บทที่ 3
แบบแผนการควบคุมการตอบรับการเรียกที่เสนอ

บทนี้อธิบายถึงความหมายศัพท์ที่เกี่ยวข้องในการจำลองแบบเพื่อให้สามารถทำความเข้าใจได้ง่ายและรวดเร็ว พร้อมทั้งสภาวะที่ใช้ในการจำลองแบบและอธิบายอัลกอริทึมการทำงานของแบบแผนการควบคุมการตอบรับการเรียกที่ใช้แบนด์วิดท์ประสิทธิผลเป็นพารามิเตอร์ในการตัดสิน พร้อมทั้งแบบแผนการควบคุมการตอบรับการเรียกที่ใช้ระดับ SIR เป็นพารามิเตอร์ในการตัดสิน เพื่อนำมาใช้เปรียบเทียบกับแบบแผนการควบคุมการตอบรับการเรียกที่ใช้ตัวประกอบโหลดเป็นพารามิเตอร์ในการตัดสินซึ่งเป็นแบบแผนที่เสนอในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

3.1 นิยามศัพท์ที่เกี่ยวข้อง

ตัวประกอบแอกทีวิตีของบริการเสียง (voice activity factor) มีค่าเท่ากับอัตราส่วนระหว่างช่วงเวลาที่มีการพูดกับผลรวมระหว่างช่วงเวลาที่มีการพูดและช่วงเวลาที่ไม่มีการพูด

ตัวประกอบแอกทีวิตีของบริการข้อมูล (data activity factor) มีค่าเท่ากับอัตราส่วนระหว่างช่วงเวลาที่มีการส่งข้อมูลกับผลรวมระหว่างช่วงเวลาที่มีการส่งข้อมูลและช่วงเวลาที่ไม่มีการส่งข้อมูล

แบนด์วิดท์ (bandwidth) มีค่าเท่ากับความกว้างของช่องสัญญาณที่ใช้ในการส่งข้อมูล

แบนด์วิดท์ประสิทธิผล (effective bandwidth) มีค่าเท่ากับความกว้างของช่องสัญญาณที่ใช้ในการส่งข้อมูลกรณีที่คิดผลของตัวประกอบแอกทีวิตี

ความน่าจะเป็นของการบล็อกการเรียก (blocking probability) คือโอกาสที่การเรียกใหม่ถูกบล็อกเนื่องจากระบบมีทรัพยากรไม่เพียงพอที่จะรองรับการเรียกนั้น

ความน่าจะเป็นของการแฮนด์ออฟผิดพลาด (handoff failure probability) คือโอกาสที่การเรียกที่เกิดจากการแฮนด์ออฟไม่ได้รับการตอบรับจากระบบเนื่องจากระบบมีทรัพยากรไม่เพียงพอที่จะรองรับการเรียกนั้น

ความน่าจะเป็นที่สัญญาณขาดหาย (outage probability) คือโอกาสที่ทราฟฟิกไม่ได้รับ QoS ตามต้องการนั้นคือระดับ E_b / N_0 มีค่าต่ำกว่าระดับที่ต้องการ

การใช้ประโยชน์ทรัพยากร (utilization) มีค่าเท่ากับอัตราส่วนระหว่างจำนวนข้อมูลที่ส่งได้กับจำนวนข้อมูลสูงสุดที่ระบบสามารถรองรับได้ในช่วงเวลาที่สนใจ

3.2 สภาวะในการจำลองแบบ

สภาวะที่ใช้ในการจำลองแบบนั้นจะประกอบด้วยบริการสองประเภทคือบริการเสียง บริการอินเทอร์เนต นอกจากนั้นบริการแต่ละประเภทยังประกอบด้วยการเรียกที่เกิดจากการเรียกใหม่และการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์ออฟ โดยในที่นี้กำหนดให้บริการเสียงมีลำดับความสำคัญสูงกว่าบริการอินเทอร์เนตและการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์ออฟของบริการประเภทใดๆ มีลำดับความสำคัญมากกว่าการเรียกที่เกิดจากการเรียกใหม่ พร้อมทั้งแบ่งประเภทของแบนด์วิดท์ของระบบเป็น 2 ประเภทคือระบบที่มีแบนด์วิดท์ในข่ายเชื่อมโยงทั้งสองเป็นแบบสมมาตรและแบบไม่สมมาตร

