

รายการอ้างอิง

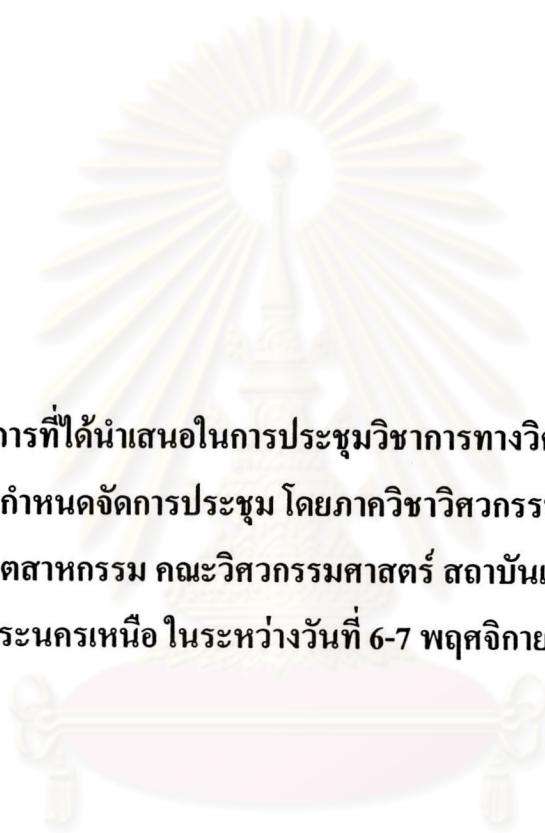
1. Mark, J., W., and Zhuang, W. Wireless communications and networking. New Jersey: Pearson Education, 2003.
2. Holma, H., and Toskala, A., eds. WCDMA for UMTS: Radio access for third generation mobile communications. England: John Wiley & Sons, 2000.
3. Dimitriou, N., Tafazolli, R., and Sfikas, G. Quality of service for multimedia CDMA. IEEE Communications Magazine 38 (July 2000): 88-94.
4. Dixit, S., Yile Guo, and Antoniou, Z. Resource management and quality of service in third generation wireless networks. IEEE Communication Magazine 39 (February 2001): 125-133.
5. Dixit, S., and Prasad, R. Wireless IP and building the mobile internet. United State of America: Artech House, 2003.
6. Jeong, D., G., and Jeon, W., S. CDMA/TDD system for wireless multimedia services with traffic unbalance between uplink and downlink. IEEE Journal on Selected Areas in Communication 17 (May 1999): 939-946.
7. Hlaovistkul, N., Homnan B., and Benjapolakul, W. Improvement of call admission control schemes for intergrated voice and data traffic in CDMA cellular mobile communication system. ISCIT (November 2001): 99-102.
8. Kim, K., and Han, Y. A call admission control with thresholds for multirate traffic in CDMA systems. IEEE Vehicular Technology conference 2 (May 2000): 830-834.
9. Outes, J., Nielsen, L., Pedersen, K., and Mogensen, P. Multi-cell admission control for UMTS. IEEE Vehicular Technology conference 2 (May 2001): 987-991.
10. Li, F., Y., and Stol, N. A priority-oriented call admission control paradigm with QoS renegotiation for multimedia services in UMTS. IEEE Vehicular Technology conference 3 (May 2001): 2021-2025.
11. Chen, H., Kumar, S., and Kuo, C.-C.J. Dynamic call admission control scheme for QoS priority handoff in multimedia cellular systems. IEEE Wireless Communications and Networking Conference 1 (March 2002): 114-118.
12. Jeon, W., S., and Jeong, D., G. Call admission control for mobile multimedia communications with traffic asymmetry between uplink and downlink. IEEE Vehicular Technology conference 50 (January 2001): 59-66.

13. Jeon, W., S., and Jeong, D., G. Admission control of multimedia calls in CDMA mobile systems. IEEE Vehicular Technology conference 2 (May 2001): 886-890.
14. Kim, D. Efficient interactive call admission control in power-controlled mobile systems. IEEE Transactions on Vehicular Technology 49 (May 2000): 1017-1028.
15. Holma, H., and Laakso, J. Uplink admission control and soft capacity with MUD in CDMA. IEEE Vehicular Technology conference 1 (September 1999): 431-435.
16. Pollonen, J. Quality of service based admission control for WCDMA mobile systems. Master's Thesis, Department of engineering physics and mathematics, Helsinki University of Technology, 2001.
17. Kim, D., and Jeong, D., G. Capacity unbalance between uplink and downlink in spectrally overlaid narrow-band and wide-band CDMA mobile systems. IEEE Transactions on Vehicular Technology 49 (July 2000): 1086-1093.
18. Esmailzadeh, R., Nakagawa, M., and Sourour, E., A. Time-division duplex CDMA communications. IEEE Personal Communications 4 (April 1997): 51-56.
19. Miya, K., et al. CDMA/TDD cellular systems for the 3rd generation mobile communication. IEEE Vehicular Technology conference 2 (May 1997): 820-824.
20. Povey, G., J., R., and Nakagawa, M. A review of time division duplex-CDMA techniques. IEEE International Symposium on Spread Spectrum Techniques and Applications 2 (September 1998): 630-633.
21. Fang, Y., and Zang, Y. Call admission control schemes and performance analysis in wireless mobile networks. IEEE Transactions on Vehicular Technology 51 (March 2002): 371-382.
22. Gunnarsson, F., Geijer-Lundin, E., Bark, G., and Wiberg, N. Uplink admission control in WCDMA based on relative load estimates. IEEE International Conference on Communications 5 (2002): 3091-3095.
23. Muckenheim, J., and Bernhard, U. A framework for load control in 3rd generation CDMA networks. IEEE Global Telecommunications Conference 6 (November 2001): 3738-3742.
24. Viterbi, A., M., and Viterbi, A., J. Erlang capacity of power controlled CDMA system. IEEE Journal on Selected Areas in Communication 11 (August 1993): 892-900.



ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



บทความทางวิชาการที่ได้นำเสนอในการประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 26
(EECON-26) กำหนดจัดการประชุม โดยภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า และภาควิชา
เทคโนโลยีไฟฟ้าอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
พระนครเหนือ ในระหว่างวันที่ 6-7 พฤศจิกายน 2546

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การควบคุมการตอบรับการเรียกสำหรับทราฟฟิกแบบมัลติมีเดียในระบบซีดีเอ็มเอแบบวีซีดูเพล็กซ์แบบแบ่งเวลา

Call Admission Control for Multimedia Traffic in CDMA/TDD System

พัชรพรธ ศรวิจจน์ และ วาติต เบญจพลกุล

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ถ. พญาไท ปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330 โทร. 0 2218 6902 โทรสาร 0 2218 6912

E-mail: patcharapun.s@student.chula.ac.th, watit@ee.eng.chula.ac.th

บทคัดย่อ

บทความฉบับนี้เสนอการควบคุมการตอบรับการเรียกสำหรับบริการแบบมัลติมีเดียในระบบสื่อสารเคลื่อนที่ประเภทการเข้าถึงหลายทางแบบแบ่งรหัสโดยวีซีดูเพล็กซ์แบบแบ่งเวลาโดยแบนด์วิดท์ในช่องเชื่อมโยงขาขึ้นและขาเชื่อมโยงขาลงไม่เท่ากัน ซึ่งเงื่อนไขในการตัดสินใจตอบรับการเรียกตั้งบนพื้นฐานของค่าตัวประกอบโหลดซึ่งมีค่าเปลี่ยนแปลงขึ้นกับชนิดของบริการ พร้อมทั้งให้ลำดับความสำคัญแก่การเรียกที่เกิดจากการแฮนด์ออฟมากกว่าการเรียกใหม่ และรับประกันคุณภาพการบริการของการเรียกที่ดำเนินอยู่ในขณะที่ตอบรับการเรียกเข้ามายังระบบ โดยสมรรถนะของระบบวัดได้จาก ความน่าจะเป็นของการติดขัด, ความน่าจะเป็นของการตัดสัญญาณแฮนด์ออฟ และการใช้ประโยชน์ทรัพยากร

คำสำคัญ: การควบคุมการตอบรับการเรียก, ซีดีเอ็มเอ, วิธีการดูเพล็กซ์แบบแบ่งเวลา

Abstract

This paper proposes a Call Admission Control (CAC) scheme for multimedia services in CDMA/TDD mobile communication system with asymmetric bandwidth. The call admission decision in the proposed scheme is based on load factor that varies according to service classes. The proposed scheme guarantees the priority of handoff call requests over new call requests and guarantees the QoS of the ongoing calls while an incoming call is admitted. The performance measures on the blocking probability, the handoff failure, and the utilization of resources.

Keywords: Call admission control, CDMA, Time Division Duplex

1. บทนำ

ระบบสื่อสารเคลื่อนที่ในยุคปัจจุบันสามารถรองรับบริการที่หลากหลายขึ้น เช่น บริการเสียง, วิดีโอ และ อินเทอร์เน็ต เป็นต้น แต่เนื่องจากทรัพยากรคลื่นวิทยุมีอยู่อย่างจำกัดจึงได้มีการนำการจัดการทรัพยากร (resource management) มาจัดการทรัพยากรที่มีอยู่ให้คุ้มค่า

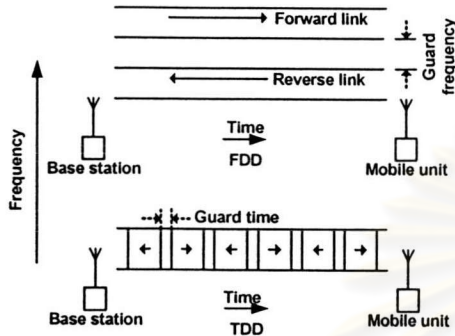
โดยการจัดการทรัพยากรที่สนใจในที่นี้ คือ การควบคุมการตอบรับการเรียก (Call Admission Control หรือ CAC)

หลักการของ CAC คือระบบจะตอบรับผู้ใช้ก็ต่อเมื่อมีทรัพยากรในระบบเพียงพอที่จะรองรับบริการที่ผู้ใช้ต้องการ เช่น ในระบบการเข้าถึงหลายทางแบบแบ่งความถี่ (Frequency Division Multiple Access หรือ FDMA) และระบบการเข้าถึงหลายทางแบบแบ่งเวลา (Time Division Multiple Access หรือ TDMA) ซึ่งเป็นระบบที่มีทรัพยากรคงที่ ดังนั้นความจุของระบบข้างต้นเรียกว่าความจุแบบตายตัว (hard capacity) แต่ในระบบการเข้าถึงหลายทางแบบแบ่งรหัส (Code Division Multiple Access หรือ CDMA) ความจุของระบบไม่คงที่ เนื่องจากระบบมีค่าตัวประกอบการใช้ความถี่ซ้ำ (frequency reuse factor) เท่ากับ 1 ดังนั้นจึงมีการแทรกสอดกันระหว่างผู้ใช้จากภายในเซลล์กับผู้ใช้จากเซลล์ข้างเคียง ทำให้ความจุของระบบถูกจำกัดด้วยค่าการแทรกสอด และเรียกความจุลักษณะนี้ว่าความจุแบบไม่ตายตัว (soft capacity) ดังนั้น CAC ที่ใช้ใน ระบบ CDMA จะต้องตั้งบนพื้นฐานจากความจุแบบไม่ตายตัวเป็นเงื่อนไขในการพิจารณา เช่น CAC ที่ตั้งบนพื้นฐานกำลังที่วัดได้ทั้งหมดที่สถานีฐาน และ CAC ที่ตั้งบนพื้นฐานของอัตราส่วนระหว่างกำลังสัญญาณกับกำลังของการแทรกสอด (Signal to Interference Ratio หรือ SIR) ของบริการ เป็นต้น

เนื่องจากประเภทของบริการที่หลากหลายจึงสามารถแบ่งตามลักษณะของการใช้ทรัพยากรได้เป็น 2 ประเภท [1] คือ 1. Link-biased service บริการประเภทนี้มีการใช้ทรัพยากรในช่องเชื่อมโยงทั้งสองไม่เท่ากัน เช่น อินเทอร์เน็ตมีการใช้ทรัพยากรของขาเชื่อมโยงขาลงมากกว่าขาเชื่อมโยงขาขึ้น 2. Link-unbiased service บริการประเภทนี้มีการใช้ทรัพยากรในช่องเชื่อมโยงทั้งสองเท่ากัน เช่น บริการเสียง

เมื่อระบบรองรับบริการแบบมัลติมีเดียจะทำให้เกิดทราฟฟิกในช่องเชื่อมโยงทั้งสองไม่เท่ากัน ดังนั้นความจุของระบบสื่อสารในปัจจุบันซึ่งส่วนใหญ่มีแบนด์วิดท์ในช่องเชื่อมโยงทั้งสองเท่ากันจึงถูกจำกัดโดยช่องเชื่อมโยงที่มีปริมาณทราฟฟิกมากกว่า และทำให้ใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ไม่คุ้มค่า เนื่องจากในการตอบรับผู้ใช้นั้นจะต้องมีทรัพยากรในช่องเชื่อมโยงทั้งสองรองรับบริการที่ผู้ใช้ต้องการ ดังนั้นจึงเหลือทรัพยากรที่ไม่ได้ใช้ประโยชน์ในช่องเชื่อมโยงที่มีปริมาณทราฟฟิกน้อยทำให้ใช้ทรัพยากรไม่คุ้มค่า และด้วยเหตุผลข้างต้นจึงควรให้ทรัพยากรทางขาเชื่อมโยงที่มีปริมาณทราฟฟิกมากกว่าปริมาณมากกว่าขาเชื่อมโยงที่มี

ปริมาณทราฟฟิกน้อย ซึ่งระบบที่มีลักษณะเช่นนี้ ได้แก่ ระบบ CDMA/TDD โดยวิธีการดูเพล็กซ์แบบแบ่งเวลา (Time Division Duplex หรือ TDD) ดังรูปที่ 1 มีการใช้แบนด์วิดท์ร่วมกันระหว่างข่ายเชื่อมโยงทั้งสองแต่สลับเวลาในการส่งข้อมูลคิงโน [2,3] ทำให้เราสามารถแบ่งทรัพยากรให้ข่ายเชื่อมโยงทั้งสองไม่เท่ากันได้ขึ้นอยู่กับเวลาที่ใช้ช่องสัญญาณ



รูปที่ 1 ลักษณะวิธีดูเพล็กซ์แบบแบ่งความถี่ (FDD) และวิธีดูเพล็กซ์แบบแบ่งเวลา (TDD)

2. แนวคิดและเหตุผล

ได้มีการเสนอการควบคุมการตอบรับการเรียกที่ตั้งบนพื้นฐานของความจุแบบไม่ตายตัวโดยใช้ค่าตัวประกอบโหลด (Load Factor) เป็นเงื่อนไขในการพิจารณาดังใน [4,5] โดยจะตอบรับเมื่อค่าโหลดในระบบน้อยกว่าค่าที่ตั้งไว้ นอกจากนั้น CAC ที่ถูกเสนอส่วนใหญ่จะพิจารณาในข่ายเชื่อมโยงใดข่ายเชื่อมโยงหนึ่งเท่านั้น แต่ในการตอบรับการเรียกจำเป็นต้องคำนึงถึงทรัพยากรในข่ายเชื่อมโยงทั้งสอง ดังนั้นในการตอบรับการเรียก [6,7] ได้พิจารณาข่ายเชื่อมโยงทั้งสอง พร้อมทั้งพิจารณากรณีที่มีบริการประเภท link-biased service โดยมี การแบ่งทรัพยากรทางด้านข่ายเชื่อมโยงขาลงมากกว่าข่ายเชื่อมโยงขาขึ้น [6] ใช้แบนด์วิดท์เป็นเงื่อนไขในการพิจารณา โดยตอบรับเมื่อมีแบนด์วิดท์เพียงพอที่จะรองรับบริการนั้น แต่ไม่ได้พิจารณาการแทรกสอดที่จะเกิดขึ้นเมื่อมีการตอบรับบริการนั้น ซึ่งทำให้มีโอกาสสูงที่คุณภาพของบริการ (Quality of Service หรือ QoS) ของผู้ใช้บริการในระบบไม่ได้รับการประกัน อันจะทำให้เกิดการตัดสัญญาณการเรียกได้ และมีการนำกระบวนการของช่องสัญญาณกัน (guard channel) มาประยุกต์ใช้สำหรับกระบวนการให้ลำดับความสำคัญ ส่วน [7] ใช้ระดับ SIR ของบริการเป็นเงื่อนไขในการพิจารณา โดยจะตอบรับเมื่อผู้ใช้ในระบบได้รับ QoS ตามต้องการ แต่เวลาในการตัดสินใจนานเนื่องจากผลของการควบคุมกำลัง (power control) โดยก่อนที่ระบบจะตอบรับการเรียกระบบจะต้องปรับกำลังของผู้ใช้ที่ดำเนินอยู่เพื่อให้ได้ QoS ตามต้องการก่อนจึงจะตัดสินใจที่จะตอบรับ ซึ่งบางครั้งอาจทำให้การเรียกถูกตัดสัญญาณก่อนที่จะถูกตอบรับ ดังนั้นเพื่อให้การตัดสินใจทำได้เร็วและมีผลกระทบต่อผู้ใช้บริการที่กำลัง

ดำเนินอยู่น้อยที่สุดจึงต้องพิจารณาผลของค่าสัญญาณแทรกสอด ซึ่งเงื่อนไขสำหรับการพิจารณาที่เสนอ คือ ค่าตัวประกอบโหลดในระบบ โดยมีลักษณะในการพิจารณาลำดับกับแบนด์วิดท์แต่มีการพิจารณาค่าการแทรกสอด ซึ่งบางครั้งเรียกความจุของระบบโดยพิจารณาจากค่าตัวประกอบโหลดว่าความจุแบบกึ่งไม่ตายตัว (Semi-soft capacity)

3. แบบจำลองของระบบ

ระบบสามารถรองรับบริการ L ประเภท ให้ลำดับความสำคัญแก่บริการประเภทที่ i สูงกว่าบริการประเภทที่ j โดยที่ $i < j$ ($0 \leq i \leq L-1$) นอกจากนั้นยังให้ลำดับความสำคัญแก่การเรียกที่เกิดจากการแฮนด์ออฟมากกว่าการเรียกใหม่ นั่นคือการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์ออฟประเภทที่ j มีลำดับความสำคัญมากกว่าการเรียกใหม่ประเภทที่ i

สมมติให้ระบบมีลักษณะเอกพันธ์ในสถานะสมดุลเชิงสถิติ ดังนั้นอัตราการแฮนด์ออฟออกจากเซลล์ที่พิจารณาไปยังเซลล์ข้างเคียงมีค่าเท่ากับอัตราการแฮนด์ออฟจากเซลล์ข้างเคียงเข้ามายังเซลล์ที่พิจารณา พร้อมทั้งกำหนดให้ u แทนข่ายเชื่อมโยงขาขึ้น, d แทนข่ายเชื่อมโยงขาลง, n แทนการเรียกใหม่ และ h แทนการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์ออฟ

4. การควบคุมการตอบรับการเรียก

4.1 ทฤษฎี

ในระบบสื่อสารจำนวนของการเรียกสูงสุดที่สามารถดำเนินในเซลล์จะถูกกำหนดด้วยองค์ประกอบการรับ เนื่องจากระบบ CDMA มีการแบ่งผู้ใช้แต่ละคนด้วยรหัส ดังนั้นจำนวนผู้ใช้ในระบบถูกกำหนดด้วยรหัสแผ่ (spreading code) นั่นคือถ้ามีการร้องขอเข้ามาซึ่งระบบถ้าระบบไม่มีรหัสแผ่พอที่จะรองรับ ระบบจะปฏิเสธการเรียกนั้น แต่ถ้ามีจำนวนรหัสแผ่เพียงพอ CAC ที่ตั้งบนพื้นฐานของความจุแบบไม่ตายตัวจะถูกนำมาใช้เพื่อรับประกัน QoS ของการเรียกที่ดำเนินอยู่และการเรียกที่เรียกเข้ามา

CAC ที่เสนอพิจารณาจากตัวประกอบโหลดซึ่งแสดงถึงโหลดในระบบ สามารถคำนวณได้ดังนี้

สมการค่าตัวประกอบโหลดของผู้ใช้แต่ละคนด้านข่ายเชื่อมโยงขาขึ้นแสดงดังนี้ [8]

$$L_j = \frac{1}{1 + \frac{W_u}{U_j^* \cdot R_j^* \cdot (E_b / N_0)_j}} \quad (1)$$

$$\eta_u = (1 + f_u) \cdot \sum_{j=1}^N \frac{1}{1 + \frac{W_u}{U_j^* \cdot R_j^* \cdot (E_b / N_0)_j}} \quad (2)$$

- โดยที่ W_u คือ อัตราชิป (chip rate) ทางข่ายเชื่อมโยงขาขึ้น
- P_j^u คือ กำลังสัญญาณที่ได้รับจากผู้ใช้คนที่ j ทางข่ายเชื่อมโยงขาขึ้น
- V_j^u คือ ตัวประกอบแอกทีวิตีของผู้ใช้คนที่ j ทางข่ายเชื่อมโยงขาขึ้น
- R_j^u คือ อัตราบิตของผู้ใช้คนที่ j ทางข่ายเชื่อมโยงขาขึ้น
- I_{total}^u คือ กำลังการแทรกสอดทั้งหมดที่สถานีฐานได้รับทางข่ายเชื่อมโยงขาขึ้น
- $(E_b / N_0)_j^u$ คือ อัตราส่วนพลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนของผู้ใช้คนที่ j ทางข่ายเชื่อมโยงขาขึ้น
- L_j คือ ตัวประกอบโหนดข่ายเชื่อมโยงขาขึ้นกรณีไม่คำนึงถึงการแทรกสอด
- N คือ จำนวนผู้ใช้ในเซลล์เดียวกัน
- f คือ ตัวประกอบการแทรกสอด (Interference Factor) โดยที่มีค่าเท่ากับอัตราส่วนระหว่างกำลังการแทรกสอดจากเซลล์ข้างเคียงกับกำลังการแทรกสอดภายในเซลล์

$$f = \frac{I_{oth_cell}}{I_{own_cell}} \quad (3)$$

- η_u คือ ค่าตัวประกอบโหนดทั้งหมดทางข่ายเชื่อมโยงขาขึ้น ส่วนทางด้านข่ายเชื่อมโยงขาลงมีลักษณะคล้ายกันแต่แตกต่างกันที่พารามิเตอร์ [8]

$$\alpha_j = \frac{v_j^d \cdot R_j^d \cdot (E_b / N_0)_j^d}{W_d} \quad (4)$$

$$\eta_d = \sum_{j=1}^M \frac{v_j^d \cdot R_j^d \cdot (E_b / N_0)_j^d}{W_d} \cdot [(1 - \rho) + f_d] \quad (5)$$

- โดยที่ W_d คือ อัตราชิป (chip rate) ทางข่ายเชื่อมโยงขาลง
- η_d คือ ค่าตัวประกอบโหนดทั้งหมดทางข่ายเชื่อมโยงขาลง
- ρ คือ ตัวประกอบตั้งฉาก (Orthogonal Factor)
- M คือ จำนวนการเข้าถึงกันในเซลล์เดียวกัน
- η_d มีค่าระหว่าง 0 ถึง 1 เช่นเดียวกับ η_u
- กระบวนการให้ลำดับความสำคัญแก่การเรียกในที่นี้คือการจองโหนดไว้สำหรับการเรียกที่มีลำดับความสำคัญสูงกว่าการเรียกที่เข้ามาดังนี้

$$L_G^h = \Delta_i \left(\sum_{k=0}^{i-1} \frac{\lambda_k L_k}{v_k + \mu_k} \right) \quad (6)$$

$$\alpha_G^h = \Delta_i \left(\sum_{k=0}^{i-1} \frac{\lambda_k \alpha_k}{v_k + \mu_k} \right) \quad (7)$$

$$L_G^u = \Delta_i \left(\sum_{k=0}^{L-1} \frac{\lambda_k L_k}{v_k + \mu_k} + \sum_{j=0}^{i-1} \frac{\Lambda_j L_j}{v_j + \mu_j} \right) \quad (8)$$

$$\alpha_G^u = \Delta_i \left(\sum_{k=0}^{L-1} \frac{\lambda_k \alpha_k}{v_k + \mu_k} + \sum_{j=0}^{i-1} \frac{\Lambda_j \alpha_j}{v_j + \mu_j} \right) \quad (9)$$

- โดยที่ λ_i คือ อัตราการเข้ามาของการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์ออฟประเภทที่ i
- Λ_i คือ อัตราการเข้ามาของการเรียกใหม่ประเภทที่ i
- Δ_i คือ ค่าคงที่
- L_G คือ ตัวประกอบโหนดที่จองไว้สำหรับการเรียกที่มีลำดับความสำคัญมากกว่าการเรียกที่เข้ามาของข่ายเชื่อมโยงขาขึ้น
- α_G คือ ตัวประกอบโหนดที่จองไว้สำหรับการเรียกที่มีลำดับความสำคัญมากกว่าการเรียกที่เข้ามาของข่ายเชื่อมโยงขาลง

จะเห็นได้ว่าปริมาณโหนดที่จองไว้จะเปลี่ยนแปลงไปขึ้นกับอัตราการเข้ามาของการเรียก เพื่อหลีกเลี่ยงกรณีที่มีปริมาณโหนดถูกจองไว้มากเกินไปซึ่งจะทำให้เกิดการปฏิเสธการเรียกมากเกินไปและทำให้การใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ไม่คุ้มค่า โดยที่ Δ_i คือค่าที่ชดเชยข้อดีข้อเสียระหว่างการปฏิเสธการเรียกกับการใช้ประโยชน์ทรัพยากร ดังนั้นเงื่อนไขในการพิจารณาแสดงได้ดังนี้

$$\eta_u + L + L_G > \eta_{u_th} \quad (10)$$

$$\eta_d + \alpha + \alpha_G > \eta_{d_th} \quad (11)$$

- โดยที่ η_{u_th} คือ ค่าโหนดสูงที่สุดที่กำหนดไว้โดยที่เซลล์สามารถรับได้ทางข่ายเชื่อมโยงขาขึ้น
- η_{d_th} คือ ค่าโหนดสูงที่สุดที่กำหนดไว้โดยที่เซลล์สามารถรับได้ทางข่ายเชื่อมโยงขาลง
- L คือ ค่าตัวประกอบโหนดของการเรียกที่เข้ามาทางข่ายเชื่อมโยงขาขึ้น
- α คือ ค่าตัวประกอบโหนดของการเรียกที่เข้ามาทางข่ายเชื่อมโยงขาลง

4.2 แนวทางการตอบรับการเรียกและสมรรถนะของระบบ

สำหรับวิธีที่เสนอเมื่อมีการเรียกเข้ามา ระบบจะทำการหาค่าโหนดในระบบที่เกิดจากการเรียกที่กำลังดำเนินการอยู่ดังสมการที่ (2) และ (5) สำหรับข่ายเชื่อมโยงขาขึ้นและขาลงตามลำดับ พร้อมทั้งคำนวณค่าตัว

ประกอบโหนดสำหรับการเรียกที่เข้ามาด้วยสมการที่ (1) และ (4) สำหรับ ข่ายเชื่อมโยงขาขึ้นและขาลงตามลำดับ เนื่องจากกระบวนการให้ลำดับ ความสำคัญระบบจะทำการจองโหนดไว้สำหรับการเรียกที่มีลำดับ ความสำคัญสูงกว่าการเรียกที่เข้ามาค้างในสมการที่ (6) ถึง (9) ดังนั้น เงื่อนไขที่ใช้ในการตัดสินใจแสดงดังสมการที่ (10) และ (11) โดยถ้า โหนดทั้งหมดที่เกิดจากผลรวมของโหนดในระบบขณะนั้น, โหนดที่ถูก จองไว้และโหนดที่เกิดจากการตอบรับการเรียกที่เข้ามาซึ่งมีค่าน้อยกว่า ค่าโหนดสูงที่สุดที่ระบบสามารถรับได้ทั้งขาเชื่อม โยงขาขึ้นและขา ยเชื่อมโยงขาลง ระบบจะตอบรับการเรียกนั้นนอกเหนือจากนั้นระบบจะ ปฏิเสธการเรียก

การพิจารณาสมรรถนะของระบบจะพิจารณาจาก ความน่าจะเป็นที่จะเกิดการปฏิเสธการเรียกใหม่, ความน่าจะเป็นของการตัดสัญญาณ การแฮนด์ออฟ และ การใช้ประโยชน์ทรัพยากร นอกจากนี้ยังพิจารณา ความน่าจะเป็นที่การเรียกที่ดำเนินอยู่ไม่ได้รับ QoS ตามต้องการหลังจาก ตอบรับการเรียก

5. ผลการจำลองแบบ

ระบบประกอบด้วยบริการ 2 ประเภท คือ บริการเสียง และอิน เทอร์เนต โดยพิจารณาเปรียบเทียบผลของ CAC ในระบบที่ข่ายเชื่อม โยง ทั้งสองมีแบนด์วิธเท่ากัน (Symmetric bandwidth (SB) allocation) และ ระบบที่ข่ายเชื่อม โยงทั้งสองมีแบนด์วิธไม่เท่ากัน (Asymmetric bandwidth (AB) allocation) โดยพารามิเตอร์แสดงดังในตารางที่ 1 ในที่นี้ ระบบ SB เป็นระบบที่ข่ายเชื่อม โยงขาขึ้นและข่ายเชื่อม โยงขาลงมีแบนด์ วิธเท่ากันคือ 2 Mbps ส่วนระบบ AB เป็นระบบที่ข่ายเชื่อม โยงขาขึ้นมี ค่าน้อยกว่าข่ายเชื่อม โยงขาลง ในที่นี้กำหนดไว้ที่ 1.3 Mbps และ 2.7 Mbps ตามลำดับ อัตราชีพเท่ากับ 4.096 Mcps $f_u = f_d = 0.5$, $\rho = 0.5$ ให้ Λ แทนอัตราการเข้าถึงของการเรียกใหม่มีการกระจายเป็น แบบปัวส์ซง (Poisson) ประกอบด้วยการเรียก 2 ประเภทคือ class 0 และ class 1 โดยค่าความน่าจะเป็นของบริการแต่ละประเภทเท่ากับ 0.85 และ 0.15 ตามลำดับ ดังนั้น $\Lambda_0 = 0.85\Lambda$ และ $\Lambda_1 = 0.15\Lambda$ เวลา dwell (dwell time) และเวลาบริการ (service time) มีการกระจายแบบเอ็กซ์ โพนเนนเชียล (exponential)

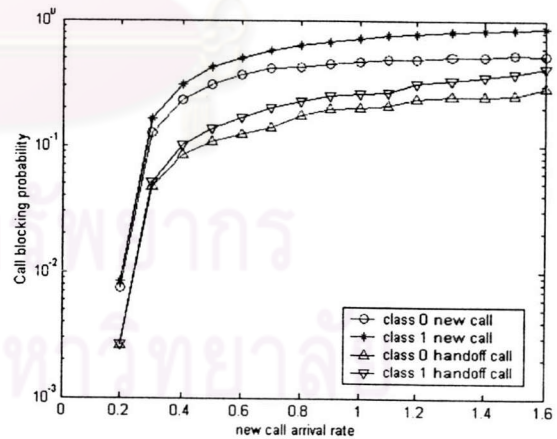
จากผลการจำลองแบบดังในรูปที่ 2 พบว่าวิธีที่เสนอให้ความ น่าจะเป็นของการปฏิเสธการเรียก หรือการตัดสัญญาณการแฮนด์ออฟมี ค่าเพิ่มขึ้นตามลำดับความสำคัญที่กำหนด และมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อ Λ มีค่า มากขึ้นเนื่องจากมีความต้องการใช้ทรัพยากรในระบบมากขึ้นแต่ ทรัพยากรในระบบยังคงเท่าเดิม

จากสมการหาค่าตัวประกอบโหนดและพารามิเตอร์ในตารางที่ 1 พบว่าบริการประเภทอินเทอร์เน็ตมีค่าตัวประกอบโหนดทางข่ายเชื่อม โยง ขาลงมากกว่าข่ายเชื่อม โยงขาขึ้น แต่บริการประเภทเสียงมีค่าตัวประกอบ โหนดในข่ายเชื่อม โยงทั้งสองเท่ากัน ดังนั้นความจุของระบบจึงถูกจำกัด ด้วยข่ายเชื่อม โยงขาลง ดังนั้นจากรูปที่ 3 พบว่าวิธีที่เสนอให้ความน่าจะเป็น

ที่จะเกิดการปฏิเสธการเรียกหรือการตัดสัญญาณการแฮนด์ออฟ มีค่า ลดลงเมื่อเทียบกับรูปที่ 2

ตารางที่ 1 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการจำลองแบบ

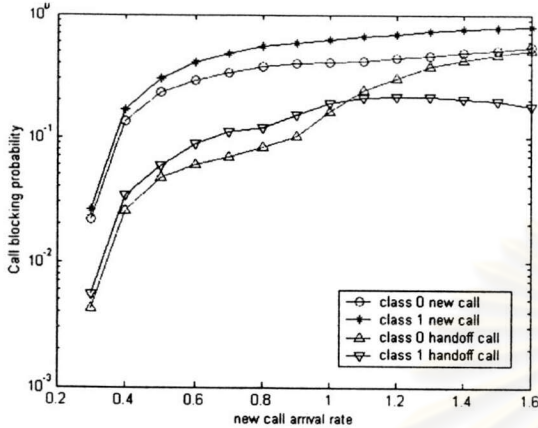
	Class 0 Call (Voice Traffic is the main traffic)		Class 1 Call (Internet Traffic is the main traffic)	
	Uplink	Downlink	Uplink	Downlink
Information Rate, I	16 kbps	16 kbps	64 kbps	384 kbps
Voice (Data) Activity Factor, ν	0.5	0.5	0.00285	0.015
Bit energy to noise density ratio, E_b / N_0	4 dB	4 dB	4 dB	4 dB
Effective Bandwidth Required per Call, B $= \nu I$	8 kbps	8 kbps	182.4 bps	5.76 kbps
Probability of New Call Arrivals	0.85		0.15	
Mean Call Duration, $1 / \mu$	120 sec		3000 sec	
Mean Cell Dwell Time, $1 / \nu$	300 sec		1200 sec	
Priority	Higher		Lower	



รูปที่ 2 เปรียบเทียบค่าความน่าจะเป็นของการปฏิเสธการเรียกของบริการ แต่ละประเภทในกรณีระบบ SB สำหรับวิธีที่เสนอ

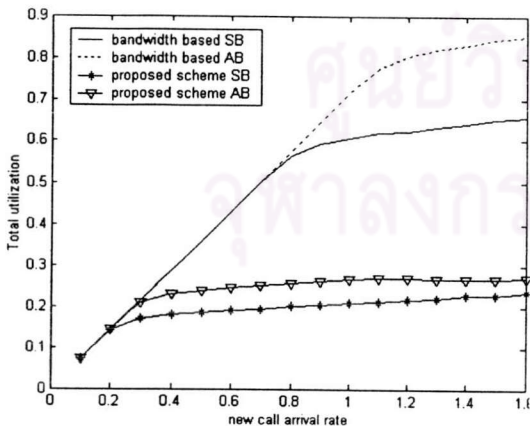
เนื่องจากเมื่อเพิ่มแบนด์วิธให้แก่ข่ายเชื่อม โยงขาลง โดยการแบ่ง จากข่ายเชื่อม โยงขาขึ้นจึงทำให้ค่าตัวประกอบโหนดของอินเทอร์เน็ตมีค่า ลดลงเช่นเดียวกับบริการประเภทเสียง แต่ค่าตัวประกอบ โหนดข่าย

เชื่อมโยงขาขึ้นก็มีค่าเพิ่มขึ้นด้วยแต่มีผลน้อยเนื่องจากค่าเชื่อมโยงขาลงมีผลเนื่องจากค่าของช่องสัญญาณนำ (pilot channel) และผลของคลื่นพหุวิธีซึ่งทำให้โหลดทางขาเชื่อมโยงขาลงมีค่ามากกว่าค่าโหลดที่เกิดจากการเรียกที่ดำเนินอยู่เพียงอย่างเดียว



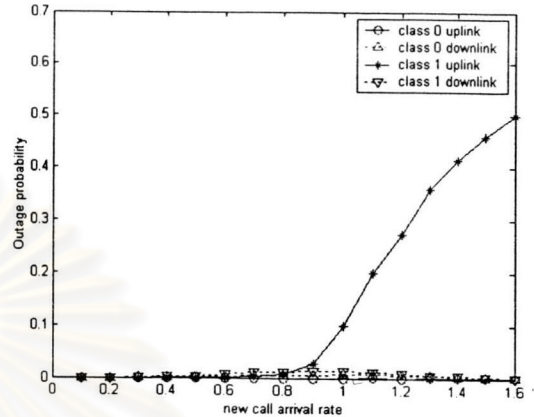
รูปที่ 3 เปรียบเทียบค่าความน่าจะเป็นของการปฏิเสธการเรียกของบริการแต่ละประเภทในกรณีระบบ AB สำหรับวิธีที่เสนอ

เมื่อเปรียบเทียบการใช้ประโยชน์ทรัพยากรระหว่างกรณีที่ใช้แบนด์วิดท์เป็นเงื่อนไขในการพิจารณากับวิธีที่เสนอก็คือใช้ค่าตัวประกอบโหลดในการพิจารณาซึ่งรูปที่ 4 พบว่าวิธีที่เสนอจะใช้ประโยชน์ได้น้อยกว่าเนื่องจากผลของสัญญาณแทรกสอดจึงทำให้เกิดการปฏิเสธการเรียกมาก กล่าวคือมีการเรียกที่กำลังดำเนินอยู่ภายในระบบจำนวนน้อยทำให้ทรัพยากรถูกใช้ไปเพียงเล็กน้อย ดังนั้นถ้าต้องการใช้ประโยชน์ทรัพยากรให้คุ้มค่าจึงต้องมีการลดสัญญาณแทรกสอดลงเช่นนำวิธีการขจัดสัญญาณแทรกสอดมาใช้ร่วมด้วย



รูปที่ 4 เปรียบเทียบการใช้ประโยชน์ทรัพยากรระหว่างวิธีที่ใช้แบนด์วิดท์เป็นเงื่อนไขในการพิจารณากับวิธีที่เสนอ

นอกจากนั้นยังพบว่าระบบที่ขาเชื่อมโยงทั้งสองมีแบนด์วิดท์ไม่เท่ากันจะมีการใช้ประโยชน์ทรัพยากรได้คุ้มค่ากว่าระบบที่ขาเชื่อมโยงทั้งสองมีแบนด์วิดท์เท่ากันเนื่องจากมีการตอบรับการเรียกเข้ามาในระบบได้มากกว่า



รูปที่ 5 เปรียบเทียบความน่าจะเป็นที่สัญญาณขาดหายของบริการแต่ละประเภทในระบบ AB สำหรับวิธีที่เสนอ

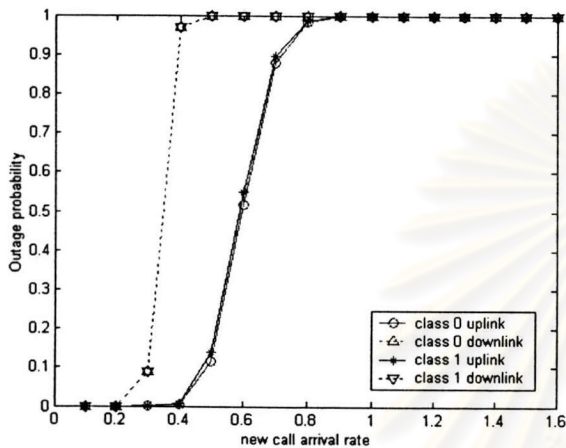
พิจารณาค่าความน่าจะเป็นที่สัญญาณขาดหายซึ่งในรูปที่ 5 พบว่าวิธีที่เสนอมีโอกาสที่สัญญาณขาดหายน้อย แต่ที่อัตราการเข้ามาสูงกว่า 0.9 พบว่าโอกาสที่สัญญาณทางขาเชื่อมโยงขาขึ้นจะขาดหายมีค่าเพิ่มขึ้นเนื่องจากแบนด์วิดท์ทางขาเชื่อมโยงขาขึ้นมีค่าไม่เพียงพอที่จะรองรับทราฟฟิกในขาเชื่อมโยงขาขึ้นได้คือไป และเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีที่ใช้แบนด์วิดท์เป็นเงื่อนไขในการพิจารณาเพียงอย่างเดียวซึ่งในรูปที่ 6 พบว่าวิธีที่เสนอมีโอกาสที่สัญญาณขาดหายน้อยกว่าเนื่องจากในกรณีที่พิจารณาแบนด์วิดท์นั้นจะตอบรับการเรียกโดยไม่สนใจการแทรกสอดที่เกิดขึ้นดังนั้นเมื่อตอบรับไปจึงทำให้ระบบไม่สามารถรับประกัน QoS ให้กับการเรียกได้นั้นคือระดับของ SIR ของการเรียกมีค่าน้อยกว่าค่าที่ต้องการจึงทำให้สัญญาณขาดหายได้

6. สรุป

วิธีที่เสนอซึ่งเป็นวิธีที่ใช้ตัวประกอบโหลดเป็นเงื่อนไขในการพิจารณาสามารถรับประกัน QoS ของบริการแต่ละประเภทได้ดีกว่าวิธีที่ใช้แบนด์วิดท์เป็นเงื่อนไขในการพิจารณา เนื่องจากวิธีที่เสนอนี้คำนึงถึงการแทรกสอดทั้งหมดที่เกิดขึ้นเมื่อตอบรับการเรียก นอกจากนี้ระบบที่สนใจมีทรัพยากรในขาเชื่อมโยงทั้งสองไม่เท่ากันจึงสามารถรองรับบริการแบบมัลติมีเดียได้ โดยสามารถตอบรับการเรียกได้มากกว่าและทำให้การใช้ประโยชน์ทรัพยากรคุ้มค่ากว่าระบบที่มีทรัพยากรในขาเชื่อมโยงทั้งสองเท่ากัน เนื่องจากนำทรัพยากรที่ไม่ได้ใช้ประโยชน์ในขาเชื่อมโยงหนึ่งมาใช้ในขาเชื่อมโยงที่เหลือได้ ดังนั้นจึงเหมาะสมสำหรับนำไปประยุกต์ใช้ในระบบ CDMA ที่รองรับบริการแบบมัลติมีเดีย

โดยระบบนำค่าสัญญาณแทรกสอดที่วัดได้มาใช้ในการพิจารณาค่าตัวประกอบโหลด พร้อมทั้งแบ่งแบนด์วิดท์ให้แก่ข่ายเชื่อมโยงทั้งสองให้เหมาะสมกับปริมาณทราฟฟิก

เนื่องจากบริการเสียงสามารถทนต่อการเกิดสัญญาณขาดหายได้ดีกว่าอินเทอร์เน็ต ดังนั้นงานที่จะทำต่อไปคือปรับปรุงวิธีการตอบรับการเรียกที่เสนอให้รับประกัน QoS ของอินเทอร์เน็ตได้ดีกว่าบริการเสียง โดยให้โอกาสที่เกิสัญญาณขาดหายของอินเทอร์เน็ตน้อยกว่าบริการเสียง



รูปที่ 6 เปรียบเทียบความน่าจะเป็นที่สัญญาณขาดหายของบริการแต่ละประเภทในระบบ AB โดยพิจารณาเงื่อนไขด้วยแบนด์วิดท์

เอกสารอ้างอิง

1. D. G. Jeong and W. S. Jeon, "CDMA/TDD System for Wireless Multimedia Services with Traffic Unbalance between Uplink and Downlink," *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, vol. 17, No. 5, pp. 939-946, May 1999.
2. G. Povey, "Frequency and Time Division Duplex Techniques for CDMA Cellular Radio," in *Proc. IEEE ISSSTA '94*, Oulu, Finland, pp. 309-313.
3. R. Esmailzadeh, M. Nakagawa, and E. A. Sourour, "Time-Division Duplex CDMA Communications," *IEEE Personal Communication*, vol. 4, pp. 51-56, Apr. 1997.
4. J. Outes et al., "Multicell Admission Control for UMTS," in *Proc. IEEE Vehicular Technology Conference*, Rhodes, Greece, pp. 987-991, May 2001.
5. F. Y. Li and N. Stol, "A Priority-oriented Call Admission Control Paradigm with QoS Re-negotiation for Multimedia Services in UMTS," in *Proc. IEEE Vehicular Technology Conference*, Rhodes, Greece, pp. 2021-2025, May 2001.

6. W. S. Jeon and D. G. Jeong, "Call Admission Control for Mobile Multimedia Communications with Traffic Asymmetry between Uplink and Downlink," *IEEE Transactions Vehicular Technology*, vol. 50, no. 1, pp. 59-66, January 2001.
7. W. S. Jeon and D. G. Jeong, "Admission Control of Multimedia Calls in CDMA Mobile Systems," in *Proc. IEEE Vehicular Technology Conference*, pp. 886-890, 2001.
8. H. Holma and A. Toskala, *WCDMA for UMTS*, John Wiley & Sons, 2000.



พัชราพรหม ศรีวจนโรจน์ สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาบัณฑิตทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า จากมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ปัจจุบันกำลังศึกษาระดับปริญญาโทบัณฑิตที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สาขาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร งานวิจัยที่สนใจในปัจจุบันคือระบบสื่อสารเคลื่อนที่



วาทีต เบนจพลงกุล สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีบัณฑิตทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ สาขาอิเล็กทรอนิกส์ จากมหาวิทยาลัยโคเกียว ปัจจุบันดำรงตำแหน่งรองศาสตราจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย งานวิจัยที่สนใจในปัจจุบันคือระบบสื่อสารเคลื่อนที่ โครงข่ายแถบกว้าง และการประยุกต์ใช้ ปัญญาประดิษฐ์ในระบบสื่อสาร

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวพัชราพรรณ ศรีวจนโรจน์ เกิดวันที่ 4 ตุลาคม พ.ศ. 2522 ที่จังหวัดตรัง เข้าศึกษาในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ในปีการศึกษา 2540 สำเร็จการศึกษาได้รับปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า จากคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ในปีการศึกษา 2543 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ที่ห้องปฏิบัติการวิจัยโทรคมนาคม ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2544



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย