดโครงข่ายที่ใช้สำหรับเชื่อมต่อได้ ตามตำแหน่งพื้นที่ของผู้ใช้บริการ โดยจำกัดว่าไม่คำนึงถึงการเคลื่อนที่ของผู้ใช้บริการ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้นำเสนอขั้นตอนวิธีการที่ช่วยในการตัดสินใจของผู้ให้บริการ โดยจะทำการเลือกโครงข่ายที่เหมาะสมให้กับผู้ใช้บริการ ที่ได้ทำการร้องขอใช้บริการเข้าสู่ระบบ โดยในขั้นตอนวิธีนั้นประกอบด้วย ขั้นตอนการควบคุมการอนุญาตการเรียกและฟังก์ชันอรรถประโยชน์สำหรับตัดสินใจเลือกโครงข่ายที่เหมาะสม โดยในฟังก์ชันอรรถประโยชน์นั้นประกอบด้วยฟังก์ชันย่อย 3 ฟังก์ชัน คือ ฟังก์ชันของอัตราการลดของแบนด์วิดท์ต่อรายของผู้ใช้บริการประเภทข้อมูล ฟังก์ชันความสัมพันธ์ของความแรงสัญญาณที่รับได้ และฟังก์ชันความพอใจของบริการ โดยขั้นตอนวิธีที่นำเสนอนั้นจะเริ่มตั้งแต่การร้องขอใช้บริการจากผู้ใช้บริการ ไปจนถึงการตอบรับโดยเลือกโครงข่ายที่เหมาะสมให้กับผู้ใช้บริการหรือทำการปฏิเสธของการเข้าใช้บริการ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้ทำการจำลองและทดสอบระบบเพื่อศึกษาถึงประสิทธิภาพของโครงข่าย และวิธีการขั้นตอนที่ได้นำเสนอ โดยได้แบ่งกรณีศึกษาออกเป็น 3 กรณีใหญ่ๆ ซึ่งประกอบด้วยการเปรียบเทียบการกระจายตัวของผู้ใช้บริการในรูปแบบต่างๆ ความสัมพันธ์ของน้ำหนักถ่วงในแต่ละฟังก์ชัน และการเปรียบเทียบความแตกต่างของการเลือกใช้กลยุทธ์ ซึ่งจะทำ

การวิเคราะห์ระบบด้วยค่าชี้วัดทางประสิทธิภาพ 2 ประเภทประกอบด้วย ค่าความน่าจะเป็นของการถูกปฏิเสธของการเข้าใช้บริการโดยรวม และค่าเฉลี่ยของความแรงสัญญาณที่รับในแต่ละโครงข่ายจะสรุปได้ดังนี้

จากผลการทดสอบระบบในกรณีแรกนั้นจะเห็นได้ว่ารูปแบบการกระจายตัวของผู้ใช้บริการนั้นส่งผลกระทบต่อกลยุทธ์การตัดสินใจเลือกโครงข่ายที่นำเสนอ เนื่องจากจำนวนของผู้ใช้บริการที่อยู่ในพื้นที่ที่มีเทคโนโลยีโครงข่ายให้เลือกนั้น ส่งผลให้ระบบสามารถจัดสรรจำนวนผู้ใช้บริการในแต่ละเทคโนโลยีโครงข่ายได้มากขึ้น จึงส่งผลให้ค่าตัวชี้วัดทางประสิทธิภาพของระบบทั้งสองค่านั้นถูกปรับปรุงให้มีคุณภาพมากขึ้น

ต่อมาในกรณีที่สองซึ่งแสดงถึงผลกระทบของการกำหนดค่าน้ำหนักถ่วงของแต่ละฟังก์ชันย่อยจากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าหากต้องการลดค่าความน่าจะเป็นของการถูกปฏิเสธของการเข้าใช้บริการโดยรวม นั้นจะต้องทำการกำหนดค่าน้ำหนักถ่วงของฟังก์ชันการลดของแบนด์วิดท์ต่อรายของผู้ใช้บริการประเภทข้อมูลและฟังก์ชันความพอใจของบริการให้มีค่ามากกว่าฟังก์ชันความสัมพันธ์ของความแรงสัญญาณที่รับได้ ในทางกลับกันหากต้องการปรับปรุงค่าเฉลี่ยของความแรงสัญญาณที่ผู้ใช้บริการแต่ละรายได้รับในแต่ละโครงข่าย นั้นจะต้องทำการกำหนดค่าน้ำหนักของฟังก์ชันความสัมพันธ์ของความแรงสัญญาณที่รับได้ให้มีค่าสูงกว่าฟังก์ชันที่เหลือ

และต่อมาในการทดสอบกรณีสุดท้ายแสดงให้เห็นว่ากลยุทธ์การเลือกโครงข่ายที่นำเสนอนั้นสามารถเปรียบเทียบกับกลยุทธ์การเลือกโครงข่ายจากงานวิจัยอื่นในอดีตได้ แต่ในกรณีที่กำหนดค่าน้ำหนักถ่วงที่ไม่เหมาะสมหรือกำหนดให้ฟังก์ชันใดมากเกินไปนั้นจะส่งผลกระทบให้ระบบมีค่าชี้วัดทางประสิทธิภาพของระบบแย่กว่าการใช้กลยุทธ์การเลือกโครงข่ายจากงานวิจัยในอดีตได้

จากการทดสอบทั้งสามกรณีสามารถสรุปได้ว่าวิธีการขั้นตอนการตัดสินใจเลือกโครงข่ายที่นำเสนอ นั้นสามารถนำมาใช้ในการตัดสินใจเลือกโครงข่ายที่เหมาะสมกับผู้ใช้บริการโครงข่ายไร้สายแบบวิวิธพันธุ์ ซึ่งมีการให้บริการหลายประเภทได้เป็นอย่างดี ซึ่งงานวิจัยในอนาคตสามารถ

ศึกษาถึงปัจจัยที่มีผลกระทบเหล่านี้โดยละเอียด ด้วยแบบจำลองและขั้นตอนวิธีที่นำเสนอในวิทยานิพนธ์นี้ได้

ในกรณีของการนำไปใช้จริงควรจะกำหนดค่าน้ำหนักถ่วงของแต่ละฟังก์ชันให้เกิดความเหมาะสมต่อสถานการณ์ เนื่องจากจะต้องทำการพิจารณาถึงความสมดุลระหว่างการปรับปรุงค่าชี้วัดทางประสิทธิภาพทั้งสองประเภทที่สนใจ และเมื่อเกิดการเปลี่ยนรูปแบบของโครงข่ายควรจะพิจารณาถึงความสามารถของระบบ ว่าควรจะกำหนดค่าน้ำหนักถ่วงอย่างไรจึงเกิดความเหมาะสมในกลยุทธ์การเลือกโครงข่ายที่นำเสนอ

5.2 ข้อเสนอแนะ

หัวข้อที่ควรทำและนำเสนอต่อไปในอนาคต

1. การประยุกต์ใช้ค่าน้ำหนักถ่วงของฟังก์ชันอรรถประโยชน์ โดยในกรณีนี้ได้แบ่งออกเป็นจุดสนใจสองกรณี

   ก. กรณีการกำหนดค่าน้ำหนักแบบพลวัต (Dynamic weight)

   โดยในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้นั้นได้กำหนด ค่าน้ำหนักของฟังก์ชันอรรถประโยชน์แบบกำหนดเอง โดยการประยุกต์เพื่อปรับปรุงค่าน้ำหนักแบบพลวัตนั้นสามารถปรับปรุงระบบได้ทุกเวลาและทำให้ระบบสามารถเปลี่ยนแปลงค่าน้ำหนักเพื่อที่จะปรับหาค่าที่เหมาะสมในระบบขณะนั้น จึงเป็นการเพิ่มความยืดหยุ่นให้กับรูปแบบวิธีที่นำเสนอ

   ข. กรณีการหาค่าน้ำหนักที่เหมาะสมสำหรับแบบจำลองในรูปแบบต่างๆ

   ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้ทำการศึกษาถึงค่าความสัมพันธ์ของน้ำหนักถ่วงของแต่ละฟังก์ชันย่อย การกำหนดค่าน้ำหนักที่เหมาะสมกับระบบนั้นจะเป็นผลทำให้สามารถปรับปรุงค่าชี้วัดทางประสิทธิภาพที่เหมาะสมที่สุดของระบบได้ และยังสามารถปรับปรุงให้ขั้นตอนวิธีที่นำเสนอสามารถนำไปใช้กับโครงข่ายไร้สายแบบวิวิธพันธุ์ในแบบจำลองอื่นได้

2. ศึกษาในกรณีของการเคลื่อนที่ของผู้ใช้บริการ

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้ทำการกำหนดให้ผู้ใช้บริการนั้นไม่มีการเคลื่อนที่ แต่การศึกษาถึงการเคลื่อนที่ของผู้ใช้บริการนั้นมีอยู่อย่างแพร่หลายและรูปแบบของฟังก์ชันอรรถประโยชน์ที่นำเสนอนั้นยังครอบคลุมถึงการ ศึกษาถึงการเคลื่อนที่ของผู้ใช้บริการได้

3. การศึกษาเพื่อเพิ่มจำนวนฟังก์ชันย่อยที่น่าสนใจ

   ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้ทำการเสนอฟังก์ชันอรรถประโยชน์ที่ประกอบด้วยฟังก์ชันย่อย เพื่อใช้ในการตัดสินใจเลือกโครงข่ายที่เหมาะสม โดยจะทำการพิจารณาจาก ประกอบด้วยฟังก์ชันของอัตราการลดของแบนด์วิดท์ต่อรายของผู้ใช้บริการประเภทข้อมูลในสมการที่ 3.20 ฟังก์ชันความสัมพันธ์ของความแรงสัญญาณที่รับได้ และฟังก์ชันความพอใจของบริการโดยฟังก์ชันต่างๆที่นำเสนอนั้น จะส่งผลถึงการพัฒนาค่าชี้วัดทางประสิทธิภาพของระบบ โดยการพิจารณาฟังก์ชันย่อยตัวอื่นที่น่าสนใจ เช่น ค่าใช่จ่ายในเวลานั้นๆ หรือการใช้พลังงานสำหรับการเชื่อมต่อ เป็นต้น ซึ่งการเพิ่มฟังก์ชันย่อยที่น่าสนใจเปรียบได้กับการเพิ่มความสมจริงให้กับแบบจำลองที่จะใช้สำหรับวิเคราะห์ และยังส่งผลถึงตัวชี้วัดทางประสิทธิภาพของระบบในประเด็นอื่นๆ เพื่อปรับปรุงคุณภาพของบริการซึ่งเป็นประเด็นที่หลายๆงานวิจัยให้ความสนใจ

4. ศึกษาถึงการเพิ่มประเภทของบริการในระบบให้มากขึ้น

   ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้พิจารณาประเภทของบริการ 2 ประเภทคือ บริการประเภทเสียงที่มีการใช้อัตราการส่งข้อมูลแบบคงที่ และบริการประเภทข้อมูลที่มีการใช้อัตราการส่งข้อมูลแบบมีการเปลี่ยนแปลง ซึ่งการเพิ่มบริการที่รองรับโดยระบบเพิ่มมากขึ้นนั้น แสดงให้เห็นว่าระบบมีความสมจริงและน่าเชื่อถือมากขึ้น

5. ศึกษาถึงการนำกลยุทธ์การเลือกโครงข่ายที่นำเสนอไปใช้จริง

   ในกรณีของการนำไปใช้จริงควรจะกำหนดค่าน้ำหนักถ่วงของแต่ละฟังก์ชันให้เกิดความเหมาะสมต่อสถานการณ์ เนื่องจากจะต้องพิจารณาถึงความสมดุลระหว่างการปรับปรุงค่าชี้วัดทางประสิทธิภาพทั้งสองประเภทที่สนใจก่อนที่จะนำไปใช้ และเมื่อเกิดการเปลี่ยนรูปแบบของโครงข่ายควรจะพิจารณาถึงความสามารถของระบบ ว่าควรจะกำหนดค่า

น้ำหนักถ่วงอย่างไรจึงเกิดความเหมาะสมในกลยุทธ์การเลือกโครงข่ายที่นำเสนอ รวมถึงการตั้งค่าความเหมาะสมของฟังก์ชันความพอใจของบริการ นั้นสามารถกำหนดค่าได้ตามนโยบายของผู้ให้บริการว่าจะคำนึงถึงผู้ใช้บริการโดยกำหนดค่าตามความเหมาะสมของประเภทบริการ หรือคำนึงถึงคุณภาพของระบบที่จะเพิ่มจำนวนของผู้ใช้บริการเป็นสำคัญ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

[1] Chen,Y.H. , Yang,N.Y. , Chang,C.J. and Ren,F.C. “A utility function-based access selection method for heterogeneous WCDMA and WLAN networks” The 18th Annual IEEE International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications, PIMRC 2007.

[2] Nguyen-Vuong,Q.T. , Ghamri-Doudane,Y. and Agoulmine,N. “On Utility Models for Access Network Selection in Wireless Heterogeneous Networks”- Network Operations and Management Symposium, 2008. NOMS 2008. IEEE pp. 144 – 151,2008.

[3] Lee,J.M. , Jeon,S.H. and Choi,J.K. “Adaptive network access mechanism for multi-interfaced terminal over heterogeneous wireless networks ” Communications, 2008. APCC 2008. 14th Asia-Pacific Conference. IEEE pp. 1 – 4,2008.

[4] Shen,W. and Zeng,Q.A. “Cost-Function-Based Network Selection Strategy in Integrated Wireless and Mobile Networks” IEEE Transactions on Vehicular Technology. Vol. 57.No. 6. pp. 3778 - 3788 November 2008

[5] Luo,C. , Ji,H. and Li,Y. “Utility-based multi-service bandwidth allocation in the 4G heterogeneous wireless access networks” Proceedings of the 2009 IEEE conference on Wireless Communications & Networking Conference pp. 1915-1919, 2009.

[6] Iera,A. , Molinaro, A. , Campolo,C. and Amadeo,M. “An Access Network Selection Algorithm Dynamically Adapted to User Needs and Preferences ” IEEE 17th International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications (PIMRC’06), 2006 pp.1-5. 11-14 Sept. 2006.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

[7] Li,Y. , Guo,X. , Li,Y. and Zheng,X. "A Utility-Based Network Selection Mechanism in Heterogeneous Wireless Networks," International Conference on Wireless Networks and Information Systems, wnis, pp.201-204, 2009.

[8] Smaoui,I. , Zarai,F. , Bouallegue,R. and Kamoun,L. "Multi-criteria dynamic access selection in heterogeneous wireless networks" Proceedings of the 6th international conference on Symposium on Wireless Communication Systems, pp.338-342,2009.

[9] Bakmaz,B. , Bojkovic,Z. and Bakmaz,M. "Network selection algorithm for heterogeneous wireless environment" The 18th Annual IEEE International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications, PIMRC 2007.

[10] Ma,L. and Jia,D. " The Competition and Cooperation of WiMAX, WLAN and 3G" 2nd International Conference on Mobile Technology, Applications and Systems, pp.1-5,15-17 Nov. 2005

[11] Datar,R.V. "WiFi and WiMax: breakthrough in wireless access technologies" IET Conference on Wireless, Mobile and Multimedia Networks (CP535) Mumbai, India, pp.141–145, 11-12 Jan. 2008

[12] Honkasalo,H. , Pehkonen,K. , Niemi, M.T. and Leino, A.T, "WCDMA and WLAN for 3G and beyond" IEEE wireless communications ISSN 1536-1284 vol. 9, n^{o}2, pp. 14-18 (8 ref.), 2002

[13] Fourty,N. , Val,T. , Fraisse,P. and Mercier,JJ. "Comparative analysis of new high data rate wireless communication technologies "From Wi-Fi to WiMAX" ", Proceedings of the Joint International Conference on Autonomic and Autonomous Systems and International Conference on Networking and Services , pp. 66 , 2005

[14] Intel Technical White Paper “Understanding WiMAX and 3G for Portable/Mobile Broadband Wireless” A Technical Overview and Comparison of WiMAX and 3G Technologies, December 2004

[15] Wu,G. and Chan,C. “WiMAX, 3G and LTE: A Capacity Analysis” Intel white paper , Mar 2010

[16] Odinma,A.C. , Oborkhale,L.I. and Kah,M.M.O. “The Trends in Broadband Wireless Networks Technologies” The Pacific Journal of Science and Technology Volume 8. Number 1. May 2007 (Spring) pp.118 – 125

[17] Cesana,M. , Malanchini,I. and Capone,A. “Modelling Network Selection and Resource Allocation in Wireless Access Networks with Non-Cooperative Games” IEEE International Conference on Mobile Ad Hoc and Sensor Systems, 2008. MASS 2008. 5th

[18] Falowo,O.E. and Chan,H.A. “Analysis of Joint Call Admission Control Strategies for Heterogeneous Cellular Networks” IEEE Symposium on Computers and Communications, 2007. ISCC 2007. 12th

[19] Xia,L. , Ling-ge,J. , Chen,H. and Hong-wei,L. “AN INTELLIGENT VERTICAL HANDOFF ALGORITHM IN HETEROGENEOUS WIRELESS NETWORKS” International Conference on Neural Networks and Signal Processing, 2008 , 7-11 June 2008, pp.550 – 555

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

สัญญา จตุวงษ์วิวัฒน์ เกิดเมื่อวันที่ 1 มีนาคม พ.ศ.2528 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร เป็นบุตรของ นายธนวัฒน์ จตุวงษ์วิวัฒน์ และนางตวงรัตน์ จตุวงษ์วิวัฒน์ สำเร็จการศึกษาชั้นมัธยมศึกษาจาก โรงเรียนเทพศิรินทร์ในปีการศึกษา 2545 จากนั้นได้เข้าศึกษาต่อที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า จากมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ จนสำเร็จหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิตในปี พ.ศ.2549 จากนั้นได้เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ในปีการศึกษา 2551 ณ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สังกัดห้องปฏิบัติการวิจัยโทรคมนาคม

บทความทางวิชาการจากวิทยานิพนธ์

[1] Jatuwongwiwat,S. , Saivichit,C. “Utility Function-Based Call Admission Control for Network Selection Strategy in Heterogeneous Wireless Network”, <u>International Symposium on Multimedia and Communication Technology (ISMAC 2010), pp 232-235</u>

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย