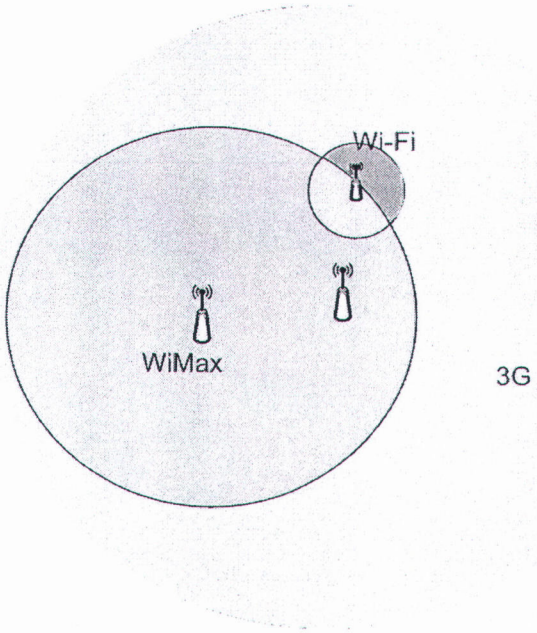
บทที่ 3

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

โดยจากรูปจะพบว่าเซลล์ประกอบด้วยพื้นที่ 3 ประเภทใหญ่ๆ คือ

1.พื้นที่ที่ประกอบด้วยโครงข่ายประเภทเดียว ซึ่งจะเป็นพื้นที่ที่ครอบคลุมด้วยโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่

2. พื้นที่ที่ประกอบด้วยโครงข่ายสองประเภท ซึ่งจะแบ่งย่อยได้เป็น 2 พื้นที่ดังนี้

2.1 พื้นที่ที่ครอบคลุมด้วยโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ และโครงข่าย Wi-Fi

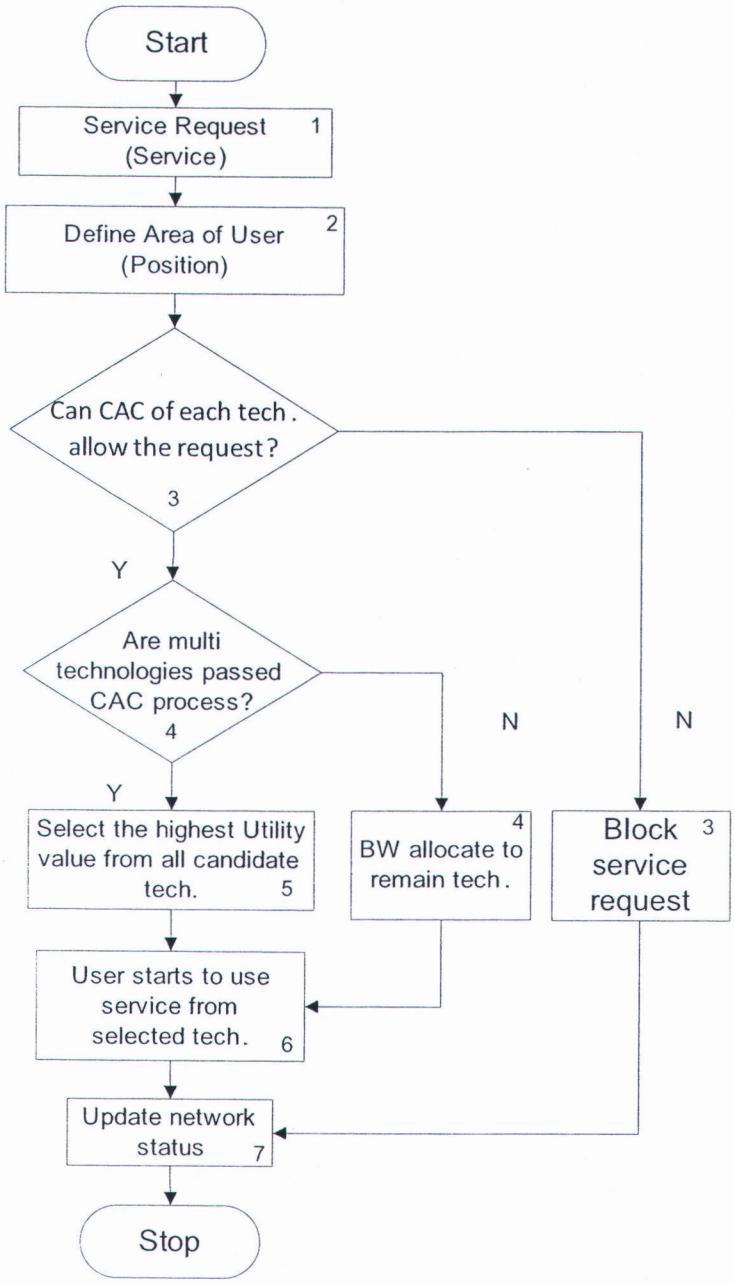
2.2 พื้นที่ที่ครอบคลุมด้วยโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ และโครงข่าย WiMAX

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 หากมีเพียงโครงข่ายเดียวระบบจะทำการเลือกโครงข่ายและจัดสรรแบนด์วิดท์ให้ผู้ใช้บริการทันที แต่หากมีหลายโครงข่ายแล้วระบบจะไปสู่ขั้นตอนการตัดสินใจเลือกโครงข่ายที่เหมาะสม

ขั้นที่ห้า: ระบบจะทำการตัดสินใจเลือกโครงข่ายที่เหมาะสมให้กับผู้ใช้บริการโดยที่จะพิจารณาโดยใช้ ฟังก์ชันอรรถประโยชน์ ในการคำนวณแล้วจึงทำการเลือกโครงข่ายที่ได้ค่าอรรถประโยชน์สูงสุด

ขั้นที่หก: ผู้ใช้บริการเริ่มใช้บริการที่ร้องขอ

ขั้นสุดท้าย: ระบบทำการปรับค่าให้เป็นปัจจุบัน

3.2.1 ขั้นตอนการควบคุมการอนุญาตการเรียกที่นำเสนอ (Call Admission Control)

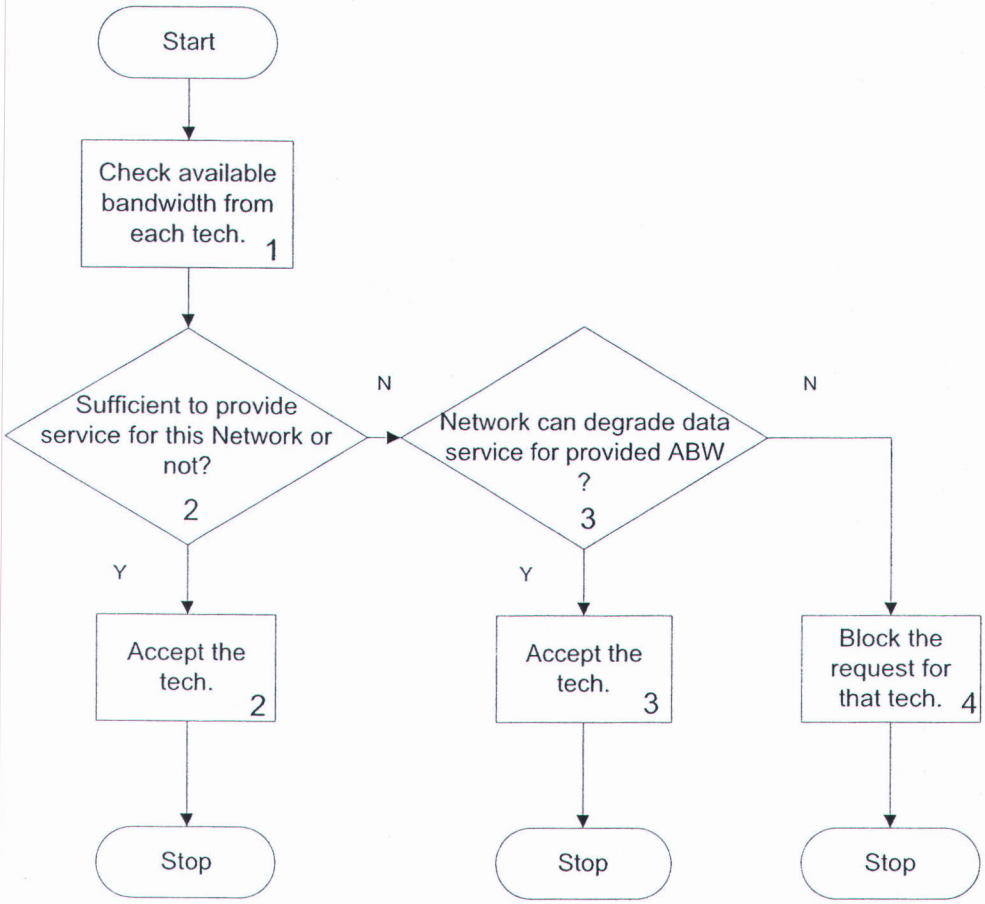
การทำงานของการควบคุมการเรียกเข้าใช้งานที่นำเสนอจะประกอบด้วยขั้นตอนต่างๆ ดังรูปที่ 3.3 ซึ่งจะสามารถอธิบายขั้นตอนการทำงานต่างๆได้ดังนี้

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)

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

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

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

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

ในส่วนของสมการที่ 3.4 – 3.6 นั้นแสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของแบนด์วิดท์ที่เกิดขึ้นเมื่อมีผู้ใช้บริการประเภทเสียงเพิ่มขึ้น 1 รายและในสมการที่ 3.7 อธิบายถึงการลดลงของแบนด์วิดท์ต่อรายของผู้ใช้บริการประเภทข้อมูล

- พิจารณากรณีการเลิกใช้บริการประเภทเสียงจากผู้ใช้บริการ 1 ราย (Departure voice call)

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

$$ABW_i^{M_i-1} = BW_i^{Max} - BW_i^{voice,M_i-1} \quad (3.9)$$

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

ในสมการที่ 3.8 – 3.10 นั้นแสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของแบนด์วิดท์ที่เกิดขึ้นเมื่อมีการจบบริการของผู้ใช้บริการประเภทเสียง 1 ราย

- 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 ค่าการลดของแบนด์วิดท์ที่ใช้สำหรับบริการประเภทข้อมูลต่อหนึ่งผู้ใช้บริการของโครงข่าย i

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

สมการที่ใช้ในการคำนวณหาค่าอรรถประโยชน์และฟังก์ชันของแต่ละองค์ประกอบ

$$U_i = w_d D_i + w_s S_i + w_p P_i \tag{3.18}$$

$$w_d + w_s + w_p = 1 \tag{3.19}$$

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

$$D_i^{data} = \frac{\Delta b_i^{data}}{b_i^{data,M_i,N_i}} \tag{3.21}$$

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

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 จะอธิบายถึงความสัมพันธ์ของค่าน้ำหนักถ่วงของแต่ละฟังก์ชัน ซึ่งกำหนดให้มีผลรวมเท่ากับ 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

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

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

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

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

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

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

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

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