3.3 แบบแผนการควบคุมการตอบรับการเรียก

3.3.1 แบบแผนการควบคุมการตอบรับการเรียกที่ตั้งบนพื้นฐานของแบนด์วิดท์ประสิทธิผล

แบบแผน CAC นี้จะใช้แบนด์วิดท์ประสิทธิผลเป็นพารามิเตอร์ในการตัดสินที่จะตอบรับหรือบล็อกการเรียก โดยแบบแผนการตอบรับการเรียกจะตอบรับการเรียกเมื่อระบบยังมีแบนด์วิดท์เพียงพอที่จะรองรับการเรียกนั้น พร้อมทั้งนำแบบแผนการให้ลำดับความสำคัญแก่ทราฟฟิกมาใช้ โดยแบบแผนที่ใช้คือช่องสัญญาณกัน ซึ่งจะมีการจองแบนด์วิดท์ประสิทธิผลไว้สำหรับการเรียกที่มีลำดับความสำคัญสูงกว่าการเรียกที่เข้ามา แบนด์วิดท์ที่ใช้เป็นเงื่อนไขสำหรับการตอบรับการเรียกสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 3.1 ถึงสมการที่ 3.4

$$M_h^u = A_u - G_{h,i}^u \tag{3.1}$$

$$M_h^d = A_d - G_{h,i}^d \tag{3.2}$$

$$M_n^u = A_u - G_{n,i}^u \tag{3.3}$$

$$M_n^d = A_d - G_{n,i}^d \tag{3.4}$$

ระบบจะตอบรับการเรียกใหม่เมื่อเงื่อนไขดังสมการที่ 3.5 และ 3.6 เป็นจริง

$$M_n^u \geq B_i^u \tag{3.5}$$

$$M_n^d \geq B_i^d \tag{3.6}$$

ระบบจะตอบรับการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์ออฟเมื่อเงื่อนไขดังสมการที่ 3.7 และ 3.8 เป็นจริง

$$M_h^u \geq B_i^u \tag{3.7}$$

$$M_h^d \geq B_i^d \tag{3.8}$$

โดยที่ i คือ ประเภทของบริการที่เข้ามายังระบบ

M_n^u และ M_n^d คือ แบนด์วิดท์ที่สามารถใช้สอยได้สำหรับการเรียกใหม่หลังจากมีการสำรองแบนด์วิดท์ไว้ตามลำดับความสำคัญของการเรียกใหม่นั้นในข่ายเชื่อมโยงขาขึ้นและข่ายเชื่อมโยงขาลงตามลำดับ

M_h^u และ M_h^d คือ แบนด์วิดท์ที่สามารถใช้สอยได้สำหรับการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์ออฟหลังจากมีการสำรองแบนด์วิดท์ไว้ตามลำดับความสำคัญของการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์ออฟในข่ายเชื่อมโยงขาขึ้นและข่ายเชื่อมโยงขาลงตามลำดับ

A_u และ A_d คือ แบนด์วิดท์ที่เหลือจากแบนด์วิดท์ที่ถูกใช้ไปเนื่องจากการเรียกที่ดำเนินอยู่ในระบบสำหรับข่ายเชื่อมโยงขาขึ้นและข่ายเชื่อมโยงขาลงตามลำดับ

$G_{n,i}^u$ และ $G_{n,i}^d$ คือ แบนด์วิดท์ที่สำรองไว้สำหรับการเรียกที่มีลำดับความสำคัญสูงกว่าการเรียกใหม่ประเภทที่ i ในข่ายเชื่อมโยงขาขึ้นและข่ายเชื่อมโยงขาลงตามลำดับ

$G_{h,i}^u$ และ $G_{h,i}^d$ คือ แบนด์วิดท์ที่สำรองไว้สำหรับการเรียกที่มีลำดับความสำคัญสูงกว่าการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์ออฟประเภทที่ i ในข่ายเชื่อมโยงขาขึ้นและข่ายเชื่อมโยงขาลงตามลำดับ

B_i^u และ B_i^d คือ แบนด์วิดท์ประสิทธิผลของการเรียกประเภทที่ i สำหรับข่ายเชื่อมโยงขาขึ้นและข่ายเชื่อมโยงขาลงตามลำดับ

3.3.2 แบบแผนการควบคุมการตอบรับการเรียกที่ตั้งบนพื้นฐานของระดับ SIR

แบบแผน CAC นี้ใช้ระดับของ E_b/N_0 เป็นพารามิเตอร์ในการตอบรับการเรียก โดยที่ระดับของ E_b/N_0 ของการเรียกที่กำลังดำเนินอยู่เมื่อมีการตอบรับการเรียกเข้ามาใหม่จะต้องมากกว่าระดับ E_b/N_0 ที่ตั้งไว้ตามประเภทของการเรียกนั้นจึงจะตอบรับการเรียกใหม่นั้นได้ ซึ่งในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะแทนแบบแผน CAC ที่ตั้งบนพื้นฐานระดับ SIR ด้วยแบบแผน CAC ที่ใช้ระดับ E_b/N_0 เป็นเงื่อนไขในการพิจารณา นอกจากนั้นยังให้ลำดับความสำคัญแก่การเรียกแต่ละประเภท โดยการเรียกที่มีลำดับความสำคัญสูงจะมีระดับ E_b/N_0 ที่ตั้งไว้สำหรับการเรียกแต่ละประเภทต่ำเพื่อให้อัตราการบล็อกการเรียกชนิดนั้นต่ำ ซึ่งขั้นตอนการทำงานสามารถสรุปได้ดังนี้

เราสามารถหาระดับ E_b/N_0 ของการเรียกที่ดำเนินอยู่ในระบบได้จากสมการที่ 3.9 และ 3.10

$$S_k^u = \frac{W_u}{R_k^u} \cdot \frac{P_k}{(1+f^u)\sum_{j=0}^{D-1} N_j P_j - P_k} \tag{3.9}$$

$$S_k^d = \frac{W_d}{R_k^d} \cdot \frac{P_k}{\frac{(1-\rho+f^d)}{1-z}\sum_{j=0}^{D-1} N_j P_j - (1-\rho)P_k} \tag{3.10}$$

ในการจำลองแบบกำหนดให้ $P_k^u = R_k^u \gamma_k^u / W_u$ และ $P_k^d = R_k^d \gamma_k^d / W_d$ โดยที่ P_k^u และ P_k^d คือกำลังสัญญาณที่ส่งและกำลังที่ได้รับสำหรับบริการประเภทที่ k ในข่ายเชื่อมโยงขาขึ้นและข่ายเชื่อมโยงขาลงตามลำดับ ดังนั้นสมการที่ 3.9 และ 3.10 เปลี่ยนเป็นสมการที่ 3.11 และ 3.12

$$S_k^u = \frac{W_u \gamma_k^u}{(1+f^u)\sum_{j=0}^{D-1} N_j \upsilon_j^u R_j^u \gamma_j^u - \upsilon_k^u R_k^u \gamma_k^u} \tag{3.11}$$

$$S_k^d = \frac{(1-z) W_d \gamma_k^d}{(1-\rho+f^d)\sum_{j=0}^{D-1} N_j \upsilon_j^d R_j^d \gamma_j^d - (1-\rho)(1-z)\upsilon_k^d R_k^d \gamma_k^d} \tag{3.12}$$

เมื่อมีการเรียกเข้ามายังระบบ ก่อนที่ระบบจะตอบรับการเรียกระบบจะพิจารณาค่าของระดับ E_b / N_0 ของการเรียกที่ดำเนินอยู่ในระบบเมื่อระบบตอบรับการเรียกที่เข้ามานั้น ซึ่งคำนวณได้ดังนี้

$$E_{k,i}^u = \left\{ \frac{1}{S_k^u} + \frac{\upsilon_i^u R_i^u}{W_u} \cdot \frac{\gamma_i^u}{\gamma_k^u} \right\}^{-1} \tag{3.13}$$

$$E_{k,i}^d = \left\{ \frac{1}{S_k^d} + \frac{\upsilon_i^d R_i^d}{W_d} \cdot \frac{\gamma_i^d}{\gamma_k^d} \right\}^{-1} \tag{3.14}$$

ซึ่งได้จากสมการที่ 3.15 และ 3.16

$$S_k^u = \frac{W_u}{R_k^u} \cdot \frac{P_k}{(1+f^u)\sum_{j=0}^{D-1} N_j P_j - P_k + P_i} \tag{3.15}$$

$$S_k^d = \frac{W_d}{R_k^d} \cdot \frac{P_k}{\frac{(1-\rho+f^d)}{1-z}\sum_{j=0}^{D-1} N_j P_j - (1-\rho)P_k + P_i} \tag{3.16}$$

โดยระบบจะตอบรับการเรียกใหม่เมื่อเงื่อนไขดังสมการที่ 3.17 และ 3.18 เป็นจริง

$$E_{k,i}^u \geq \Phi_{k,i}^u \tag{3.17}$$

$$E_{k,i}^d \geq \Phi_{k,i}^d \tag{3.18}$$

ระบบจะตอบรับการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์ออฟเมื่อเงื่อนไขดังสมการที่ 3.19 และ 3.20 เป็นจริง

$$E_{k,i}^u \geq \Psi_{k,i}^u \tag{3.19}$$

$$E_{k,i}^d \geq \Psi_{k,i}^d \tag{3.20}$$

โดยที่ k คือ ประเภทบริการของการเรียกที่พิจารณา

i คือ ประเภทบริการของการเรียกที่เข้ายังระบบ

j คือ ประเภทบริการของการเรียกที่ดำเนินในระบบ

W_u และ W_d คือ แบนด์วิดท์ในข่ายเชื่อมโยงขาขึ้นและข่ายเชื่อมโยงขาลงตามลำดับ

γ_j^u และ γ_j^d คือ ระดับ E_b/N_0 ที่ต้องการของบริการประเภทที่ j สำหรับข่ายเชื่อมโยงขาขึ้นและข่ายเชื่อมโยงขาลง

N_j คือ จำนวนของผู้ใช้บริการประเภทที่ j

υ_j^u และ υ_j^d คือ ตัวประกอบแอกทีวิตีของบริการประเภทที่ j สำหรับข่ายเชื่อมโยงขาขึ้นและข่ายเชื่อมโยงขาลง

R_j^u และ R_j^d คือ อัตราบิตของบริการประเภทที่ j สำหรับข่ายเชื่อมโยงขาขึ้นและข่ายเชื่อมโยงขาลง

z คือ อัตราส่วนกำลังของช่องสัญญาณนำต่อกำลังที่สถานีฐานสามารถส่งได้สูงสุด

f^u และ f^d คือ ตัวประกอบการแทรกสอดสำหรับข่ายเชื่อมโยงขาขึ้นและข่ายเชื่อมโยงขาลง

ρ คือ ตัวประกอบตั้งฉาก

D คือ จำนวนประเภทของทราฟฟิก

S_k^u และ S_k^d คือ ระดับ E_b/N_0 ของการเรียกที่ดำเนินอยู่ประเภทที่ k ในข่ายเชื่อมโยงขาขึ้นและข่ายเชื่อมโยงขาลงตามลำดับ

$E_{k,i}^u$ และ $E_{k,i}^d$ คือ ค่าประมาณระดับ E_b/N_0 ของการเรียกที่ดำเนินอยู่ประเภทที่ k เมื่อระบบตอบรับการเรียกประเภทที่ i ในข่ายเชื่อมโยงขาขึ้น และข่ายเชื่อมโยงขาลงตามลำดับ

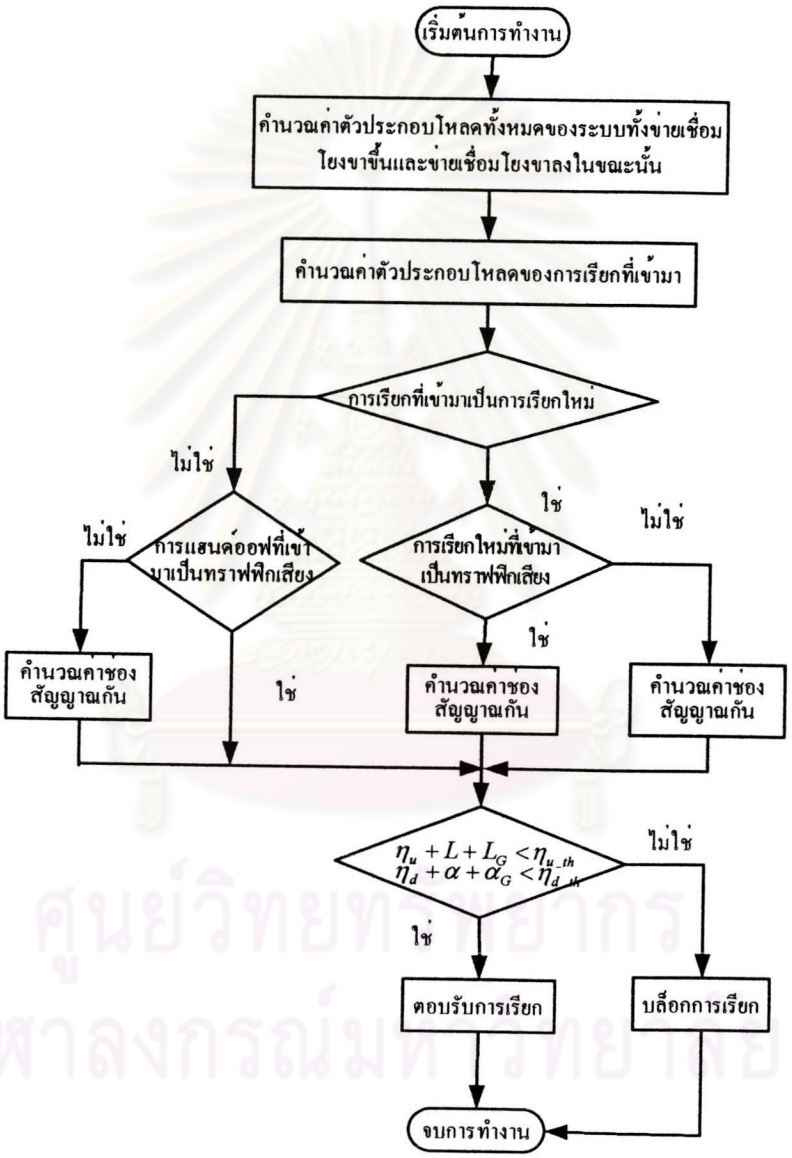
$\Phi_{k,i}^u$ และ $\Phi_{k,i}^d$ คือ ระดับ E_b/N_0 ที่ตั้งไว้สำหรับบริการประเภทที่ k เมื่อมีการเรียกใหม่ประเภทที่ i เข้ามายังระบบ

$\Psi_{k,i}^u$ และ $\Psi_{k,i}^d$ คือ ระดับ E_b/N_0 ที่ตั้งไว้สำหรับบริการประเภทที่ k เมื่อมีการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์ออฟประเภทที่ i เข้ามายังระบบ

3.3.3 แบบแผนการควบคุมการตอบรับการเรียกที่นำเสนอโดยตั้งบนพื้นฐานของตัวประกอบโหลด

แบบแผน CAC ที่เสนอในงานวิจัยนี้ตั้งบนพื้นฐานของความจุของระบบแบบกึ่งตายตัว โดยพารามิเตอร์ที่แสดงถึงความจุของระบบคือ ตัวประกอบโหลด โดยหลักการพื้นฐานใน

การตอบรับสำหรับแบบแผนที่ใช้ตัวประกอบโหลดเป็นพารามิเตอร์ในการตัดสินใจคือ ระบบจะตอบรับการเรียกถ้าตัวประกอบโหลดทั้งหมดในข่ายเชื่อมโยงแต่ละข่ายมีค่าน้อยกว่าค่าที่ตั้งไว้ซึ่งเป็นค่าโหลดที่สูงที่สุดที่ระบบสามารถรองรับได้ และจะต้องเป็นจริงทั้งข่ายเชื่อมโยงขาขึ้นและข่ายเชื่อมโยงขาลง ซึ่งกล่าวไว้ในบทที่ 2 แต่ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงขั้นตอนในการจำลองแบบและหลักการของแบบแผนที่เสนอซึ่งนำแบบแผนการให้ลำดับความสำคัญมาประยุกต์ใช้ ซึ่งแสดงได้ดังรูปที่ 3.1 และมีรายละเอียดดังต่อไปนี้



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนในการควบคุมการตอบรับการเรียกที่เสนอ

เมื่อมีการเรียกเข้ามายังระบบในที่นี้ คือ เซลล์ที่สนใจ ระบบจะทำการพิจารณาโหลดของระบบในขณะนั้น ซึ่งแสดงถึงความจุของระบบที่ถูกใช้ไปโดยใช้สมการที่ 3.21 สำหรับข่ายเชื่อมโยงขาขึ้น และสมการที่ 3.22 สำหรับข่ายเชื่อมโยงขาลง

$$\eta_u = (1+f_u)\cdot\sum_{j=0}^{D-1}\frac{N_j\cdot\upsilon_j^u\cdot R_j^u\cdot\gamma_j^u}{W_u} \tag{3.21}$$

$$\eta_d = \frac{[(1-\rho)+f_d]}{1-z}\cdot\sum_{j=0}^{D-1}\frac{N_j\cdot\upsilon_j^d\cdot R_j^d\cdot\gamma_j^d}{W_d}\cdot \tag{3.22}$$

โดยที่ j คือ ประเภทบริการของการเรียกที่ดำเนินในระบบ

W_u และ W_d คือ แบนด์วิดท์ในข่ายเชื่อมโยงขาขึ้นและข่ายเชื่อมโยงขาลงตามลำดับ

γ_j^u และ γ_j^d คือ ระดับ E_b/N_0 ที่ต้องการของบริการประเภทที่ j สำหรับข่ายเชื่อมโยงขาขึ้นและข่ายเชื่อมโยงขาลง

N_j คือ จำนวนของผู้ใช้บริการประเภทที่ j

υ_j^u และ υ_j^d คือ ตัวประกอบแอกทีวิตีของบริการประเภทที่ j สำหรับข่ายเชื่อมโยงขาขึ้นและข่ายเชื่อมโยงขาลง

R_j^u และ R_j^d คือ อัตราบิตของบริการประเภทที่ j สำหรับข่ายเชื่อมโยงขาขึ้นและข่ายเชื่อมโยงขาลง

z คือ อัตราส่วนกำลังของช่องสัญญาณนำต่อกำลังที่สถานีฐานสามารถส่งได้สูงสุด

f^u และ f^d คือ ตัวประกอบการแทรกสอดสำหรับข่ายเชื่อมโยงขาขึ้นและข่ายเชื่อมโยงขาลง

ρ คือ ตัวประกอบตั้งฉาก

D คือ จำนวนประเภทของทราฟฟิก

η_u และ η_d คือ โหลดทั้งหมดในระบบที่เกิดจากการเรียกที่กำลังดำเนินอยู่ในระบบในข่ายเชื่อมโยงขาขึ้น และข่ายเชื่อมโยงขาลงตามลำดับ

พร้อมทั้งพิจารณาค่าตัวประกอบของการเรียกที่เข้ามาดังสมการที่ 3.23 สำหรับข่ายเชื่อมโยงขาขึ้น และสมการที่ 3.24 สำหรับข่ายเชื่อมโยงขาลง

$$L_i = \frac{\upsilon_i^u\cdot R_i^u\cdot\gamma_i^u}{W_u} \tag{3.23}$$

$$\alpha_i = \frac{\upsilon_i^d\cdot R_i^d\cdot\gamma_i^d}{W_d} \tag{3.24}$$

เนื่องจากในงานวิจัยได้นำแบบแผนลำดับความสำคัญมาใช้ ดังนั้นระบบจะทำการพิจารณาประเภทของการเรียกที่เข้ามาว่าเป็นการเรียกที่เกิดจากการเรียกใหม่หรือการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์ออฟ เมื่อแบ่งประเภทของการเรียกแล้วขั้นตอนต่อไปก็จะเป็นการพิจารณาประเภทบริการของการเรียกนั้น ขั้นตอน 2 ขั้นตอนที่กล่าวมาเป็นการพิจารณาลำดับความสำคัญของการเรียก โดยแบบแผนลำดับความสำคัญที่นำมาใช้ คือ ช่องสัญญาณกัน โดยระบบจะทำการกันโหลดบางส่วนไว้สำหรับการเรียกที่มีลำดับความสำคัญสูงกว่าการเรียกที่เข้ามา โดยโหลดที่กันไว้จะมีความสัมพันธ์กับตัวประกอบโหลดและอัตราการเข้าของการเรียกที่ได้รับการกันไว้ ดังสมการที่ 3.25 ถึงสมการที่ 3.28

$$L_{h,i}^{G} = \Delta_i \left(\sum_{k=0}^{i-1} \frac{\lambda_k L_k}{\nu_k + \mu_k} \right) \tag{3.25}$$

$$\alpha_{h,i}^{G} = \Delta_i \left(\sum_{k=0}^{i-1} \frac{\lambda_k \alpha_k}{\nu_k + \mu_k} \right) \tag{3.26}$$

$$L_{n,i}^{G} = \Delta_i \left(\sum_{k=0}^{D-1} \frac{\lambda_k L_k}{\nu_k + \mu_k} + \sum_{j=0}^{i-1} \frac{\Lambda_j L_j}{\nu_j + \mu_j} \right) \tag{3.27}$$

$$\alpha_{n,i}^{G} = \Delta_i \left(\sum_{k=0}^{D-1} \frac{\lambda_k \alpha_k}{\nu_k + \mu_k} + \sum_{j=0}^{i-1} \frac{\Lambda_j \alpha_j}{\nu_j + \mu_j} \right) \tag{3.28}$$

โดยที่ i คือประเภทของการเรียกที่เข้ามาในระบบ

Δ_i คือ ค่าคงที่ ซึ่งเป็นค่าที่ชดเชยระหว่างความน่าจะเป็นที่จะเกิดการบล็อกหรือการแฮนด์ออฟผิดพลาดกับค่าการใช้ประโยชน์ทรัพยากรของการบริการประเภทที่ i

$L_{h,i}^{G}$ และ $L_{n,i}^{G}$ คือ ตัวประกอบโหลดทางข่ายเชื่อมโยงขาขึ้นที่จองไว้เมื่อการเรียกที่เข้ามาเป็นการเรียกประเภทที่ i ที่เกิดจากการแฮนด์ออฟและการเรียกใหม่ตามลำดับ

$\alpha_{h,i}^{G}$ และ $\alpha_{n,i}^{G}$ คือ ตัวประกอบโหลดทางข่ายเชื่อมโยงขาลงที่จองไว้เมื่อการเรียกที่เข้ามาเป็นการเรียกประเภทที่ i ที่เกิดจากการแฮนด์ออฟและการเรียกใหม่ตามลำดับ

เมื่อระบบพิจารณาค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ดังสมการที่ 3.21 ถึง 3.28 เรียบร้อยแล้ว ระบบจะทำการพิจารณาเงื่อนไขเพื่อตัดสินใจที่จะตอบรับหรือบล็อกการเรียก โดยระบบจะตอบรับการเรียกใหม่เมื่อเงื่อนไขดังในสมการที่ 3.29 และสมการที่ 3.30 เป็นจริง และตอบรับการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์ออฟเมื่อเงื่อนไขดังสมการที่ 3.31 และ 3.32 เป็นจริง นอกเหนือจากนั้นระบบจะทำการบล็อกการเรียก

$$\eta_u + L_i + L_{n,i}^{G} < \eta_{u_th} \tag{3.29}$$

$$\eta_d + \alpha_i + \alpha_{n,i}^{G} < \eta_{d_th} \tag{3.30}$$

$$\eta_u + L_i + L_{h,i}^G < \eta_{u_th} \tag{3.31}$$

$$\eta_d + \alpha_i + \alpha_{h,i}^G < \eta_{d_th} \tag{3.32}$$

โดยที่ η_{u_th} และ η_{d_th} คือ ค่าโหลดที่สูงที่สุดที่ระบบสามารถรองรับได้ในข่ายเชื่อมโยงขาขึ้นและข่ายเชื่อมโยงขาลงตามลำดับ

เนื่องจากในวิทยานิพนธ์จะพิจารณาระบบขณะที่ระบบมีลักษณะเอกพันธ์ที่สภาวะสมดุลเชิงสถิติ ดังนั้นอัตราการแฮนด์ออฟออกจากเซลล์ของบริการแต่ละประเภทจะต้องมีค่าเท่ากับอัตราการแฮนด์ออฟเข้ามายังเซลล์ของบริการประเภทนั้นๆ ดังนั้นในการจำลองแบบจะต้องทำการตรวจสอบให้เงื่อนไขที่กล่าวมาเป็นจริงดังต่อไปนี้

อัตราการแฮนด์ออฟมีความสัมพันธ์กับความน่าจะเป็นในการบล็อกการเรียกดังสมการที่ 3.33

$$\lambda_j = P_{h,j}\{\Lambda_j(1-\psi_j) + \lambda_j(1-\chi_j)\} \tag{3.33}$$

โดยที่ $P_{h,j}$ แทนความน่าจะเป็นที่การเรียกจะถูกแฮนด์ออฟออกไปยังเซลล์ข้างเคียงดังสมการที่ 3.34 และ $0 \le j \le L-1$

$$P_{h,j} = \frac{\nu_j}{\mu_j + \nu_j} \tag{3.34}$$

สมมติให้ ψ_j และ χ_j มีค่าน้อยกว่าหนึ่งมาก ๆ ดังนั้นเราจะได้ค่าเริ่มต้นของอัตราการแฮนด์ออฟในระบบมีค่าดังสมการที่ 3.35

$$\lambda_j \approx \frac{\nu_j}{\mu_j}\Lambda_j \tag{3.35}$$

จากนั้นจึงหาค่าความน่าจะเป็นในการบล็อกการเรียกโดยใช้สมการที่ 3.21 ถึง 3.32 แล้วจึงหาค่าอัตราการแฮนด์ออฟเข้ามายังเซลล์ใหม่โดยใช้สมการที่ 3.36

$$\lambda_{j,new} = P_{h,j}\{\Lambda_j(1-\psi_j) + \lambda_j(1-\chi_j)\} \tag{3.36}$$

นำค่าอัตราการแฮนด์ออฟใหม่มาเปรียบเทียบกับอัตราการแฮนด์ออฟเดิมโดย $\delta_j = 1$ ถ้า $\left|1 - \frac{\lambda_{j,new}}{\lambda_j}\right| < \in$ นอกเหนือจากนั้น $\delta_j = 0$

ระบบจะเป็นระบบเอกพันธุ์ที่สภาวะสมดุลเชิงสถิติเมื่อสมการที่ 3.37 เป็นจริง

$$\prod_{j=0}^{D-1}\delta_j = 1 \tag{3.37}$$

หลังจากนั้นจึงนำค่าความน่าจะเป็นในการบล็อกการเรียก, ค่าอัตราการเข้าของการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์ออฟ และการเรียกที่เกิดจากการเรียกใหม่มาคำนวณหาค่าการใช้ประโยชน์ทรัพยากรดังสมการที่ 3.38 ถึง 3.41

$$N_j = \frac{1}{\nu_j + \mu_j}\{\Lambda_j(1-\psi_j) + \lambda_j(1-\chi_j)\} \tag{3.38}$$

$$\Gamma_u = \sum_{j=0}^{D-1} N_j B_j^u \tag{3.39}$$

$$\Gamma_d = \sum_{j=0}^{D-1} N_j B_j^d \tag{3.40}$$

$$U_T = \frac{\Gamma_u + \Gamma_d}{W_u + W_d} \tag{3.41}$$

โดยที่ N_j คือ จำนวนของผู้ใช้บริการประเภทที่ j

λ_j คือ อัตราการมาของการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์ออฟของทราฟฟิกประเภทที่ j

Λ_j คือ อัตราการมาถึงของการเรียกใหม่ของทราฟฟิกประเภทที่ j

ψ_j คือ ความน่าจะเป็นในการบล็อกการเรียกใหม่ของทราฟฟิกประเภทที่ j

χ_j คือ ความน่าจะเป็นในการแฮนด์ออฟผิดพลาดการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์ออฟของทราฟฟิกประเภทที่ j

ν_j คือ เวลาดเวลล์ของทราฟฟิกประเภทที่ j

μ_j คือ เวลาบริการของทราฟฟิกประเภทที่ j

Γ_u และ Γ_d คือทรัพยากรที่ถูกใช้ไปในข่ายเชื่อมโยงขาขึ้นและข่ายเชื่อมโยงขาลงตามลำดับ

U_T คือ ค่าการใช้ประโยชน์ทรัพยากรโดยรวม

สำหรับการพิจารณาค่าความน่าจะเป็นที่สัญญาณขาดหายเป็นดังนี้ ค่าความน่าจะเป็นที่สัญญาณขาดหายของการเรียกใดๆ คือค่าความน่าจะเป็นที่ค่า E_b / N_0 ที่วัดได้ของการเรียกที่ดำเนินในระบบเมื่อระบบตอบรับการเรียกเข้ามามีค่าน้อยกว่าค่า E_b / N_0 ต่ำสุดที่การเรียกยังได้รับประกัน QoS ซึ่งค่า E_b / N_0 สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 3.42 และ 3.43

$$M_j^u = \frac{W_u \gamma_j^u}{(1+f^u)\sum_{k=0}^{D-1} N_k \upsilon_k^u R_k^u \gamma_k^u - \upsilon_j^u R_j^u \gamma_j^u} \tag{3.42}$$

$$M_j^d = \frac{W_d \gamma_j^d}{\frac{(1-\rho+f^d)}{(1-z)} \sum_{k=0}^{D-1} N_k \upsilon_k^d R_k^d \gamma_k^d - (1-\rho)\upsilon_j^d R_j^d \gamma_j^d} \tag{3.43}$$

โดยที่ M_j^u และ M_j^d คือ ค่าประมาณระดับ E_b / N_0 ของการเรียกที่ดำเนินอยู่ประเภทที่ j ในข่ายเชื่อมโยงขาขึ้น และข่ายเชื่อมโยงขาลงตามลำดับ

3.3.4 แบบแผนการควบคุมการตอบรับการเรียกที่ตั้งบนพื้นฐานของตัวประกอบโหลดโดยไม่ใช้แบบแผนการให้ลำดับความสำคัญ

แบบแผน CAC นี้คล้ายกับแบบแผนที่เสนอแต่ไม่มีการใช้แบบแผนการให้ลำดับความสำคัญ ดังนั้นเงื่อนไขในการตัดสินใจจึงใช้หลักการพื้นฐานดังที่กล่าวไว้ในหัวข้อที่ 3.3.3 ซึ่งแสดงได้ดังต่อไปนี้

ระบบจะตอบรับการเรียกเมื่อเงื่อนไขในสมการที่ 3.44 และ 3.45 เป็นจริง

$$\eta_u + L_i < \eta_{u_th} \tag{3.44}$$

$$\eta_d + \alpha_i < \eta_{d_th} \tag{3.45}$$

โดยที่ i คือประเภทของการเรียกที่เข้ามาในระบบ

η_u และ η_d คือ โหลดทั้งหมดในระบบที่เกิดจากการเรียกที่กำลังดำเนินอยู่ในระบบในข่ายเชื่อมโยงขาขึ้นและข่ายเชื่อมโยงขาลงตามลำดับ

η_{u_th} และ η_{d_th} คือ ค่าโหลดที่สูงที่สุดที่ระบบสามารถรองรับได้ในข่ายเชื่อมโยงขาขึ้นและข่ายเชื่อมโยงขาลงตามลำดับ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย