

การปรับปรุงศักยภาพการกำหนดช่องสัญญาณโดยการจัดลำดับคิวสำหรับกระบวนการแฮนด์โอเวอร์ของ
ระบบสื่อสารดาวเทียมวงโคจรต่ำ



นางสาวศิวาพร พรหมเพ็ญ

สถาบันวิทยบริการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2548

ISBN 974-17-3774-2

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EFFICIENT CHANNEL ASSIGNMENT WITH HANDOVER QUEUEING
IN LEO SATELLITE SYSTEMS



Miss Siwaporn Prompen

สถาบันวิทยบริการ
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 2005

ISBN 974-17-3774-2

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การปรับปรุงศักยภาพการกำหนดช่องสัญญาณ โดยการจัดลำดับคิว
สำหรับกระบวนการแฮนด์โอเวอร์ของระบบสื่อสารดาวเทียมวงโคจรต่ำ

โดย

นางสาวศิวพร พรหมเพ็ญ

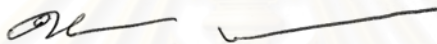
สาขาวิชา

วิศวกรรมไฟฟ้า

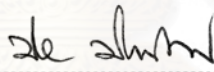
อาจารย์ที่ปรึกษา


รองศาสตราจารย์ ดร.ประสิทธิ์ ทิมพุดิ

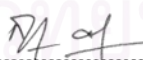
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยรับนี้เป็นส่วน
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโท


..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.ดิเรก ลาวัณย์ศิริ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


..... ประธานกรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร.ประสิทธิ์ ประพัฒน์มงคล)


..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร.ประสิทธิ์ ทิมพุดิ)


..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุภาวดี อร่ามวิทย์)


..... กรรมการ
(ดร.นงลักษณ์ พิณยนิติศาสตร์)

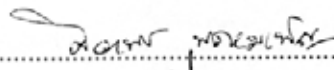

ศิวาพร พรหมเพ็ญ : การปรับปรุงศักยภาพการกำหนดช่องสัญญาณโดยการจัดลำดับคิวสำหรับ
กระบวนการแอสaignเมนต์ไอเวอร์ของระบบสื่อสารดาวเทียมวงโคจรต่ำ. (EFFICIENT CHANNEL
ASSIGNMENT WITH HANDOVER QUEUEING IN LEO SATELLITE SYSTEMS) อ. ที่
ปรึกษา : รศ.ดร.ประสิทธิ์ ทิมพูลิ, จำนวนหน้า 88 หน้า. ISBN 974-17-3774-2.

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอเรื่องการจัดสรรช่องสัญญาณสำหรับดาวเทียมสื่อสารวงโคจรต่ำ โดยให้
ความสำคัญกับการจัดลำดับคิวสำหรับการเรียกที่เกิดขึ้นจากกระบวนการแอสaignเมนต์ไอเวอร์ มีจุดมุ่งหมายเพื่อทำ
ให้ค่า Probability of Force Termination ลดลง การจัดลำดับคิวแบบแอลยูไอขึ้นอยู่กับผลต่างของการเรียกที่
เริ่มเข้ามาในระบบและเวลาที่การเรียกสามารถรอได้สูงสุด หรือความเร่งด่วนของการขอใช้บริการมีการ
จัดลำดับการเรียกแบบตายตัว วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จึงประยุกต์วิธีการจัดลำดับคิวแบบแอลยูไอที่มีการ
จัดลำดับการเรียกแบบตายตัวให้มีการอัปเดตการจัดเรียงลำดับทุกครั้งที่มีการเรียกแบบแอสaignเมนต์ไอเวอร์เข้ามา
ในระบบ และการจัดลำดับคิวที่ขึ้นกับเวลาสูงสุดที่สามารถรออยู่ในคิว (Time Out) วิธีที่เสนอนำมา
เปรียบเทียบกับวิธีเอฟไอเอฟไอ และวิธีแอลยูไอที่มีการจัดลำดับการเรียกแบบตายตัว โดยสร้างแบบจำลอง
อ้างอิงจากระบบดาวเทียมสื่อสารวงโคจรต่ำอิริเดียม

ผลการจำลองระบบแสดงให้เห็นว่า เมื่อกำหนดการเรียกเข้าแจกแจงแบบยูนิฟอร์มการจัดลำดับคิว
ที่ประยุกต์ขึ้นมาใหม่นี้มีค่า Probability of Force Termination ลดลงจากการจัดเรียงแบบแอลยูไอแบบเดิม
ประมาณ 13-15 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ค่า Probability of Dropping Call ใกล้เคียงกัน เมื่อนำการจัดลำดับคิว
แบบ Time Out มาเปรียบเทียบกับการจัดลำดับคิวที่สนใจทั้งเอฟไอเอฟไอ และแอลยูไอทั้ง 2 แบบ ในการ
แจกแจงการเรียกเข้าแบบปัวซองค่า Probability of Force Termination ของการเรียงลำดับด้วยค่า Time
Out ลดลงจากแอลยูไอทั้ง 2 แบบประมาณ 71.4 เปอร์เซ็นต์ และดีกว่าเอฟไอเอฟไอประมาณ 56.3
เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตามวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้จำลองสถานการณ์ต่างๆ และวิเคราะห์หาการจัดลำดับคิวที่
เหมาะสมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพแก่ระบบดาวเทียมสื่อสารวงโคจรต่ำ

สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า
สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า
ปีการศึกษา 2548

ลายมือชื่อนิสิต.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

4570745021 : MAJOR ELECTRICAL ENGINEERING

KEY WORD: QUEUEING / HANDOVER / LUI / LEO SATELLITE

SIWAPORN PROMPEN : EFFICIENT CHANNEL ASSIGNMENT WITH HANDOVER
 QUEUEING IN LEO SATELLITE SYSTEMS. THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. DR.
 PRASIT TEEKAPUT, Ph.D. 88 pp. ISBN 974-17-3774-2.

The purpose of this thesis is to improve queueing scheme commonly used in a handover process for efficient channel allocation of low earth orbit mobile satellite systems in order to reduce the force terminating probability. While Static-LUI method depends on the maximum value of the waiting time for any handover request, this queueing policy is not dynamic that the relative ranking of queued handover requests does not change while they are waiting for service. Dynamic-LUI and Time Out queueing disciplines to improve them in Iridium system.

The simulation results in Uniform distribution show that the Dynamic-LUI gives force terminating probability which is less than static-LUI about 13-15% and dropping call probability is near to the static-LUI one. Based on Poisson distribution model it is, shown that the Time-Out discipline better than LUI about 71.4% and better than FIFO about 56.3%. However an analytical approach has been developed to compare these queueing techniques, and its results have been validated through simulations in LEO-MSS's.

สถาบันวิทยบริการ
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Department Electrical Engineering
 Field of study Electrical Engineering
 Academic year 2005

Student's signature..... *Siwaporn Prompen*
 Advisor's signature..... *P. Teekaput*
 Co-advisor's signature.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รศ.ดร.ประสิทธิ์ ฑิฆมพูลิ อ.กิตติศักดิ์ ลำดำ ซึ่งท่านได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆ มาด้วยดีตลอด ขอขอบคุณบริษัทบูคโปรโมชันแอนด์เซอร์วิสจำกัด และบริษัททรูคอร์ปอเรชั่น จำกัด (มหาชน) สำหรับบทความและข้อมูลต่างๆ คุณกนกภรณ์ วิสเพ็ญ คุณพิมพ์ิกา เจตนะจิตร คุณเชาวน์วัฒน์ ผิวเหลือง และคุณธวัชชัย บุญชิต ผู้ที่ให้ความช่วยเหลือในทุกๆ ด้าน

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณบิดามารดา ซึ่งให้การสนับสนุนและให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยมาตลอดจนสำเร็จการศึกษา



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฌ
สารบัญภาพ.....	ฎ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	2
1.4 ข้อตกลงเบื้องต้น.....	2
1.5 ข้อจำกัดของการวิจัย.....	3
1.6 คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย.....	4
1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	4
1.8 วิธีดำเนินการวิจัย.....	5
1.9 ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิจัย.....	6
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	7
แนวคิดและทฤษฎี.....	7
2.1 ระบบสื่อสารดาวเทียม.....	7
2.2 กระบวนการแฮนด์โอเวอร์.....	12
2.3 การจัดสรรช่องสัญญาณ.....	29
2.4 การจัดลำดับคิว.....	31
2.5 พารามิเตอร์ที่ใช้วัดค่า.....	33
2.6 การวิเคราะห์ FCA-QH ของการจัดลำดับคิวที่สนใจ.....	34
3 แบบจำลองและวิธีการจำลอง.....	37
3.1 วิธีจำลองแบบ.....	37

3.2 ข้อกำหนดของแบบจำลอง.....	37
3.3 การนำเสนอผลการจำลอง.....	42
3.4 ผลการทดลอง.....	44
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	75
4.1 ผลการวิเคราะห์.....	75
5 สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ.....	82
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	82
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	83
รายการอ้างอิง.....	84
ภาคผนวก.....	86
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	88

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่		
1	การกระจายของตัวแปร h	28
2	ผลการเปรียบเทียบ Probability of Forced Termination ของการจัดลำดับคิวแบบ FIFO, LUI และแบบ LUI ที่อัปเดตลำดับเมื่อมีการเรียกเข้า (Dynamic-LUI) ที่ทราฟฟิกต่างๆ....	44
3	เปรียบเทียบ Force terminating probability ของการจัดลำดับคิวที่สนใจเมื่อปรับอัตราการเรียกเข้าเป็นค่าต่างๆ.....	46
4	เปรียบเทียบ Probability of Forced Termination ของการจัดลำดับคิวแบบ FIFO, LUI และแบบ LUI ที่อัปเดตลำดับเมื่อมีการเรียกเข้า (Dynamic-LUI) ที่ทราฟฟิกเท่ากับ 22 เออร์แลง.....	48
5	เปรียบเทียบ Probability of Forced Termination ของการจัดลำดับคิวทั้ง 4 แบบเมื่อกำหนดอัตราการเรียกเข้าแบบแฮนด์โอเวอร์และอัตราการเรียกเข้าครั้งใหม่ไม่เท่ากัน.....	49
6	เปรียบเทียบ Probability of Dropping call ของการจัดลำดับคิวทั้ง 4 แบบเมื่อกำหนดอัตราการเรียกเข้าแบบแฮนด์โอเวอร์และอัตราการเรียกเข้าครั้งใหม่ไม่เท่ากัน.....	50
7	เปรียบเทียบ Probability of Forced Termination ของการจัดลำดับคิวทั้ง 4 แบบเมื่อกำหนดอัตราการเรียกเข้าแบบแฮนด์โอเวอร์เท่ากับ 0.05 การเรียกต่อวินาที และอัตราการเรียกเข้าครั้งใหม่เท่ากับ 1 การเรียกต่อวินาที.....	51
8	เปรียบเทียบ Probability of Forced Termination ของการจัดลำดับคิวทั้ง 4 แบบเมื่อกำหนดอัตราการเรียกเข้าแบบแฮนด์โอเวอร์เท่ากับ 0.5 การเรียกต่อวินาที และอัตราการเรียกเข้าครั้งใหม่เท่ากับ 5 การเรียกต่อวินาที.....	52
9	เปรียบเทียบ Probability of Forced Termination ของการจัดลำดับคิวทั้ง 4 แบบเมื่อกำหนดอัตราการเรียกเข้าแบบแฮนด์โอเวอร์เท่ากับ 0.05 การเรียกต่อวินาที และอัตราการเรียกเข้าครั้งใหม่เท่ากับ 1 การเรียกต่อวินาที ด้วยเงื่อนไขต่างๆ.....	53
10	เปรียบเทียบ Probability of Forced Termination ของการจัดลำดับคิวทั้ง 4 แบบเมื่อกำหนดอัตราการเรียกเข้าแบบแฮนด์โอเวอร์เท่ากับ 0.5 การเรียกต่อวินาที และอัตราการเรียกเข้าครั้งใหม่เท่ากับ 5 การเรียกต่อวินาที ด้วยเงื่อนไขต่างๆ.....	54
11	เปรียบเทียบ Probability of Dropping call ของการจัดลำดับคิวทั้ง 4 แบบเมื่อกำหนดอัตราการเรียกเข้าแบบแฮนด์โอเวอร์เท่ากับ 0.05 การเรียกต่อวินาที และอัตราการเรียกเข้าครั้งใหม่เท่ากับ 1 การเรียกต่อวินาที.....	55

12	เปรียบเทียบ Probability of Dropping call ของการจัดลำดับคิวทั้ง 4 แบบเมื่อกำหนด อัตราการเรียกเข้าแบบแฮนด์โอเวอร์เท่ากับ 0.5 การเรียกต่อวินาที และอัตราการเรียก เข้าครั้งใหม่เท่ากับ 5 การเรียกต่อวินาที.....	56
13	เปรียบเทียบ Probability of Dropping call ของการจัดลำดับคิวทั้ง 4 แบบเมื่อกำหนด อัตราการเรียกเข้าแบบแฮนด์โอเวอร์เท่ากับ 0.05 การเรียกต่อวินาที และอัตราการเรียก เข้าครั้งใหม่เท่ากับ 1 การเรียกต่อวินาที ด้วยเงื่อนไขต่างๆ.....	57
14	เปรียบเทียบ Probability of Dropping call ของการจัดลำดับคิวทั้ง 4 แบบเมื่อกำหนด อัตราการเรียกเข้าแบบแฮนด์โอเวอร์เท่ากับ 0.5 การเรียกต่อวินาที และอัตราการเรียก เข้าครั้งใหม่เท่ากับ 5 การเรียกต่อวินาที ด้วยเงื่อนไขต่างๆ.....	58
15	เปรียบเทียบ Probability of Forced Termination ของการจัดลำดับคิวทั้ง 4 แบบเมื่อ กำหนดอัตราการเรียกเข้าแบบแฮนด์โอเวอร์เท่ากับ 500 การเรียกต่อวินาที และอัตรา การเรียกเข้าครั้งใหม่เท่ากับ 10 การเรียกต่อวินาที.....	59
16	เปรียบเทียบ Probability of Forced Termination ของการจัดลำดับคิวทั้ง 4 แบบเมื่อ กำหนดอัตราการเรียกเข้าแบบแฮนด์โอเวอร์เท่ากับ 500 การเรียกต่อวินาที และอัตรา การเรียกเข้าครั้งใหม่เท่ากับ 10 การเรียกต่อวินาที ด้วยเงื่อนไขต่างๆ.....	60
17	เปรียบเทียบ Probability of Dropping call ของการจัดลำดับคิวทั้ง 4 แบบเมื่อกำหนด อัตราการเรียกเข้าแบบแฮนด์โอเวอร์เท่ากับ 500 การเรียกต่อวินาที และอัตราการเรียก เข้าครั้งใหม่เท่ากับ 10 การเรียกต่อวินาที.....	61
18	เปรียบเทียบ Probability of Dropping call ของการจัดลำดับคิวทั้ง 4 แบบเมื่อกำหนด อัตราการเรียกเข้าแบบแฮนด์โอเวอร์เท่ากับ 500 การเรียกต่อวินาที และอัตราการเรียก เข้าครั้งใหม่เท่ากับ 10 การเรียกต่อวินาที ด้วยเงื่อนไขต่างๆ.....	62
19	เปรียบเทียบ Probability of Forced Termination ของการจัดลำดับคิวทั้ง 4 แบบเมื่อ มีการเรียกเข้าแจกแจงแบบปัวซองที่อัตราการเรียกเข้าต่างๆ.....	63
20	เปรียบเทียบ Probability of Forced Termination ของการจัดลำดับคิวทั้ง 4 แบบ เมื่อมีการเรียกเข้าแจกแจงแบบยูนิฟอร์ม ที่อัตราการเรียกเข้าต่างๆ.....	64
21	เปรียบเทียบ Probability of Forced Termination ของการจัดลำดับคิวทั้ง 4 แบบเมื่อ กำหนดเงื่อนไขเวลาให้รอสูงสุดเท่ากันทุกการเรียก ในอัตราการเรียกต่างๆ.....	65
22	เปรียบเทียบ Probability of Dropping call ของการจัดลำดับคิวทั้ง 4 แบบเมื่อมีการ เรียกเข้าแจกแจงแบบปัวซองที่อัตราการเรียกเข้าต่างๆ.....	66

23	เปรียบเทียบ Probability of Dropping call ของการจัดลำดับคิวทั้ง 4 แบบเมื่อมีการเรียกเข้าแจกแจงแบบยูนิฟอร์ม ที่อัตราการเรียกเข้าต่างๆ.....	67
24	เปรียบเทียบ Probability of Dropping call ของการจัดลำดับคิวทั้ง 4 แบบเมื่อกำหนดเงื่อนไขเวลาให้รอสูงสุดเท่ากันทุกการเรียก ในอัตราการเรียกต่างๆ.....	68
25	เปรียบเทียบ Probability of Forced Termination ของการจัดลำดับคิวทั้ง 4 แบบเมื่อมีการเรียกเข้าแจกแจงแบบปัวซองต์ ที่ปริมาณทราฟฟิกต่างๆ.....	69
26	เปรียบเทียบ Probability of Forced Termination ของการจัดลำดับคิวทั้ง 4 แบบเมื่อมีการเรียกเข้าแจกแจงแบบยูนิฟอร์ม ที่ปริมาณทราฟฟิกต่างๆ.....	70
27	เปรียบเทียบ Probability of Forced Termination ของการจัดลำดับคิวทั้ง 4 แบบเมื่อกำหนดเงื่อนไขเวลาให้รอสูงสุดเท่ากันทุกการเรียก ที่ปริมาณทราฟฟิกต่างๆ.....	71
28	เปรียบเทียบ Probability of Dropping call ของการจัดลำดับคิวทั้ง 4 แบบเมื่อมีการเรียกเข้าแจกแจงแบบปัวซองต์ ที่ปริมาณทราฟฟิกต่างๆ.....	72
29	เปรียบเทียบ Probability of Dropping call ของการจัดลำดับคิวทั้ง 4 แบบเมื่อมีการเรียกเข้าแจกแจงแบบยูนิฟอร์ม ที่ปริมาณทราฟฟิกต่างๆ.....	73
30	เปรียบเทียบ Probability of Dropping call ของการจัดลำดับคิวทั้ง 4 แบบเมื่อกำหนดเงื่อนไขเวลาให้รอสูงสุดเท่ากันทุกการเรียก ที่ปริมาณทราฟฟิกต่างๆ.....	74

สารบัญภาพ

รูปที่	หน้า
1	องค์ประกอบของการสื่อสารดาวเทียมพื้นฐาน..... 7
2	ตัวอย่างการใช้เทคนิคความถี่ซ้ำ (Frequency Reused)..... 9
3	สถาปัตยกรรมของเครือข่ายดาวเทียมเคลื่อนที่..... 9
4	เปรียบเทียบระดับความสูงของดาวเทียม 3 วงโคจร GEO, MEO และ LEO ที่ห่างจาก ผิวโลก..... 11
5	จำลองทิศทางการเคลื่อนที่ของดาวเทียม และกระบวนการแฮนด์โอเวอร์..... 12
6	จำลองผลการเชื่อมต่อดาวเทียมดวงที่อยู่ติดกันหลังเกิดกระบวนการแฮนด์โอเวอร์..... 13
7	การแฮนด์โอเวอร์ในวงบีมเดียวกัน..... 13
8	การแฮนด์โอเวอร์ระหว่างวงบีมภายในดาวเทียมดวงเดียวกัน..... 14
9	การแฮนด์โอเวอร์ระหว่างดาวเทียม..... 15
10	การแฮนด์โอเวอร์จากเครือข่ายภาคพื้นดินไปยังดาวเทียม..... 16
11	การแฮนด์โอเวอร์จากดาวเทียมไปยังเครือข่ายภาคพื้นดิน..... 17
12	มุมและพื้นที่สัญญาณครอบคลุมจากดาวเทียม GEO, MEO และ LEO..... 18
13	แบบจำลองเซลล์ของระบบดาวเทียมสื่อสารวงโคจรต่ำ..... 21
14	แบบจำลองพื้นที่ซ้อนทับกันเชิงเรขาคณิต (รัศมีของหกเหลี่ยมสมมาตรเท่ากับรัศมีของ วงกลม)..... 22
15	รูปแบบเซลล์และระยะทางข้ามผ่านเซลล์ที่ความสูง z 22
16	กระบวนการแฮนด์โอเวอร์ข้ามเครือข่ายเซลล์ลูก..... 27
17	การเคลื่อนที่ของดาวเทียมวงโคจรต่ำรอบโลก และ Spot beam [2]..... 30
18	การนำความถี่กลับมาใช้ใหม่ของเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณถาวร..... 31
19	ระดับความแรงสัญญาณที่เครื่องลูกข่ายได้รับจากสถานีแม่ข่าย 2 สถานี [4, 5]..... 32
20	ระบบการจัดลำดับคิวสำหรับ FCA-QH..... 34
21	แผนผังการทำงานของกระบวนการแฮนด์โอเวอร์และการจัดลำดับคิว [6, 7, 8]..... 39
22	แผนผังการทำงานของกระบวนการแฮนด์โอเวอร์และการจัดลำดับคิวแบบ FIFO [9]..... 39
23	แผนผังการทำงานของกระบวนการแฮนด์โอเวอร์และการจัดลำดับคิวแบบ LUI ที่มีอยู่เดิม (Static-LUI) [17]..... 40

24	แผนผังการทำงานของกระบวนการแฮนด์โอเวอร์และการจัดลำดับคิวแบบ LUI แบบ อัปเดตลำดับทุกการเรียกเข้า (Dynamic-LUI).....	41
25	แผนผังการทำงานของกระบวนการแฮนด์โอเวอร์และการจัดลำดับคิวแบบเรียงตาม เวลาที่สามารรถรับบริการ (Time Out) [17].....	42
26	ผลการเปรียบเทียบ Probability of Forced Termination ของการจัดลำดับคิวแบบ FIFO, LUI และแบบ LUI ที่อัปเดตลำดับเมื่อมีการเรียกเข้า (Dynamic-LUI) ที่กราฟฟิก ต่างๆ.....	45
27	ผลการเปรียบเทียบ Probability of Forced Termination ของการจัดลำดับคิวแบบ LUI และแบบ LUI ที่อัปเดตลำดับเมื่อมีการเรียกเข้า (Dynamic-LUI) ที่กราฟฟิกต่างๆ.....	45
28	กราฟเปรียบเทียบ Force terminating probability ของการจัดลำดับคิวที่สนใจเมื่อ ปรับอัตราการเรียกเข้าเป็นค่าต่างๆ.....	46
29	เปรียบเทียบค่า Force terminating probability ของการจัดลำดับคิวแบบ FIFO, LUI และ LUI แบบอัปเดตลำดับทุกครั้งที่มีการเรียกเข้า เมื่ออัตราการเรียกเข้าเท่ากับ 100 การเรียกต่อวินาที.....	47
30	เปรียบเทียบค่า Force terminating probability ของการจัดลำดับคิวแบบ LUI และ LUI แบบอัปเดตลำดับทุกครั้งที่มีการเรียกเข้า เมื่ออัตราการเรียกเข้าเท่ากับ 100 การเรียกต่อ วินาที.....	47
31	เปรียบเทียบ Probability of Forced Termination ของการจัดลำดับคิวแบบ FIFO LUI และแบบ LUI ที่อัปเดตลำดับเมื่อมีการเรียกเข้า (Dynamic-LUI) ที่กราฟฟิกเท่ากับ 22 เคอร์แลง.....	48
32	เปรียบเทียบ Probability of Forced Termination ของการจัดลำดับคิวทั้ง 4 แบบเมื่อ กำหนดอัตราการเรียกเข้าแบบแฮนด์โอเวอร์และอัตราการเรียกเข้าครั้งใหม่ไม่เท่ากัน.....	49
33	เปรียบเทียบ Probability of Dropping call ของการจัดลำดับคิวทั้ง 4 แบบเมื่อกำหนด อัตราการเรียกเข้าแบบแฮนด์โอเวอร์และอัตราการเรียกเข้าครั้งใหม่ไม่เท่ากัน.....	50
34	เปรียบเทียบ Probability of Forced Termination ของการจัดลำดับคิวทั้ง 4 แบบเมื่อ กำหนดอัตราการเรียกเข้าแบบแฮนด์โอเวอร์เท่ากับ 0.05 การเรียกต่อวินาที และอัตรา การเรียกเข้าครั้งใหม่เท่ากับ 1 การเรียกต่อวินาที.....	51

44	เปรียบเทียบ Probability of Dropping call ของการจัดลำดับคิวทั้ง 4 แบบเมื่อกำหนด อัตราการเรียกเข้าแบบแฮนด์โอเวอร์เท่ากับ 500 การเรียกต่อวินาที และอัตราการเรียกเข้า ครั้งใหม่เท่ากับ 10 การเรียกต่อวินาที.....	61
45	เปรียบเทียบ Probability of Dropping call ของการจัดลำดับคิวทั้ง 4 แบบเมื่อกำหนด อัตราการเรียกเข้าแบบแฮนด์โอเวอร์เท่ากับ 500 การเรียกต่อวินาที และอัตราการเรียกเข้า ครั้งใหม่เท่ากับ 10 การเรียกต่อวินาที ด้วยเงื่อนไขต่างๆ.....	62
46	เปรียบเทียบ Probability of Forced Termination ของการจัดลำดับคิวทั้ง 4 แบบเมื่อ มีการเรียกเข้าแจกแจงแบบปัวซองต์ ที่อัตราการเรียกเข้าต่างๆ	63
47	เปรียบเทียบ Probability of Forced Termination ของการจัดลำดับคิวทั้ง 4 แบบเมื่อ มีการเรียกเข้าแจกแจงแบบยูนิฟอร์ม ที่อัตราการเรียกเข้าต่างๆ.....	64
48	เปรียบเทียบ Probability of Forced Termination ของการจัดลำดับคิวทั้ง 4 แบบเมื่อ กำหนดเงื่อนไขเวลาให้หรือสูงสุดเท่ากันทุกการเรียก ในอัตราการเรียกต่างๆ.....	65
49	เปรียบเทียบ Probability of Dropping call ของการจัดลำดับคิวทั้ง 4 แบบเมื่อมี การเรียกเข้าแจกแจงแบบปัวซองต์ ที่อัตราการเรียกเข้าต่างๆ.....	66
50	เปรียบเทียบ Probability of Dropping call ของการจัดลำดับคิวทั้ง 4 แบบเมื่อมี การเรียกเข้าแจกแจงแบบยูนิฟอร์ม ที่อัตราการเรียกเข้าต่างๆ.....	67
51	เปรียบเทียบ Probability of Dropping call ของการจัดลำดับคิวทั้ง 4 แบบเมื่อกำหนด เงื่อนไขเวลาให้หรือสูงสุดเท่ากันทุกการเรียก ในอัตราการเรียกต่างๆ.....	68
52	เปรียบเทียบ Probability of Forced Termination ของการจัดลำดับคิวทั้ง 4 แบบเมื่อ มีการเรียกเข้าแจกแจงแบบปัวซองต์ ที่ปริมาณทราฟฟิกต่างๆ.....	69
53	เปรียบเทียบ Probability of Forced Termination ของการจัดลำดับคิวทั้ง 4 แบบเมื่อ มีการเรียกเข้าแจกแจงแบบยูนิฟอร์ม ที่ปริมาณทราฟฟิกต่างๆ.....	70
54	เปรียบเทียบ Probability of Forced Termination ของการจัดลำดับคิวทั้ง 4 แบบเมื่อ กำหนดเงื่อนไขเวลาให้หรือสูงสุดเท่ากันทุกการเรียก ที่ปริมาณทราฟฟิกต่างๆ.....	71
55	เปรียบเทียบ Probability of Dropping call ของการจัดลำดับคิวทั้ง 4 แบบเมื่อมี การเรียกเข้าแจกแจงแบบปัวซองต์ ที่ปริมาณทราฟฟิกต่างๆ.....	72

56	เปรียบเทียบ Probability of Dropping call ของการจัดลำดับคิวทั้ง 4 แบบเมื่อมีการเรียกเข้าแจกแจงแบบยูนิฟอร์ม ที่ปริมาณทราฟฟิกต่างๆ.....	73
57	เปรียบเทียบ Probability of Dropping call ของการจัดลำดับคิวทั้ง 4 แบบเมื่อกำหนดเงื่อนไขเวลาให้หรือสูงสุดเท่ากันทุกการเรียก ที่ปริมาณทราฟฟิกต่างๆ.....	74



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในการสื่อสารด้วยระบบดาวเทียมวงโคจรต่ำ กระบวนการแฮนด์โอเวอร์เป็นอีกเทคนิคหนึ่ง ที่ช่วยให้การติดต่อสื่อสารดำรงอยู่ได้โดยไม่เกิดสายหลุดหรือลดการแทรกสอดเมื่อระดับสัญญาณที่เครื่องลูกข่าย (Mobile subscriber, MS) ได้รับลดต่ำลงไม่ว่าจะเกิดจากอิทธิพลจากการจางหายของจุดเงา (Shadow fading) ที่เป็นจุดอับสัญญาณหรือผู้ใช้อยู่บริเวณขอบเซลล์

กระบวนการแฮนด์โอเวอร์จำเป็นต้องมีช่องสัญญาณว่างมารองรับ และหากช่องสัญญาณในเซลล์ถัดไป หรือเซลล์ที่อยู่ติดกันไม่ว่างจะมีวิธีการจัดลำดับคิวมาช่วยให้การแฮนด์โอเวอร์สำเร็จ และการติดต่อก็สามารถดำเนินต่อไปได้ จนกว่าจะสิ้นสุดการสนทนาหรือเกิดการแฮนด์โอเวอร์ไปยังเซลล์อื่นๆ อีก

ดังนั้นการนำวิธีการจัดลำดับคิวมาใช้จะคำนึงถึงประสิทธิภาพการเข้าใช้ช่องสัญญาณ และในการวัดประสิทธิภาพนี้ได้มาจากการวัดค่าพารามิเตอร์ดังนี้ อัตราส่วนของการเรียกจากการแฮนด์โอเวอร์ที่ไม่ได้รับการจัดสรรช่องสัญญาณต่อการเรียกที่เกิดจากแฮนด์โอเวอร์ทั้งหมด (the handover failure probability, P_{b2}), ความน่าจะเป็นที่การเรียกเกิดสายหลุด (the call dropping probability, P_{drop}), ความน่าจะเป็นของการเรียกเข้าไม่สำเร็จ (the unsuccessful call probability, P_{ns}) เพราะการเรียกเข้าจะถูกบล็อกหรือสายหลุดเนื่องจากความล้มเหลวของการร้องขอการเกิดแฮนด์โอเวอร์ที่ตามมา [1]. จึงให้ความสนใจกับการจัดลำดับคิวแบบต่างๆ ที่ทำให้ค่าพารามิเตอร์เหล่านี้ลดลง หรือกล่าวได้ว่าเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการเกิดแฮนด์โอเวอร์ที่ส่งผลต่อระบบนั่นเอง จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่ได้ศึกษามามีการจัดลำดับคิวหลายแบบที่น่าสนใจที่มีข้อเด่นข้อด้อยแตกต่างกันไปทั้งนี้ทั้งนั้นขึ้นอยู่กับว่าพิจารณาพารามิเตอร์ใดที่ใช้วัดประสิทธิภาพและความง่ายในการใช้งานหรือการติดตั้งการจัดลำดับคิวนี้ลงในระบบ การจัดลำดับคิวที่สนใจเป็นการจัดลำดับคิวแบบ Last useful instant (LUI) ที่มีการจัดเรียงการเรียกแบบแฮนด์โอเวอร์ตามความจำเป็นเร่งด่วนที่ต้องได้รับบริการ ความต้องการใช้ช่องสัญญาณอย่างเร่งด่วนสำหรับการจัดลำดับคิวแบบ LUI นี้สนใจเวลาที่เหลือที่สามารถรออยู่ได้ในระบบ นั่นคือถ้าเวลาที่เหลือน้อยที่สุดจะถูกจัดให้อยู่หัวแถว เมื่อไรก็ตามที่ในระบบมีช่องสัญญาณว่างการเรียกที่อยู่หัวแถวนี้ก็จะได้รับบริการก่อน ซึ่งเหมาะสมกับสภาพความเป็นจริง แต่การจัดลำดับคิวแบบนี้มีข้อเสียคือเมื่อมีการจัดเรียงตั้งแต่เริ่มแรกแล้วจะไม่มีเปลี่ยนแปลงลำดับใดๆ อีกถึงแม้ว่าจะมีการเรียกเข้าแบบแฮนด์โอเวอร์เข้ามาใหม่ที่ต้องการใช้ช่องสัญญาณอย่างเร่งด่วนก็ตาม ซึ่งถือว่าเป็น

จุดอ่อนของงานวิจัย จึงได้พยายามหาแนวทางแก้ปัญหาการจัดเรียงลำดับแบบ LUI ที่ระบุลำดับแบบถาวร (LUI-Static) วิทยานิพนธ์ฉบับนี้พยายามปรับการจัดลำดับคิวที่ใช้งานได้จริงที่มีอยู่เดิมให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นที่สังเกตได้จากค่าความน่าจะเป็นที่จะเกิดกระบวนการแฮนด์โอเวอร์ล้มเหลวที่ลดต่ำลง โดยให้การจัดลำดับไม่เรียงตายตัว เมื่อไรก็ตามที่มีการเรียกเข้าแบบแฮนด์โอเวอร์เข้ามาใหม่และจำเป็นต้องใช้ช่องสัญญาณอย่างเร่งด่วน ก็จะจัดให้อยู่หัวแถวรอรับบริการเมื่อช่องสัญญาณว่างก่อนได้เลย

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

ปรับปรุงวิธีการจัดลำดับการเข้าคิวใช้ช่องสัญญาณในกระบวนการแฮนด์โอเวอร์ของดาวเทียมสื่อสารวงโคจรต่ำภายในดาวเทียมดวงเดียวกันที่มีการจัดสรรช่องสัญญาณแบบตายตัว (Fixed channel allocation) เพื่อให้ค่า Forced Terminating Probability หรือ handover failure probability ลดลงเมื่อเทียบกับวิธีการจัดลำดับการเข้าคิวที่มีการศึกษาอยู่เดิม และเปรียบเทียบประสิทธิภาพการใช้ช่องสัญญาณที่ปริมาณทราฟฟิกต่างๆ ภายในเซลล์

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

วิธีการจัดลำดับคิวในแบบ Time Out และ Dynamic-LUI ที่เสนอนี้จะปรับปรุงค่า Forced Terminating Probability ให้ลดลงได้มากกว่าการจัดลำดับคิวแบบ FIFO และแบบ Static-LUI ประมาณ 5 – 30 เปอร์เซ็นต์ และนำเสนอผลเปรียบเทียบค่า Forced Terminating Probability ของการจัดลำดับคิวทั้ง 4 แบบ เมื่อจำลองสถานการณ์ต่างๆ และปรับค่าทราฟฟิกของระบบ

1.4 ข้อตกลงเบื้องต้น

เนื่องจากเป็นงานวิจัยที่สนใจแนวทางและผลของการจัดลำดับคิวแบบต่างๆ ที่ส่งผลกระทบต่อระบบสื่อสารจำลองนี้ ดังนั้นจึงกำหนดข้อตกลงเบื้องต้นของการวิจัยดังนี้

1. แบบจำลองเป็นระบบสื่อสารดาวเทียมวงโคจรต่ำ
2. ทิศทางการเคลื่อนที่เป็นทิศทางเดียวกับการหมุนของโลก
3. วิทยานิพนธ์ฉบับนี้กำหนดว่าความเร็วสัมพัทธ์ระหว่างดาวเทียมและอุปกรณ์สื่อสารเคลื่อนที่ภาคพื้นดินเท่ากับความเร็วของดาวเทียม เนื่องจากดาวเทียมวงโคจรต่ำมี

ความเร็วสูงมากเมื่อเทียบกับความเร็วของอุปกรณ์สื่อสารภาคพื้นดินที่เคลื่อนที่หรือหยุดนิ่งก็ตามซึ่งมีความเร็วในการเคลื่อนที่ต่ำหรือเข้าใกล้ศูนย์

4. เพื่อง่ายในการพิจารณา จากข้อกำหนดที่ 3 สามารถปรับเปลี่ยนมุมมองให้เป็นแบบเดียวกับระบบเซลลูลาร์ คือเสมือนว่าดาวเทียมหยุดนิ่งกับที่ และอุปกรณ์สื่อสารเคลื่อนที่ภาคพื้นดินเคลื่อนที่ไปด้วยความเร็วที่สูงเท่ากับความเร็วของดาวเทียม
5. ในแบบจำลองนี้ให้ความสนใจเฉพาะจำนวนช่องสัญญาณที่มีอยู่ในเซลล์เดียวเท่านั้น และมีการจัดสรรช่องสัญญาณแบบถาวร (Fixed channel allocation, FCA)
6. ระบบที่สนใจพิจารณาเฉพาะการเรียกเข้าแบบแอสแตโรเวอร์เท่านั้น เมื่อปริมาณทราฟฟิกเป็นแบบสม่ำเสมอ
7. กำหนดค่าพารามิเตอร์ในแบบจำลองของดาวเทียมอ้างอิงจากระบบอิริเดียม

1.5 ข้อจำกัดของการวิจัย

1. กำหนดให้ความเร็วในการเคลื่อนที่ขึ้นอยู่กับความเร็วของดาวเทียมเท่านั้น เนื่องจากในการสื่อสารของดาวเทียมวงโคจรต่ำ ที่มีดาวเทียมเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงมากเมื่อเทียบกับความเร็วของเครื่องลูกข่ายบนผิวโลก เสมือนว่าเครื่องลูกข่ายหยุดนิ่งอยู่กับที่ จึงไม่พิจารณาความเร็วของเครื่องลูกข่าย
2. เนื่องจากดาวเทียมมีระบบควบคุมวงโคจร ดังนั้นดาวเทียมจะเคลื่อนที่ไปตามแนววงโคจรที่รู้ทิศทางที่แน่นอน
3. สำหรับกระบวนการแอสแตโรเวอร์ระหว่างวงบีมภายในดาวเทียมดวงเดียวกัน กำหนดให้เซลล์ที่กำลังพิจารณาได้รับอิทธิพลของแรงของสัญญาณจากเครื่องแม่ข่ายเพียง 2 เครื่องแม่ข่าย คือเครื่องแม่ข่ายที่ใช้ช่องสัญญาณในปัจจุบัน และเครื่องแม่ข่ายที่มีวงบีมอยู่ติดกัน
4. ให้ความสำคัญของการเรียกเข้าแบบแอสแตโรเวอร์มากกว่าการเรียกเข้าครั้งใหม่ คือหากช่องสัญญาณที่การเรียกทั้ง 2 แบบขอใช้ไม่ว่าง หากเป็นการเรียกครั้งใหม่การเรียกนั้นก็จะต้องถูกล็อกไป ในขณะที่การเรียกแบบแอสแตโรเวอร์จะให้มีการรอคิวเพื่อรอช่องสัญญาณที่ต้องการว่าง
5. แบบจำลองระบบการจัดลำดับคิวจากทฤษฎี Inter-arrival time distribution/Service time distribution/number of service channel/System capacity/Queue discipline เป็นแบบ M/M/N/n/FIFO (LUI-Static, LUI-Dynamic, Time out)

6. ไม่มีการจำกัดขนาดของบัฟเฟอร์ หรือสามารถมีการเรียกเข้ามารออยู่ในคิวได้เรื่อยๆ แต่จะกำหนดเวลาที่ใช้อยู่ในระบบ นั่นคือถ้าเวลาที่รออยู่ในคิวนานเกินกว่าเวลาที่กำหนดไว้ การเรียกนั้นก็จะถูกบล็อกไป
7. นอกจากเวลาที่ได้กำหนดเพื่อตัดสินใจการเกิดสายหลุดของแต่ละการเรียกแล้ว ยังมีข้อกำหนดอื่นๆ ที่นำมาพิจารณา เช่น ค่าระดับสัญญาณที่ได้รับต่ำสุดที่สามารถรับได้เป็นต้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับว่าเป็นการจัดลำดับคิวประเภทไหน ข้อกำหนดต่างๆ เพื่อเขียนโปรแกรม รวมถึงข้อดีข้อเสียของคิวแต่ละประเภทจะแตกต่างกันไป
8. ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สนใจข้อมูลเพื่อนำมาใช้ในการจัดลำดับคิวดังนี้ เวลาที่อนุญาตให้อยู่ในระบบได้นานที่สุด ($t_{w,max}$), เวลาที่เหลืออยู่ในระบบ (t_d) ซึ่งสามารถคำนวณได้จากเวลาที่เข้าไปในระบบ
9. และจากข้อกำหนดพื้นฐานข้างต้น สามารถเขียนโปรแกรมหาค่าที่การเรียกทั้ง 2 ประเภทถูกบล็อก เพื่อนำมาเปรียบเทียบและวิเคราะห์ข้อเด่นหรือจุดอ่อนของการจัดลำดับคิวแต่ละแบบที่สนใจ

1.6 คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

การเรียก (Call) คือการเรียกเข้ามาในระบบ

เซลล์เริ่มต้น (Source cell) คือเซลล์ปัจจุบันที่การเรียกใช้บริการอยู่ก่อน

เซลล์ส่งผ่าน (Transit cell) คือเซลล์ที่รับการส่งต่อการเรียกจากเซลล์เริ่มต้น

สายหลุด (Drop call) คือการเรียกที่ไม่ได้รับบริการช่องสัญญาณว่างที่ใช้งานได้จากระบบ

ช่องสัญญาณว่าง (Channel available) คือช่องสัญญาณที่พร้อมให้บริการหากมีการเรียก

เครื่องลูกข่าย (Mobile station, MS's) คือเครื่องมือสื่อสารที่ใช้สำหรับติดต่อสื่อสารกันบนผิวโลก และติดต่อโดยผ่านเครื่องแม่ข่าย

เครื่องแม่ข่าย คือสถานีฐานหรือดาวเทียมสำหรับเป็นผู้ให้บริการด้านการสื่อสารแก่เครื่องลูกข่าย

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาวิธีการจัดลำดับการเข้าคิวในกระบวนการแฮนด์โอเวอร์ของระบบดาวเทียมสื่อสารวงโคจรต่ำ โดยสนใจค่า Forced Terminating Probability ให้มีค่าน้อยกว่าเมื่อเทียบกับวิธีการจัดลำดับคิวแบบต่างๆ ที่มีการศึกษาอยู่เดิม และไม่ส่งผลยุ่งยากในการติดตั้งบนระบบสื่อสาร จากข้อเด่นของการจัดลำดับคิวที่นำเสนอจะไปเพิ่มประสิทธิภาพของ

กระบวนการแฮนด์โอเวอร์ที่ส่งผลโดยตรงให้ระบบดาวเทียมสื่อสารวงโคจรต่ำมีประสิทธิภาพดีขึ้นตามไปด้วย และได้รับความพึงพอใจแก่ผู้ใช้งานหรือผู้รับบริการ

1.8 วิธีดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาการเกิดแฮนด์โอเวอร์ของระบบสื่อสารดาวเทียมวงโคจรต่ำแบบแฮนด์โอเวอร์ภายในดาวเทียมดวงเดียวกัน
2. ศึกษาและจำลองการเคลื่อนที่ของดาวเทียม และลักษณะการเกิดแฮนด์โอเวอร์
3. ศึกษาการจัดลำดับคิวแบบต่างๆ
4. ศึกษาและค้นคว้าการใช้วิธีการจัดลำดับคิวแบบต่างๆ ที่ใช้กับการสื่อสารดาวเทียมวงโคจรต่ำและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อเป็นแนวทางในการทำวิจัย
5. ปรับปรุงการจัดลำดับคิวโดยใช้แนวคิดจากทฤษฎีของการจัดลำดับคิวที่สนใจ และความเป็นไปได้ในทางปฏิบัติจริงของระบบที่จำลองขึ้นมาโดยอ้างอิงตามทฤษฎีและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
6. ตรวจสอบแนวคิดที่ได้ปรับปรุงดัดแปลงขึ้นมาจากงานวิจัยที่มีอยู่เดิมถึงความเป็นไปได้อันเนื่องมาจากความถูกต้องตามทฤษฎีและในทางปฏิบัติจริง
7. กำหนดขอบเขตของงานวิจัย เพื่อระบุเป้าหมายที่แน่นอนชัดเจนของงานวิจัยที่จะดำเนินการต่อไป และให้สอดคล้องกับข้อกำหนดของระบบที่จำลองขึ้นมา
8. การตั้งสมมุติฐาน เพื่อคาดการณ์ถึงความเป็นไปได้ของเป้าหมายของงานวิจัยตามหลักการทางทฤษฎี
9. ออกแบบจำลองของระบบเพื่อทดสอบการจัดลำดับการเข้าคิวในกระบวนการแฮนด์โอเวอร์ และเขียนผังงาน (Flowchart) ที่สอดคล้องกับข้อกำหนดของแบบจำลอง
10. การทดสอบความถูกต้องของการจำลองระบบ
11. เขียนโปรแกรมเพื่อประมวลผล
12. ตรวจสอบความเป็นไปได้จริงของผลที่ได้จากการประมวลผลจากโปรแกรม
13. วิเคราะห์ผลเมื่อคำนึงถึงเงื่อนไขต่างๆ หรือเหตุการณ์ที่อาจเกิดขึ้นได้
14. นำเสนอ และสรุปผลการวิจัยการนำไปประยุกต์ใช้งาน
15. ปัญหาที่พบ และแนวทางการศึกษาวิจัยต่อไป
16. เรียบเรียงผลงานวิจัย และจัดทำรายงานฉบับสมบูรณ์

1.9 ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิจัย

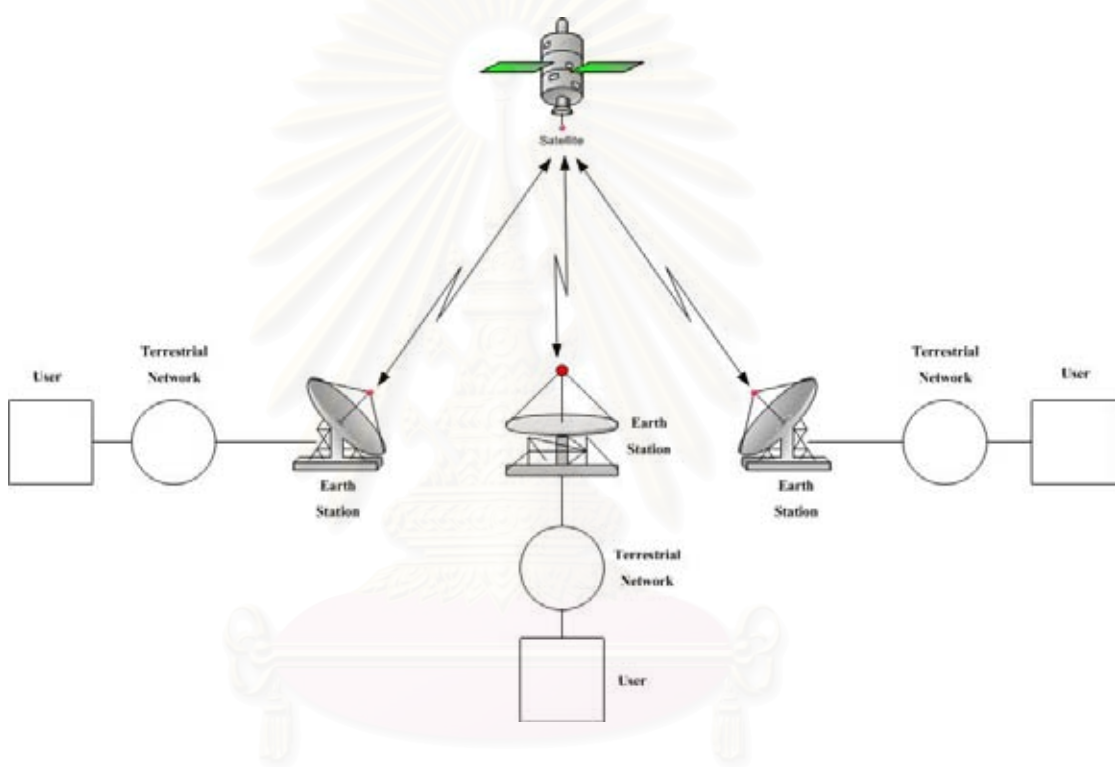
1. นำเสนอค่า Force terminating probability ของการจัดลำดับคิวดังนี้
 - 1.1 แบบ FIFO
 - 1.2 แบบ LUI ที่มีอยู่แล้ว (LUI-Static)
 - 1.3 แบบ LUI ที่อัปเดตการจัดเรียงคิวทุกครั้งที่มีการเรียกเข้า (Dynamic-LUI)
 - 1.4 แบบ Time Out ที่มีการจัดเรียงโดยพิจารณาค่า Time Out ของแต่ละการเรียก
2. เปรียบเทียบค่า Force terminating probability ของการจัดลำดับคิวทั้ง 4 แบบ เมื่อมีพารามิเตอร์อัตราการเรียกเข้า (Arrival Rate) เหมือนกัน
3. เปรียบเทียบค่า Force terminating probability และค่า Call dropping probability ของการจัดลำดับคิวทั้ง 4 แบบ เมื่อปรับค่าพารามิเตอร์อัตราการเรียกเข้า (Arrival Rate) ต่างๆ
4. เปรียบเทียบค่า Force terminating probability และค่า Call dropping probability ของการจัดลำดับคิวทั้ง 4 แบบ เมื่อมีเหตุการณ์จำลองแบบต่างๆ

บทที่ 2 พารามิเตอร์ที่ใช้วัดค่า

แนวคิดและทฤษฎี

2.1 ระบบสื่อสารดาวเทียม (Satellite Systems)

ระบบสื่อสารดาวเทียมมีส่วนประกอบพื้นฐานคือดาวเทียมที่ลอยอยู่ในอวกาศ ซึ่งดาวเทียมนี้อาจสื่อสารเชื่อมโยงกับสถานีภาคพื้นดิน ดังแสดงในรูปที่ 1



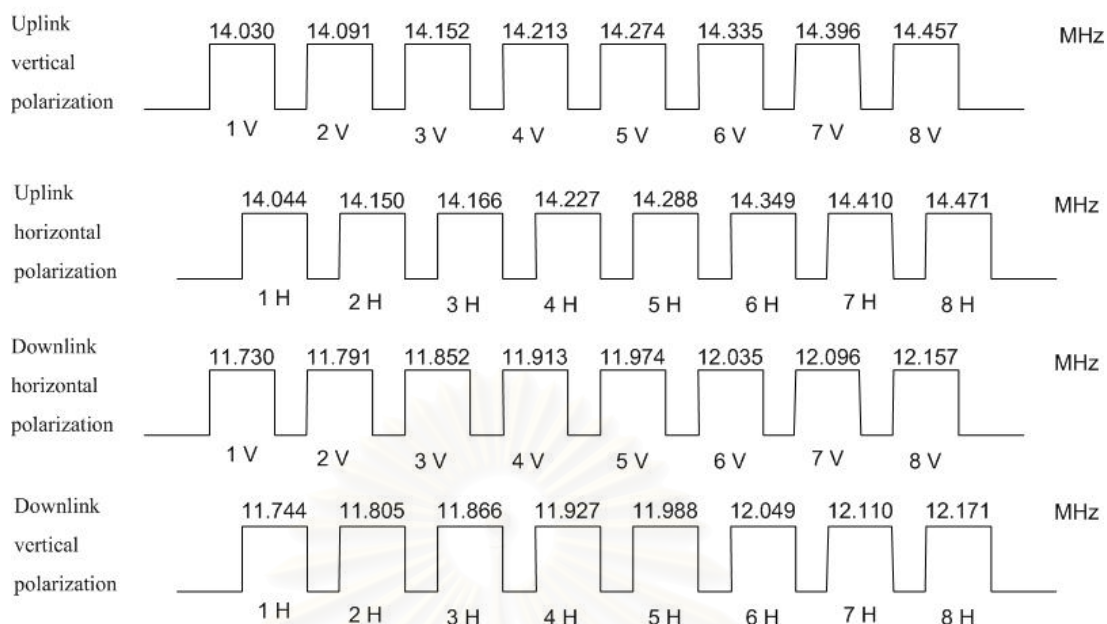
รูปที่ 1 องค์ประกอบของการสื่อสารดาวเทียมพื้นฐาน

มีหลักการทำงานคือผู้ใช้ส่งสัญญาณเบสแบนด์ (Baseband) ไปยังสถานีภาคพื้นดินโดยเครือข่ายสื่อสารภาคพื้นดิน (Terrestrial Network) ซึ่งอาจจะเป็นสายโทรศัพท์หรือสายสัญญาณที่สร้างขึ้นมาสำหรับงานนี้โดยเฉพาะ เมื่อมาถึงสถานีภาคพื้นดินสัญญาณจะถูกมอดูเลต (Modulate) และขยายส่งขึ้นไปยังตัวดาวเทียม เมื่อดาวเทียมได้รับสัญญาณแล้วจะกรองเอาสัญญาณเฉพาะในช่วงความถี่ที่ต้องการแล้วจึงขยายสัญญาณและส่งกลับลงมาระบบสื่อสารภาคพื้นดินอีกครั้งหนึ่งสถานีภาคพื้นดินที่ได้รับสัญญาณจากดาวเทียมนี้อาจจะทำกระบวนการที่ย้อนกลับกับตอนที่ส่งสัญญาณขึ้นไปบนดาวเทียมคือจะขยายสัญญาณที่รับมาแล้วทำการดีมอดู

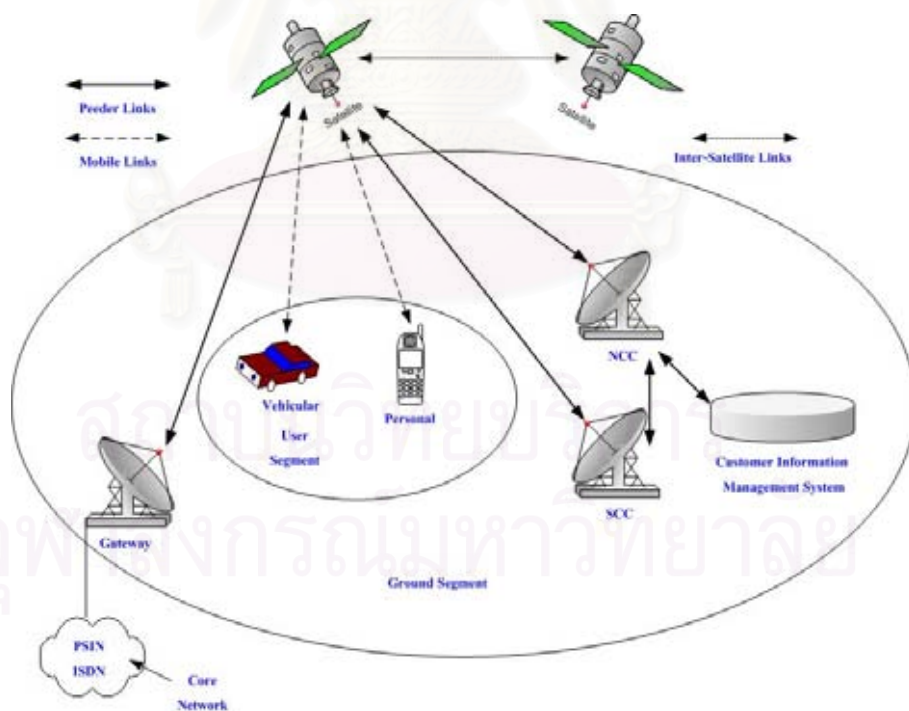
เลต (Demodulate) กลับไปเป็นสัญญาณเบสแบนด์ และส่งต่อไปยังผู้ใช้โดยผ่านทางเครือข่ายการสื่อสารภาคพื้นดิน (Terrestrial Network)

ปัจจุบันดาวเทียมสื่อสารทางธุรกิจทั่วไป จะมีขอบเขตในการใช้งานขนาดแบนด์วิดท์ (Bandwidth) ของสัญญาณขาขึ้นและขาลงประมาณ 500 MHz และแถบความถี่ที่นิยมใช้กันมากที่สุดคือย่าน C-band 6/4 GHz โดยสัญญาณขาขึ้นจะมีความถี่คลื่นพาห์ (Carrier) ในช่วง 5.725 ถึง 7.075 GHz และสัญญาณขาลงจะมีความถี่คลื่นพาห์ ในช่วง 3.4 ถึง 4.8 GHz การใช้งานในย่านความถี่ 6/4 นี้ ในปัจจุบันนี้มีการใช้งานกันมากขึ้นเรื่อยๆ ทั่วโลก ถ้าปล่อยให้มีการใช้งานในย่านนี้มากขึ้นต่อไปอีก ก็จะทำให้เกิดปัญหาทางด้านสัญญาณที่จะเกิดการรบกวนขึ้นได้ ดังนั้นจึงได้มีการเริ่มใช้งานในย่านความถี่ Ku-band 14/12 GHz ขึ้น โดยที่ความถี่ขาขึ้นจะอยู่ในช่วง 12.75 ถึง 14.8 GHz และความถี่ขาลงอยู่ในช่วง 10.7 ถึง 12.3 GHz ความถี่ในย่านนี้มีแนวโน้มว่าจะมีการใช้งานมากขึ้นในอนาคต แต่ปัญหาหนึ่งที่เป็นข้อเสียเปรียบในการใช้งานย่านความถี่นี้คือ ปัญหาการลดทอนสัญญาณเนื่องจากฝน (Rain induced attenuation) ซึ่งมีผลกระทบมากกว่า ย่านความถี่ C-band นอกจากนี้ความถี่ในย่านความถี่ 30/20 GHz ได้มีการนำมาใช้งานบ้างแล้ว ซึ่งประกอบด้วยความถี่ขาขึ้นในช่วง 27.5 ถึง 31 GHz และความถี่ขาลงในช่วง 18.1 ถึง 21.2 GHz

สำหรับในย่านความถี่ C-band และ Ku-band ได้แบ่งเป็นส่วนย่อยๆ ที่เรียกว่าทราנסพอนเดอร์แบนด์วิดท์ (Transponder Bandwidth) ตัวอย่างเช่นดาวเทียมการสื่อสารพาณิชย์ดวงหนึ่งมี 8 ทราנסพอนเดอร์ (Transponder) โดยในแต่ละทราנסพอนเดอร์มีขนาดแบนด์วิดท์เท่ากับ 54 MHz และจุดศูนย์กลางความถี่ของแต่ละทราנסพอนเดอร์จะห่างกัน 61 MHz (เพื่อเหลือให้มีขนาดของ Guardband เพียงพอต่อการป้องกันการรบกวนระหว่างทราנסพอนเดอร์) ดังนั้นเมื่อรวมความถี่ทั้งหมด 8 ทราנסพอนเดอร์จะได้ความถี่ประมาณเท่ากับแบนด์วิดท์ในการใช้งานกับดาวเทียมนั้นคือ 500 MHz นอกจากนี้แล้วก็จะมีเทคนิคที่เรียกว่า การใช้ความถี่ซ้ำ (Frequency reused) ซึ่งทำเสมือนกับการเพิ่มจำนวนทราנסพอนเดอร์ของดาวเทียมโดยที่แบนด์วิดท์ของดาวเทียมยังคงเท่าเดิม เทคนิคนี้จะใช้การโพลาไรซ์ (Polarization) ในแบบ Orthogonal นั่นคือในทราנסพอนเดอร์หนึ่งจะใช้การโพลาไรซ์ในแนวตั้ง (Vertical Polarization) อีกทราנסพอนเดอร์หนึ่งที่อยู่ติดกันจะใช้โพลาไรซ์ในแนวนอน (Horizontal Polarization) โดยการรบกวนระหว่างกันจะลดลงไปโดยธรรมชาติของการโพลาไรซ์ที่มีแนวสนามไฟฟ้าคนละแนว การแยกแยะสัญญาณรบกวนระหว่างกันสามารถทำได้ถึง 30 dB ดังรูปที่ 2 และอีกหลายวิธีการที่น่าสนใจ



รูปที่ 2 ตัวอย่างการใช้เทคนิคความถี่ซ้ำ (Frequency Reused)



รูปที่ 3 สถาปัตยกรรมของเครือข่ายดาวเทียมเคลื่อนที่

จากรูปที่ 3 แบบจำลองพื้นฐานของสถาปัตยกรรมของเครือข่ายดาวเทียมเคลื่อนที่ประกอบด้วย 3 ส่วนคือ ส่วนผู้ใช้, ส่วนของภาคพื้นดิน, และภาคอวกาศ

2.1.1 ส่วนประกอบของดาวเทียม [9]

ส่วนประกอบต่างๆ ที่สำคัญของดาวเทียม มีดังต่อไปนี้

1. ระบบควบคุมตำแหน่งและวงโคจร เพื่อให้ดาวเทียมเคลื่อนที่ตามทิศทางที่ต้องการ
2. ระบบตรวจจับและสั่งการดาวเทียม (Telemetry, Tracking และ Command หรือ TT&C)
3. ระบบจ่ายกำลังไฟฟ้า
4. ระบบสื่อสารของดาวเทียม
5. ระบบสายอากาศของดาวเทียม

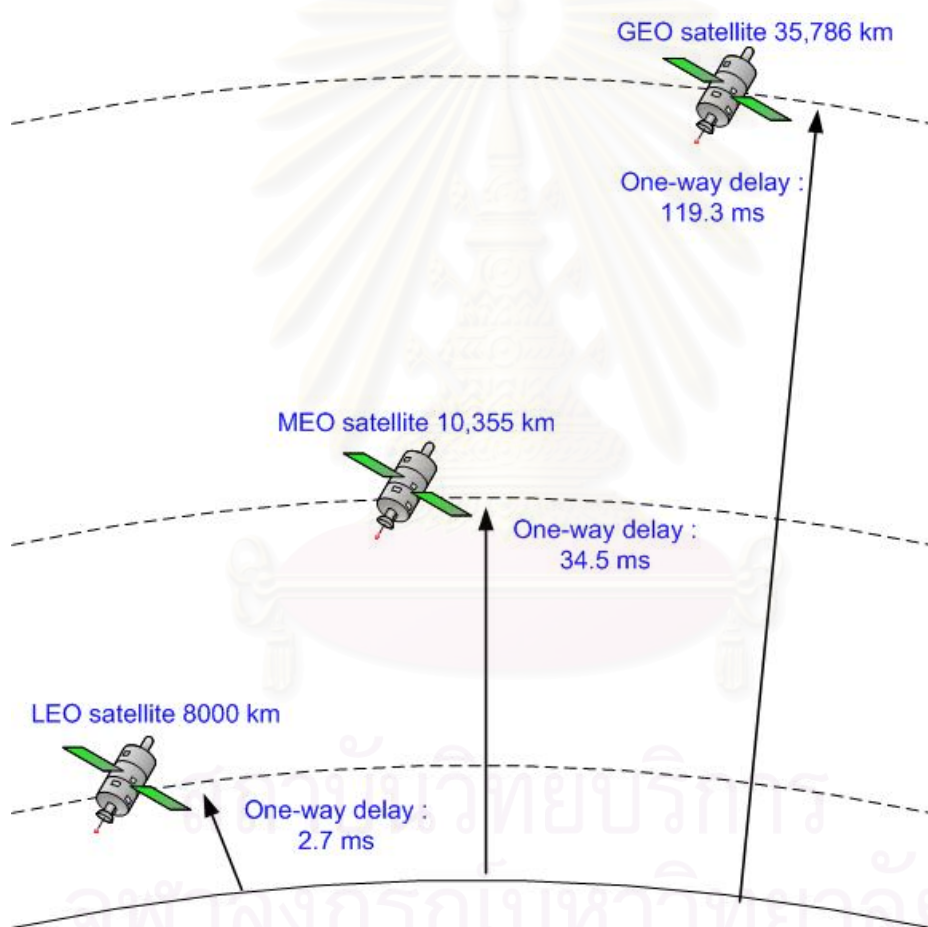
2.1.2 ทิศทางการเคลื่อนที่ของดาวเทียม [10]

ยกตัวอย่างการเคลื่อนที่ของดาวเทียมระบบอิริเดียม (Iridium) อาศัยแนวคิดของระบบเครือข่ายเซลลูลาร์ในการให้บริการ พื้นที่โลกทั้งหมดถูกแบ่งออกเป็นเซลล์ (Cell) จำนวนมาก และมีสถานีวิทยุแม่ข่ายตั้งอยู่บนดาวเทียม ดาวเทียมแต่ละดวงจะมีสถานีวิทยุแม่ข่ายอยู่ 37 สถานี ซึ่งครอบคลุมเซลล์ได้ถึง 37 เซลล์ ในการครอบคลุมพื้นที่ทั่วโลกได้ทั้งหมดนี้ใช้ดาวเทียมรวมทั้งสิ้น 66 ดวง ดาวเทียมนี้เคลื่อนที่เป็นแนวระนาบจากขั้วโลกใต้ไปยังขั้วโลกเหนือแล้วอ้อมกลับมายังขั้วโลกใต้ใหม่ วนเวียนอยู่เช่นนี้ การเคลื่อนที่ดังกล่าวทำให้รูปเซลล์ทั้งหมดเคลื่อนตามไปด้วยในลักษณะเดียวกัน กล่าวคือเซลล์จะไม่ประจำอยู่กับที่สิ่งนี้เป็นข้อที่แตกต่างจากระบบเซลลูลาร์ เนื่องจากรูปเซลล์ของระบบโทรศัพท์เซลลูลาร์อยู่ประจำที่ การติดต่อระหว่างเครื่องลูกข่ายกับระบบอิริเดียม ทำได้โดยตรงระหว่างเครื่องลูกข่ายกับดาวเทียมที่อยู่ใกล้ที่สุดในขณะนั้น ส่วนการติดต่อระหว่างระบบอิริเดียมกับชุมสาย (Public switch telephone network, PSTN) จะทำได้โดยผ่านสถานีภาคพื้นดิน (Gateway) โดยที่เซลล์เคลื่อนที่อยู่เสมอในอัตราเร็วสูงมาก การแฮนด์โอเวอร์จะเกิดขึ้นบ่อยๆ ระยะเวลาประมาณ 2 นาที

2.1.3 ประเภทของดาวเทียม

แบ่งตามลักษณะการโคจรจากพื้นโลกเป็นดาวเทียมวงโคจรต่ำ (Low-Earth Orbit, LEO), วงโคจรกลาง (Medium-Earth Orbit, MEO) และ ดาวเทียมค้างฟ้า (Geostationary-Earth Orbit, GEO) ซึ่งแต่ละประเภทจะโคจรห่างจากพื้นโลก ดังรูปที่ 4 มีรายละเอียดดังนี้

1. Low-Earth Orbit (LEO) โคจรห่างจากโลกประมาณ 700 - 2,000 กิโลเมตร และมีเวลาไปกลับ (RTT) ประมาณ 0.05 วินาที คาบการโคจรรอบโลกประมาณ 100 – 127 นาที
2. Medium-Earth Orbit (MEO) โคจรห่างจากโลกประมาณ 10,000 กิโลเมตร และมีเวลาไปกลับ (RTT) ประมาณ 0.25 วินาที
3. Geostationary-Earth Orbit (GEO) โคจรห่างจากโลกประมาณ 36,000 กิโลเมตรและมีเวลาไปกลับ (RTT) ประมาณ 0.55 วินาที คาบการโคจรรอบโลกประมาณ 24 ชั่วโมง ซึ่งจะมีความเร็วสัมพัทธ์เทียบกับโลกเป็นศูนย์



รูปที่ 4 เปรียบเทียบระดับความสูงของดาวเทียม 3 วงโคจร GEO, MEO และ LEO ที่ห่างจากผิวโลก

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สนใจการสื่อสารผ่านดาวเทียมวงโคจรต่ำเนื่องจาก [3]

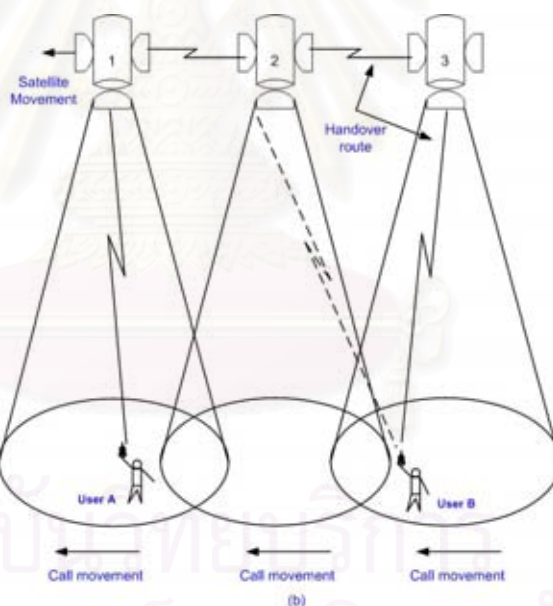
1. ระดับความสูงที่ต่ำกว่าง่ายในการควบคุม

2. พื้นที่ที่สัญญาณจากดาวเทียมวงโคจรต่ำครอบคลุมพื้นผิวโลกเป็นพื้นที่ที่เล็กกว่า ดังนั้นจึงมีความจุทราฟฟิกที่สูงกว่า (Higher traffic capacity) ดาวเทียมค้างฟ้า
3. ดาวเทียมวงโคจรต่ำจะมีขนาดเล็กกว่าดาวเทียมค้างฟ้า จึงมีน้ำหนักน้อยกว่า
4. ส่งผลให้กำลังส่งและกำลังที่ใช้ในการโคจรที่น้อยกว่าดาวเทียมค้างฟ้า

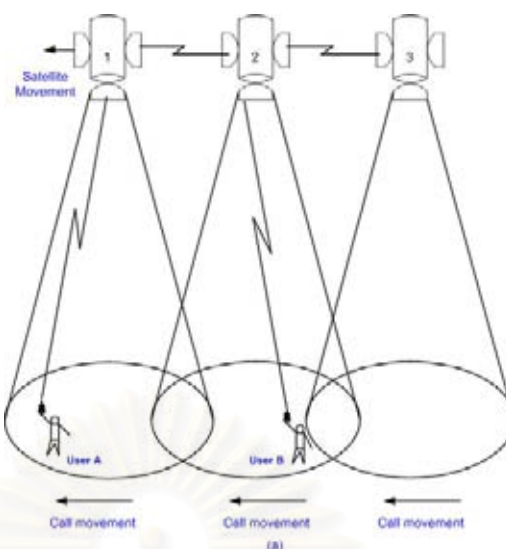
อย่างไรก็ดีเนื่องจากการเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงของดาวเทียมวงโคจรต่ำ ทำให้ระบบต้องมีการส่งต่อของช่องสัญญาณเพื่อให้การติดต่อสามารถดำเนินไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยไม่เกิดการแทรกสอดรบกวน หรือสายหลุด (Dropping Call) การส่งต่อการเรียกไปยังช่องสัญญาณอื่นเพื่อให้การติดต่อดำเนินต่อไปได้นี้ เรียกว่ากระบวนการแฮนด์โอเวอร์

2.2 กระบวนการแฮนด์โอเวอร์

2.2.1 หลักการทั่วไปของกระบวนการแฮนด์โอเวอร์ของระบบดาวเทียมวงโคจรต่ำ แบ่งออกเป็น 3 แบบ คือ



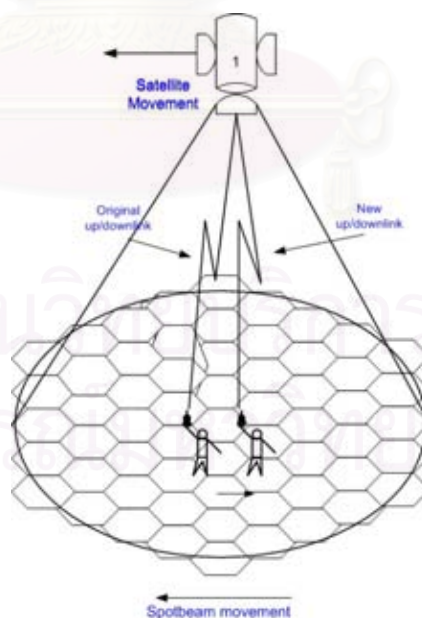
รูปที่ 5 จำลองทิศทางการเคลื่อนที่ของดาวเทียม และกระบวนการแฮนด์โอเวอร์



รูปที่ 6 จำลองผลการเชื่อมต่อดาวเทียมดวงที่อยู่ติดกันหลังเกิดกระบวนการแฮนด์โอเวอร์

1. การแฮนด์โอเวอร์ในวงบีมเดียวกัน (Intrabeam Handover)

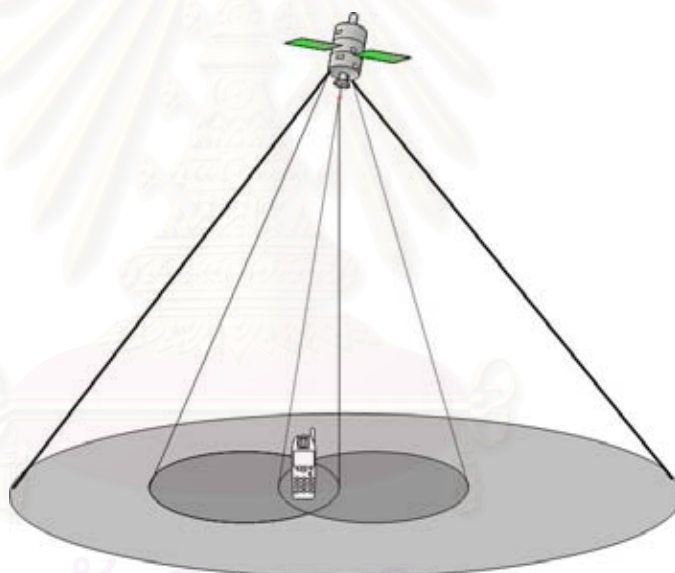
จะเกิดขึ้นเมื่อเครื่องลูกข่ายที่เคลื่อนที่ไปในทิศทางเดียวกับดาวเทียม มีการเปลี่ยนช่องสัญญาณสื่อสารที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน ไปยังช่องสัญญาณสื่อสารใหม่ โดยที่ยังอยู่ในวงบีมวงเดิม และดาวเทียมดวงเดิม ในรูปที่ 7



รูปที่ 7 การแฮนด์โอเวอร์ในวงบีมเดียวกัน

2. การแฮนด์โอเวอร์ระหว่างวงบีมภายในดาวเทียมดวงเดียวกัน (Intra Space Vehicle Handover หรือ Beam-to-Beam Handover)

เครื่องลูกข่ายเคลื่อนที่จากเซลล์ (ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะหมายถึงวงบีมเล็กๆ ที่อยู่ภายใน Spot Beam ของดาวเทียม) ที่อยู่ปัจจุบันไปยังเซลล์ใหม่ที่อยู่ถัดไปภายในดาวเทียมดวงเดียวกัน เนื่องจากเครื่องลูกข่ายจะทำการวัดกำลังความแรงของสัญญาณที่ใช้อยู่ในเซลล์ปัจจุบัน และวัดกำลังความแรงของสัญญาณของเซลล์ถัดไปข้างๆ (ในทิศทางเคลื่อนที่ตามแนววงโคจรของดาวเทียม) เมื่อไรก็ตามที่กำลังความแรงสัญญาณของเซลล์ที่ใช้อยู่ปัจจุบันลดต่ำกว่าระดับที่กำหนด (Threshold) ในขณะที่กำลังความแรงสัญญาณจากเซลล์ข้างเคียงเริ่มเพิ่มสูงขึ้นจนกระทั่งมีค่ามากกว่า นั้นย่อมแสดงว่าเครื่องลูกข่ายกำลังเริ่มเคลื่อนที่เข้าสู่เซลล์ใหม่แล้ว เครื่องลูกข่ายก็จะทำการแฮนด์โอเวอร์เพื่อขอใช้ช่องสัญญาณสื่อสารในเซลล์ถัดไป จะเห็นได้ว่าในกระบวนการนี้ เครื่องลูกข่ายจะเป็นตัวควบคุมการแฮนด์โอเวอร์ที่เกิดขึ้น

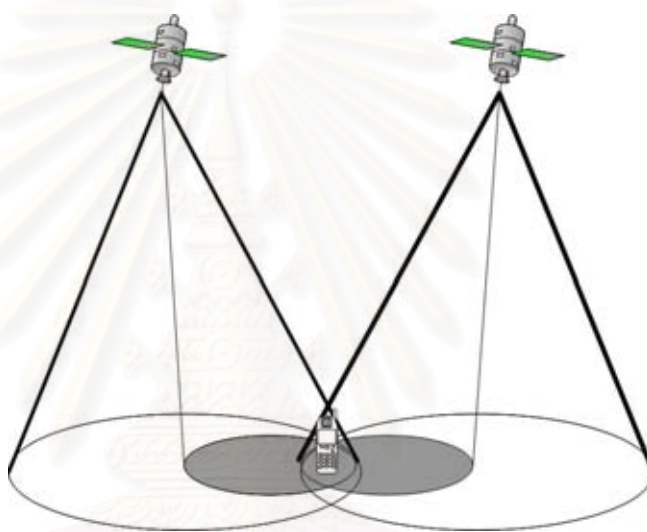


รูปที่ 8 การแฮนด์โอเวอร์ระหว่างวงบีมภายในดาวเทียมดวงเดียวกัน

3. การแฮนด์โอเวอร์ระหว่างดาวเทียม (Inter Space Vehicle Handover หรือ Satellite-to-Satellite Handover)

สำหรับการแฮนด์โอเวอร์ระหว่างดาวเทียมจะเกิดขึ้นต่อเมื่อเครื่องลูกข่ายกำลังเคลื่อนที่จากวงบีมหนึ่งไปยังอีกวงบีมหนึ่ง โดยวงบีมนั้นอยู่ในพื้นที่บริการของดาวเทียมคนละดวงกัน และเกตเวย์จะเป็นตัวจัดการกระบวนการแฮนด์โอเวอร์ เนื่องจากเกตเวย์ทราบตำแหน่งของเครื่องลูกข่าย และตำแหน่งของดาวเทียม ซึ่งข้อมูลเหล่านี้สามารถนำไปคำนวณหาความแรงของสัญญาณ

ที่เครื่องลูกข่ายได้รับเพื่อใช้เป็นส่วนหนึ่งในการตัดสินใจเรียกใช้กระบวนการแฮนด์โอเวอร์ จากนั้น เกทเวย์จะทำหน้าที่ส่งคำสั่งไปยังดาวเทียมตัวที่เครื่องลูกข่ายกำลังใช้งานอยู่ในปัจจุบันเพื่อเตรียมกระบวนการแฮนด์โอเวอร์ให้กับเครื่องลูกข่าย และส่งคำสั่งไปยังดาวเทียมดวงที่อยู่ติดกัน และกำลังเคลื่อนที่เข้ามาตามทิศทางของแนววงโคจร เพื่อให้ดาวเทียมจัดเตรียมช่องสัญญาณเพื่อรับการเข้าใช้จากเครื่องลูกข่ายนั้น และจากนั้นดาวเทียมดวงที่เครื่องลูกข่ายจะเคลื่อนที่เข้าไปจะส่งข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับความถี่หรือช่องสัญญาณใหม่ที่จะใช้กับเครื่องลูกข่าย จึงถือว่าเป็นกระบวนการสิ้นสุดการแฮนด์โอเวอร์ระหว่างดาวเทียม (Inter Space Vehicle) ซึ่งกระบวนการนี้ เกทเวย์จะเป็นตัวควบคุมทั้งหมด



รูปที่ 9 การแฮนด์โอเวอร์ระหว่างดาวเทียม

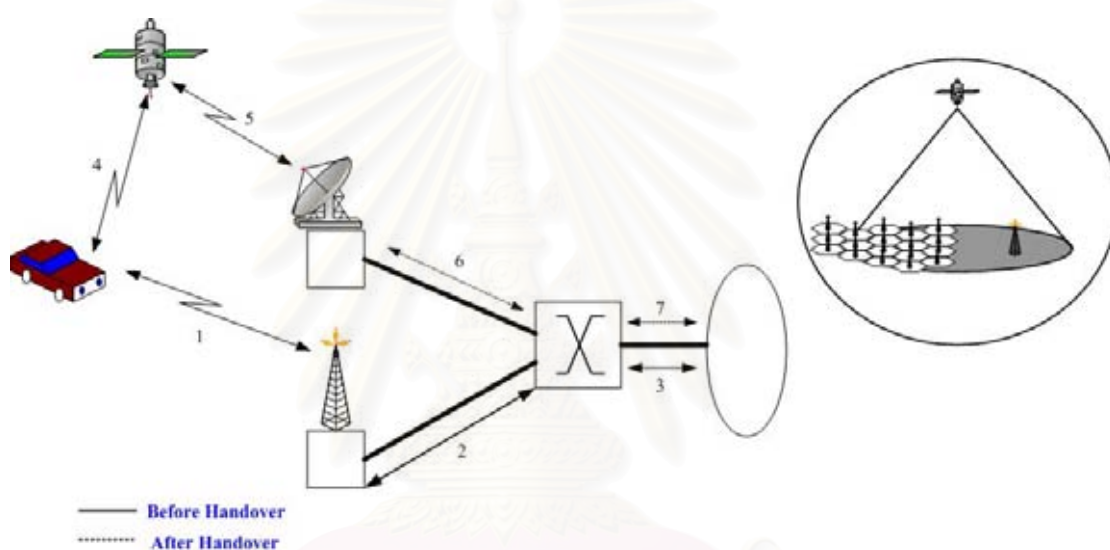
2.2.2 การใช้งานร่วมกันระหว่างดาวเทียมและเครือข่ายภาคพื้นดิน

ในความเป็นจริงของการติดต่อสื่อสารโดยทั่วไป อาจเป็นไปได้ที่ในการสนทนาติดต่อเพียงครั้งเดียวของเครื่องลูกข่ายสามารถติดต่อโดยใช้ระบบสื่อสารทั้ง 2 ระบบคือทั้งระบบดาวเทียมและเครือข่ายภาคพื้นดินได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพที่เครื่องลูกข่ายควรจะได้รับที่ดีที่สุด ดังนั้นวิธีการในการส่งต่อการเชื่อมโยงของเครื่องลูกข่ายระหว่างการสื่อสารทั้ง 2 ระบบจำเป็นต้องใช้กระบวนการแฮนด์โอเวอร์มาช่วยให้การถ่ายโอนการติดต่อของเครื่องลูกข่ายระหว่างเครือข่ายนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ และการติดต่อสื่อสารของเครื่องลูกข่ายไม่เกิดภาวะติดขัดหรือถูกรบกวน การแฮนด์โอเวอร์ดังกล่าวสามารถแบ่งได้เป็น 2 ทิศทางที่น่าสนใจดังนี้

1. การแฮนด์โอเวอร์จากเครือข่ายภาคพื้นดินไปยังดาวเทียม

การแฮนด์โอเวอร์จากเครือข่ายภาคพื้นดินไปยังดาวเทียมเกิดขึ้นเมื่อ

- เครื่องลูกข่ายที่ใช้บริการจากเครือข่ายภาคพื้นดินเคลื่อนที่ไปอยู่บริเวณขอบเซลล์ที่ได้รับ ความแรงของสัญญาณต่ำ และบริเวณเป็นพื้นที่ที่มีสัญญาณดาวเทียมครอบคลุมอยู่ด้วย ดังนั้นเพื่อให้เครื่องลูกข่ายสามารถติดต่อสื่อสารต่อไปได้โดยไม่ติดขัดจึงเปลี่ยนระบบจาก เครือข่ายภาคพื้นดินไปใช้ระบบดาวเทียม ดังรูปที่ 10
- เครื่องลูกข่ายที่ใช้บริการจากเครือข่ายภาคพื้นดินเคลื่อนที่ไปยังเซลล์ที่อยู่ติดกัน แต่ใน เซลล์นั้นไม่มีช่องสัญญาณว่าง และขณะเดียวกันเซลล์นั้นมีสัญญาณดาวเทียมครอบคลุม อยู่ด้วย ดังนั้นเพื่อให้เครื่องลูกข่ายสามารถติดต่อสื่อสารต่อไปได้โดยไม่ติดขัดจึงเปลี่ยน ระบบจากเครือข่ายภาคพื้นดินไปใช้ระบบดาวเทียม ดังรูปที่ 10

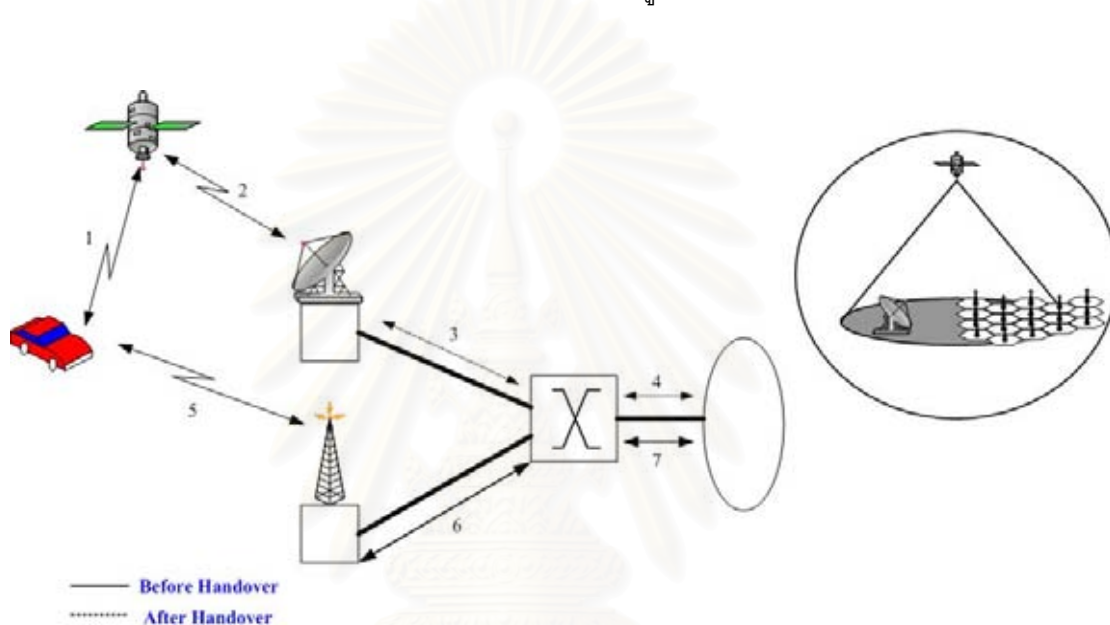


รูปที่ 10 การแฮนด์โอเวอร์จากเครือข่ายภาคพื้นดินไปยังดาวเทียม

2. การแฮนด์โอเวอร์จากดาวเทียมไปยังเครือข่ายภาคพื้นดิน

เนื่องจากการสื่อสารดาวเทียมมีราคาแพงและมีเครื่องข่ายน้อยกว่าเครือข่ายภาคพื้นดินมาก การแฮนด์โอเวอร์ประเภทนี้เหมือนกระบวนการจัดการเครือข่ายที่บางครั้งจำเป็นต้องส่ง การติดต่อจากดาวเทียมไปยังเครือข่ายภาคพื้นดินเพื่อคุณภาพของการให้บริการโดยให้การติดต่อ ดำเนินต่อไปได้อย่างไม่ติดขัดในการรวมเครือข่ายดาวเทียมและภาคพื้นดิน โดยปกติผู้ใช้สะดวกที่ จะใช้การติดต่อสื่อสารโดยผ่านเครือข่ายภาคพื้นดิน ดังนั้นกระบวนการแฮนด์โอเวอร์จะเกิดขึ้นเมื่อ ช่องสัญญาณภาคพื้นดินมีช่องสัญญาณว่างสามารถให้บริการได้ในพื้นที่ที่เครื่องลูกข่ายใช้บริการ ด้วยการเชื่อมต่อดาวเทียม (Satellite Link) กระบวนการนี้เป็นจุดเริ่มต้นของการแฮนด์โอเวอร์ ซึ่ง เกิดขึ้นได้ดังนี้

- เมื่อเครื่องลูกข่ายสื่อสารโดยการเชื่อมต่อดาวเทียมและเข้าสู่พื้นที่อับสัญญาณเช่นตามชนบท จะมีการเริ่มแฮนด์โอเวอร์ไปใช้การเชื่อมต่อสัญญาณวิทยุ (Radio Link)
- เมื่อเครื่องลูกข่ายเริ่มติดต่อสื่อสารด้วยเครือข่ายภาคพื้นดิน แต่การเรียกนี้จะถูกแฮนด์โอเวอร์ไปยังการเชื่อมต่อดาวเทียมเนื่องจากเริ่มออกจากพื้นที่เครือข่ายภาคพื้นดินหรืออาจเป็นไปได้ว่าทราฟฟิกคับคั่งในเซลล์ของเครือข่ายเซลล์ลูลาร์ที่อยู่ติดกัน ในระบบสื่อสารทั่วไปการเรียกของเครื่องลูกข่ายอาจจะแฮนด์โอเวอร์กลับมาใช้เครือข่ายภาคพื้นดินได้อีกหากเคลื่อนที่ผ่านเครือข่ายภาคพื้นดินอีกครั้งดังรูปที่ 11

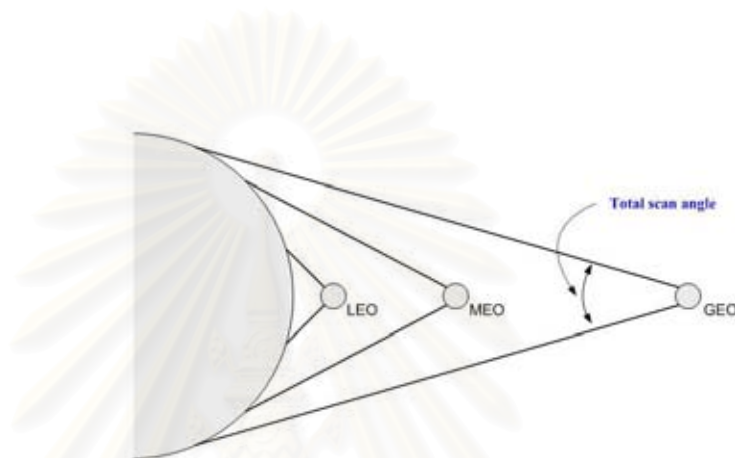


รูปที่ 11 การแฮนด์โอเวอร์จากดาวเทียมไปยังเครือข่ายภาคพื้นดิน

2.2.3 รูปแบบโมเดลที่ใช้ศึกษาและหลักการทั่วไปของกระบวนการแฮนด์โอเวอร์

ในส่วนนี้ได้มีการศึกษาโมเดลที่จะนำมาใช้ในการหาทิศทางและแนวโน้มของระบบดาวเทียมวงโคจรต่ำ กล่าวคือการวิเคราะห์ความเร็วของดาวเทียม, การวิเคราะห์ระยะห่างที่เครื่องลูกข่ายเคลื่อนที่ภายในเซลล์ที่มีลักษณะเป็นวงกลม, ระยะทางเฉลี่ยในการข้ามเซลล์ ซึ่งจะนำไปสู่การหาโมเดลโมบายลิตี้ (Mobility Model, α) ซึ่งโมเดลนี้สามารถใช้เป็นพารามิเตอร์ในการเปรียบเทียบระบบดาวเทียมที่มีระดับวงโคจรที่แตกต่างกันได้ เช่น ถ้ายิ่งวงโคจรของดาวเทียมยิ่งต่ำลงความเร็วของดาวเทียมสัมพันธ์กับโลกจะสูงขึ้น และขนาดของวงปี่มย่อมเล็กลง เหล่านี้สามารถพิจารณาจาก ค่าโม-บายลิตี้ (α) ซึ่งจะมีค่าลดลงได้ จากนั้นวิเคราะห์ระยะเวลาในการใช้บริการของเครื่องลูกข่ายเฉลี่ย, ระยะเวลาการรอสูงสุดที่สามารถยอมให้มีการรอการแฮนด์โอเวอร์อยู่ในคิว และการหาค่าเฉลี่ยการเกิดแฮนด์โอเวอร์ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการหาความน่าจะเป็นใน

การแฮนด์โอเวอร์ไม่สำเร็จ เพื่อใช้พิจารณาในเรื่องของคุณภาพของการทำงานของระบบในลำดับต่อไป นอกจากนี้ได้อธิบายถึงหลักการทั่วไปของกระบวนการแฮนด์โอเวอร์ของระบบดาวเทียมวงโคจรต่ำซึ่งแบ่งออกเป็น 3 แบบ คือการแฮนด์โอเวอร์ในวงปี่มเดียวกัน (Intrabeam Handover), การแฮนด์โอเวอร์ระหว่างวงปี่มภายในดาวเทียมวงเดียวกัน (Intra Space Vehicle (Beam-to-Beam) Handover), การแฮนด์โอเวอร์ระหว่างดาวเทียม (Intra Space Vehicle (Satellite-to-Satellite) Handover) ซึ่งการแบ่งลักษณะนี้เนื่องจากกระบวนการที่ทำให้เกิดแฮนด์โอเวอร์นั้นต่างกัน



รูปที่ 12 มุมและพื้นที่สัณฐานครอบคลุมจากดาวเทียม GEO, MEO และ LEO

2.2.4 หลักการและเงื่อนไขการวิเคราะห์

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ใช้ระบบดาวเทียมวงโคจรต่ำ โดยอ้างอิงข้อมูลบางส่วนจากระบบอิริเดียม และในการสร้างโมเดลสำหรับใช้วิเคราะห์ระบบนั้นจะอยู่ภายใต้เงื่อนไขดังต่อไปนี้

1. เครื่องลูกข่ายจะข้ามเซลล์ของระบบดาวเทียมวงโคจรต่ำ ที่มีลักษณะเหมือนกับระบบเซลล์ลาร์ด้วยค่าความเร็วคงที่สัมพันธ์เท่ากับการเคลื่อนที่ของดาวเทียม โดยเครื่องลูกข่ายจะเคลื่อนที่เข้าเซลล์ในทิศทางที่ตั้งฉากกับตัวดาวเทียม
2. เมื่อมีการแฮนด์โอเวอร์เกิดขึ้นเซลล์ปลายทางคือเซลล์ข้างเคียงซึ่งอยู่ในทิศทางที่การเคลื่อนที่ของเครื่องลูกข่ายกับดาวเทียมที่สัมพันธ์กัน
3. การเรียก (Call) ที่เกิดในระบบมีลักษณะสม่ำเสมอและเหมือนกันทั้งระบบ
4. กำหนดให้เซลล์ที่เครื่องลูกข่ายมีการเรียกเข้ามี 2 แบบ คือ
 - เซลล์ที่เครื่องลูกข่ายเริ่มเรียกเข้าเป็นเซลล์แรก
 - เซลล์ลำดับต่อไปที่เครื่องลูกข่ายยังดำเนินการเรียกต่อเนื่องมาจากเซลล์แรก
 จากนั้นจะกำหนดการเคลื่อนที่ของเครื่องลูกข่ายจากจุดที่เรียกถึงระยะทางใดๆ เป็น 2 แบบ

4.1 ถ้ามีการเรียกเกิดขึ้นในเซลล์ โดยที่เซลล์นั้นเป็นเซลล์แบบแรก จะกำหนดให้การกระจายเป็นระยะทางจาก 0 ถึง $d(z)$ โดยที่ $d(z)$ คือระยะทางซึ่งผ่านพื้นที่ที่เกิดการพยายามเรียกเข้า ซึ่งจะได้กล่าวในลำดับต่อไป

4.2 ถ้าการเรียกนั้นเกิดขึ้นในเซลล์แบบที่สอง จะกำหนดให้มีระยะทางเท่ากับ $d(z)$

6. กำหนดให้ระยะเวลาที่ใช้ช่องสัญญาณทั้งการเรียกเข้า และแฮนด์โอเวอร์มีรูปแบบการกระจายแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล (Exponential Distribution)

7. กำหนดให้การเกิดแฮนด์โอเวอร์เกิดขึ้น ก็ต่อเมื่อช่วงเวลาที่ค่าอัตราส่วนของระดับกำลังส่ง (Power level) ที่ได้รับจากสถานีของเซลล์ที่มีการเรียกอยู่ในปัจจุบันลดลง และค่ากำลังจากสถานีของเซลล์ข้างเคียง (เซลล์ปลายทางถัดไปที่เครื่องลูกข่ายเคลื่อนที่ข้ามไป) เพิ่มขึ้น

8. เนื่องจากการแฮนด์โอเวอร์ของระบบดาวเทียมวงโคจรต่ำมี 3 แบบคือ การแฮนด์โอเวอร์ในวงปริมเดียวกัน (Intrabeam Handover), การแฮนด์โอเวอร์ระหว่างวงปริมภายในดาวเทียมดวงเดียวกัน (Intra Space Vehicle (Beam-to-Beam) Handover), การแฮนด์โอเวอร์ระหว่างดาวเทียม (Intra Space Vehicle (Satellite-to-Satellite) Handover) การแบ่งลักษณะนี้เนื่องมาจากกระบวนการที่ทำให้เกิดแฮนด์โอเวอร์นั้นต่างกัน ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้รวมการแฮนด์โอเวอร์ทั้งหมดเข้าไว้ด้วยกันโดยใช้คำว่า Zone และวิเคราะห์การกระจายการเกิดแฮนด์โอเวอร์แบบ Zone - to - Zone Handover

2.2.5 โมเดลที่ใช้ในการศึกษา

1. การวิเคราะห์ความเร็วของดาวเทียม

การหาความเร็วของระบบดาวเทียมวงโคจรต่ำสัมพันธ์กับโลกอาศัยกฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตัน Newton's Gravitation law [3] ซึ่งมีใจความว่า กำลังสองของความเร็วจะมีค่าเท่ากับส่วนกลับของอัตราส่วนของรัศมีวงโคจร ดังนี้

$$V_l^2 \times D_l = V_g^2 \times D_g \quad (1)$$

โดยที่

V_l คือ ความเร็วของดาวเทียมในระบบดาวเทียมวงโคจรต่ำ

V_g คือ ความเร็วของดาวเทียมในระบบดาวเทียมวงโคจรค้างฟ้า

D_l คือ รัศมีวงโคจรของดาวเทียมในระบบดาวเทียมวงโคจรต่ำมีค่าเท่ากับความสูงของวงโคจรของดาวเทียมรวมกับขนาดรัศมีของโลก

D_g คือ รัศมีวงโคจรของดาวเทียมในระบบดาวเทียมวงโคจรค้างฟ้าจะมีค่าเท่ากับความสูงของวงโคจรของดาวเทียมรวมกับขนาดรัศมีของโลก

แต่ดาวเทียมระบบวงโคจรค้างฟ้ามีคาบเวลาเท่ากับโลก ($T=24$ ชม.) หรือ มีความเร็วเชิงมุมเท่ากับโลกดังนี้

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \quad (2)$$

$$\omega = \frac{2\pi}{24}$$

โดยที่

ω คือ ความเร็วเชิงมุม

T คือ คาบเวลา

จากสูตรความเร็วศูนย์กลาง $V_g = \omega D_g$ และนำไปแทนใน (1) จะได้ความเร็วของดาวเทียมวงโคจรต่ำ

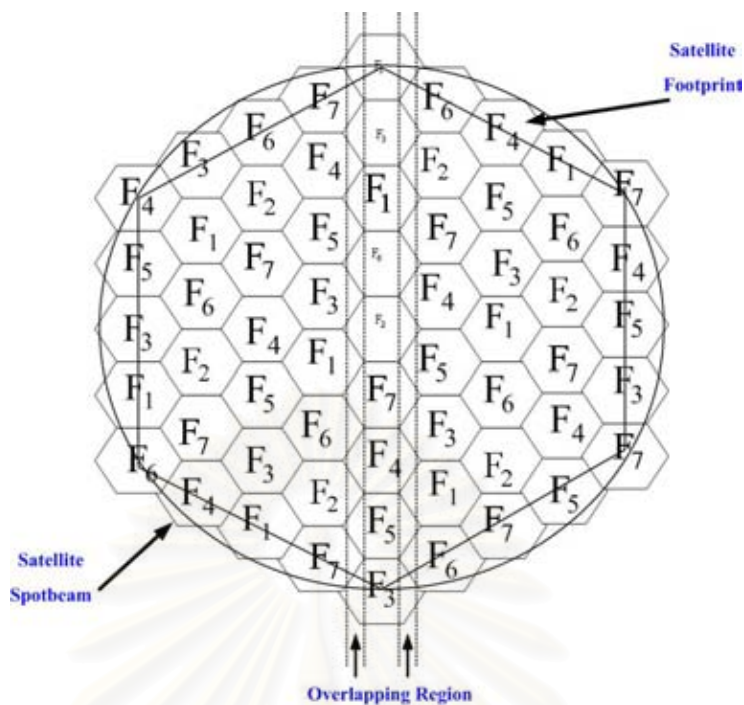
$$V_l = \frac{\omega \times D_g^{3/2}}{\sqrt{D_l}} \quad (3)$$

และเนื่องจากในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้อ้างอิงข้อมูลบางส่วนจากระบบอิริเดียมดังนี้ เส้นผ่านศูนย์กลางเซลล์ 212.5 กิโลเมตร รัศมีวงโคจรของดาวเทียมระบบวงโคจรต่ำ (R_l) $\approx 7,147.84$ กิโลเมตร ส่วนรัศมีวงโคจรของดาวเทียมระบบวงโคจรสถิต (R_b) $\approx 42,370$ กิโลเมตร ดังนั้นเราจะสามารถคำนวณความเร็วของดาวเทียมอิริเดียม [3] เพื่อนำไปใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงในลำดับต่อไปนี้

$$V_l = \frac{\omega \times D_g^{3/2}}{\sqrt{D_l}} \quad (4)$$

หลังจากที่ได้ทำการหาค่าความเร็ววงโคจรของดาวเทียมอิริเดียมสัมพันธ์กับความเร็วการหมุนรอบตัวเองของโลกแล้วพบว่าความเร็วของวัตถุบนผิวโลกมีค่า ≈ 90 กิโลเมตร/ชั่วโมง ซึ่งน้อยมากเมื่อเทียบกับความเร็วของดาวเทียม ดังนั้นเพื่อลดความยุ่งยากในการคำนวณต่อไป จึงเปรียบเทียบความเร็วของเครื่องลูกข่ายเสมือนเป็นศูนย์กลางและเพื่อให้การพิจารณาง่ายขึ้นไปอีกเราจะมองในมุมกลับกันกล่าวคือจะเปลี่ยนให้เครื่องลูกข่ายเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเท่ากับความเร็วของดาวเทียมวงโคจรต่ำและให้ความเร็วของดาวเทียมนั้นมีค่าเป็นศูนย์กลางแทนคล้ายกับเครือข่ายภาคพื้นดิน

2.2.6 การพิจารณาเบื้องต้นและการคาดการณ์ล่วงหน้าของดาวเทียมสื่อสารเคลื่อนที่วงโคจรต่ำ (LEO MSS's)



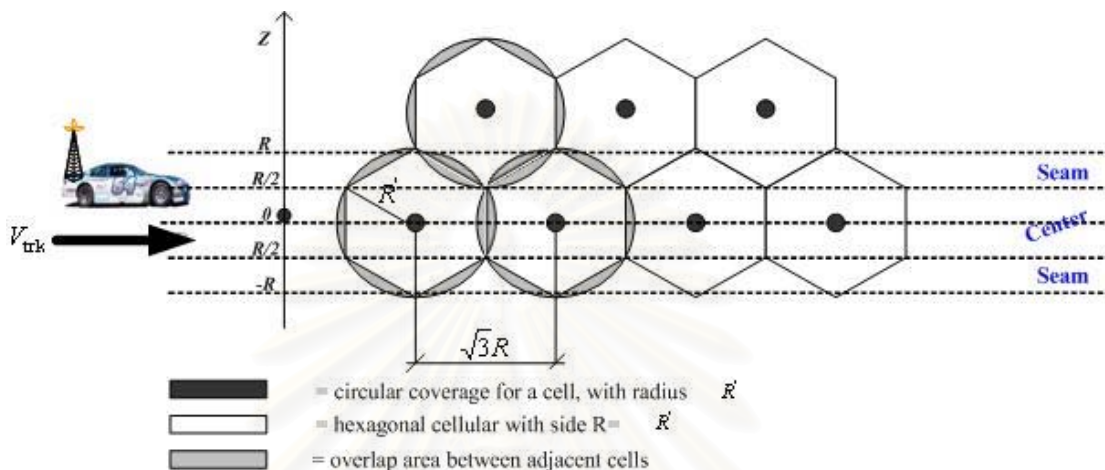
รูปที่ 13 แบบจำลองเซลล์ของระบบดาวเทียมสื่อสารวงโคจรต่ำ

สมมติว่าแบบของปริมสำหรับพื้นที่ที่ได้รับสัญญาณครอบคลุม (footprint) จากวงปริมวงเล็ก ๆ (spot-beam) บนผิวโลกเป็นรูปหกเหลี่ยมสมมาตร (hexagonal) ที่มีขนาด R และครอบคลุมด้วยรูปวงกลมที่มีรัศมี R' สัดส่วนที่เป็นไปได้ของ R'/R อยู่ระหว่าง 1 ถึง 1.5 [15] ถ้าค่าสัดส่วนของขนาดเซลล์มีค่ามาก หมายถึงว่าพื้นที่ที่ซ้อนทับกันระหว่างเซลล์ 2 เซลล์ (overlap area) กว้างซึ่งจะต้องมีระบบการจัดลำดับคิวที่มีคุณภาพเพื่อรองรับกระบวนการแฮนด์โอเวอร์ที่จะเกิดขึ้นในบริเวณนี้ได้ ในงานวิจัยที่สนใจพิจารณาสัดส่วนขนาดที่มีค่าต่ำสุดคือ $R = R'$ (จากรูปที่ 14) โดยอ้างอิงข้อมูลต่างๆ จากระบบอิริเดียม คือ $R = 212.5$ กิโลเมตร

การแผ่สัญญาณแบบเครือข่ายเซลล์บนผิวโลกด้วยสายส่งปริมจากดาวเทียมดวงที่สนใจขนาดของพื้นที่ที่สัญญาณครอบคลุมทั่วทั้งเซลล์ และจะถูกรบกวนจากเซลล์ใกล้เคียงในบริเวณรอยต่อของเซลล์ที่ติดกัน

เนื่องจากความเร็วของดาวเทียมวงโคจรต่ำมีค่าสูงมากเมื่อเทียบกับโลก V_{trk} (ประมาณ 26,000 กิโลเมตรต่อชั่วโมง) การเคลื่อนที่จากสิ่งต่างๆ เช่นการหมุนรอบตัวเองของโลกและการเคลื่อนที่ของผู้ใช้ที่สอดคล้องไปกับการหมุนของโลก สามารถประมาณความสัมพันธ์ได้เป็นความเร็วของดาวเทียมหรือ V_{trk} ดังนั้นสถานีเคลื่อนที่ (Mobile station, MS's) จะเคลื่อนข้ามเครือข่ายเซลล์ที่ถูกแผ่ด้วยสัญญาณจากดาวเทียมในทิศทางเคลื่อนที่ของดาวเทียมนั่นเอง

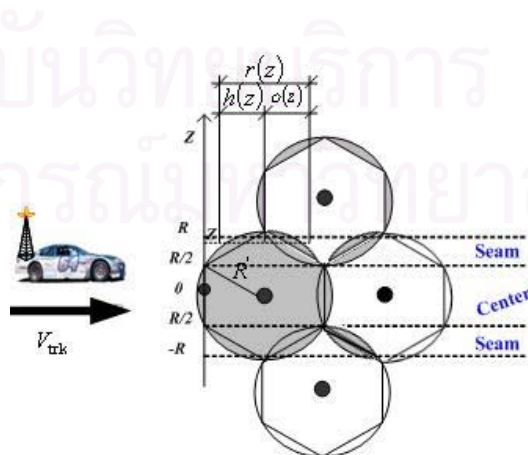
เซลล์ 2 เซลล์ที่อยู่ติดกันสามารถใช้ความถี่เดียวกันร่วมกันได้ ทั้งนี้ต้องขึ้นกับระยะห่างระหว่างความถี่เดียวกันนี้ต้องเหมาะสมด้วย ระยะห่างที่ว่าคือระยะที่น้อยที่สุดที่สามารถนำความถี่เดิมมาใช้ได้อีก (Reuse distance, D) ซึ่งสมมุติให้ค่า $D = \sqrt{21}R$ ซึ่งเป็นหลักการของการจัดสรรช่องสัญญาณแบบถาวร (Fixed Channel allocation) ที่จะอธิบายต่อไป



รูปที่ 14 แบบจำลองพื้นที่ซ้อนทับกันเชิงเรขาคณิต (รัศมีของหกเหลี่ยมสมมาตรเท่ากับรัศมีของวงกลม)

2.2.7 โมเดลการเคลื่อนที่ของดาวเทียมวงโคจรต่ำ

พิจารณาเครื่องลูกข่ายเคลื่อนที่ผ่านเซลล์ที่ความสูง z เมื่อระยะ z คือขนาดที่อยู่ภายในเส้นผ่านศูนย์กลางของวงกลม ($z \in [R, R]$) ดูรูปที่ 14 ให้ $r(z)$ เป็นความยาวของเซลล์รูปวงกลมที่มีรัศมี R และความสูง z ดูรูปที่ 15



รูปที่ 15 รูปแบบเซลล์และระยะทางข้ามผ่านเซลล์ที่ความสูง z

$$r(z) = 2\sqrt{R^2 - z^2} \quad (5)$$

เซลล์รูปวงกลมถูกแบ่งพื้นที่เป็น 2 ส่วนโดยส่วนแรกคือพื้นที่ที่ซ้อนทับกันของเซลล์ที่อยู่ติดกันในทิศทางการเคลื่อนที่สัมพัทธ์ของดาวเทียมและผู้ใช้ และส่วนที่สองคือส่วนที่เหลือของเซลล์ที่เรียกว่าเซลล์เชิงเส้นโค้ง (Curvilinear cell) เซลล์เชิงเส้นโค้ง (มีพื้นที่เท่ากับ $3\sqrt{3}R^2 / 2$) ไม่ใช่รูปหกเหลี่ยมสมมาตร แต่จะมีลักษณะดังรูปที่ 15 เมื่อ $h(z)$ คือระยะทางที่ผู้ใช้ข้ามเซลล์เชิงเส้นโค้งที่ความสูง z และ $o(z)$ สัมพันธ์กับระยะที่ครอบคลุมพื้นที่ที่ซ้อนทับกัน

$$h(z) = r(z) - o(z) \quad (6)$$

และ

$$o(z) \begin{cases} 2\sqrt{R^2 - z^2} - \sqrt{3}R, & \text{if } |z| \leq \frac{R}{2} \\ \sqrt{R^2 - z^2} - \frac{\sqrt{3}}{2}R + \sqrt{R^2 - \left(|z| - \frac{3}{2}R\right)^2} & \text{if } R \geq |z| > \frac{R}{2} \end{cases} \quad (7)$$

เซลล์เชิงเส้นโค้ง (ได้จากการคาดการณ์ล่วงหน้าทั้ง Mobility และแผนผังของเซลล์ลูลาร์) จะถูกเรียกว่า เซลล์

ตำแหน่งของผู้ใช้ที่มีการเรียกเข้ามาในเซลล์ที่ความสูง z ระยะทาง $o(z)$ ครอบคลุมพื้นที่ที่ซ้อนทับกันดังสมการข้างต้น และเนื่องจากแก้ปัญหาความยุ่งยากในเชิงเรขาคณิตจึงกำหนดให้การเรียกเข้าแบบแบนด์โอเวอร์เหมือนกันไม่ว่าจะเป็นเซลล์เริ่มต้น หรือเซลล์ใหม่ที่โอนย้ายไป โมเดลโมบายลิตี้ของดาวเทียมวงโคจรต่ำสรุปได้ดังนี้

1. เครื่องลูกข่ายข้ามเครือข่ายเซลล์ลูลาร์สัมพันธ์กับความเร็ว เวกเตอร์ V_{trk} ตั้งฉากกับด้านข้างของเซลล์ ดูรูปที่ 14
2. เมื่อเกิดกระบวนการแบนด์โอเวอร์ เซลล์รับการถ่ายโอนเป็นเซลล์ที่อยู่ติดกันในทิศทางที่สัมพันธ์กับการเคลื่อนที่ของดาวเทียม
3. มีการเรียกเข้าแบบสม่ำเสมอทั้งเครือข่าย
4. จากเริ่มการเรียกในเซลล์สัมพันธ์กับระยะทางการเคลื่อนที่ของเครื่องลูกข่าย (ขึ้นอยู่กับระยะ z) กำหนดได้ว่า

4.1 การกระจายแบบสมมาตรระหว่าง 0 และ $h(z)$ ถ้าเซลล์เป็นเซลล์เริ่มต้นของการเรียก (Source cell)

4.2 กำหนดเท่ากับ $h(z)$ ถ้าเซลล์นี้เป็นเซลล์ที่รับการส่งต่อของการเรียก (Transit cell)

จากการคาดการณ์ฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็น (the probability density function, pdf) ของความสูง z ของการเรียกเข้าในเซลล์คือ $f_i(z)$ เมื่อ $i = 1$ สำหรับการเรียกในเซลล์เริ่มต้น และ $i = 2$ สำหรับการเรียกในเซลล์ที่รับการถ่ายโอนต่อ

$$f_i(z) = \begin{cases} \frac{h(z)}{3\sqrt{3}R^2}, & \text{if } i = 1 \\ \frac{\{u[z+R] - u[z-R]\}}{2R}, & \text{if } i = 2 \end{cases} \quad (8)$$

พารามิเตอร์นี้จะไม่มียกเว้น ลักษณะการเคลื่อนที่ของเครื่องลูกข่ายที่ความสูง z คือ

$$\alpha(z) = \frac{h(z)}{V_{\text{trk}} T_m} \quad (9)$$

$$u(x) = \begin{cases} 1, & \text{for } x > 0 \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (10)$$

เมื่อ T_m คือระยะเวลาของการเรียก

สำหรับ $|z| \leq R/2$, $h(z) = \sqrt{3}R$ และ $\alpha(z)$ เป็นค่าคงที่และเท่ากับ $\sqrt{3}R/(V_{\text{trk}} T_m)$ ค่านี้จะแทนโดย α สำหรับวงโคจรของดาวเทียมอิริเดียม ($R = 212.5$ กิโลเมตร, $V_{\text{trk}} = 26600$ กิโลเมตรต่อชั่วโมง, $T_m = 3$ นาที) α มีค่าเท่ากับ 0.27

สมมติระยะเวลาการเรียก t_d เป็นตัวแปรสุ่มกระจายแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลด้วยค่าเฉลี่ย T_m กำหนดให้ T_{mc1} คือช่วงเวลาที่ใช้ไปจากการเรียกเข้าของการเรียกเข้าครั้งใหม่ในเซลล์เริ่มต้นไปยังเซลล์ที่อยู่ติดกัน ให้ T_{mc2} เป็นช่วงเวลาจากการร้องขอแฮนด์โอเวอร์ไปยังเซลล์ที่อยู่ติดกันในทิศทางเดียวกับการเคลื่อนที่ของเครื่องลูกข่ายที่ขอบเซลล์ที่อยู่ติดกัน ดังนี้ [2]

- ความน่าจะเป็นของการเกิดการเรียกแบบแฮนด์โอเวอร์จากเซลล์ สัมพันธ์กับการเคลื่อนที่ของเครื่องลูกข่ายมีการกระจายแบบสมมาตร (จากการเรียกเข้า) ของระยะทางระหว่าง 0 และ $xV_{\text{trk}} T_m$ คือ $P_{h1}(x)$ โดย

$$P_{h1}(x) = \frac{1 - e^{-x}}{x} \quad (11)$$

- ความน่าจะเป็นของการเกิดการเรียกแบบแฮนด์โอเวอร์จากเซลล์ $P_{h2}(x)$ สัมพันธ์กับการเคลื่อนที่ของเครื่องลูกข่ายกำหนดระยะทางที่แน่นอน (จากการเรียกเข้า) $xV_{trk}T_m$ คือ $P_{h2}(x)$ โดย

$$P_{h2}(x) = e^{-x} \quad (12)$$

ดังนั้นความน่าจะเป็นของแฮนด์โอเวอร์ P_{H1} และ P_{H2} จากเซลล์เริ่มต้นและเซลล์ที่ส่งผ่านตามลำดับมีสมการดังนี้

$$P_{Hi} = \int_{-R}^R P_{hi}(\alpha(z)) f_i(z) dz. \quad (13)$$

จากสมการ (13) $i = 1$ เป็นความน่าจะเป็นของแฮนด์โอเวอร์ที่เซลล์เริ่มต้นคือ

$$P_{H1}(\alpha) = \frac{2}{3} P_{h1}(\alpha) + \frac{\frac{4}{3R} \int_{R/2}^R \alpha(z) P_{h1}(\alpha(z)) dz}{\alpha} \quad (14)$$

จากสมการ (13) $i = 2$ ความน่าจะเป็นของการเกิดแฮนด์โอเวอร์ที่เซลล์ที่ส่งผ่าน

$$P_{H2}(\alpha) = \frac{P_{h2}(\alpha)}{2} + \frac{1}{R} \int_{R/2}^R P_{h2}(\alpha(z)) dz. \quad (15)$$

ในสมการ (14) และ (15) ส่วนที่เป็นการอินทิเกรตจะต้องเป็นค่าตัวเลข

ความน่าจะเป็นของแฮนด์โอเวอร์ P_{H1} และ P_{H2} ขึ้นกับพารามิเตอร์โมบายลิตี้ (α) คือถ้า α มี

ค่าประมาณ 0 (∞) แล้ว P_{H1} และ P_{H2} จะมีค่าประมาณ 1 (0) เช่นค่าโมบายลิตี้เพิ่ม (ลด) กรณีของดาวเทียมอิริเดียม ค่า $P_{H1} \approx 89\%$ และค่า $P_{H2} \approx 81\%$

เวลาที่ใช้ช่องสัญญาณในเซลล์สามารถพิสูจน์ได้ว่า

$$T_{Hi} = \min[t_d t_{mci}] \quad (16)$$

เมื่อ $i = 1$ สำหรับการเรียกในเซลล์เริ่มต้น และ $i = 2$ สำหรับการเซลล์ส่งผ่าน

จาก [16] ค่าคาดหวังของ t_{Hi} , $E[t_{Hi}]$ คือ

$$E[t_{Hi}] = T_m(1 - P_{Hi}) \quad (17)$$

พิจารณาเครื่องลูกข่ายที่เริ่มใช้งานจากเซลล์เริ่มต้นที่ความสูง $z \in [R, R]$ ถูกสมมุติให้เป็นค่าตัวแปรสุ่มกับฟังก์ชันการกระจายความน่าจะเป็น $f_1(z)$ ในสมการ (8)

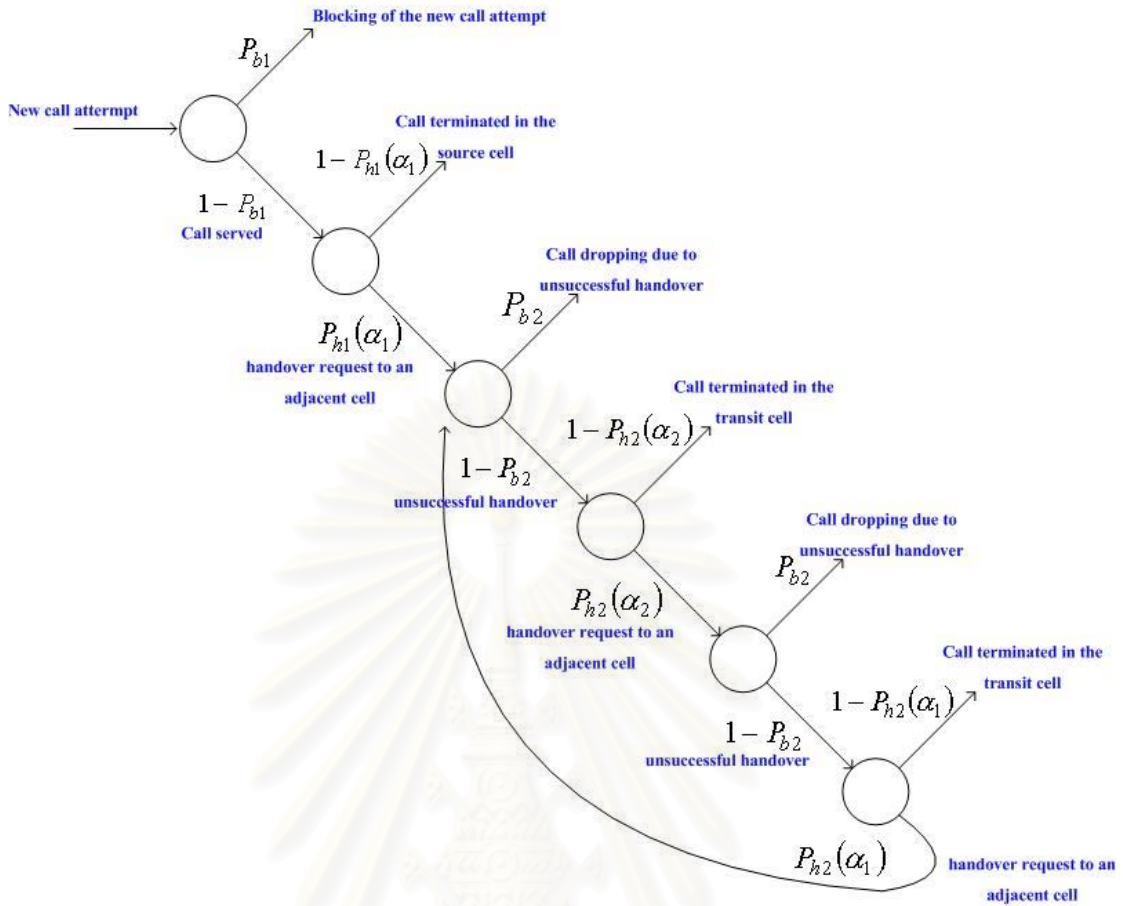
ถ้า $|z| \leq R/2$ (ดูในรูปที่ 14) การเคลื่อนที่ของเครื่องลูกข่ายอยู่ตรงกลางในเครือข่ายเซลล์ลูลาร์ กรณีของ $P_{h1}(\alpha)$ คือความน่าจะเป็นของการเกิดแฮนด์โอเวอร์จากเซลล์เริ่มต้นในสมการ (11) และ $P_{h2}(\alpha)$ คือความน่าจะเป็นของแฮนด์โอเวอร์จากเซลล์ส่งผ่าน ดังสมการ (12) [2] ดังนั้นสามารถใช้ค่าที่ได้จากงานวิจัยอ้างอิง [2] ค่าเฉลี่ยของการเรียกเข้าแบบแฮนด์โอเวอร์ต่อการเรียกของ $|z| \leq R/2$

$$n_{h/z} = \frac{P_{h1}(\alpha)(1 - P_{b1})}{1 - (1 - P_{b2})P_{h2}(\alpha)}, \quad \text{for } |z| \leq \frac{R}{2}. \quad (18)$$

ถ้า $R \geq |z| > R/2$ (ดูในรูปที่ 14) เครื่องลูกข่ายเคลื่อนที่ไปตามขอบเซลล์ของเครือข่ายเซลล์ลูลาร์ ระยะทางสูงสุดที่สัญญาณครอบคลุมจากเซลล์เริ่มต้นคือ $h(z)$ ส่วนระยะทางที่ได้รับสัญญาณครอบคลุมจากเซลล์ส่งผ่าน (ถ้าเครื่องลูกข่ายกำลังใช้บริการ) มีค่า $\sqrt{3}R - h(z)$ ในเซลล์ส่งผ่านถัดไป (ถ้าเครื่องลูกข่ายกำลังใช้บริการ) ผ่านที่ระยะทาง $h(z)$ จะได้ว่า

$$\alpha_1(z) = \frac{h(z)}{V_{trk} T_m} \quad \alpha_2(z) = \frac{\sqrt{3}R - h(z)}{V_{trk} T_m} \quad (19)$$

$$\text{ดังนั้น} \quad \alpha_1(z) + \alpha_2(z) = \alpha \quad (20)$$



รูปที่ 16 กระบวนการแฮนด์โอเวอร์ข้ามเครือข่ายเซลลูลาร์

ในเซลล์เริ่มต้น ระยะทางของเครื่องลูกข่ายมีการกระจายอย่างสม่ำเสมอระหว่าง 0 และ $h(z)$ เพราะฉะนั้นความน่าจะเป็นของแฮนด์โอเวอร์คือ $P_{h1}(\alpha_1)$ [2] ในเซลล์ส่งผ่าน (ถ้าเครื่องลูกข่ายกำลังใช้บริการ) ระยะทางที่ถูกครอบคลุมเท่ากับ $\sqrt{3}R - h(z)$ เพราะฉะนั้นความน่าจะเป็นของแฮนด์โอเวอร์คือ $P_{h2}(\alpha_2)$ [2] แสดงกระบวนการแฮนด์โอเวอร์ในรูปที่ 16 ที่กระจายจำนวนของการเรียกแบบแฮนด์โอเวอร์ต่อการเรียก h_n อธิบายในตารางที่ 1

$$n_{h/z} = (1 - P_{b1}) \frac{P_{h1}(\alpha_1) + (1 - P_{b2}) P_{h1}(\alpha_1) P_{h2}(\alpha_2)}{1 - (1 - P_{b2})^2 P_{h2}(\alpha)} \quad (21)$$

สำหรับ $R \geq |z| > R/2$

h_n	Probability
0	$1 - P_{b1}(\alpha_1)(1 - P_{b1})$
1	$(1 - P_{b1})P_{h1}(\alpha_1)[1 - P_{h2}(\alpha_2)(1 - P_{b2})]$
2	$(1 - P_{b1})P_{h1}(\alpha_1)P_{h2}(\alpha_2)(1 - P_{b2})[1 - P_{h2}(\alpha_2)(1 - P_{b2})]$
3	$(1 - P_{b1})P_{h1}(\alpha_1)P_{h2}(\alpha_2)(1 - P_{b2})^2[1 - P_{h2}(\alpha_2)(1 - P_{b2})]$
.....
$2k$	$(1 - P_{b1})P_{h1}(\alpha_1)[P_{h2}(\alpha_2)]^{k-1}P_{h2}(\alpha_2)(1 - P_{b2})^{2k-1}[1 - P_{h2}(\alpha_2)(1 - P_{b2})]$
$2k + 1$	$(1 - P_{b1})P_{h1}(\alpha_1)[P_{h2}(\alpha_2)]^k(1 - P_{b2})^{2k}[1 - P_{h2}(\alpha_2)(1 - P_{b2})]$

ตารางที่ 1 การกระจายของตัวแปร h_n

จำนวนเฉลี่ยของการร้องขอแฮนด์โอเวอร์ต่อการเรียกคือ n_h หากไม่พิจารณาเงื่อนไขค่า z ในสมการ (18) และ (21) จะได้ผลดังนี้

$$n_h = (1 - P_{b1}) \frac{2}{3} \left\{ \frac{P_{h1}(\alpha)}{1 - (1 - P_{b2})P_{h2}(\alpha)} + \frac{\gamma(\alpha) + (1 - P_{b2})\zeta(\alpha)}{1 - (1 - P_{b2})^2 P_{h2}(\alpha)} \right\} \frac{\text{handovers}}{\text{call}} \quad (22)$$

เมื่อ

$$\zeta(\alpha) = \frac{2}{\alpha} (P_{H2}(\alpha) - P_{h2}(\alpha)) \quad (23)$$

$$\gamma(\alpha) = P_{h1}(\alpha) - \zeta(\alpha) \quad (24)$$

จากสมการ (22) อธิบายได้ว่าถ้า $P_{b1} = P_{b2} = 0$, $n_h = 4/(3\alpha)$ กรณีที่ n_h ขึ้นอยู่กับลักษณะของเครือข่าย สำหรับระบบอริเดียม $\alpha \approx 0.27$ และ $n_h \approx 4.82$ แฮนด์โอเวอร์ต่อการเรียกทั้งหมด

เมื่อ $P_{b1} = P_{b2} = 0$

จำนวนเฉลี่ยของการร้องขอแฮนด์โอเวอร์ต่อการเรียกเข้าสู่เครือข่าย n'_h คำนวณได้จากพารามิเตอร์ n_h ดังนี้ (ดูรูปที่ 16)

$$n'_h = \frac{n_h}{1 - P_{b1}} \quad (25)$$

อธิบายได้ว่าถ้าจำนวนเฉลี่ยของการเรียกแฮนด์โอเวอร์เริ่มต้นที่ให้บริการ n'_h และแต่ละการเรียกที่ไม่ได้รับการหรือหลุดออกจากระบบเกี่ยวข้องกับความน่าจะเป็นของ P_{b2} ดังนั้นความน่าจะเป็นที่การเรียกทั้งหมดจะไม่ได้บริการหรือหลุดจากระบบคือ

$$P_{\text{drop}} = n'_h P_{b2} \quad (26)$$

ความน่าจะเป็น P_{ns} คำนวณได้จาก

$$P_{ns} = P_{b1} + (1 - P_{b1})P_{\text{drop}} = P_{b1} + n_h P_{b2}. \quad (27)$$

สมมติให้ทราฟฟิกเป็นแบบสม่ำเสมอ λ_h คืออัตราการเรียกเข้าเฉลี่ยของการร้องขอแฮนด์โอเวอร์ในเซลล์ และ λ คืออัตราการเรียกเข้าเฉลี่ยของการร้องขอการเรียกเข้าครั้งใหม่ในเซลล์ มีความสัมพันธ์ดังนี้

$$n_h = \frac{\lambda_h}{\lambda} \quad (28)$$

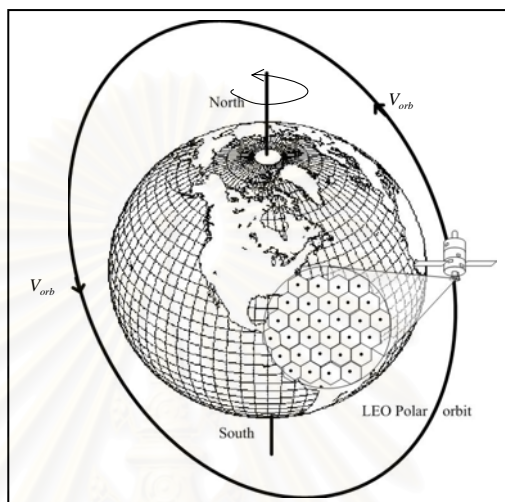
2.3 การจัดสรรช่องสัญญาณ

เนื่องจากในระบบดาวเทียมวงโคจรต่ำมีความเร็วในการเคลื่อนที่ของดาวเทียมสัมพันธ์กับความเร็วของการหมุนรอบตัวเองของโลก จึงส่งผลให้มีการเกิดการแฮนด์โอเวอร์ขึ้นบ่อยครั้ง และมีความเสี่ยงต่อการเกิดสายหลุดสูง ดังนั้นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบจึงจำเป็นต้องมีการจัดสรรช่องสัญญาณให้เพียงพอต่อความต้องการของผู้ใช้ หลักการพื้นฐานคือ

1. การจัดสรรช่องสัญญาณพลวัต (Dynamic Channel Allocation, DCA)
2. การจัดสรรช่องสัญญาณถาวร (Fixed Channel Allocation, FCA)
3. การจัดสรรช่องสัญญาณพลวัตแบบให้มีการรอคิวการแฮนด์โอเวอร์ (Dynamic Channel Allocation With Handover Queuing, DCA-QH)
4. การจัดสรรช่องสัญญาณถาวรแบบให้มีการรอคิวการแฮนด์โอเวอร์ (Fixed Channel Allocation With Handover Queuing, FCA-QH)

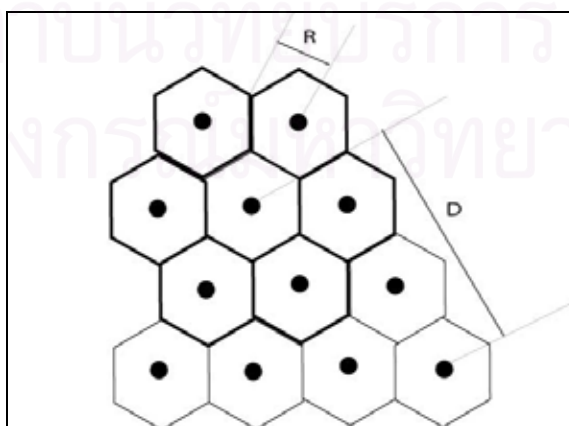
สำหรับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ใช้แนวคิดการจัดสรรช่องสัญญาณแบบ FCA และ FCA-QH ซึ่งลักษณะการจัดสรรช่องสัญญาณทั้งสองแบบนี้มีความแตกต่างกัน ทั้งนี้เพื่อจุดมุ่งหมายที่จะ

ลดความเสี่ยงต่อการเกิดสายหลุดอันเนื่องมาจากการเกิดแฮนด์โอเวอร์บ่อยครั้งดังที่กล่าวไว้ข้างต้น ในส่วนนี้จะอธิบายการจัดสรรช่องสัญญาณดาว และการจัดช่องสัญญาณดาวแบบให้มีการรบกวนการแฮนด์โอเวอร์ซึ่งเป็นวิธีการพื้นฐานที่ใช้กันทั้งระบบเซลลูลาร์และระบบดาวเทียมวงโคจรต่ำ



รูปที่ 17 การเคลื่อนที่ของดาวเทียมวงโคจรต่ำรอบโลก และ Spot beam [2]

เทคนิค FCA เป็นเทคนิคที่แบ่งช่องสัญญาณให้แต่ละเซลล์อย่างถาวร และสามารถนำความถี่กลับมาใช้ใหม่ (Reused Frequency) โดยจะใช้ระยะห่างระหว่างเซลล์เป็นตัวกำหนดเพื่อลดการรบกวนกันของช่องสัญญาณที่ใช้ความถี่ซ้ำกัน (Co-channel Interference) ซึ่งลักษณะของการจัดสรรช่องสัญญาณแบบนี้จะเหมือนกับการจัดสรรช่องสัญญาณในระบบเซลลูลาร์ [3]



รูปที่ 18 การนำความถี่กลับมาใช้ใหม่ของเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณดาว

วิธีการนำความถี่มาใช้ใหม่ในระยะเวลาที่เหมาะสม D การเรียกจะได้รับบริการเมื่อช่องสัญญาณว่างให้ใช้งานได้ ถ้าช่องสัญญาณในเซลล์ไม่ว่างการเรียกจะถูกบล็อกและหลุดไปจากระบบสำหรับ ทราฟฟิกที่สม่ำเสมอตลอดทั้งเซลล์มี M ช่องสัญญาณที่ถูกแบ่งเป็นกลุ่มๆ ดังนั้นในแต่ละกลุ่มจะมีช่องสัญญาณ S ดังสมการ

$$S = \frac{M}{K}, \quad \text{เมื่อ} \quad (29)$$

$$K = \frac{D^2}{3R^2}, \quad D = \sqrt{21}R \quad (30)$$

ถ้ากำหนดให้เทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบถาวรมีการบริการแบบให้ความสำคัญกับผู้เรียกเข้าครั้งใหม่และแฮนด์โอเวอร์เท่าเทียมกัน โดยจะรับบริการเฉพาะผู้เรียกเข้าครั้งใหม่และการเรียกแบบแฮนด์โอเวอร์ภายในเซลล์ของตนด้วยจำนวนช่องสัญญาณที่มีอยู่เท่านั้น กล่าวคือเมื่อไรก็ตามที่ช่องสัญญาณภายในเซลล์ไม่ว่าง การเรียกเข้าครั้งใหม่และการแฮนด์โอเวอร์ครั้งนั้นๆ ก็จะถูกบล็อกไป

แต่ถ้าเป็นเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบถาวรแบบให้มีการรอคิวการแฮนด์โอเวอร์ จะมีการนำหลักการจัดเรียงคิวแบบต่างๆ เพื่อแก้ปัญหากรณีที่การเรียกแบบแฮนด์โอเวอร์ถูกบล็อกไป กล่าวคือเมื่อช่องสัญญาณเต็ม ให้มีการรอและจัดเรียงลำดับอยู่ภายในที่พักรับข้อมูลหรือบัฟเฟอร์ (Buffer) จากนั้นจะจัดการส่งการเรียกที่อยู่ในคิวเหล่านี้เข้าใช้ช่องสัญญาณตามลำดับการจัดเรียง หากมีช่องสัญญาณว่างเกิดขึ้น

2.4 การจัดลำดับคิว

วิธีการจัดลำดับคิวของระบบดาวเทียมสื่อสารวงโคจรต่ำที่รอการแฮนด์โอเวอร์ ที่สนใจมี 3 วิธี คือ แบบเข้าก่อน-ออกก่อน (First-In First-Out, FIFO), แบบเรียงตามลำดับความแรงของสัญญาณที่ได้รับได้ (Measurement-Based Prioritization Scheme, MBPS) และแบบเรียงตามลำดับค่าเวลาที่เหลืออยู่ที่สามารถรอได้ (Last Useful Instant, LUI)

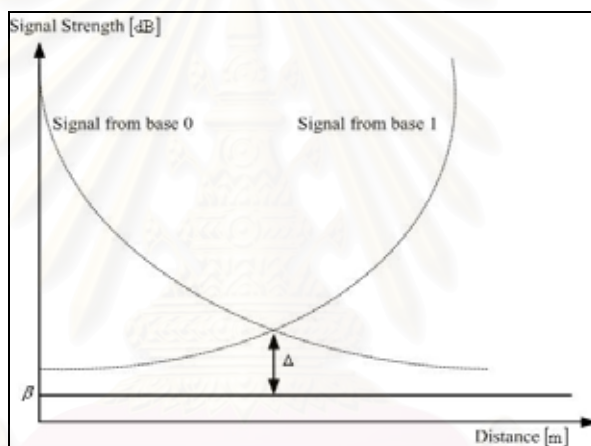
1. การจัดลำดับคิวแบบ FIFO (First-In-First-Out) [7]

การจัดลำดับคิวประเภทนี้ไม่ยุ่งยากในการพิจารณา และเป็นการจัดเรียงแบบกำหนดตายตัวระหว่างรอเข้าใช้ช่องสัญญาณ ใช้หลักการจัดเรียงตามแนวคิดที่ว่า การเรียกแบบแฮนด์โอเวอร์ที่เข้าคิวก่อนจะได้รับการจัดสรรช่องสัญญาณก่อน และการเรียกที่เพิ่งเข้ามาใหม่จัดให้อยู่

ท้ายสุดของแถวและรับบริการหลังตามลำดับการเรียกเข้า ซึ่งกล่าวได้ว่าการจัดเรียงคิวรูปแบบนี้ให้ความสำคัญของลำดับก่อนหลังของการเรียกเข้า [1, 2]

2. การจัดลำดับคิวแบบ MBPS (Measurement-Based Prioritization Scheme)

การจัดลำดับคิวด้วยการวัดค่าความแรงของระดับสัญญาณที่เครื่องลูกข่ายได้รับ และเป็นการจัดเรียงอย่างพลวัต (Dynamic) คือระบบจะต้องวัดระดับสัญญาณที่เครื่องลูกข่ายได้รับและเปรียบเทียบจัดเรียงลำดับระหว่างอยู่ในบัพเฟออร์ตลอดเวลา ซึ่งการจัดเรียงจะให้ความสำคัญกับความแรงของสัญญาณ (Receive signal strength, RSS) ที่เครื่องลูกข่ายได้รับน้อยที่สุด เพราะจำเป็นต้องได้รับบริการก่อนเครื่องลูกข่ายที่ได้รับสัญญาณแรงกว่า นั่นคือให้ค่าความแรงของสัญญาณที่ต่ำกว่ามีลำดับความสำคัญสูงกว่าหรืออยู่หัวแถวเพื่อให้ได้รับบริการก่อนการเรียกอื่นที่มีระดับความแรงของสัญญาณที่สูงกว่า ณ เวลาใดๆ [5, 6, 8]



รูปที่ 19 ระดับความแรงสัญญาณที่เครื่องลูกข่ายได้รับจากสถานีแม่ข่าย 2 สถานี [4, 5]

3. การจัดลำดับคิวแบบ LUI (Last Useful Instant)

เป็นแนวคิดของการจัดคิวแบบใหม่ ที่เป็นไปตามความจริงที่ว่า เมื่อมีการเรียกแบบแฮนด์โอเวอร์อยู่ในบัพเฟออร์ระบบจะประเมินและระบุค่าระยะเวลาการรอสูงสุดในการขอใช้บริการช่องสัญญาณ (The maximum value of the waiting time for any handover request, $t_{w,max}$) ของแต่ละการเรียก การขอใช้ช่องสัญญาณใหม่จะจัดเรียงในตำแหน่งหัว(ท้าย)แถวของการเรียกแบบแฮนด์โอเวอร์ที่มีอยู่เดิมที่มีค่า $t_{w,max}$ เหลืออยู่มากกว่า(น้อยกว่า)

นั่นคือระบบพยายามจะให้บริการการร้องขอที่จำเป็นต้องได้รับบริการอันดับแรกสุดก่อน โดยการพิจารณาค่าเวลาที่เหลืออยู่ที่สามารถรอได้ (Residual value of $t_{w,max}$, t_d) และให้ความสำคัญที่ residual value of $t_{w,max}$ น้อยที่สุดนั่นเอง [4]

แนวคิดนี้จะมีการติดตั้ง (Implementation) ที่ยุ่งยากและใช้เวลาในการประมวลผลน้อยกว่าแนวคิดแบบ MBPS เพราะแนวคิดแบบ MBPS จะต้องอัปเดตค่า RSS อยู่ตลอดเวลาเนื่องมาจากกระแสดังที่เปลี่ยนไป ทำให้ค่า RSS เปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา ส่งผลให้แถวคอยของการจัดลำดับคิวแบบ MBPS จะต้องมีการจัดเรียงใหม่อยู่เสมอในตัวเอง ซึ่งจะต่างจากการจัดลำดับคิวแบบ LUI ที่จัดลำดับแถวคอยตั้งแต่ตอนแรก และจะไม่มีมีการเปลี่ยนลำดับระหว่างรอรับบริการ [1]

4. การจัดลำดับคิวแบบ LUI-Dynamic (วิธีที่เสนอ)

เป็นวิธีที่ประยุกต์การจัดลำดับคิวแบบ LUI ที่มีอยู่เดิมที่เป็นการจัดเรียงตายตัว คือช่วงเวลาใดๆ ได้มีการจัดลำดับคิวแล้ว หากมีการเรียกเข้าชุดใหม่มาในเวลาถัดไป วิธีวิธีนี้จะไม่คำนึงถึงลำดับเดิมที่เรียงไว้แล้ว ลำดับเหล่านั้นยังอยู่ในตำแหน่งเดิม ถึงแม้ว่าการเรียกชุดใหม่จะมีความเร่งด่วนหรือเวลาที่เหลือในระบบน้อยกว่าก็ตาม

ดังนั้นการจัดลำดับคิวที่ประยุกต์นี้มีหลักการเพื่อแก้จุดอ่อนของ LUI แบบเดิม โดยการปรับให้มีการจัดเรียงลำดับใหม่ทุกครั้งที่มีการเรียกแบบแฮนด์โอเวอร์เข้ามาในระบบ เพื่ออัปเดตการเรียกที่ต้องการความเร่งด่วนที่จะต้องได้รับบริการก่อนอยู่เสมอ

5. การจัดลำดับคิวแบบ Time Out (วิธีที่เสนอ)

เนื่องจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้ความสนใจเวลาที่สามารรถรออยู่ได้ในคิวเป็นสำคัญ ดังนั้นจึงได้มีการอ้างถึงการจัดลำดับคิวโดยให้ความสำคัญกับเวลาสูงสุด (Time Out) ที่แต่ละการเรียกแบบแฮนด์โอเวอร์สามารถรออยู่ได้ในที่พักรอจนกว่าจะมีช่องสัญญาณว่าง การเรียกที่ต้องการความเร่งด่วน หรือค่า Time Out ที่น้อยที่สุดจะได้รับบริการก่อน

2.5 พารามิเตอร์ที่ใช้วัดค่า

พารามิเตอร์สำหรับการวัดคุณภาพของกระบวนการแฮนด์โอเวอร์ ในงานวิจัยนี้พิจารณา 4 ค่าดังนี้ [1]

1. ความน่าจะเป็นที่การเรียกใหม่ถูกบล็อก (The blocking probability of new call attempts, P_{b1})

$$\text{การหาค่า } P_{b1} = \frac{\text{จำนวนครั้งของการเรียกเข้าครั้งใหม่ที่ไม่ได้รับบริการ}}{\text{จำนวนครั้งของการเรียกเข้าใหม่}} \quad (31)$$

2. ความน่าจะเป็นที่การเรียกแฮนด์โอเวอร์ไม่สำเร็จ (The handover failure probability, P_{b2})

$$\text{การหาค่า } P_{b2} = \frac{\text{จำนวนครั้งของการเรียกเข้าแบบแฮนด์โอเวอร์ที่ไม่สำเร็จ}}{\text{จำนวนครั้งของการเรียกเข้าแบบแฮนด์โอเวอร์}} \quad (32)$$

3. ความน่าจะเป็นที่การเรียกสายหลุด (The call dropping probability, P_{drop})

การหาค่า
$$P_{drop} = n'_h P_{b2} \quad (33)$$

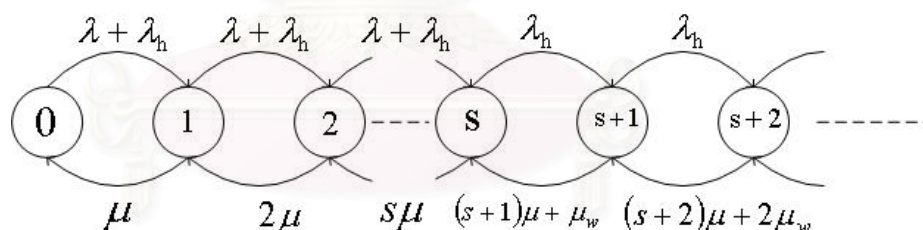
เมื่อค่า
$$n'_h = \frac{\text{การร้องขอแฮนด์โอเวอร์}}{\text{การเรียกใหม่ที่ได้รับบริการ}} \quad (34)$$

4. ความน่าจะเป็นที่การเรียกไม่สำเร็จ (The unsuccessful call probability, P_{ns})

การหาค่า
$$P_{ns} = P_{b1} + (1 - P_{b1}) P_{drop} \quad (35)$$

ในการออกแบบการทำงานของระบบขึ้นกับข้อกำหนดต่างๆ ที่ได้อ้างอิงตามหลักการทำงานจริงของกระบวนการแฮนด์โอเวอร์ของระบบดาวเทียมสื่อสารวงโคจรต่ำ, การจัดสรรช่องสัญญาณแบบถาวรแบบมีการรอคิว, วิธีการจัดลำดับคิว, ระยะเวลาการรอช่องสัญญาณว่างสูงสุดที่การเรียกแบบแฮนด์โอเวอร์สามารถรอได้, ระดับสัญญาณที่เครื่องลูกข่ายได้รับ, ความเร็วและทิศทางในการเคลื่อนที่ และข้อกำหนดต่างๆ ตามทฤษฎีที่อ้างอิงไว้ข้างต้น

2.6 การวิเคราะห์ FCA-QH ของการจัดลำดับคิวที่สนใจ



รูปที่ 20 ระบบการจัดลำดับคิวสำหรับ FCA-QH

1. การหาค่า P_{b1} ของการจัดลำดับคิวทุกแบบใช้หลักการเดียวกัน

จากรูปที่ 20 เป็นกฎของมาร์คอฟของการจัดลำดับคิวทั้ง FIFO และ LUI สามารถคำนวณความน่าจะเป็นของสถานะ n คือค่า P_n ได้ตามสมการ

$$P_n = \begin{cases} \frac{(\lambda + \lambda_h)^n}{n! \mu^n} P_o, & 1 \leq n \leq S - 1 \\ \frac{(\lambda + \lambda_h)^S \lambda_h^{n-S}}{S! \mu^S \prod_{j=1}^{n-S} ((S+j)\mu + j\mu_w)} P_o, & n \geq S \end{cases} \quad (36)$$

ความน่าจะเป็นที่ระบบว่าง (P_o)

$$P_o = \left\{ \sum_{j=1}^{s-1} \left[\frac{(\lambda + \lambda_h)^j}{j! \mu^j} \right] + \sum_{n=s}^{\infty} \left[\frac{(\lambda + \lambda_h)^S \lambda_h^{n-S}}{S! \mu^S \prod_{j=1}^{n-S} ((S+j)\mu + j\mu_w)} \right] \right\}^{-1} \quad (37)$$

การเรียกเข้าครั้งใหม่จะถูกบล็อกเมื่อช่องสัญญาณถูกใช้ไปหมดแล้วทั้งเซลล์ เมื่อเริ่มการทำงานของระบบคิวตั้งแต่สถานะ $n \geq S$ นั่นคือจะได้ค่า P_{b1} เท่ากับ

$$P_{b1} = \sum_{n=S}^{\infty} P_n. \quad (38)$$

2. การวิเคราะห์หาค่า P_{b2} ซึ่งการจัดลำดับคิวแต่ละแบบจะต่างกัน ดังนั้นจึงแยกพิจารณา ดังนี้

2.1 ค่า P_{b2} ของการจัดลำดับคิวแบบ FIFO

ในการพิสูจน์หาค่า P_{b2} อ้างอิงจาก [2] ขึ้นอยู่กับแฟคเตอร์

$$P_{uh} = \mu_w / (\mu + \mu_w) \quad (39)$$

$$\prod_{j=1}^{n-S} \left[1 - \frac{\mu_w}{S\mu + \mu_w} \left(\frac{\mu_w}{\mu + \mu_w} \frac{1}{2} \right)^j \right] \quad (40)$$

2.2 ค่า P_{b2} ของการจัดลำดับคิวแบบ LUI

กรณีการจัดลำดับคิวแบบ LUI แต่ละการเรียกแบบแฮนด์โอเวอร์ที่อยู่หัวแถวเมื่อเทียบจากเวลาที่เหลืออยู่ในระบบที่สามารถรอช่องสัญญาณว่างได้ ซึ่งจะไม่ขึ้นกับค่า P_{b1} สามารถคำนวณหาค่า P_{b2} ได้จากสมการ

$$P_{b2} = \sum_{n=S}^{\infty} P_n P_{b2/S} = P_{b2/S} P_{b1} \quad (41)$$

เมื่อค่า $P_{b2/S}$ เป็นค่าที่เกิดขึ้นจาก 2 เหตุการณ์ที่เป็นอิสระต่อกัน คือ

1. การเรียกสัมพัทธ์กับการร้องขอแชนด์โอเวอร์ที่หัวแถวที่ยังไม่สิ้นสุดการสนทนา ก่อนที่จะออกไปจากพื้นที่ที่ซ้อนทับกัน ความน่าจะเป็นของเหตุการณ์นี้ P_{uh} หาได้จาก

$$P_{uh} = \frac{\mu_w}{\mu + \mu_w} \quad (42)$$

2. เมื่อไม่มีช่องสัญญาณ S ในเซลล์ว่างก่อนที่การเรียกที่รออยู่ในคิวหมดเวลา รอ การเรียกนี้ก็หลุดไปจากระบบโดยที่ยังไม่ได้รับบริการ หาความน่าจะเป็น ของการเรียกที่หลุดออกไปจากระบบ P_f (Force terminating probability) ได้ จาก

$$P_f = \frac{\mu_w}{S\mu + \mu_w} \quad (43)$$

ดังนั้นหาค่า P_{b2} ของการจัดลำดับคิวได้ดังนี้

$$P_{b2} = P_{b1} \frac{\mu_w}{\mu + \mu_w} \frac{\mu_w}{S\mu + \mu_w} \quad (44)$$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

แบบจำลองและวิธีการจำลอง

3.1 วิธีจำลองแบบ

ในการทดสอบวิธีการจัดลำดับคิวเพื่อการร้องขอการทำแฮนด์โอเวอร์และการเรียกเข้าครั้งใหม่ใช้วิธีสร้างแบบจำลองขึ้นมา โดยในแบบจำลองการทดสอบจะจำลองเซลล์ขึ้นมาหนึ่งเซลล์ แล้วปรับเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์อัตราการเรียกเข้าเป็นค่าต่างๆ และพิจารณาเหตุการณ์ที่อาจเกิดขึ้นได้หลายเหตุการณ์ ของการจัดลำดับคิวแต่ละแบบที่สนใจ

การประมวลผลโปรแกรมอ้างอิงจากจำนวนรอบของการเรียกเข้าใช้ 500,000 รอบ โดยข้อกำหนดในการประมวลผลมีความแตกต่างกันไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับจุดประสงค์ของงานวิจัย จากนั้นนำค่า Force terminating probability และค่า Call dropping probability ที่ได้จากการประมวลผลมาวิเคราะห์

3.2 ข้อกำหนดของแบบจำลอง

อ้างอิงข้อมูลบางส่วนจากระบบอริเดียม ซึ่งมีค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ใช้ในแบบจำลองการทดสอบ [2]

3.2.1 ข้อกำหนดเบื้องต้น

1. ผู้ใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่สามารถติดต่อกันได้ทุกครั้ง โดยไม่คิดกรณีที่ปลายทางไม่ว่างหรือปิดเครื่อง
2. ไม่คิดเฟดดิ้งภายในระบบ
3. นำการแฮนด์โอเวอร์ภายในเซลล์มาใช้ในการจัดสรรช่องสัญญาณ
4. กรณีที่มีช่องสัญญาณว่างมากกว่า 1 ช่องสัญญาณ มีการจัดสรรช่องสัญญาณโดยเลือกตามลำดับของช่องสัญญาณ
5. กรณีมีการเรียกแบบแฮนด์โอเวอร์รออยู่ในคิว เมื่อไรก็ตามที่ช่องสัญญาณว่าง การเรียกนั้นก็ สามารถเข้าใช้ช่องสัญญาณที่ว่างนี้ได้ทันที
6. กรณีที่มีการเรียกแบบแฮนด์โอเวอร์รออยู่ในคิวหลายการเรียก ระบบจะจัดเรียงลำดับการเรียกเหล่านี้ขึ้นอยู่กับวิธีการจัดเรียง ซึ่งในงานวิจัยสนใจ 4 วิธีคือ FIFO, LUI-Static, LUI-Dynamic, Time Out

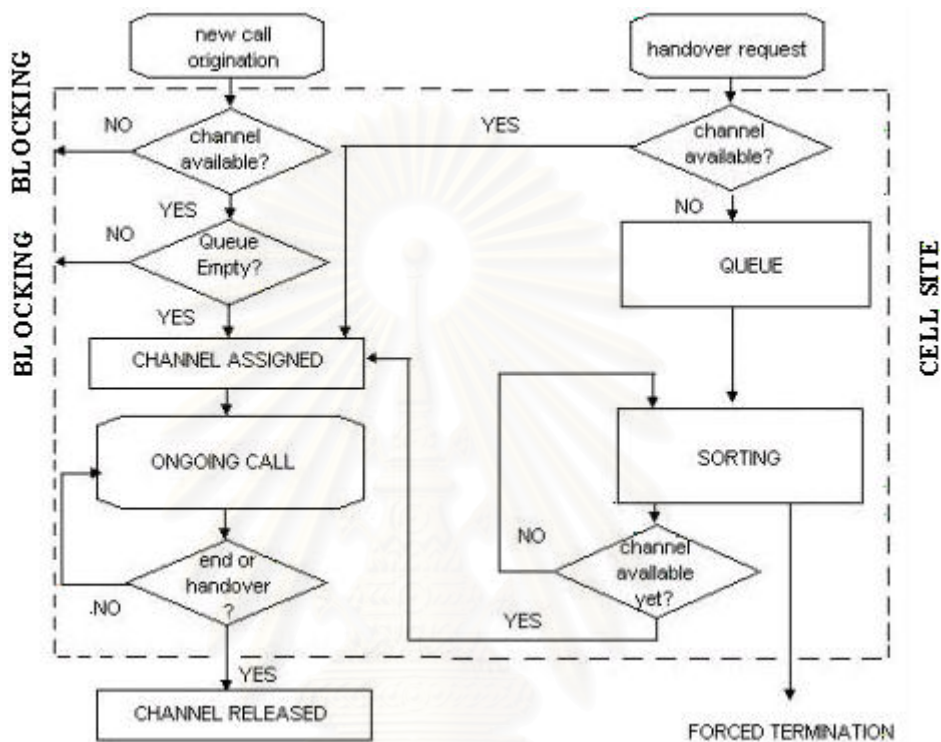
7. เครื่องลูกข่ายที่ขอรับบริการใช้ช่องสัญญาณมีการเคลื่อนที่ด้วยความเร็วที่น้อยมากเมื่อเทียบกับความเร็วในการเคลื่อนที่ของดาวเทียมวงโคจรต่ำ ดังนั้นจึงสมมุติฐานว่าเครื่องลูกข่ายหยุดนิ่งกับที่

3.2.2 ข้อกำหนดของเซลล์

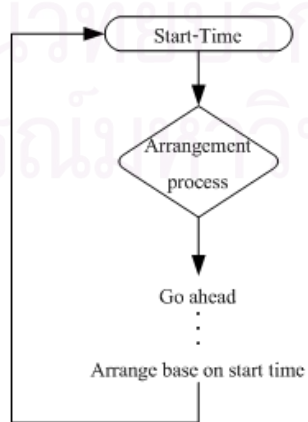
1. แบบจำลองของระบบมีเซลล์จำนวน 10 เซลล์ แต่ละเซลล์มี 100 ช่องสัญญาณ
2. ขนาดของคิวเป็นแบบไม่จำกัดจำนวน
3. เวลาเฉลี่ยสูงสุดที่สามารถรอได้ในระบบ 15 วินาที
4. การเรียกเข้าแบบแอสแตร์มีกระจายแบบปัวซองด์
5. ปรับเปลี่ยนพารามิเตอร์อัตราการเรียกเข้าแบบแอสแตร์ (Arrival rate) ขึ้นกับความสนใจดังนี้
 - ปริมาณทราฟฟิก 200, 400, 600, 800, 1000, 3000, 5000, 7000, 9000 เฮอร์แลง
 - อัตราการเรียกเข้าเท่ากับ 22 การเรียกต่อวินาที
 - อัตราการเรียกเข้าเท่ากับ 0.05, 0.5, 1, 5, 10, 50, 100, 500 การเรียกต่อวินาที
 - อัตราการเรียกเข้าที่ต่างกันของการเรียกเข้าทั้ง 2 แบบ คือ 1 และ 50 การเรียกต่อวินาที
6. เวลาเฉลี่ยในการสนทนา (Service time) เท่ากับ 3 นาที
7. เวลาของการใช้ช่องสัญญาณมีการกระจายแบบเอ็กโปเนนเชียลเชิงลบ
8. เวลาเฉลี่ยที่แต่ละการเรียกเกิดกระบวนการแอสแตร์ (Departure time) เท่ากับ 12 วินาที
9. การจัดสรรช่องสัญญาณภายในเซลล์เป็นแบบตายตัว (FCA)

การเรียกเข้าระบบของแบบจำลองนี้พิจารณา 2 การเรียก คือการเรียกเข้าครั้งใหม่ และการเรียกเข้าแบบแอสแตร์ ซึ่งให้ความสำคัญของการเรียกทั้ง 2 แบบนี้ไม่เท่ากัน ทั้งนี้อ้างอิงจากความเป็นจริงที่ว่าผู้ขอใช้บริการมีความประสงค์ให้การสื่อสารต่อเนื่องไม่ติดขัดระหว่างการสนทนา มากกว่าการโทร. ออกไม่สำเร็จ ซึ่งสัมพันธ์กับค่าใช้จ่ายบริการด้วย นั่นคือการโทร. ออกไม่สำเร็จระบบจะไม่คิดเงินค่าบริการ แต่หากเป็นกรณีที่โทร. ได้แล้วและกำลังใช้สายอยู่แต่ระบบขัดข้องมีการรบกวนหรือสายหลุดไปจะมีการเสียเวลาและค่าใช้จ่ายมาเกี่ยวข้องด้วย ด้วยความจำเป็นดังกล่าวจึงนำเทคนิคการจัดลำดับคิวมาประยุกต์ใช้กับการเรียกแบบแอสแตร์ และการเรียกเข้าครั้งใหม่จะไม่มีกรรรอคิว ดังนั้นเมื่อไรก็ตามที่มีการเรียกเข้าครั้งใหม่เข้ามาในระบบและช่วงเวลานั้นช่องสัญญาณไม่ว่างให้เข้าใช้บริการ การเรียกนั้นก็จะถูกบล็อกออกจากระบบ ซึ่งมีหลักการต่างกับการเรียกเข้าแบบแอสแตร์ คือเมื่อช่องสัญญาณไม่ว่างเข้าใช้บริการ การเรียกแบบแอสแตร์จะรออยู่ในคิว และมีการจัดเรียงลำดับคิวด้วยวิธีการต่างๆ จนกว่าช่องสัญญาณว่าง การเรียกที่อยู่หัวแถวสามารถเข้าใช้ช่องสัญญาณที่ว่างนั้นได้ทันที ดังรูปที่ 21 และการ

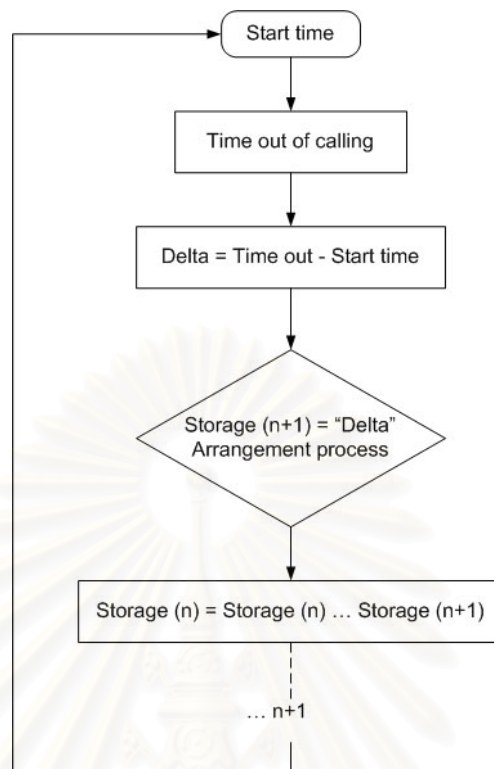
จัดลำดับคิวของการเรียกแบบแฮนด์โอเวอร์ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสนอ 4 รูปแบบคือ FIFO, LUI ที่มีอยู่เดิม หรือ LUI-Static, LUI ที่ประยุกต์ขึ้นให้มีการจัดเรียงใหม่ทุกครั้งที่มีการเรียกเข้า หรือ LUI-Dynamic และการจัดเรียงลำดับที่ขึ้นกับค่าที่สามารถรอได้สูงสุดของแต่ละการเรียก หรือ Time Out ซึ่งหลักการทำงานเป็นไปดังรูปที่ 22-25 ตามลำดับ



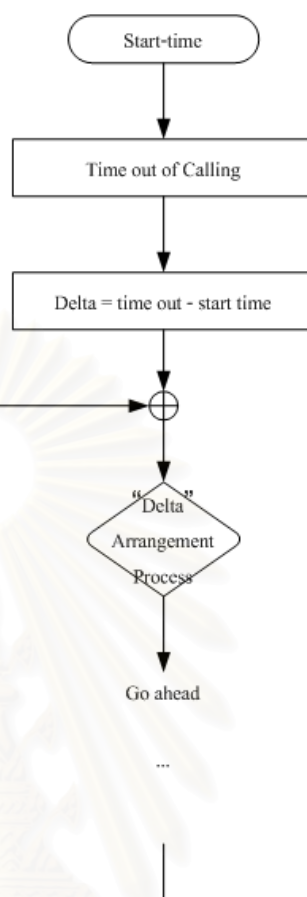
รูปที่ 21 แผนผังการทำงานของกระบวนการแฮนด์โอเวอร์และการจัดลำดับคิว [6, 7, 8]



รูปที่ 22 แผนผังการทำงานของกระบวนการแฮนด์โอเวอร์และการจัดลำดับคิวแบบ FIFO [9]

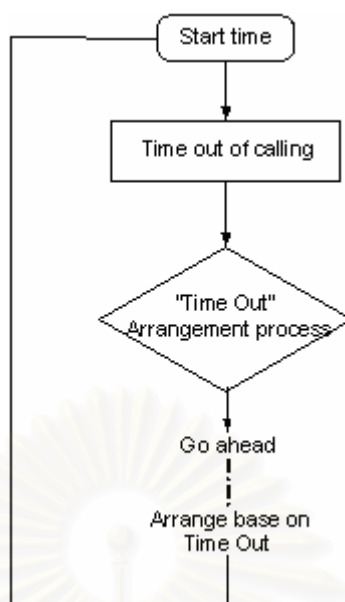


รูปที่ 23 แผนผังการทำงานของกระบวนการแฮนด์โอเวอร์และการจัดลำดับคิวแบบ LUI ที่มีอยู่เดิม (Static-LUI) [17]



รูปที่ 24 แผนผังการทำงานของกระบวนการแฮนด์โอเวอร์และการจัดลำดับคิวแบบ LUI แบบ อัปเดตลำดับทุกการเรียกเข้า (Dynamic-LUI) [17]

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 25 แผนผังการทำงานของกระบวนการแฮนด์โอเวอร์และการจัดลำดับคิวแบบเรียงตามเวลาที่ สามารถรองรับบริการ (Time Out) [17]

3.3 การนำเสนอผลการจำลอง

การนำเสนอผลการจำลองระบบจะแสดงผลความน่าจะเป็นที่การเรียกถูกบล็อก หรือ การเรียกเข้าไม่สำเร็จ โดยการปรับเปลี่ยนพารามิเตอร์บางค่าหรือจำลองเหตุการณ์ต่างๆ เพื่อเปรียบเทียบ วิเคราะห์และหาข้อสรุปจากผลการจำลอง พารามิเตอร์และเหตุการณ์ที่สนใจติดตาม

1. ปรับเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของระบบ เช่น

- 1.1 จำนวน arrival call
- 1.2 จำนวนช่องสัญญาณ
- 1.3 เวลาที่ใช้ในการรออยู่ในคิว
- 1.4 ช่วงเวลาที่ใช้ช่องสัญญาณ
- 1.5 ปริมาณทราฟฟิกของระบบ

2. เหตุการณ์สมมติต่างๆ ที่มีผลต่อระบบ เช่น

- 1.1 เมื่อสนใจการเรียกเฉพาะแบบ คือการเรียกเข้าแบบแฮนด์โอเวอร์หรือการเรียกเข้าครั้งใหม่อย่างใดอย่างหนึ่งเพียงอย่างเดียว หรือการเรียกเข้าทั้ง 2 แบบที่เข้ามาแบบสุ่ม

- 1.2 กรณีที่มีการเรียกขอใช้ช่องสัญญาณภายในคิวมีปริมาณที่มาก และถ้ามีการเรียกเข้ามาเพียงการเรียกเดียว การจัดลำดับคิวแบบใดที่เหมาะสมที่สุด
 - 1.3 กรณีที่ $t_{w,max}$ หรือ delta พารามิเตอร์ของการจัดลำดับคิวแบบ LUI มีค่าเท่ากัน ทุกการเรียก ผลความน่าจะเป็นของการเรียกที่ถูกบล็อกจะเป็นอย่างไร
 - 1.4 ถ้าเปลี่ยนการเรียกเข้าให้มีการกระจายแบบ Uniform จะมีผลที่แตกต่างจากการเรียกเข้าที่มีการแจกแจงแบบปัวซองหรือไม่
2. แยกผลนำเสนอของแบบจำลองเป็น 2 ส่วน คือ
 - 2.1 แบบจำลองที่พิจารณาการเรียกเข้าแบบแฮนด์โอเวอร์เท่านั้น โดยวิเคราะห์จากการจัดลำดับคิว 3 แบบคือ FIFO, LUI-Static และ LUI-Dynamic
 - 2.2 แบบจำลองที่พิจารณาการเรียกเข้าทั้ง 2 แบบคือการเรียกแบบแฮนด์โอเวอร์ และการเรียกเข้าครั้งใหม่ โดยวิเคราะห์จากการจัดลำดับคิว 4 แบบคือ FIFO, LUI-Static, LUI-Dynamic และ Time Out

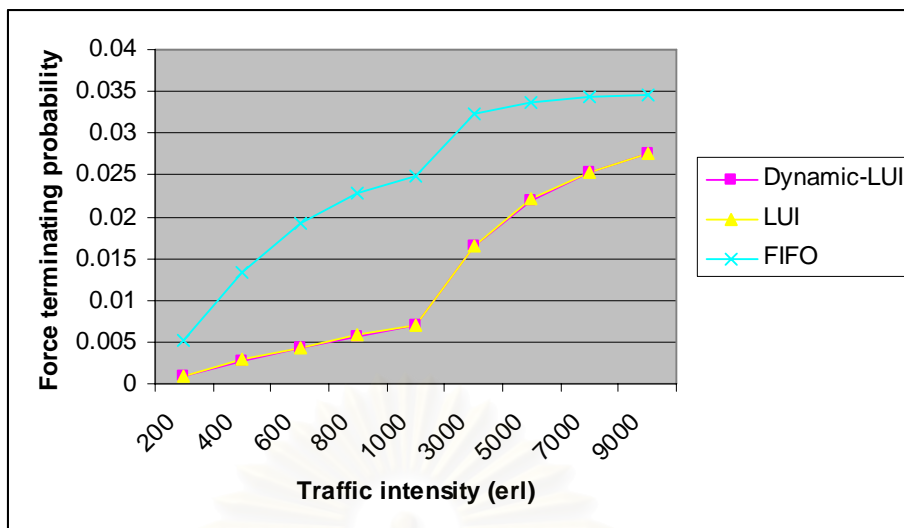
3.4 ผลการทดลอง

3.4.1 แบบจำลองที่พิจารณาการเรียกเข้าแบบแฮนด์โอเวอร์เท่านั้น โดยวิเคราะห์จาก การจัดลำดับคิว 3 แบบคือ FIFO, LUI-Static และ LUI-Dynamic

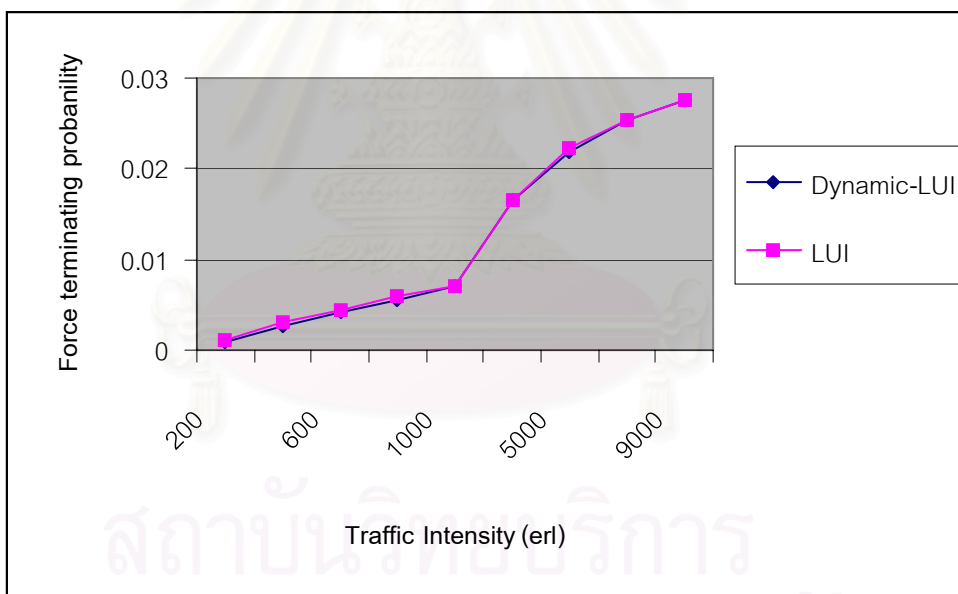
Traffic (Erlang)	Queueing discipline		
	FIFO	LUI-Static	LUI-Dynamic
200	0.0053	0.0008517	0.000855
400	0.0134	0.003	0.0026
600	0.0193	0.0044	0.0043
800	0.0228	0.0055	0.0058
1000	0.0249	0.007	0.0073
3000	0.0323	0.0165	0.0166
5000	0.0336	0.0221	0.022
7000	0.0343	0.0252	0.0253
9000	0.0345	0.0276	0.0275

ตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบ Probability of Forced Termination ของการจัดลำดับคิวแบบ FIFO, LUI และแบบ LUI ที่อัปเดตลำดับเมื่อมีการเรียกเข้า (Dynamic-LUI) ที่ทราบพิกัดต่างๆ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



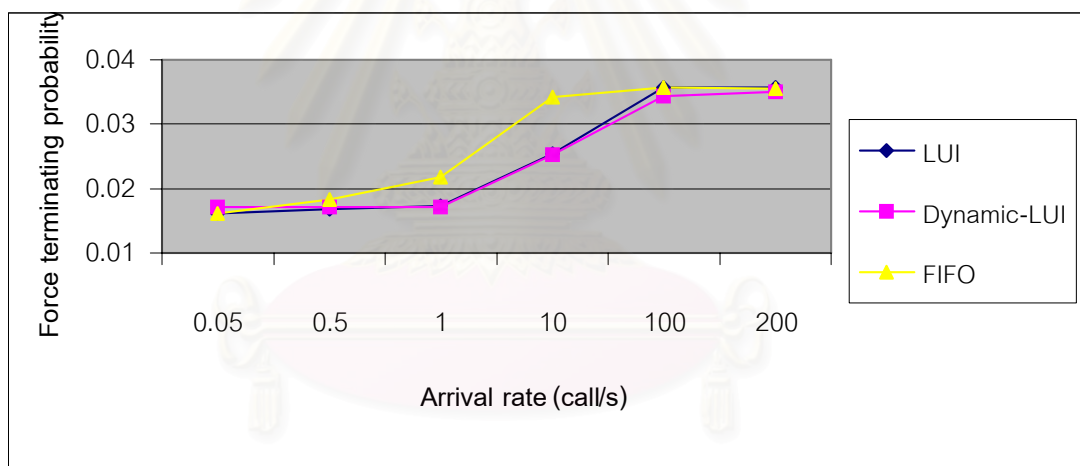
รูปที่ 26 ผลการเปรียบเทียบ Probability of Forced Termination ของการจัดลำดับคิวแบบ FIFO, LUI และแบบ LUI ที่อัปเดตลำดับเมื่อมีการเรียกเข้า (Dynamic-LUI) ที่ทราฟฟิกต่างๆ



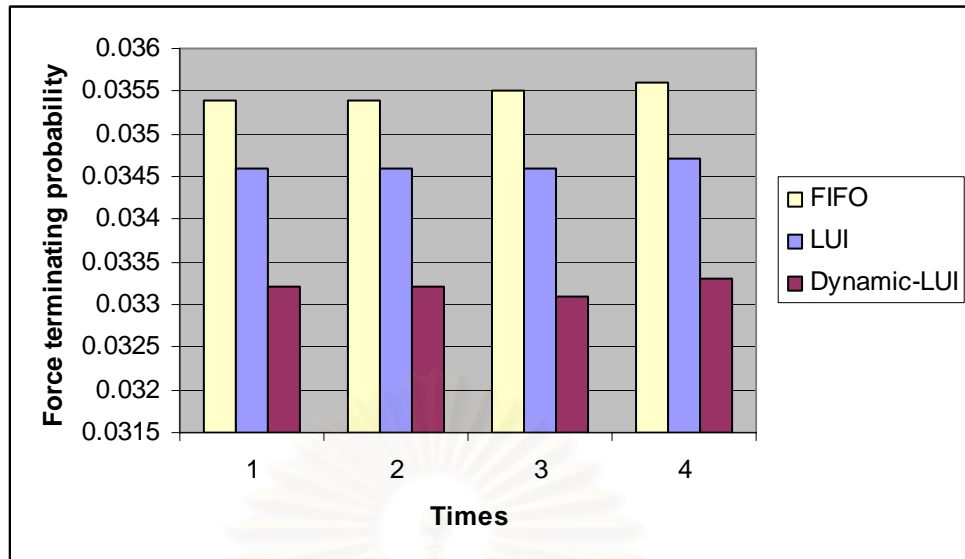
รูปที่ 27 ผลการเปรียบเทียบ Probability of Forced Termination ของการจัดลำดับคิวแบบ LUI และแบบ LUI ที่อัปเดตลำดับเมื่อมีการเรียกเข้า (Dynamic-LUI) ที่ทราฟฟิกต่างๆ

Arrival rate (call / sec.)	Queueing discipline		
	FIFO	LUI-Standard	LUI-Dynamic
0.05	0.017	0.0161	0.0172
0.5	0.0187	0.0164	0.0171
1	0.0218	0.0177	0.0172
10	0.0337	0.0257	0.0252
100	0.0354	0.0358	0.0344
200	0.0357	0.0356	0.035

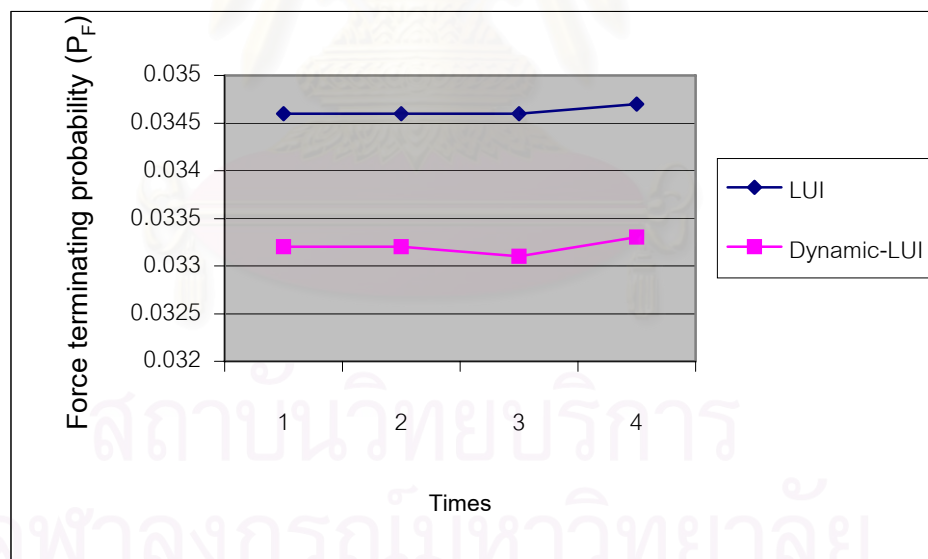
ตารางที่ 3 เปรียบเทียบ Force terminating probability ของการจัดลำดับคิวที่สนใจเมื่อปรับอัตราการเรียกเข้าเป็นค่าต่างๆ



รูปที่ 28 กราฟเปรียบเทียบ Force terminating probability ของการจัดลำดับคิวที่สนใจเมื่อปรับอัตราการเรียกเข้าเป็นค่าต่างๆ



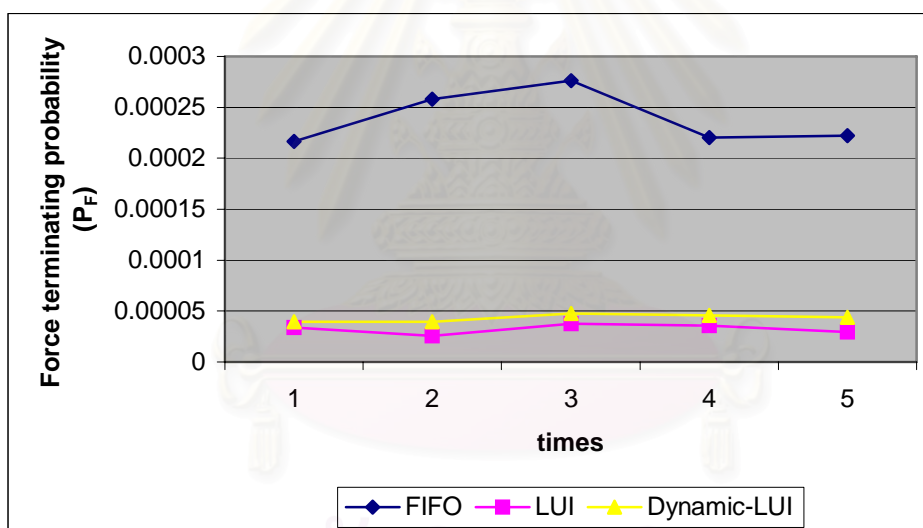
รูปที่ 29 เปรียบเทียบค่า Force terminating probability ของการจัดลำดับคิวแบบ FIFO, LUI และ LUI แบบอัปเดตลำดับทุกครั้งที่มีการเรียกเข้า เมื่ออัตราการเรียกเข้าเท่ากับ 100 การเรียกต่อวินาที



รูปที่ 30 เปรียบเทียบค่า Force terminating probability ของการจัดลำดับคิวแบบ LUI และ LUI แบบอัปเดตลำดับทุกครั้งที่มีการเรียกเข้า เมื่ออัตราการเรียกเข้าเท่ากับ 100 การเรียกต่อวินาที

Times	Queueing discipline		
	FIFO	LUI-Standard	LUI-Dynamic
1	0.000216	0.000039715	0.000033766
2	0.000258	0.000039712	0.000025818
3	0.000276	0.000029789	0.00003773
4	0.00022	0.000033764	0.000043682
5	0.000222	0.000029789	0.000035744

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบ Probability of Forced Termination ของการจัดลำดับคิวแบบ FIFO, LUI และแบบ LUI ที่อัปเดตลำดับเมื่อมีการเรียกเข้า (Dynamic-LUI) ที่กราฟฟิกเท่ากับ 22 เออร์แลง



รูปที่ 31 เปรียบเทียบ Probability of Forced Termination ของการจัดลำดับคิวแบบ FIFO LUI และแบบ LUI ที่อัปเดตลำดับเมื่อมีการเรียกเข้า (Dynamic-LUI) ที่กราฟฟิกเท่ากับ 22 เออร์แลง

แบบจำลองของงานวิจัยที่สนใจให้ความสำคัญกับค่า Time out ของการเรียกที่รอในคิว ดังนั้นถ้าไม่สนใจลำดับการเข้ามา (FIFO) แต่ให้ความสนใจกับเวลาที่การเรียกสามารถรอได้ (LUI) แนวคิดนี้จึงไปสอดคล้องกับงานวิจัยดังกล่าว คือเวลาที่เหลือที่สามารถรอได้ในคิวเท่ากับ

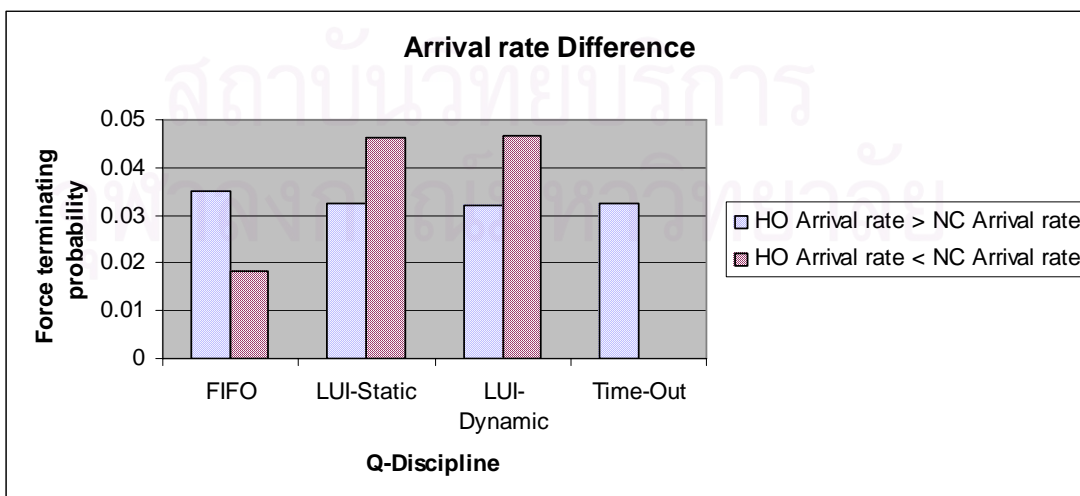
ผลต่างของเวลาที่รอได้สูงสุดกับเวลาที่เริ่มเข้ามาในคิว ส่งผลให้โอกาสที่สายหลุดน้อยกว่าการที่ไม่พิจารณาเวลาของหลักการ FIFO

การอัปเดตลำดับทุกครั้งที่มีการเรียกเข้า ทำให้การเรียกที่จำเป็นต้องใช้งานจริงจะได้พิจารณาในลำดับหัวแถวของคิว และได้รับบริการก่อนเสมอจึงทำให้บางสถานการณ์ผลของคิวแบบ LUI อัปเดตค่าใหม่ ดีกว่า LUI แบบเดิมที่กำหนดลำดับถาวร

3.4.2 แบบจำลองที่พิจารณาการเรียกเข้าทั้ง 2 แบบคือการเรียกแบบแฮนด์โอเวอร์ และการเรียกเข้าครั้งใหม่ โดยวิเคราะห์จากการจัดลำดับคิว 4 แบบคือ FIFO, LUI-Static, LUI-Dynamic และ Time Out

Queueing Discipline	Force terminating probability	
	HO Arrival rate > NC Arrival rate	HO Arrival rate < NC Arrival rate
FIFO	0.0349	0.0183
LUI-Static	0.0323	0.0463
LUI-Dynamic	0.0321	0.0466
Time-Out	0.0323	0

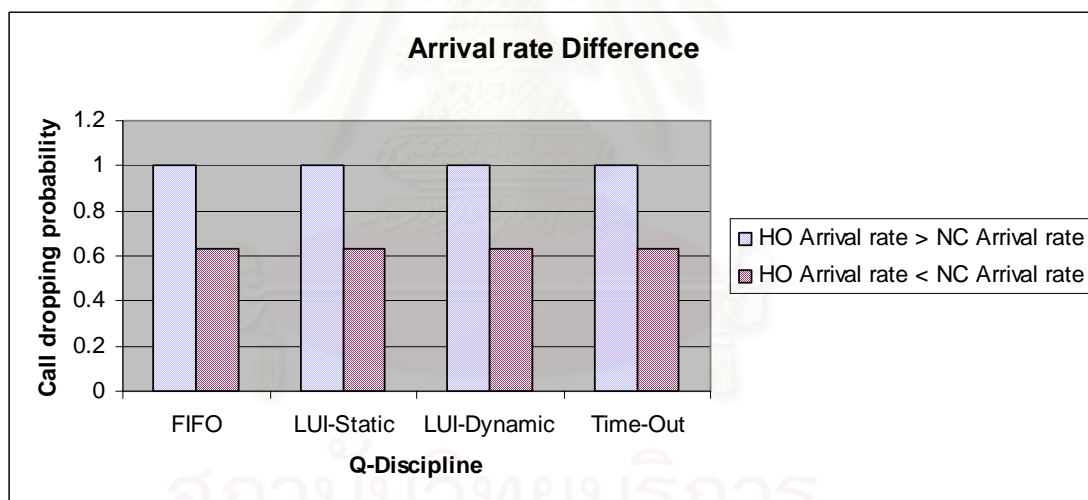
ตารางที่ 5 เปรียบเทียบ Probability of Forced Termination ของการจัดลำดับคิวทั้ง 4 แบบเมื่อกำหนดอัตราการเรียกเข้าแบบแฮนด์โอเวอร์และอัตราการเรียกเข้าครั้งใหม่ไม่เท่ากัน



รูปที่ 32 เปรียบเทียบ Probability of Forced Termination ของการจัดลำดับคิวทั้ง 4 แบบเมื่อ กำหนดอัตราการเรียกเข้าแบบแอสติโอเวอร์และอัตราการเรียกเข้าครั้งใหม่ไม่เท่ากัน

Queueing Discipline	Call dropping probability	
	HO Arrival rate > NC Arrival rate	HO Arrival rate < NC Arrival rate
FIFO	1	0.6323
LUI-Static	1	0.6327
LUI-Dynamic	1	0.6351
Time-Out	1	0.6339

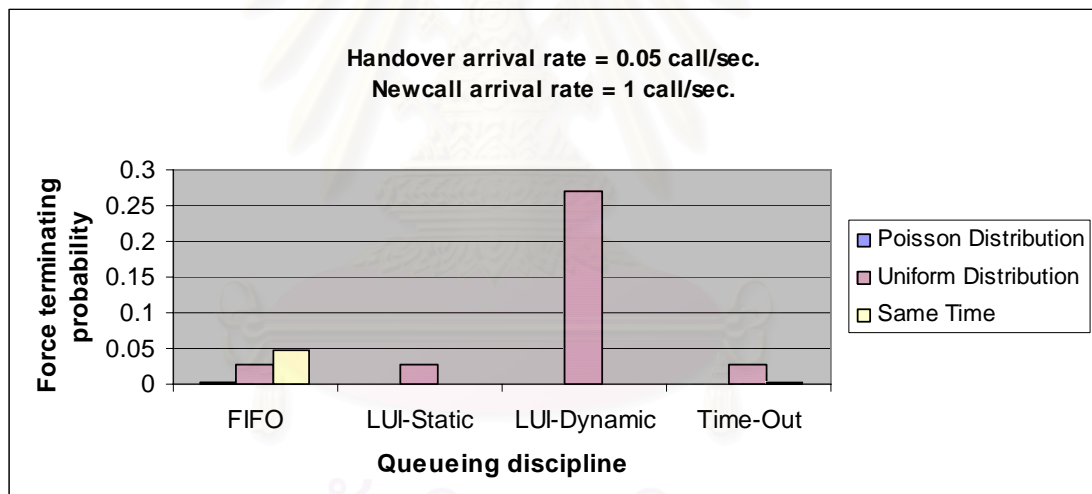
ตารางที่ 6 เปรียบเทียบ Probability of Dropping call ของการจัดลำดับคิวทั้ง 4 แบบเมื่อ กำหนด อัตราการเรียกเข้าแบบแอสติโอเวอร์และอัตราการเรียกเข้าครั้งใหม่ไม่เท่ากัน



รูปที่ 33 เปรียบเทียบ Probability of Dropping call ของการจัดลำดับคิวทั้ง 4 แบบเมื่อ กำหนด อัตราการเรียกเข้าแบบแอสติโอเวอร์และอัตราการเรียกเข้าครั้งใหม่ไม่เท่ากัน

Condition	Force terminating probability			
	FIFO	LUI-Static	LUI-Dynamic	Time-Out
Poisson Distribution	0.0015	6.6587×10^{-5}	7.66161×10^{-5}	1.9038×10^{-5}
Uniform Distribution	0.0285	0.0269	0.27	0.0269
Same Time	0.048	0.0012	0.0011	0.0013

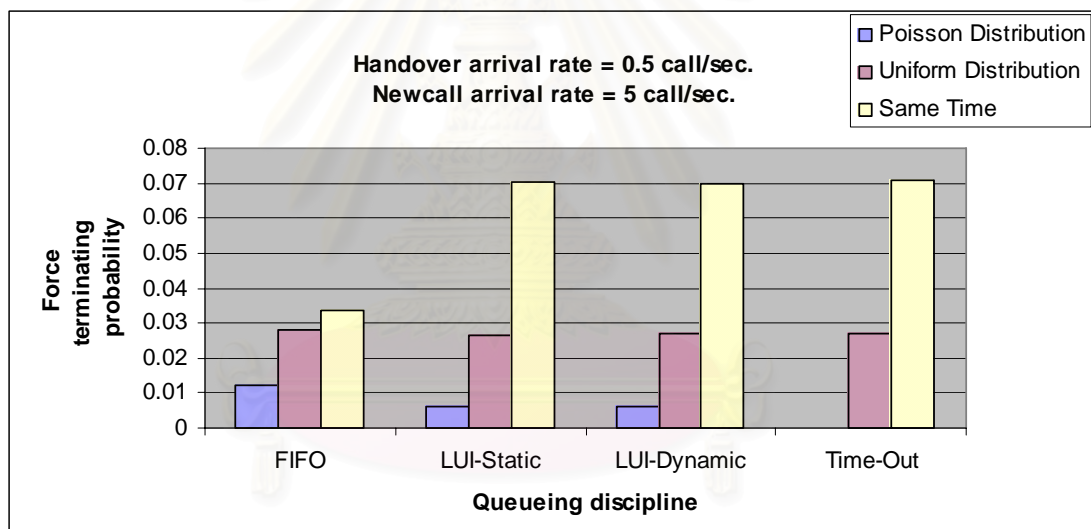
ตารางที่ 7 เปรียบเทียบ Probability of Forced Termination ของการจัดลำดับคิวทั้ง 4 แบบเมื่อ กำหนดอัตราการเรียกเข้าแบบแฮนด์โอเวอร์เท่ากับ 0.05 การเรียกต่อวินาที และอัตราการเรียกเข้าครั้งใหม่เท่ากับ 1 การเรียกต่อวินาที



รูปที่ 34 เปรียบเทียบ Probability of Forced Termination ของการจัดลำดับคิวทั้ง 4 แบบเมื่อ กำหนดอัตราการเรียกเข้าแบบแฮนด์โอเวอร์เท่ากับ 0.05 การเรียกต่อวินาที และอัตราการเรียกเข้าครั้งใหม่เท่ากับ 1 การเรียกต่อวินาที

Condition	Force terminating probability			
	FIFO	LUI-Static	LUI-Dynamic	Time-Out
Poisson Distribution	0.0121	0.0063	0.0063	$3.3293 \cdot 10^{-5}$
Uniform Distribution	0.0282	0.0266	0.0269	0.0272
Same Time	0.0337	0.0701	0.07	0.0709

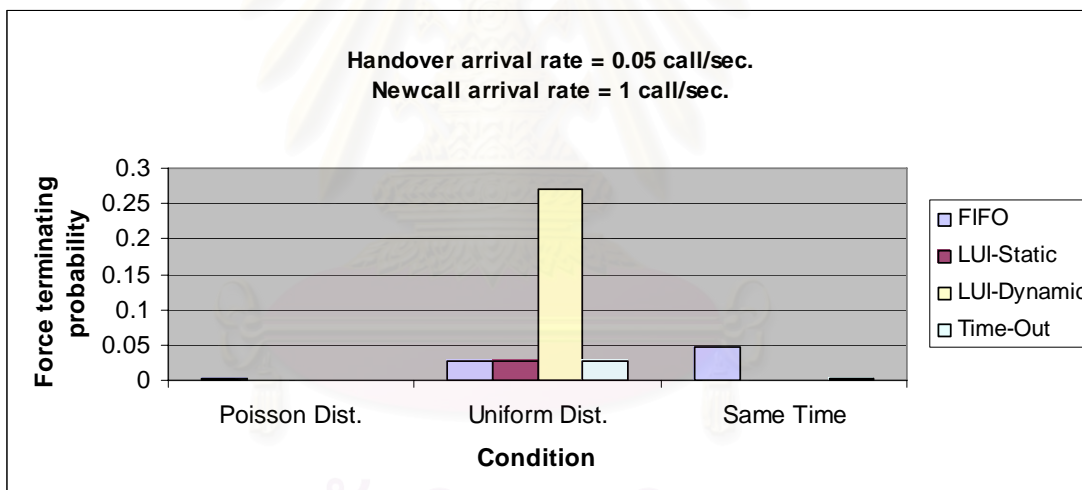
ตารางที่ 8 เปรียบเทียบ Probability of Forced Termination ของการจัดลำดับคิวทั้ง 4 แบบเมื่อ กำหนดอัตราการเรียกเข้าแบบแอสแตนด์ไควเวอ์เท่ากับ 0.5 การเรียกต่อวินาที และอัตราการเรียกเข้าครั้งใหม่เท่ากับ 5 การเรียกต่อวินาที



รูปที่ 35 เปรียบเทียบ Probability of Forced Termination ของการจัดลำดับคิวทั้ง 4 แบบเมื่อ กำหนดอัตราการเรียกเข้าแบบแอสแตนด์ไควเวอ์เท่ากับ 0.5 การเรียกต่อวินาที และอัตราการเรียกเข้าครั้งใหม่เท่ากับ 5 การเรียกต่อวินาที

Queueing Discipline	Force terminating probability		
	Poisson Dist.	Uniform Dist.	Same Time
FIFO	0.0015	0.0285	0.048
LUI-Static	6.6587×10^{-5}	0.0269	0.0012
LUI-Dynamic	7.66161×10^{-5}	0.27	0.0011
Time-Out	1.9038×10^{-5}	0.0269	0.0013

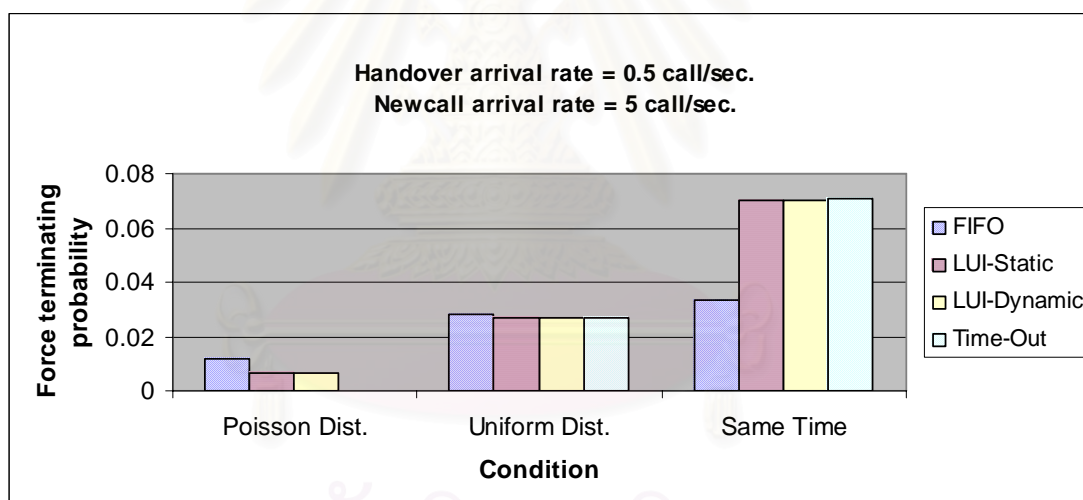
ตารางที่ 9 เปรียบเทียบ Probability of Forced Termination ของการจัดลำดับคิวทั้ง 4 แบบเมื่อ กำหนดอัตราการเรียกเข้าแบบแฮนด์โอเวอร์เท่ากับ 0.05 การเรียกต่อวินาที และอัตราการเรียกเข้าครั้งใหม่เท่ากับ 1 การเรียกต่อวินาที ด้วยเงื่อนไขต่างๆ



รูปที่ 36 เปรียบเทียบ Probability of Forced Termination ของการจัดลำดับคิวทั้ง 4 แบบเมื่อ กำหนดอัตราการเรียกเข้าแบบแฮนด์โอเวอร์เท่ากับ 0.05 การเรียกต่อวินาที และอัตราการเรียกเข้าครั้งใหม่เท่ากับ 1 การเรียกต่อวินาที ด้วยเงื่อนไขต่างๆ

Queueing Discipline	Force terminating probability		
	Poisson Dist.	Uniform Dist.	Same Time
FIFO	0.0121	0.0282	0.0337
LUI-Static	0.0063	0.0266	0.0701
LUI-Dynamic	0.0063	0.0269	0.07
Time-Out	$3.3293 \cdot 10^5$	0.0272	0.0709

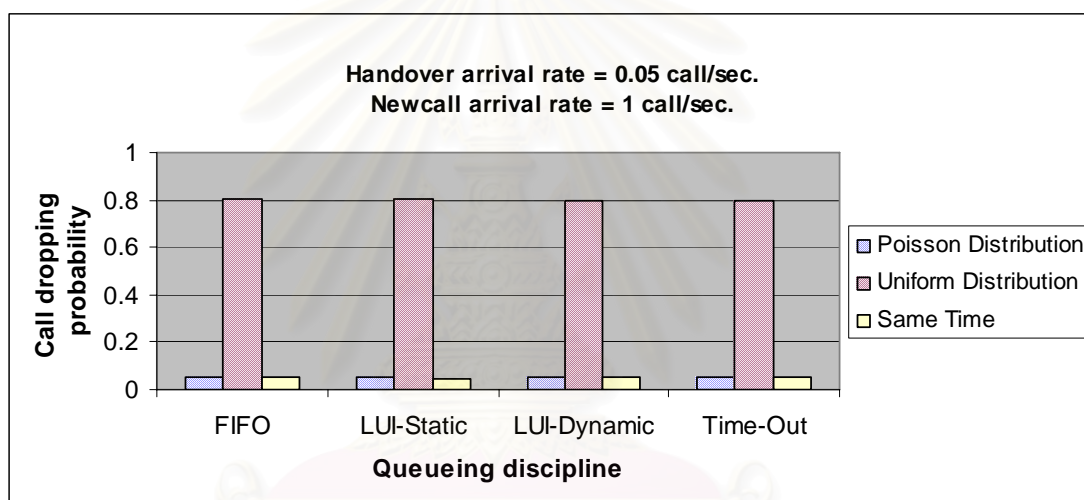
ตารางที่ 10 เปรียบเทียบ Probability of Forced Termination ของการจัดลำดับคิวทั้ง 4 แบบเมื่อ กำหนดอัตราการเรียกเข้าแบบแฮนด์โอเวอร์เท่ากับ 0.5 การเรียกต่อวินาที และอัตราการเรียกเข้าครั้งใหม่เท่ากับ 5 การเรียกต่อวินาที ด้วยเงื่อนไขต่างๆ



รูปที่ 37 เปรียบเทียบ Probability of Forced Termination ของการจัดลำดับคิวทั้ง 4 แบบเมื่อ กำหนดอัตราการเรียกเข้าแบบแฮนด์โอเวอร์เท่ากับ 0.5 การเรียกต่อวินาที และอัตราการเรียกเข้าครั้งใหม่เท่ากับ 5 การเรียกต่อวินาที ด้วยเงื่อนไขต่างๆ

Condition	Call dropping probability			
	FIFO	LUI-Static	LUI-Dynamic	Time-Out
Poisson Distribution	0.0491	0.0506	0.0499	0.0492
Uniform Distribution	0.8009	0.801	0.7989	0.7979
Same Time	0.0489	0.0486	0.0489	0.0494

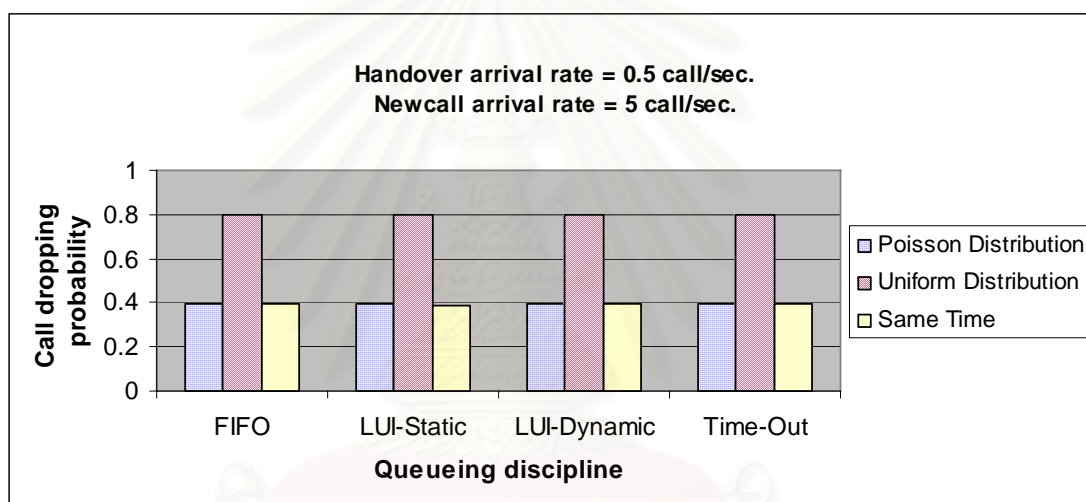
ตารางที่ 11 เปรียบเทียบ Probability of Dropping call ของการจัดลำดับคิวทั้ง 4 แบบเมื่อ กำหนดอัตราการเรียกเข้าแบบแฮนด์โอเวอร์เท่ากับ 0.05 การเรียกต่อวินาที และอัตราการเรียกเข้าครั้งใหม่เท่ากับ 1 การเรียกต่อวินาที



รูปที่ 38 เปรียบเทียบ Probability of Dropping call ของการจัดลำดับคิวทั้ง 4 แบบเมื่อกำหนด อัตราการเรียกเข้าแบบแฮนด์โอเวอร์เท่ากับ 0.05 การเรียกต่อวินาที และอัตราการเรียกเข้า ครั้งใหม่เท่ากับ 1 การเรียกต่อวินาที

Condition	Call dropping probability			
	FIFO	LUI-Static	LUI-Dynamic	Time-Out
Poisson Distribution	0.3924	0.3972	0.3951	0.3973
Uniform Distribution	0.7963	0.8008	0.7969	0.7985
Same Time	0.3926	0.3901	0.3928	0.3934

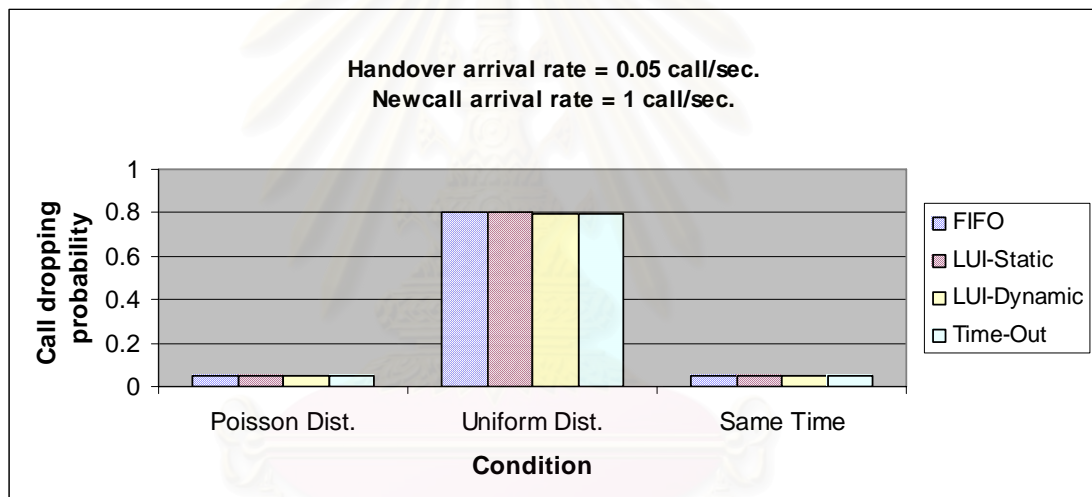
ตารางที่ 12 เปรียบเทียบ Probability of Dropping call ของการจัดลำดับคิวทั้ง 4 แบบเมื่อ กำหนดอัตราการเรียกเข้าแบบแชนด์โอเวอร์เท่ากับ 0.5 การเรียกต่อวินาที และอัตราการ เรียกเข้าครั้งใหม่เท่ากับ 5 การเรียกต่อวินาที



รูปที่ 39 เปรียบเทียบ Probability of Dropping call ของการจัดลำดับคิวทั้ง 4 แบบเมื่อกำหนด อัตราการเรียกเข้าแบบแชนด์โอเวอร์เท่ากับ 0.5 การเรียกต่อวินาที และอัตราการเรียกเข้า ครั้งใหม่เท่ากับ 5 การเรียกต่อวินาที

Queueing Discipline	Call dropping probability		
	Poisson Dist.	Uniform Dist.	Same Time
FIFO	0.0491	0.8009	0.0489
LUI-Static	0.0506	0.801	0.0486
LUI-Dynamic	0.0499	0.7989	0.0489
Time-Out	0.0492	0.7979	0.0494

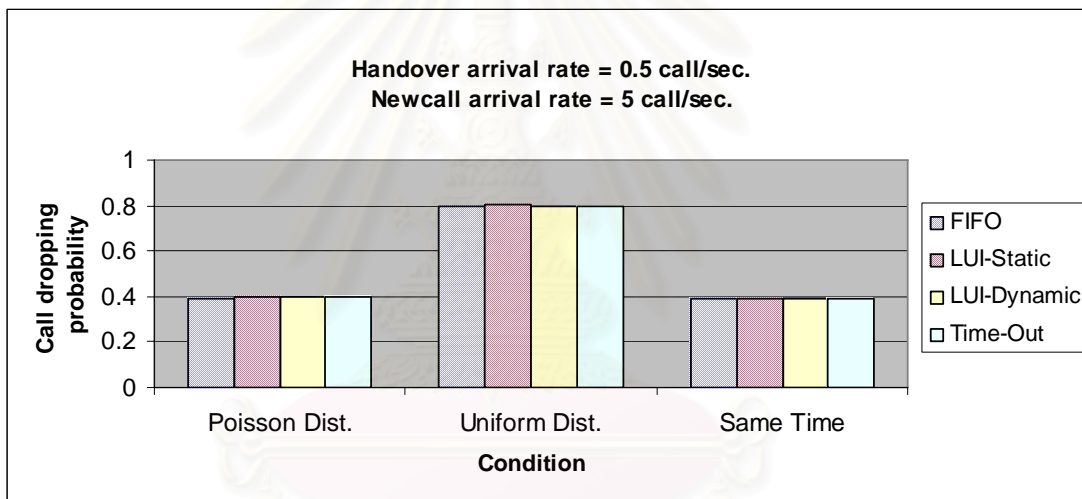
ตารางที่ 13 เปรียบเทียบ Probability of Dropping call ของการจัดลำดับคิวทั้ง 4 แบบเมื่อ กำหนดอัตราการเรียกเข้าแบบแฮนด์โอเวอร์เท่ากับ 0.05 การเรียกต่อวินาที และอัตราการเรียกเข้าครั้งใหม่เท่ากับ 1 การเรียกต่อวินาที ด้วยเงื่อนไขต่างๆ



รูปที่ 40 เปรียบเทียบ Probability of Dropping call ของการจัดลำดับคิวทั้ง 4 แบบเมื่อกำหนด อัตราการเรียกเข้าแบบแฮนด์โอเวอร์เท่ากับ 0.05 การเรียกต่อวินาที และอัตราการเรียกเข้าครั้งใหม่เท่ากับ 1 การเรียกต่อวินาที ด้วยเงื่อนไขต่างๆ

Queueing Discipline	Call dropping probability		
	Poisson Dist.	Uniform Dist.	Same Time
FIFO	0.3924	0.7963	0.3926
LUI-Static	0.3972	0.8008	0.3901
LUI-Dynamic	0.3951	0.7969	0.3928
Time-Out	0.3973	0.7985	0.3934

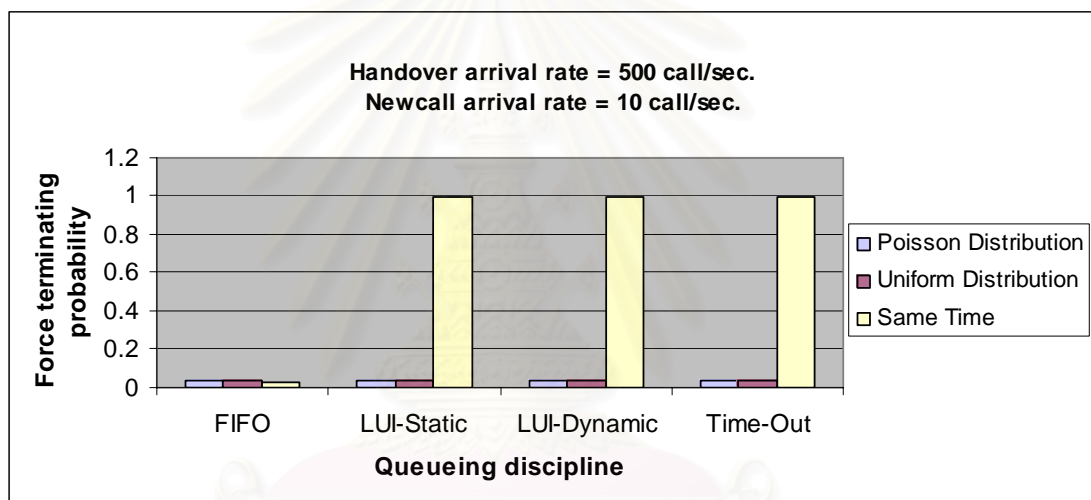
ตารางที่ 14 เปรียบเทียบ Probability of Dropping call ของการจัดลำดับคิวทั้ง 4 แบบเมื่อ กำหนดอัตราการเรียกเข้าแบบแฮนด์โอเวอร์เท่ากับ 0.5 การเรียกต่อวินาที และอัตราการ เรียกเข้าครั้งใหม่เท่ากับ 5 การเรียกต่อวินาที ด้วยเงื่อนไขต่างๆ



รูปที่ 41 เปรียบเทียบ Probability of Dropping call ของการจัดลำดับคิวทั้ง 4 แบบเมื่อกำหนด อัตราการเรียกเข้าแบบแฮนด์โอเวอร์เท่ากับ 0.5 การเรียกต่อวินาที และอัตราการเรียกเข้า ครั้งใหม่เท่ากับ 5 การเรียกต่อวินาที ด้วยเงื่อนไขต่างๆ

Condition	Force terminating probability			
	FIFO	LUI-Static	LUI-Dynamic	Time-Out
Poisson Distribution	0.0356	0.0365	0.036	0.036
Uniform Distribution	0.0336	0.036	0.0353	0.0353
Same Time	0.0272	0.998	0.998	0.998

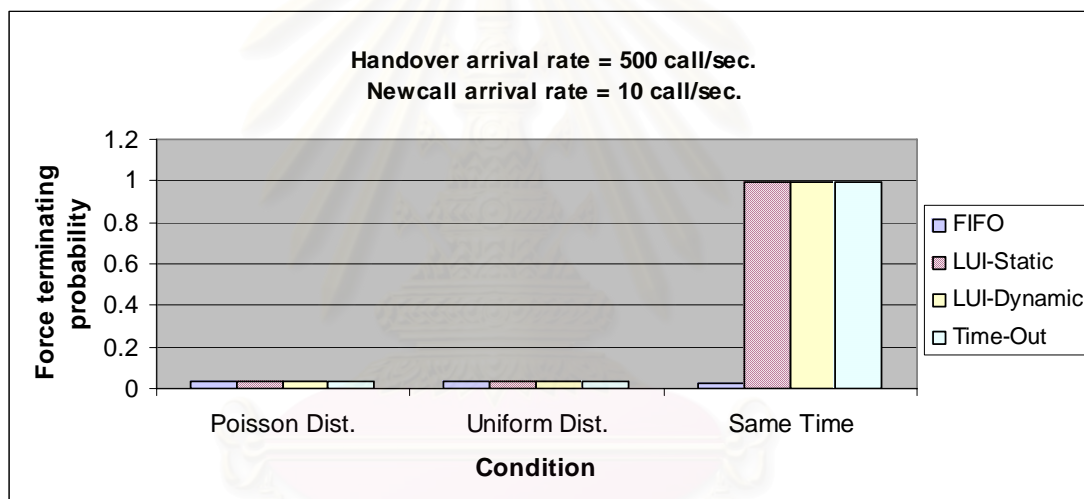
ตารางที่ 15 เปรียบเทียบ Probability of Forced Termination ของการจัดลำดับคิวทั้ง 4 แบบเมื่อ กำหนดอัตราการเรียกเข้าแบบแฮนด์โอเวอร์เท่ากับ 500 การเรียกต่อวินาที และอัตราการเรียกเข้าครั้งใหม่เท่ากับ 10 การเรียกต่อวินาที



รูปที่ 42 เปรียบเทียบ Probability of Forced Termination ของการจัดลำดับคิวทั้ง 4 แบบเมื่อ กำหนดอัตราการเรียกเข้าแบบแฮนด์โอเวอร์เท่ากับ 500 การเรียกต่อวินาที และอัตราการเรียกเข้าครั้งใหม่เท่ากับ 10 การเรียกต่อวินาที

Queueing Discipline	Force terminating probability		
	Poisson Dist.	Uniform Dist.	Same Time
FIFO	0.0356	0.0336	0.0272
LUI-Static	0.0365	0.036	0.998
LUI-Dynamic	0.036	0.0353	0.998
Time-Out	0.036	0.0353	0.998

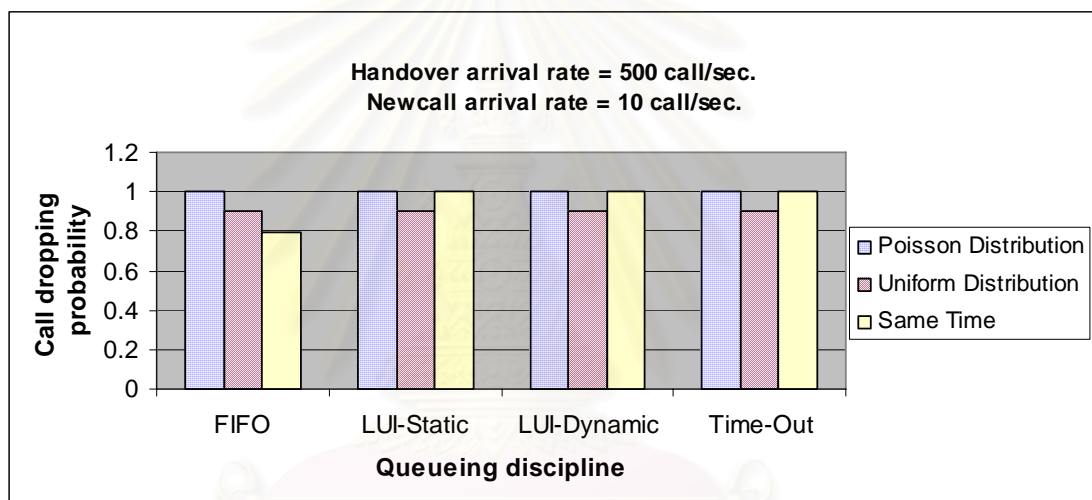
ตารางที่ 16 เปรียบเทียบ Probability of Forced Termination ของการจัดลำดับคิวทั้ง 4 แบบเมื่อ กำหนดอัตราการเรียกเข้าแบบแฮนด์โอเวอร์เท่ากับ 500 การเรียกต่อวินาที และอัตราการเรียกเข้าครั้งใหม่เท่ากับ 10 การเรียกต่อวินาที ด้วยเงื่อนไขต่างๆ



รูปที่ 43 เปรียบเทียบ Probability of Forced Termination ของการจัดลำดับคิวทั้ง 4 แบบเมื่อ กำหนดอัตราการเรียกเข้าแบบแฮนด์โอเวอร์เท่ากับ 500 การเรียกต่อวินาที และอัตราการเรียกเข้าครั้งใหม่เท่ากับ 10 การเรียกต่อวินาที ด้วยเงื่อนไขต่างๆ

Condition	Call dropping probability			
	FIFO	LUI-Static	LUI-Dynamic	Time-Out
Poisson Distribution	1	1	1	1
Uniform Distribution	0.8997	0.8993	0.8994	0.9001
Same Time	0.7984	1	1	1

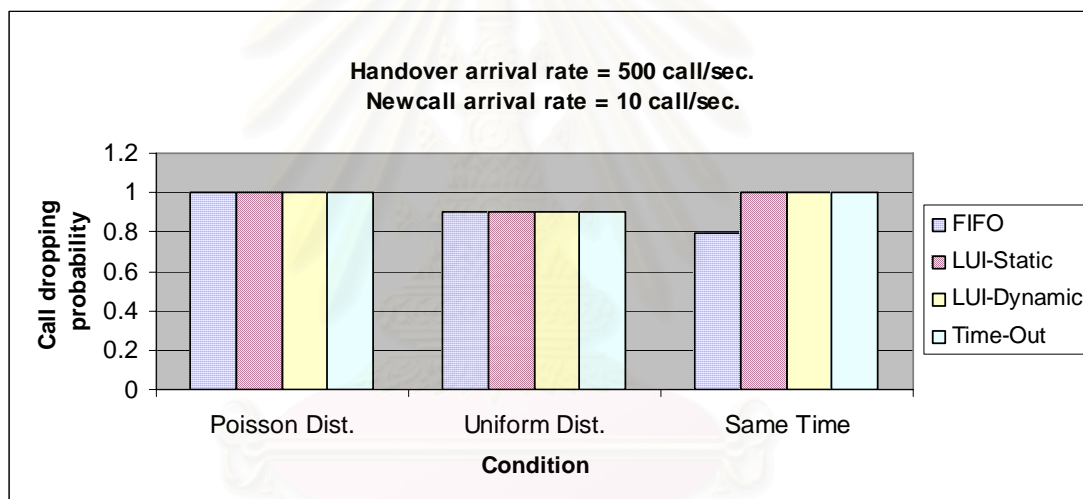
ตารางที่ 17 เปรียบเทียบ Probability of Dropping call ของการจัดลำดับคิวทั้ง 4 แบบเมื่อกำหนดอัตราการเรียกเข้าแบบแฮนด์โอเวอร์เท่ากับ 500 การเรียกต่อวินาที และอัตราการเรียกเข้าครั้งใหม่เท่ากับ 10 การเรียกต่อวินาที



รูปที่ 44 เปรียบเทียบ Probability of Dropping call ของการจัดลำดับคิวทั้ง 4 แบบเมื่อกำหนดอัตราการเรียกเข้าแบบแฮนด์โอเวอร์เท่ากับ 500 การเรียกต่อวินาที และอัตราการเรียกเข้าครั้งใหม่เท่ากับ 10 การเรียกต่อวินาที

Queueing Discipline	Call dropping probability		
	Poisson Dist.	Uniform Dist.	Same Time
FIFO	1	0.8997	0.7984
LUI-Static	1	0.8993	1
LUI-Dynamic	1	0.8994	1
Time-Out	1	0.9001	1

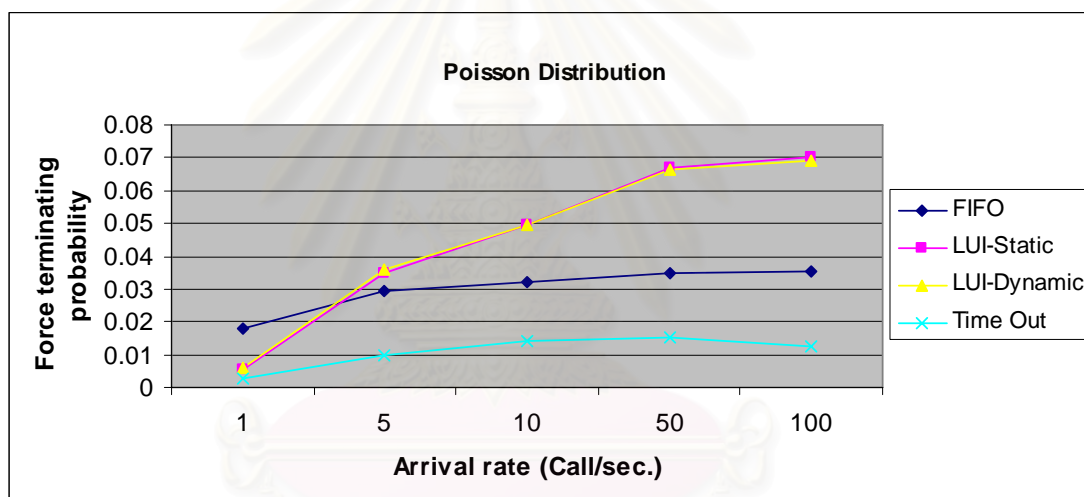
ตารางที่ 18 เปรียบเทียบ Probability of Dropping call ของการจัดลำดับคิวทั้ง 4 แบบเมื่อ กำหนดอัตราการเรียกเข้าแบบแฮนด์โอเวอร์เท่ากับ 500 การเรียกต่อวินาที และอัตราการ เรียกเข้าครั้งใหม่เท่ากับ 10 การเรียกต่อวินาที ด้วยเงื่อนไขต่างๆ



รูปที่ 45 เปรียบเทียบ Probability of Dropping call ของการจัดลำดับคิวทั้ง 4 แบบเมื่อกำหนด อัตราการเรียกเข้าแบบแฮนด์โอเวอร์เท่ากับ 500 การเรียกต่อวินาที และอัตราการเรียกเข้า ครั้งใหม่เท่ากับ 10 การเรียกต่อวินาที ด้วยเงื่อนไขต่างๆ

Arrival rate (Call/sec.)	Force terminating probability			
	FIFO	LUI-Static	LUI-Dynamic	Time Out
1	0.018	0.0057	0.006	0.0026
5	0.0296	0.0349	0.0357	0.01
10	0.0323	0.0494	0.0493	0.0141
50	0.0349	0.0667	0.0665	0.0153
100	0.0353	0.0703	0.0689	0.0124

ตารางที่ 19 เปรียบเทียบ Probability of Forced Termination ของการจัดลำดับคิวทั้ง 4 แบบเมื่อมีการเรียกเข้าแจกแจงแบบปัวซองของต์ ที่อัตราการเรียกเข้าต่างๆ

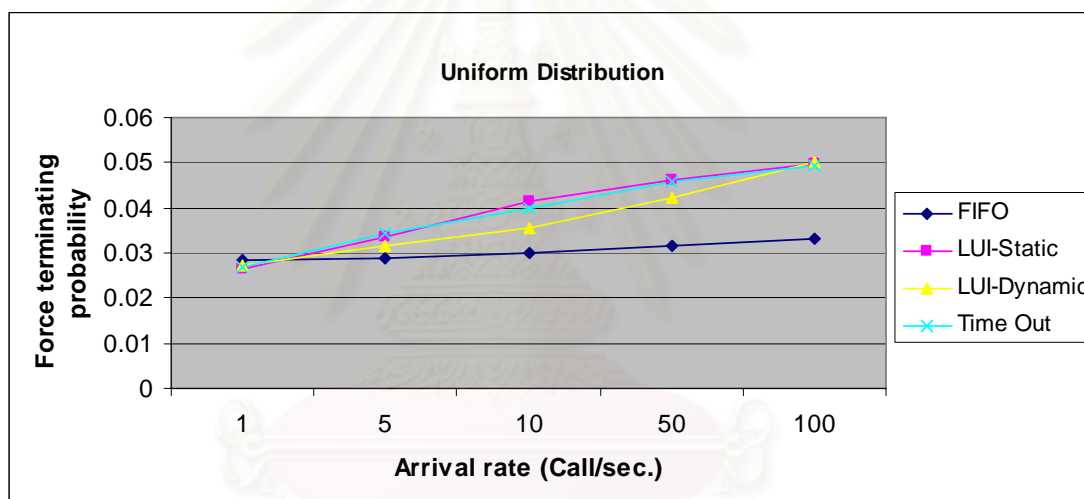


รูปที่ 46 เปรียบเทียบ Probability of Forced Termination ของการจัดลำดับคิวทั้ง 4 แบบเมื่อมีการเรียกเข้าแจกแจงแบบปัวซองของต์ ที่อัตราการเรียกเข้าต่างๆ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Arrival rate (Call/sec.)	Force terminating probability			
	FIFO	LUI-Static	LUI-Dynamic	Time Out
1	0.0285	0.0264	0.0271	0.027
5	0.0289	0.0334	0.0315	0.0345
10	0.0301	0.0413	0.0357	0.0399
50	0.0315	0.0461	0.0422	0.0457
100	0.0332	0.0497	0.0503	0.0493

ตารางที่ 20 เปรียบเทียบ Probability of Forced Termination ของการจัดลำดับคิวทั้ง 4 แบบเมื่อมีการเรียกเข้าแจกแจงแบบยูนิฟอร์ม ที่อัตราการเรียกเข้าต่างๆ

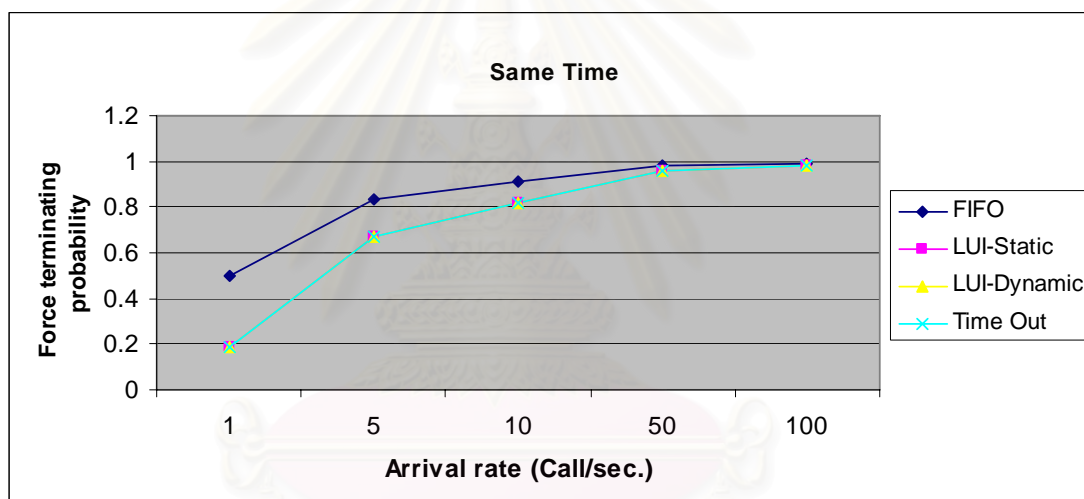


รูปที่ 47 เปรียบเทียบ Probability of Forced Termination ของการจัดลำดับคิวทั้ง 4 แบบเมื่อมีการเรียกเข้าแจกแจงแบบยูนิฟอร์ม ที่อัตราการเรียกเข้าต่างๆ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Arrival rate (Call/sec.)	Force terminating probability			
	FIFO	LUI-Static	LUI-Dynamic	Time Out
1	0.4992	0.1854	0.1843	0.1839
5	0.833	0.6676	0.6679	0.6669
10	0.9091	0.8184	0.8182	0.8182
50	0.9804	0.9608	0.9608	0.9608
100	0.9901	0.9802	0.9802	0.9802

ตารางที่ 21 เปรียบเทียบ Probability of Forced Termination ของการจัดลำดับคิวทั้ง 4 แบบเมื่อ กำหนดเงื่อนไขเวลาให้หรือสูงสุดเท่ากันทุกการเรียก ในอัตราการเรียกต่างๆ

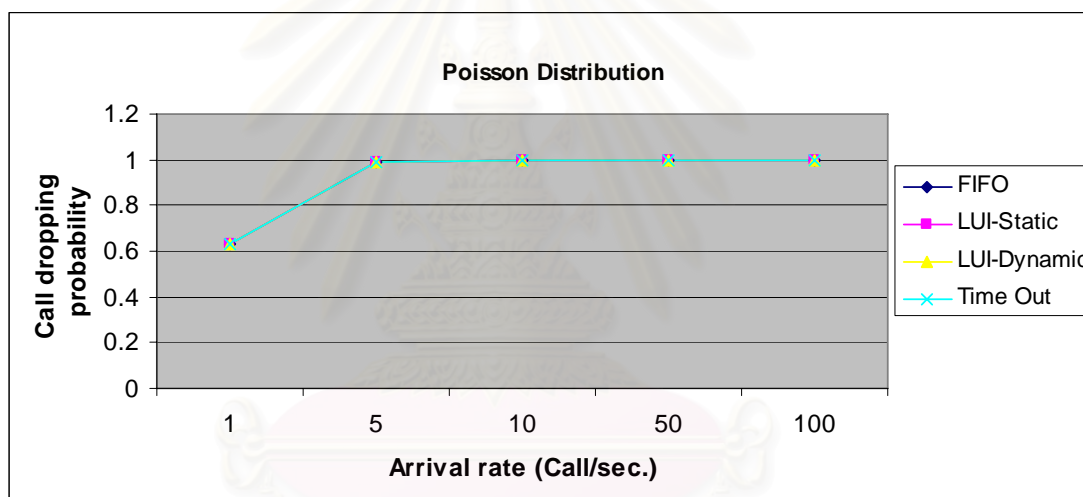


รูปที่ 48 เปรียบเทียบ Probability of Forced Termination ของการจัดลำดับคิวทั้ง 4 แบบเมื่อ กำหนดเงื่อนไขเวลาให้หรือสูงสุดเท่ากันทุกการเรียก ในอัตราการเรียกต่างๆ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Arrival rate (Call/sec.)	Call dropping probability			
	FIFO	LUI-Static	LUI-Dynamic	Time Out
1	0.6313	0.6292	0.6319	0.6343
5	0.9932	0.9934	0.9932	0.9927
10	0.9998	0.9999	0.9999	0.9999
50	1	1	1	1
100	1	1	1	1

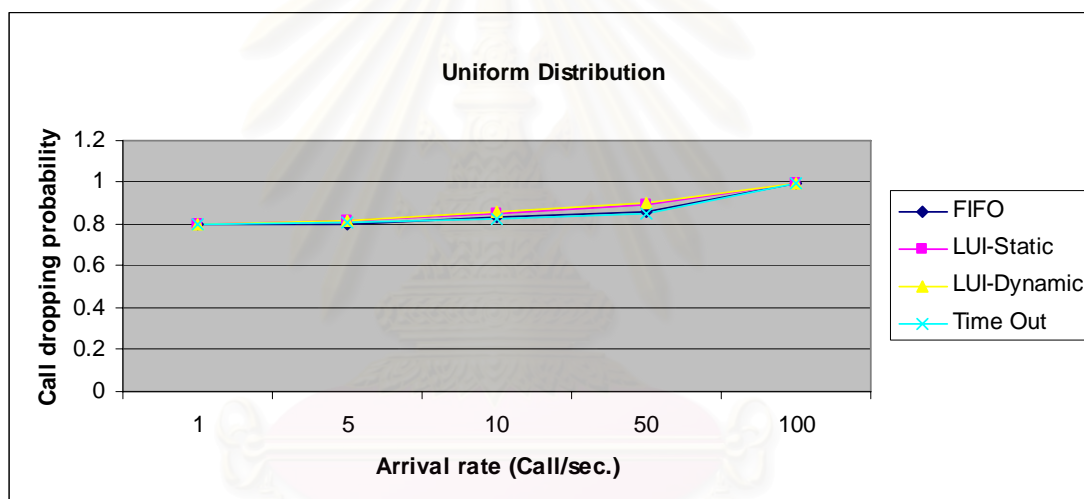
ตารางที่ 22 เปรียบเทียบ Probability of Dropping call ของการจัดลำดับคิวทั้ง 4 แบบเมื่อมีการเรียกเข้าแจกแจงแบบปัวซองของต์ ที่อัตราการเรียกเข้าต่างๆ



รูปที่ 49 เปรียบเทียบ Probability of Dropping call ของการจัดลำดับคิวทั้ง 4 แบบเมื่อมีการเรียกเข้าแจกแจงแบบปัวซองของต์ ที่อัตราการเรียกเข้าต่างๆ

Arrival rate (Call/sec.)	Call dropping probability			
	FIFO	LUI-Static	LUI-Dynamic	Time Out
1	0.7979	0.799	0.7965	0.7997
5	0.7991	0.8199	0.8204	0.8071
10	0.8299	0.8497	0.8599	0.8295
50	0.8599	0.8899	0.8999	0.8499
100	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999

ตารางที่ 23 เปรียบเทียบ Probability of Dropping call ของการจัดลำดับคิวทั้ง 4 แบบเมื่อมีการเรียกเข้าแจกแจงแบบยูนิฟอร์ม ที่อัตราการเรียกเข้าต่างๆ

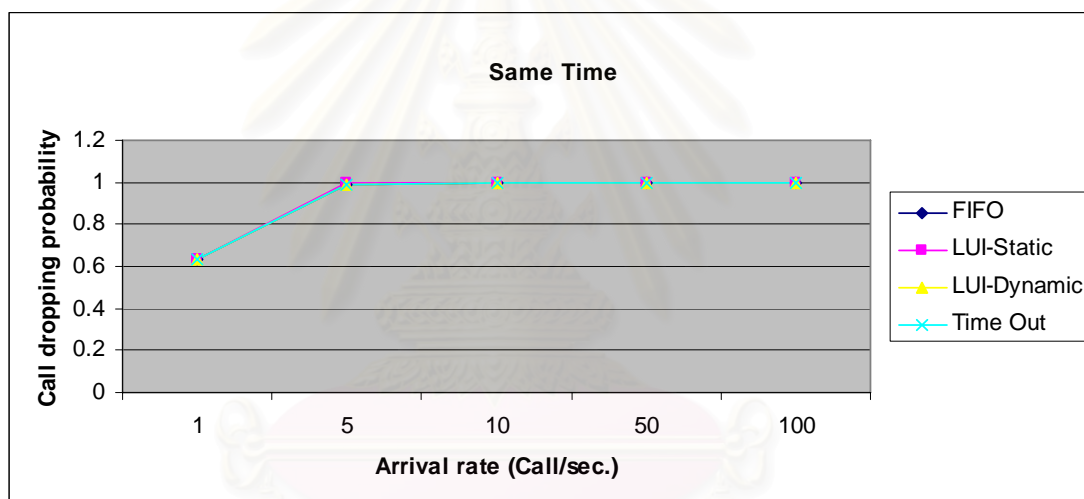


รูปที่ 50 เปรียบเทียบ Probability of Dropping call ของการจัดลำดับคิวทั้ง 4 แบบเมื่อมีการเรียกเข้าแจกแจงแบบยูนิฟอร์ม ที่อัตราการเรียกเข้าต่างๆ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Arrival rate (Call/sec.)	Call dropping probability			
	FIFO	LUI-Static	LUI-Dynamic	Time Out
1	0.6328	0.6345	0.6332	0.6314
5	0.9928	0.9931	0.9926	0.9929
10	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999
50	1	1	1	1
100	1	1	1	1

ตารางที่ 24 เปรียบเทียบ Probability of Dropping call ของการจัดลำดับคิวทั้ง 4 แบบเมื่อกำหนดเงื่อนไขเวลาให้รอสูงสุดเท่ากันทุกการเรียก ในอัตราการเรียกต่างๆ

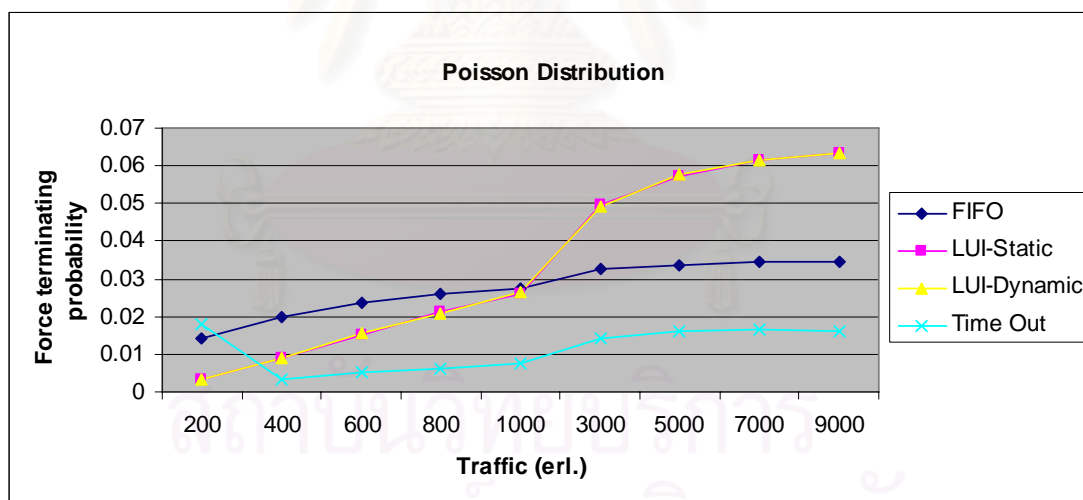


รูปที่ 51 เปรียบเทียบ Probability of Dropping call ของการจัดลำดับคิวทั้ง 4 แบบเมื่อกำหนดเงื่อนไขเวลาให้รอสูงสุดเท่ากันทุกการเรียก ในอัตราการเรียกต่างๆ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Traffic (erl.)	Force terminating probability			
	FIFO	LUI-Static	LUI-Dynamic	Time Out
200	0.0141	0.0034	0.0033	0.018
400	0.0198	0.0091	0.0091	0.0034
600	0.0237	0.0153	0.0156	0.005
800	0.026	0.0212	0.0209	0.0063
1000	0.0273	0.0259	0.0264	0.0074
3000	0.0325	0.0495	0.0493	0.0144
5000	0.0338	0.0572	0.0576	0.016
7000	0.0344	0.0616	0.0613	0.0164
9000	0.0346	0.0636	0.0633	0.0161

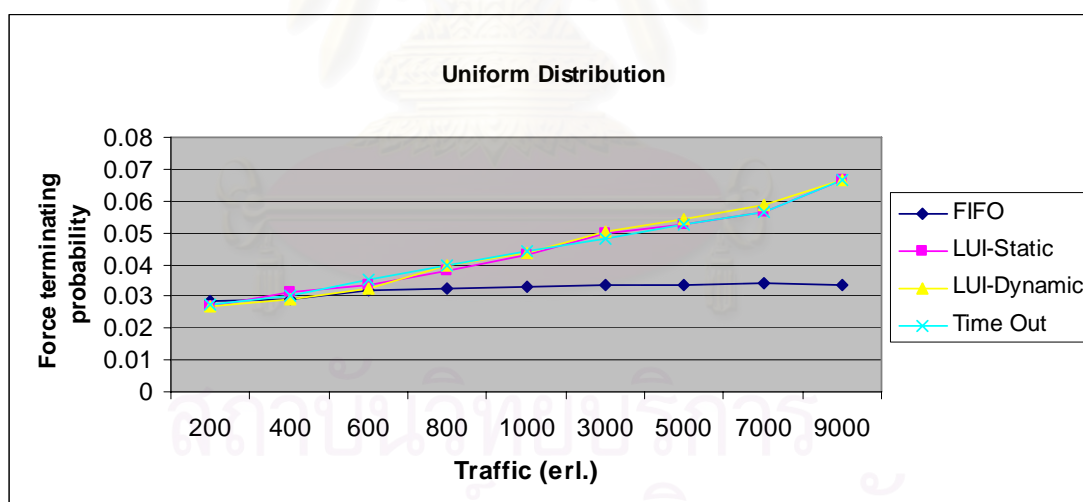
ตารางที่ 25 เปรียบเทียบ Probability of Forced Termination ของการจัดลำดับคิวทั้ง 4 แบบเมื่อมีการเรียกเข้าแจกแจงแบบบัวร์ซองต์ ที่ปริมาณทราฟฟิกต่างๆ



รูปที่ 52 เปรียบเทียบ Probability of Forced Termination ของการจัดลำดับคิวทั้ง 4 แบบเมื่อมีการเรียกเข้าแจกแจงแบบบัวร์ซองต์ ที่ปริมาณทราฟฟิกต่างๆ

Traffic (erl.)	Force terminating probability			
	FIFO	LUI-Static	LUI-Dynamic	Time Out
200	0.0284	0.027	0.0268	0.0272
400	0.029	0.0311	0.0293	0.03
600	0.0317	0.0335	0.0326	0.035
800	0.0325	0.0379	0.0398	0.04
1000	0.0332	0.0432	0.0439	0.044
3000	0.0333	0.0497	0.0501	0.0482
5000	0.0338	0.0526	0.0544	0.0525
7000	0.0342	0.0566	0.0585	0.0564
9000	0.0336	0.0663	0.0668	0.0666

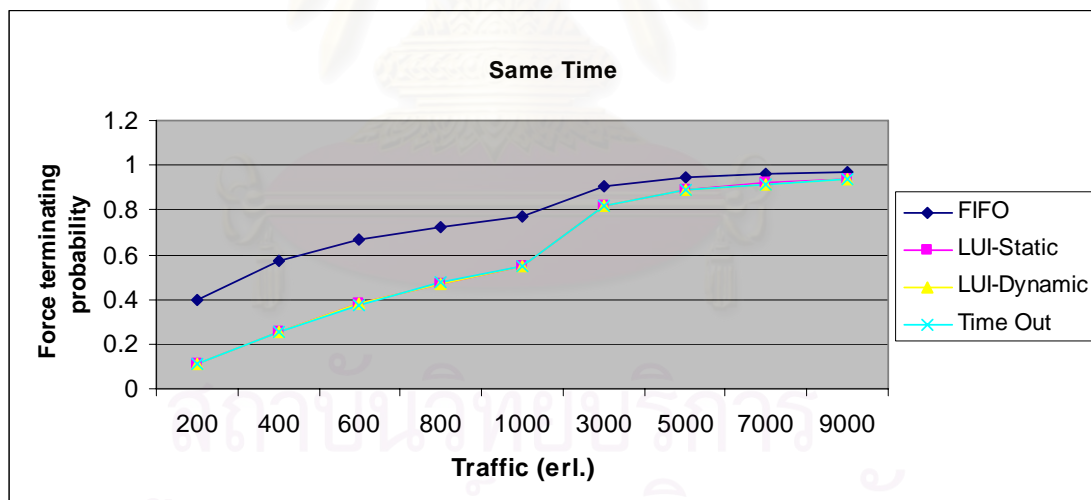
ตารางที่ 26 เปรียบเทียบ Probability of Forced Termination ของการจัดลำดับคิวทั้ง 4 แบบเมื่อมีการเรียกเข้าแจกแจงแบบยูนิฟอร์ม ที่ปริมาณทราฟฟิกต่างๆ



รูปที่ 53 เปรียบเทียบ Probability of Forced Termination ของการจัดลำดับคิวทั้ง 4 แบบเมื่อมีการเรียกเข้าแจกแจงแบบยูนิฟอร์ม ที่ปริมาณทราฟฟิกต่างๆ

Traffic (erl.)	Force terminating probability			
	FIFO	LUI-Static	LUI-Dynamic	Time Out
200	0.3984	0.1074	0.1096	0.1074
400	0.571	0.2548	0.2558	0.2542
600	0.6657	0.3789	0.3791	0.3768
800	0.7264	0.472	0.4716	0.4729
1000	0.7684	0.5466	0.545	0.5457
3000	0.9091	0.8182	0.8184	0.818
5000	0.9434	0.8868	0.8868	0.8869
7000	0.9589	0.9179	0.9178	0.9178
9000	0.9677	0.9355	0.9355	0.9355

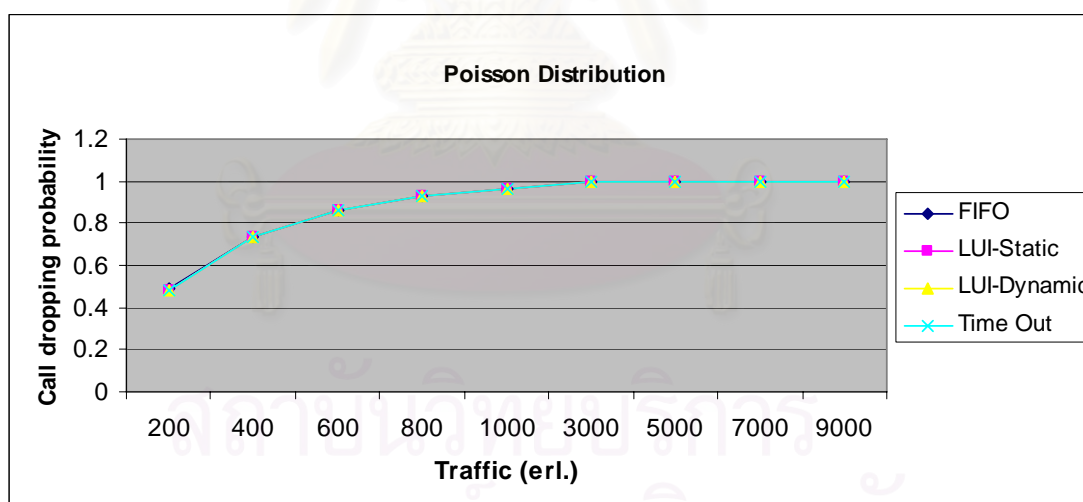
ตารางที่ 27 เปรียบเทียบ Probability of Forced Termination ของการจัดลำดับคิวทั้ง 4 แบบเมื่อ กำหนดเงื่อนไขเวลาให้หรือสูงสุดเท่ากันทุกการเรียก ที่ปริมาณทราฟฟิกต่างๆ



รูปที่ 54 เปรียบเทียบ Probability of Forced Termination ของการจัดลำดับคิวทั้ง 4 แบบเมื่อ กำหนดเงื่อนไขเวลาให้หรือสูงสุดเท่ากันทุกการเรียก ที่ปริมาณทราฟฟิกต่างๆ

Traffic (erl.)	Call dropping probability			
	FIFO	LUI-Static	LUI-Dynamic	Time Out
200	0.4893	0.4859	0.4851	0.4848
400	0.7365	0.7369	0.7355	0.7376
600	0.8639	0.8628	0.864	0.8638
800	0.9317	0.9299	0.9305	0.9303
1000	0.9627	0.964	0.965	0.9643
3000	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999
5000	1	1	1	1
7000	1	1	1	1
9000	1	1	1	1

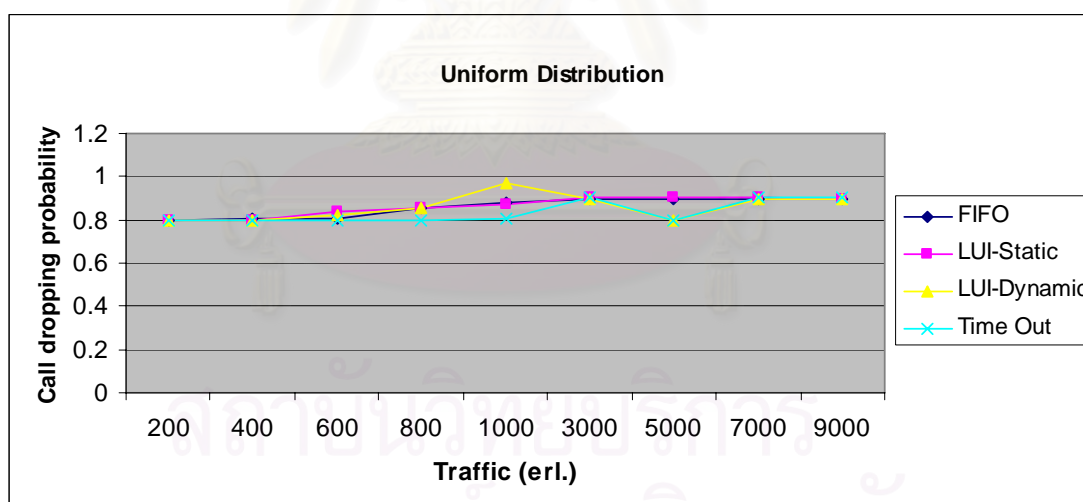
ตารางที่ 28 เปรียบเทียบ Probability of Dropping call ของการจัดลำดับคิวทั้ง 4 แบบเมื่อมีการเรียกเข้าแจกแจงแบบปัวร์ซองต์ ที่ปริมาณทราฟฟิกต่างๆ



รูปที่ 55 เปรียบเทียบ Probability of Dropping call ของการจัดลำดับคิวทั้ง 4 แบบเมื่อมีการเรียกเข้าแจกแจงแบบปัวร์ซองต์ ที่ปริมาณทราฟฟิกต่างๆ

Traffic (erl.)	Call dropping probability			
	FIFO	LUI-Static	LUI-Dynamic	Time Out
200	0.8011	0.799	0.7978	0.7974
400	0.8025	0.8001	0.8007	0.7997
600	0.8072	0.8352	0.8223	0.7977
800	0.8575	0.8567	0.8527	0.7994
1000	0.8776	0.8753	0.9729	0.8018
3000	0.8994	0.9016	0.8986	0.9006
5000	0.8996	0.901	0.7984	0.8008
7000	0.8998	0.9007	0.8993	0.9002
9000	0.8995	0.8985	0.8991	0.9015

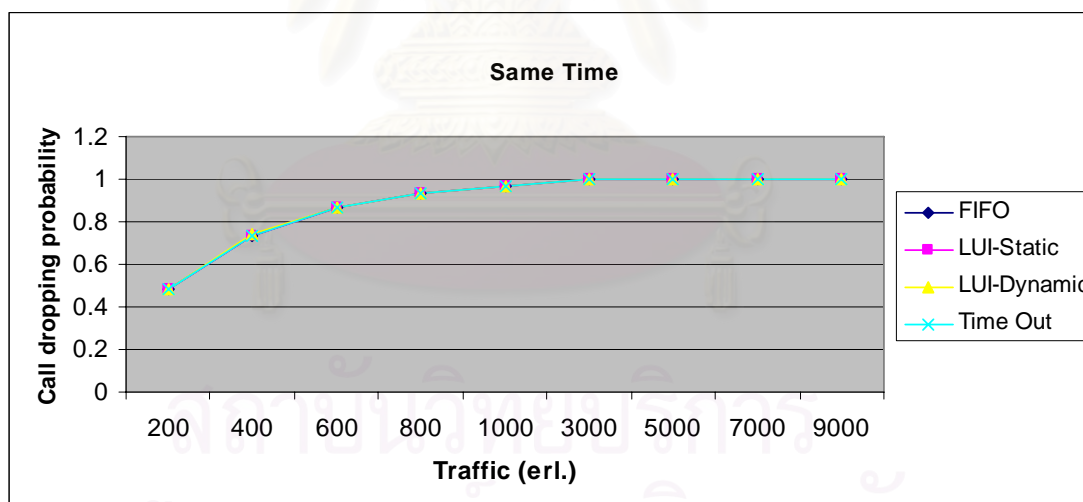
ตารางที่ 29 เปรียบเทียบ Probability of Dropping call ของการจัดลำดับคิวทั้ง 4 แบบเมื่อมีการเรียกเข้าแจกแจงแบบยูนิฟอร์ม ที่ปริมาณทราฟฟิกต่างๆ



รูปที่ 56 เปรียบเทียบ Probability of Dropping call ของการจัดลำดับคิวทั้ง 4 แบบเมื่อมีการเรียกเข้าแจกแจงแบบยูนิฟอร์ม ที่ปริมาณทราฟฟิกต่างๆ

Traffic (erl.)	Call dropping probability			
	FIFO	LUI-Static	LUI-Dynamic	Time Out
200	0.4856	0.485	0.4872	0.4843
400	0.7355	0.7343	0.7383	0.7366
600	0.8643	0.8655	0.8661	0.8632
800	0.9307	0.9303	0.9305	0.931
1000	0.964	0.9644	0.9629	0.9637
3000	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999
5000	1	1	1	1
7000	1	1	1	1
9000	1	1	1	1

ตารางที่ 30 เปรียบเทียบ Probability of Dropping call ของการจัดลำดับคิวทั้ง 4 แบบเมื่อกำหนดเงื่อนไขเวลาให้รอสูงสุดเท่ากันทุกการเรียก ที่ปริมาณทราฟฟิกต่างๆ



รูปที่ 57 เปรียบเทียบ Probability of Dropping call ของการจัดลำดับคิวทั้ง 4 แบบเมื่อกำหนดเงื่อนไขเวลาให้รอสูงสุดเท่ากันทุกการเรียก ที่ปริมาณทราฟฟิกต่างๆ

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

1.1 ผลการวิเคราะห์

วิทยานิพนธ์ในส่วนที่ 1 พิจารณาการเรียกเข้าแบบแฮนด์โอเวอร์เท่านั้น โดยวิเคราะห์จากการจัดลำดับคิว 3 แบบคือ FIFO, LUI-Static และ LUI-Dynamic

ระบบดาวเทียมสื่อสารที่มีขนาดใหญ่หรือจำนวนทรังก์ (trunk) มากๆ จำนวน E1 จะเยาะขึ้นระบบสามารถรองรับทราฟฟิกได้สูงหลายพันเออร์แลง จากผลการทดลองรูปที่ 27 เปรียบเทียบ Probability of Forced Termination ของการจัดลำดับคิวแบบ FIFO, LUI และแบบ LUI ที่อัปเดตลำดับเมื่อมีการเรียกเข้า (Dynamic-LUI) ที่ปริมาณทราฟฟิกต่างๆ ที่ทราฟฟิกต่ำ ค่า Probability of Forced Termination จะไม่ต่างกันมากทั้งนี้เนื่องจากการเรียกแบบแฮนด์โอเวอร์ที่เข้ามาขอใช้บริการของสัญญาณไม่คับคั่งมากนัก ดังนั้นการเรียกที่หลุดไปจากระบบโดยที่ยังไม่ได้รับบริการจึงไม่ต่างกันอย่างเห็นได้ชัด แต่กรณีที่การเรียกคับคั่งหรือช่วงที่ทราฟฟิกมีค่าสูงถึงค่าหนึ่งการ จัดลำดับคิวจะมีความสำคัญมาก ดังนั้นจากกราฟ จะเห็นความแตกต่างของผลประสิทธิภาพของระบบอย่างชัดเจนในช่วงทราฟฟิกประมาณ 5000 ถึง 7000 เออร์แลง แต่เมื่อทราฟฟิกมีค่าสูงมาก ถึงจุดหนึ่ง จากกราฟคือประมาณ 9000 เออร์แลงความแตกต่างของค่า Probability of Forced Termination จะเริ่มไม่มีความแตกต่างเช่นเดียวกับตอนแรกซึ่งเป็นไปได้ว่าทราฟฟิกสูงมากจนการจัดลำดับคิวไม่ส่งผลใดมากในระบบ เพราะไม่ว่าจะมีระบบการจัดลำดับคิวดีเพียงใด หากช่องสัญญาณยังไม่ว่างให้ใช้งานการเรียกใดๆ ก็ไม่สามารถรอได้ภายในเวลาที่กำหนด ดังนั้นโอกาสที่การเรียกจะหลุดไปจากระบบจึงเป็นไปได้มากขึ้นนั่นเอง

เมื่อพิจารณาอัตราการเรียกเข้าเป็นค่าที่แตกต่างกันดังรูปที่ 28 ผลที่ได้คล้ายกับรูปที่ 26 และรูปที่ 27 คือเมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการจัดลำดับคิวทั้ง 3 แบบ การจัดลำดับคิวแบบ Dynamic LUI ให้ผลแก่ระบบดีที่สุดหรือค่า Probability of Forced Termination ต่ำสุด ส่วนการจัดลำดับคิวแบบ LUI ถาวรที่ให้ค่าสูงกว่าเล็กน้อย จะเห็นความแตกต่างของการจัดลำดับคิวได้ชัดเมื่ออัตราการเรียกเข้าอยู่ในช่วงระหว่าง 0.5 ถึง 100 การเรียกต่อวินาที และจะต่างกันน้อยมากนอกเหนือจากค่าดังกล่าว ด้วยเหตุผลเดียวกับข้างต้น สำหรับการจัดลำดับคิวแบบ FIFO เป็นการ จัดเรียงลำดับที่มีหลักการต่างกันโดยสิ้นเชิง และมีค่า Probability of Forced Termination สูงกว่าการจัดลำดับคิว LUI ทั้ง 2 แบบ ทั้งนี้เมื่ออ้างอิงจากทฤษฎีของหลักการจัดเรียง จะเห็นว่าความเร่งด่วนของการเรียกจะถูกพิจารณาก่อนการขอใช้บริการก่อนและต้องได้รับก่อน ซึ่งผลงานวิจัยเป็นไปตามทฤษฎีดังกล่าว

ในรูปที่ 29 และรูปที่ 30 ผลของการจำลองอัตราการเรียกเข้าที่มีค่ามากคือ 100 การเรียกต่อวินาที ซึ่งการกำหนดพารามิเตอร์อัตราการเรียกสูงในระดับหนึ่งนี้จะส่งผลต่อระบบทำให้เห็นความแตกต่างอย่างเห็นได้ชัดว่าการจัดลำดับคิว LUI แบบอัปเดตลำดับทุกการเรียกเข้าลดภาวะสายหลุดของการเรียกแบบแบนด์โอเวอร์ ทั้งนี้เนื่องจากการเรียกเข้ามาในระบบทุกวินาทีในการจัดลำดับคิวแบบ LUI แบบถาวรจะไม่ปรับเปลี่ยนลำดับใหม่สำหรับการจัดลำดับเรียบร้อยแล้วของวินาทีหรือช่วงเวลาก่อนหน้า ขณะที่การจัดลำดับคิวแบบ Dynamic-LUI หรือ LUI แบบอัปเดตลำดับทุกการเรียกเข้า เมื่อมีการเรียกเข้าไม่ว่าจะจะเป็นวินาทีใดก็ตามระบบจะมีการจัดลำดับคิวใหม่ทุกครั้งเพื่อให้การเรียกที่ต้องการใช้บริการอย่างเร่งด่วนได้รับบริการก่อน ผลการวิจัยเป็นไปตามทฤษฎี

รูปที่ 31 กราฟสนับสนุนแนวคิดเดิมโดยพิจารณาค่า Probability of Forced Termination เมื่อกำหนดกราฟพิกเท่ากับ 22 เฮอร์แลง การจัดลำดับคิวแบบ Dynamic LUI มีประสิทธิภาพในการกำหนดของสัญญาณแก่กระบวนการแบนด์โอเวอร์สูงกว่าการจัดลำดับคิวแบบ LUI ถาวร และการจัดลำดับคิวแบบ FIFO ซึ่งเป็นไปตามจุดประสงค์ของงานวิจัย

วิทยานิพนธ์ในส่วนที่ 2 พิจารณาการเรียกเข้าทั้ง 2 แบบคือการเรียกแบบแบนด์โอเวอร์และการเรียกเข้าครั้งใหม่ โดยวิเคราะห์จากการจัดลำดับคิว 4 แบบคือ FIFO, LUI-Static, LUI-Dynamic และ Time Out ซึ่งแต่ละหลักการที่นำมาจัดเรียงลำดับจะแตกต่างกัน จึงมีข้อเด่นที่ต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับเหตุการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้นเป็นประจำ หรืออาจไม่เกิดขึ้นบ่อยนักแต่ก็มีความเป็นไปได้ว่าจะมีโอกาสเกิดขึ้น ผลการจัดลำดับคิวแต่ละแบบจึงไม่สามารถกำหนดตายตัวได้ว่าแบบไหนดีที่สุด แต่หากพิจารณาเป็นกรณีในเหตุการณ์ต่างๆ จะทำให้ง่ายและชัดเจนในการวิเคราะห์สรุปว่าการจัดลำดับคิวแบบไหนดีและเหมาะสมที่สุดกับเหตุการณ์สมมุติแบบใด

กรณีที่ 1 เมื่อการเรียกเข้าแบบแบนด์โอเวอร์และการเรียกเข้าครั้งใหม่มีอัตราการเรียกเข้าไม่เท่ากัน จากผลการทดลองรูปที่ 32 และรูปที่ 33

กำหนดให้อัตราการเรียกเข้าแบบแบนด์โอเวอร์มีค่าเท่ากับ 50 การเรียกต่อวินาที และ 1 การเรียกต่อวินาที สลับกับอัตราการเรียกเข้าครั้งใหม่มีค่าเท่ากับ 1 การเรียกต่อวินาที และ 50 การเรียกต่อวินาที ตามลำดับ จากผลการทดลองในรูปที่ 32 จะเห็นว่าอัตราการเรียกเข้าแบบแบนด์โอเวอร์ที่มากกว่าอัตราการเรียกเข้าครั้งใหม่ ทำให้การจัดลำดับคิวแบบ LUI-Dynamic ให้ค่า P_f ต่ำที่สุดหรือมีประสิทธิภาพมากที่สุด ขณะที่การจัดลำดับคิวแบบ FIFO มีประสิทธิภาพต่ำสุด และจากรูปที่ 33 ค่า P_{drop} ของการจัดลำดับคิวทุกแบบมีค่าเท่ากันคือ 1 หมายถึงการเรียกเข้าครั้งใหม่เข้ามาในระบบ โอกาสที่จะเกิดสายหลุดเป็นไปได้ 100 % ทั้งนี้เพราะการปรับระบบให้ความสำคัญ

ต่อการเรียกเข้าแบบแชนด์โอเวอร์มากกว่าการเรียกเข้าครั้งใหม่ และเหตุการณ์จำลองนี้กำหนดให้อัตราการเรียกเข้าแบบแชนด์โอเวอร์มีอัตราที่สูงกว่าอัตราการเรียกเข้าครั้งใหม่มาก โอกาสที่จะมีการเรียกเข้าครั้งใหม่เข้ามาในระบบมีน้อย ในขณะที่มีการเรียกเข้าแบบแชนด์โอเวอร์เข้ามาครั้งละหลายๆ ดังนั้นเมื่อช่องสัญญาณว่าง การเรียกเข้าแบบแชนด์โอเวอร์ที่ออกกันอยู่ในคิวก็จะได้รับบริการก่อนเสมอ การเรียกเข้าครั้งใหม่จึงแทบไม่มีโอกาสได้ใช้ช่องสัญญาณ

เนื่องจากการจัดลำดับคิวแบบ FIFO เป็นการจัดเรียงลำดับที่มีหลักการต่างจากการจัดลำดับคิวแบบอื่นๆ คือไม่คำนึงถึงความเร่งด่วนของการขอใช้บริการ เมื่ออ้างอิงจากทฤษฎีของหลักการจัดเรียงแบบ LUI และ Time Out ที่ให้ความสำคัญกับความเร่งด่วนที่รอใช้บริการ คือความเร่งด่วนของการเรียกมากกว่าจะถูกพิจารณาให้ได้รับบริการก่อน อัตราการเกิดสายหลุด (Probability of Forced Termination) จึงน้อยกว่าแบบ FIFO ซึ่งผลงานวิจัยเป็นไปตามทฤษฎีดังกล่าว

เมื่อมาพิจารณาอัตราการเรียกเข้าครั้งใหม่มีค่าเท่ากับ 50 การเรียกต่อวินาที และการเรียกแบบแชนด์โอเวอร์เท่ากับ 50 การเรียกต่อวินาที จากรูปที่ 32 อัตราการเรียกเข้าครั้งใหม่มีมากกว่า ดังนั้นโอกาสที่จะได้รับบริการช่องสัญญาณจึงมีสูงกว่า สายหลุดน้อยกว่าเมื่อเทียบกับแบบแรกที่อัตราการเรียกเข้าครั้งใหม่มีน้อย แต่อัตราการเรียกเข้าแบบแชนด์โอเวอร์สูง

สำหรับการเรียกเข้าแบบแชนด์โอเวอร์ การจัดลำดับคิวแบบ Time Out มีประสิทธิภาพสูงสุด ดังรูปที่ 32 ทั้งนี้เนื่องจากการให้ความสำคัญกับเวลาที่สามารรถได้ในคิวที่มีการเรียกออกอยู่ไม่มากนัก ไม่จำเป็นต้องใช้การจัดเรียงแบบ LUI ที่มีการประมวลผลต่างที่สามารถรอได้ (residual time) จึงไม่เสียเวลาและยุ่งยากในการประมวลผล ทั้งยังมีประสิทธิภาพที่ดีกว่า FIFO และ LUI ทั้ง 2 แบบอย่างเห็นได้ชัดอีกด้วย

กรณีที่ 2 อัตราการเรียกเข้าแบบแชนด์โอเวอร์ และการเรียกเข้าครั้งใหม่มีค่าน้อยๆ และเป็นอัตราที่ใกล้เคียงกัน

จากแบบจำลองกำหนดให้อัตราการเรียกเข้าแบบแชนด์โอเวอร์เท่ากับ 0.05 การเรียกต่อวินาที ในขณะที่อัตราการเรียกเข้าครั้งใหม่เท่ากับ 1 การเรียกต่อวินาที พิจารณาจากผลในรูปที่ 34 ถึงรูปที่ 41 จำลองสถานการณ์เมื่อการเรียกเข้ามีการแจกแจงแบบปัวร์ซองต์, การแจกแจงแบบยูนิฟอร์ม และสร้างสถานการณ์สมมุติว่าหากทุกการเรียกเข้ามีเวลาสูงสุดที่สามารถรอได้เท่ากันหมดทุกการเรียก ผลที่ได้มีความแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัดเนื่องจากอัตราการเรียกเข้าที่มีค่าน้อย การจัดสรรช่องสัญญาณจึงมีคุณภาพหรือไม่ ขึ้นกับเทคนิคการจัดลำดับคิว

ในการเรียกเข้ากระจายแบบปัวร์ซองต์ การจัดลำดับคิวโดยพิจารณาค่า Time Out ให้ผล Probability of Forced Termination น้อยที่สุดในทางกลับกันการจัดลำดับคิวแบบ

FIFO ให้ผล Probability of Forced Termination สูงสุดจึงมีประสิทธิภาพในการจัดลำดับในสถานการณ์นี้ต่ำกว่าการจัดลำดับคิวทุกแบบ ทั้งนี้เพราะแบบจำลองให้ความสำคัญกับเวลา หากบริหารจัดการเวลาได้ดี เลือกรายการเรียกที่เวลาดำเนินการสามารถทนรอได้น้อยที่สุดให้ไปอยู่ต้นแถว โอกาสที่การเรียกจะหลุดไปเพราะช่องสัญญาณยังไม่ว่างให้บริการและเวลาที่สามารถรอได้หมดไปก็จะมีน้อย นั่นคืออัตราที่จะเกิดสายหลุดไปน้อยดังรูปที่ 34

เมื่อเปรียบเทียบกับกรเรียกเข้าที่มีการแจกแจงแบบยูนิฟอร์ม ในรูปที่ 35 จะเห็นว่ากรเรียกเข้าแบบปัวร์ซองต์จะมีโอกาสเกิดสายหลุดน้อยกว่ากรเรียกเข้าแบบยูนิฟอร์มมาก เพราะอัตรากรเรียกเข้ามีค่าน้อยมากๆ ประมาณ 0.05 การเรียกต่อวินาทีนี้เองทำให้ กรเรียกเข้าที่มีลักษณะเกาะเป็นกลุ่มเข้ามาในช่วงเวลาเดียวกันของกรเรียกแบบปัวร์ซองต์ จะได้รับบริการช่องสัญญาณทันที ซึ่งต่างจากกรเรียกแบบกระจายยูนิฟอร์มที่เข้ามาแต่ละช่วงเวลาแทบจะไม่ตรงกันหรือกระจัดกระจายระบบต้องยุ่งยากในการวิเคราะห์ประมวลผลเพื่อให้บริการหลากหลายเวลามากขึ้น จึงเป็นเหตุผลให้ประสิทธิภาพในการจัดเรียงและจัดสรรช่องสัญญาณจึงต่ำกว่ากรแจกแจงแบบปัวร์ซองต์

สมมุติสถานการณ์ว่าทุกกรเรียกสามารถรอใช้บริการอยู่ในคิวได้ในเวลาสูงสุดเท่ากันหมดทุกกรเรียกโอกาสที่จะเกิดสายหลุดก็จะยิ่งสูงขึ้นไปอีก และยิ่งอัตรากรเรียกมากขึ้นเท่าไร การจัดลำดับคิวที่ค่านึงเวลาดำเนินการ เช่นการจัดลำดับคิวทั้ง 3 แบบ LUI-Static, LUI-Dynamic และ Time Out ก็จะไม่ม่ผลต่อระบบมากขึ้นเท่านั้น ค่า Probability of Forced Termination จะสูงกว่าการจัดลำดับคิวแบบ FIFO อย่างเห็นได้ชัดขึ้น ดังรูปที่ 36

กรณีที่ 3 เมื่อกรเรียกเข้าแบบแฮนด์โอเวอร์มีอัตราสูงกว่ากรเรียกเข้าครั้งใหม่มากๆ

กำหนดให้อัตรากรเรียกเข้าแบบแฮนด์โอเวอร์เท่ากับ 500 การเรียกต่อวินาที ขณะที่อัตรากรเรียกเข้าครั้งใหม่มีค่าเท่ากับ 10 การเรียกต่อวินาที จากผลการทดลองรูปที่ 42 ถึงรูปที่ 45 วิเคราะห์ผลจาก 3 เงื่อนไข ดังนี้

เงื่อนไขแรก กรเรียกเข้ามีการกระจายแบบปัวร์ซองต์ที่กรเรียกคั้งหรือช่วงที่กราฟฟิกมีค่าสูงมากความแตกต่างของค่า Probability of Forced Termination จะเริ่มไม่มีความแตกต่างซึ่งเป็นไปได้ว่ากราฟฟิกแน่นมากจนการจัดลำดับคิวไม่ส่งผลใดมากในระบบ เพราะไม่ม่จะมีระบบการจัดลำดับคิวดีเพียงใด หากช่องสัญญาณยังไม่ว่างใช้งานกรเรียกใดๆ ก็ไม่ม่สามารถรอภายในเวลาที่กำหนดได้ดังนั้นโอกาสที่กรเรียกจะหลุดไปจากระบบจึงเป็นไปได้มากขึ้น และไม่ม่ว่าอัตรากรเรียกเข้าครั้งใหม่จะน้อยหรือมากเพียงใดก็ไม่ม่มีผลต่อระบบเพราะอย่างไรก็ตามทันทีที่ช่องสัญญาณว่าง ก็ต้องคอยให้บริการแก่กรเรียกเข้าแบบแฮนด์โอเวอร์ที่รออยู่ในคิวเสมอ

ดังนั้นค่า Probability of dropping call จึงมีค่าเท่ากับ 1 หรือสายการเรียกเข้าครั้งใหม่ไม่มีโอกาสได้ใช้ช่องสัญญาณเลย

เงื่อนไขที่ 2 การเรียกเข้ามีการกระจายแบบยูนิฟอร์มค่า Probability of Forced Termination ของการจัดลำดับคิวทั้ง 4 แบบ ให้ค่าสูงกว่าการกระจายแบบปัวร์ซองต์ เพราะการเรียกที่เข้ามาในระบบแบบยูนิฟอร์มจะมีการกระจายอย่างทั่วถึง ไม่เป็นกลุ่มก้อนเหมือนการกระจายแบบปัวร์ซองต์ ดังนั้นโอกาสที่จะสายหลุดไปทั้งกลุ่มก้อนจึงไม่มี แต่การเรียกจะค่อยๆ หลุดไปที่ละการเรียกเมื่อเวลาผ่านไป แล้วช่องสัญญาณยังว่างไม่เพียงพอที่จะให้บริการ

เงื่อนไขที่ 3 ถ้ากำหนดให้เวลาที่ทุกการเรียกสามารถรอได้ในระบบเท่ากัน เมื่อเปรียบเทียบค่า Probability of Forced Termination และค่า Probability of dropping call เห็นได้ชัดว่าการจัดลำดับคิวแบบ FIFO มีประสิทธิภาพสูงสุด คือมากกว่าการจัดลำดับคิวที่เหลือถึง 92.6% และ 20.16% ตามลำดับ ทั้งนี้ทั้งนี้เนื่องจากการจัดเรียงลำดับของคิวประเภทนี้ไม่สนใจเวลา แต่จะสนใจลำดับที่เข้า-ออก เท่านั้น ดังนั้นเมื่อปรับเวลาให้เท่ากันทั้งหมด จึงไม่มีผลต่อ FIFO แต่จะไปมีผลกระทบต่อคิวที่เหลือทั้ง 3 แบบที่มีการตัดสินใจในการจัดเรียงขึ้นกับเวลา เมื่อเวลาสิ้นสุดที่สามารถรอได้ในระบบเท่ากันหมด จึงเกิดความยุ่งยากในการตัดสินใจ และไม่สามารถชี้ชัดได้ว่าการเรียกไหนควรได้รับบริการก่อนเมื่อช่องสัญญาณว่าง เป็นผลให้การจัดลำดับคิวทั้ง 3 แบบที่มีการจัดเรียงขึ้นกับเวลามีประสิทธิภาพลดลงสำหรับสถานการณ์สมมุตินี้

กรณีที่ 4 การเรียกเข้าแบบแฮนด์โอเวอร์และการเรียกเข้าครั้งใหม่มีอัตราการเรียกเข้าเท่ากัน

กำหนดอัตราการเรียกเข้าแบบแฮนด์โอเวอร์และการเรียกเข้าครั้งใหม่เป็นค่าต่างๆ ดังนี้ 1, 5, 10, 50, 100 และจำลองตามสถานการณ์ที่สนใจทั้ง 3 แบบข้างต้น จะได้ผลดังรูปที่ 46 ถึงรูปที่ 51

เมื่อการเรียกเข้าแจกแจงแบบปัวร์ซองต์ ค่า Probability of Forced Termination จะขึ้นขึ้นอย่างรวดเร็วที่อัตราการเรียกเข้าไม่สูงนัก จากนั้นความชันจะค่อยๆ ลดลงเมื่ออัตราการเรียกเข้าอยู่ในอัตราที่สูงประมาณ 100 การเรียกต่อวินาที วิเคราะห์ได้ว่ากรณีที่การเรียกคับคั่งหรือช่วงที่กราฟฟิกมีค่าสูงถึงค่าหนึ่งการจัดลำดับคิวจะมีความสำคัญมาก ดังนั้นจากกราฟจะเห็นความแตกต่างของผลประสิทธิภาพของระบบอย่างชัดเจนในช่วงกราฟฟิกประมาณ 1 ถึง 10 การเรียกต่อวินาที แต่เมื่อกราฟฟิกมีค่าสูงมากถึงจุดหนึ่ง จากกราฟคือประมาณ 50 การเรียกต่อวินาที ความแตกต่างของค่า Probability of Forced Termination จะเริ่มไม่มีความแตกต่างเป็นไปได้อาพกราฟฟิกแน่นมากจนการจัดลำดับคิวไม่ส่งผลใดมากในระบบ เพราะไม่ว่าจะมีระบบการจัดลำดับคิวดีเพียงใด หากช่องสัญญาณยังไม่ว่างใช้งานการเรียกใดๆ ก็ไม่สามารถรอได้ภายในเวลาที่กำหนดดังนั้นโอกาสที่การเรียกจะหลุดไปจากระบบจึงเป็นไปได้อย่างมากขึ้น

เมื่อเปรียบเทียบการจัดลำดับคิวแต่ละแบบของการแจกแจงแบบปัวซอง การจัดลำดับคิวแบบ Time Out ให้ค่า Probability of Forced Termination ต่ำสุด และการจัดลำดับคิวแบบ FIFO ให้ค่า Probability of Forced Termination สูงที่สุด ด้วยเหตุผลเดียวกันกับกรณีที่มีอัตราการเรียกเข้าน้อยๆ ความแตกต่างในแง่ของประสิทธิภาพการจัดเรียงของคิวพิจารณาว่า Time Out ดีกว่าคิวแบบ FIFO อย่างเห็นได้ชัด และเช่นเดียวกันถ้าทราฟฟิกยิ่งสูงมากๆ หรืออัตราการเรียกเข้ามีค่ามากค่า Probability of Forced Termination ก็จะไม่ต่างกันนักด้วยเหตุผลเดียวกับกรณี 3 และค่า Probability of dropping call จะมีโอกาสหลุดออกจากระบบได้ถึง 100 % เพราะช่องสัญญาณว่างไม่ทันให้บริการการเรียกเข้าครั้งใหม่ที่ถูกกำหนดให้มีความสำคัญน้อยกว่าการเรียกเข้าแบบแอสแตร์โอเวอร์

เมื่ออัตราการเรียกเข้าเพิ่มขึ้นถึงระดับหนึ่งจากกราฟประมาณ 5 การเรียกต่อวินาทีขึ้นไป แนวโน้มค่า Probability of Forced Termination ของการจัดลำดับคิว LUI ทั้ง 2 แบบจะเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว เพราะการเรียงลำดับด้วยผลต่างของเวลาเริ่มต้นเข้ามาในระบบกับเวลาที่สามารถรอได้สูงสุดเป็นจุดอ่อนสำหรับอัตราการเรียกเข้าที่เข้ามาในระบบช่วงเวลาต่างกันมากๆ และเวลาที่สามารถรอได้สูงสุดตรงข้ามกับเวลาที่เข้ามาในระบบ ทำให้เห็นช่วงระหว่าง (residual time) มีค่าน้อยกว่าแต่อาจไม่เร่งด่วนเท่ากับช่วงระหว่างมีค่ามากกว่า ยกตัวอย่างเช่น การเรียกเข้า A เข้ามาวินาทีที่ 1 การเรียกเข้า B เข้ามาวินาทีที่ 5 และการเรียก A สามารถรอได้ถึงวินาทีที่ 10 ขณะที่การเรียก B รอได้ถึงวินาทีที่ 11 จะเห็นว่าหากพิจารณาตามช่วงระหว่างแล้ว การเรียก B ต้องได้รับบริการก่อน ซึ่งในความเป็นจริงควรจะเป็นการเรียก A ที่ได้รับก่อนเพราะเมื่อเวลาผ่านไปถึงวินาทีที่ 10 แล้ว ช่องสัญญาณว่างพอดี แต่ตอนนั้นกลับให้การเรียก B ใช้บริการ การเรียก A ก็ถึงเวลาสายหลุดไปจากระบบ โอกาสที่จะเกิดเหตุการณ์แบบนี้เป็นไปได้เมื่อการเรียกอยู่ในระดับดังกล่าว ผลกระทบจึงเกิดกับการจัดลำดับคิวแบบ LUI นั่นเอง และการแจกแจงการเรียกเข้าแบบยูนิฟอร์มก็เช่นเดียวกัน แต่จะเห็นได้ไม่ชัดเท่าการแจกแจงแบบปัวซอง เพราะการแจกแจงแบบยูนิฟอร์มกระจายโอกาสที่จะเกิดเหตุการณ์ข้างต้นจึงน้อยกว่าการแจกแจงแบบปัวซอง

สำหรับอัตราการเรียกเข้าเป็นแบบยูนิฟอร์ม ที่อัตราการเรียกเข้าต่ำ การจัดลำดับคิวแบบพิจารณาเวลาทั้ง 3 แบบ คือ LUI-Static, LUI-Dynamic และ Time Out ให้ค่า Probability of Forced Termination น้อยกว่า FIFO แต่เมื่ออัตราการเรียกเข้าแบบยูนิฟอร์มมีค่าสูงขึ้น ปรากฏว่าการจัดลำดับคิวแบบ FIFO กลับให้ค่า Probability of Forced Termination ที่ต่ำกว่าการจัดลำดับคิวแบบพิจารณาเวลา วิเคราะห์ผลการทดลองนี้ได้เช่นเดียวกับเหตุการณ์ตัวอย่างข้างต้น

จำลองสถานการณ์ว่าทุกการเรียกสามารถรออยู่ในคิวได้ในเวลาที่เท่ากัน ได้ผลชัดเจนว่าที่อัตราการเรียกเข้าต่ำ หรือทราฟฟิกของระบบต่ำ การจัดลำดับคิวแบบพิจารณาเวลาให้ประสิทธิภาพที่สูงกว่าแบบ FIFO และเมื่อทราฟฟิกเริ่มสูงขึ้น จากรูปที่ 48 เมื่ออัตราการเรียกเข้า

ตั้งแต่ 10 การเรียกต่อวินาทีขึ้นไป โอกาสที่จะเกิดสายหลุดสูงมาก ประสิทธิภาพของระบบต่ำ การจัดลำดับคิวแบบใดก็ตามแทบจะไม่มีผลต่อระบบ

กรณีที่ 5 ผลของปริมาณทราฟฟิกต่างๆ ต่อระบบ

จากรูปที่ 52 ถึงรูปที่ 57 เปรียบเทียบ Probability of Forced Termination ของการจัดลำดับคิวทั้ง 4 แบบของการเรียกเข้าแจกแจงแบบปัวซองด์ที่ทราฟฟิกต่างๆ ช่วงทราฟฟิกต่ำค่า Probability of Forced Termination มีค่าต่ำ เพราะการเรียกแบบแชนด์โอเวอร์ที่เข้ามาขอใช้บริการช่องสัญญาณไม่คับคั่งมากนักดังนั้นโอกาสที่การเรียกหลุดไปจากระบบโดยที่ยังไม่ได้รับบริการจึงน้อย แต่กรณีที่การเรียกคับคั่งหรือช่วงที่ทราฟฟิกมีค่าสูงถึงค่าหนึ่งการจัดลำดับคิวจะมีความสำคัญมาก ดังนั้นจากกราฟจะเห็นผลประสิทธิภาพของระบบเพิ่มขึ้นในช่วงทราฟฟิกประมาณ 5000 ถึง 7000 เฮอร์แลง แต่เมื่อทราฟฟิกมีค่าสูงมากถึงจุดหนึ่ง จากกราฟคือประมาณ 9000 เฮอร์แลงความแตกต่างของค่า Probability of Forced Termination จะเริ่มไม่มีความแตกต่างเป็นไปได้ว่าทราฟฟิกแน่นมากจนการจัดลำดับคิวไม่ส่งผลใดมากในระบบ เพราะไม่ว่าจะมีระบบการจัดลำดับคิวดีเพียงใด หากช่องสัญญาณยังไม่ว่างใช้งานการเรียกใดๆ ก็ไม่สามารถรอได้ภายในเวลาที่กำหนดดังนั้นโอกาสที่การเรียกจะหลุดไปจากระบบจึงเป็นไปได้มากขึ้นใกล้เคียงกันทุกแบบการจัดลำดับคิว

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยจำลองในส่วนที่ 1 การเกิดการเรียกเข้าแบบแบนด์โอเวอร์เพื่อแก้ปัญหาความบกพร่องของการสื่อสาร โดยการนำวิธีการจัดลำดับคิวมาประยุกต์ใช้กับแบบจำลองนี้ และวัดประสิทธิภาพด้วยค่า Probability of Force Termination เป็นสำคัญ ซึ่งจากผลงานวิจัยจะเห็นว่าการจัดลำดับคิวแบบ Last Useful Instant ช่วยให้อัตราการเกิดสายหลุดของการเรียกแบบแบนด์โอเวอร์น้อยกว่าการจัดลำดับคิวที่มีอยู่เดิมของ First in First out ร้อยละ 2-5 โดยเฉลี่ย ทั้งนี้เนื่องจากการให้ความสำคัญของการจัดลำดับคิวของการให้บริการของสัญญาณเมื่อว่างที่อิงตามสถานการณ์จริงมากขึ้น นั่นคือให้บริการแก่การเรียกที่เร่งด่วนก่อนซึ่งส่งผลแก่ค่า Probability of Force Termination ที่ลดลงโดยตรงและการจัดลำดับคิวแบบที่นำเสนอคือ Last Useful Instant ที่อัปเดตลำดับทุกการเรียกเข้ามีค่า Probability of Force Termination ลดลงจากการจัดลำดับคิวแบบ FIFO และการจัดลำดับคิวแบบ LUI ที่มีอยู่เดิมร้อยละ 6.63 และ 4.22 ตามลำดับ ผลงานวิจัยจากแบบจำลองการจัดลำดับคิว LUI แบบอัปเดตลำดับทุกครั้งที่มีการเรียกเข้ามีค่า Probability of Force Termination น้อยที่สุดซึ่งส่งผลให้ประสิทธิภาพของการติดต่อสื่อสารดีที่สุดในเมื่อเทียบกับการจัดลำดับคิวทั้ง 3 แบบ เป็นไปตามสมมติฐานและจุดประสงค์ของงานวิจัยฉบับนี้

งานวิจัยในส่วนที่ 2 ใช้ค่า Probability of Forced Termination เปรียบเทียบศักยภาพการ จัดลำดับคิวแต่ละแบบ แต่ละเหตุการณ์ที่สนใจ จากผลการทดลองสรุปถึงข้อดีของการจัดลำดับคิว แต่ละแบบได้ดังนี้

การจัดลำดับคิวแบบ FIFO ง่ายในการตัดสินใจ ไม่ขึ้นกับเวลาของการเรียก แต่จุดอ่อนคือ หากการเรียกที่ต้องการความเร่งด่วนเข้ามาในระบบ จะยังไม่ได้รับบริการจนกว่าจะถึงคิว ซึ่งโอกาสที่การเรียกที่มีความเร่งด่วนนี้จะหลุดออกจากระบบเป็นไปได้สูง

การจัดลำดับคิวแบบ LUI-Static มีความยุ่งยากในการประมวลผลมากขึ้น แต่ถ้าเทียบใน ด้านประสิทธิภาพแล้วดีกว่าการจัดลำดับคิวแบบแรก เพราะการจัดลำดับคิวแบบ LUI-Static นี้ให้ความสำคัญกับความเร่งด่วนของการเรียก หากการเรียกใดต้องการใช้ช่องสัญญาณก่อน ถึงแม้จะเข้ามาในระบบทีหลัง ก็จะถูกจัดให้อยู่หัวแถวรอใช้ช่องสัญญาณเมื่อว่างทันที โอกาสที่สายหลุดมี น้อยกว่า อย่างไรก็ตามการจัดลำดับแบบนี้เป็นแบบตายตัว หากมีชุดใหม่เข้ามาถึงจะมีความเร่งด่วน มากกว่าชุดแรกก็ต้องต่อแถวหลังชุดก่อนหน้าอยู่ที่ ไม่มีการอัปเดตลำดับใหม่สำหรับคิวที่ได้ จัดเรียงเป็นชุดๆ ไว้แล้ว

การจัดลำดับคิวแบบ LUI-Dynamic จัดว่าเป็นแนวคิดใหม่ที่แก้จุดอ่อนของการจัดลำดับคิวแบบ LUI-Static คือให้มีการอัปเดตการเรียงทุกการเรียกเข้า ไม่ว่าจะมีการจัดเรียงไปแล้วก็ตาม หากการเรียกเข้าชุดใหม่มีการเรียกใดต้องการความเร่งด่วน ก็สามารถไปอยู่ในตำแหน่งหัวแถวได้ จุดอ่อนของการจัดลำดับคิวแบบนี้คือความยุ่งยากเสียเวลาที่ต้องมาจัดเรียงใหม่ทุกครั้ง ยืดเวลารอไปเรื่อยๆ แก่ผู้รอใช้บริการที่สามารถทนรอได้นานกว่าครั้งแล้วครั้งเล่า จนเลยเวลาที่สามารถรอได้ก็จะสายหลุดไป

การจัดลำดับคิวแบบพิจารณาค่า Time Out หรือ $t_{w,max}$ ซึ่งจากผลการทดลองการจัดลำดับคิวด้วยวิธีนี้ส่งผลให้ประสิทธิภาพของระบบสูงกว่าการจัดลำดับคิวแบบอื่นๆ เพราะพิจารณาที่ต้นเหตุของการเกิดสายหลุดอย่างแท้จริง นั่นคือการเรียกใดก็ตามที่เวลา Time Out มีน้อยที่สุดหรือสามารถรออยู่ได้ในระบบน้อยกว่าก็จะถูกจัดให้อยู่หัวแถว ดังนั้นโอกาสที่จะเกิดสายหลุดจึงน้อยกว่าการจัดลำดับคิวทุกแบบ เพราะการเกิดสายหลุดหรือ Dropping Call ของแบบจำลองนี้สนใจที่เวลา $t_{w,max}$ เท่านั้น ทั้งนี้ได้สมมุติว่าทุกการเรียกมีระดับสัญญาณอยู่ในเกณฑ์ที่รับได้

ส่วนการเรียกเข้าที่มีการแจกแจงแบบต่าง ก็มีผลต่อประสิทธิภาพของระบบเช่นกัน แต่โดยภาพรวมการเรียกเข้าแจกแจงแบบปัวซองทำให้ประสิทธิภาพของระบบดีกว่าการแจกแจงแบบยูนิฟอร์ม โดยเฉพาะที่อัตราการเรียกเข้าต่ำจะเห็นได้ชัด เพราะง่ายในการจัดการเรียงลำดับมากกว่า การเรียกเข้าแจกแจงแบบยูนิฟอร์ม สำหรับอัตราการเรียกเข้าสูงการแจกแจงแบบใด หรือการจัดลำดับคิวแบบใดแทบจะไม่มีผล เพราะอย่างไรก็ตามช่องสัญญาณไม่เพียงพอต่อความต้องการอยู่ดี เมื่อเวลาผ่านไปเรื่อยๆ การเรียกที่รออยู่ก็จะหลุดไปจากระบบทั้งที่ยังไม่ได้รับการ

5.2 ข้อเสนอแนะ

วิธีการจัดลำดับคิวสำหรับการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์โอเวอร์ได้ใช้ความจำเป็นเร่งด่วนที่ต้องได้รับการบริการโดยพิจารณาจากพารามิเตอร์เวลาที่ให้รอช่องสัญญาณว่างได้สูงสุดที่สามารถรับได้ ($t_{w,max}$) ซึ่งเป็นค่าที่ประมาณขึ้นมาโดยอ้างอิงจากความเป็นจริงของแต่ละการเรียกและกำหนดไว้ตั้งแต่ต้น สำหรับเรื่องที่ควรศึกษาและวิจัยต่อไปคือการประยุกต์การจัดลำดับคิวแบบ LUI กับแบบ MBPS เพื่อให้ค่า Force terminating probability ลดลงที่ส่งผลให้ประสิทธิภาพของระบบดีขึ้น หรือประยุกต์ใช้เทคนิคอื่นเช่น วิธีเพอร์ซิสทีน โพลิต แอ็กเกรสซีฟ (Persistent polite aggressive, PPA) หรือ Code division multiple access, CDMA เพื่อให้การจัดสรรช่องสัญญาณของระบบดาวเทียมสื่อสารวงโคจรต่ำมีประสิทธิภาพมากขึ้น

รายการอ้างอิง

1. E. Del Re. Handover Queuing Strategies with Dynamic and Fixed Channel Allocation Techniques in Low Earth Orbit Mobile Satellite Systems. IEEE Trans. Commun. 47, 1 (Jan. 1999) : 89-102.
2. E. Del. Re, R. Fantacci, G. Giambene. Efficient dynamic channel allocation techniques with handover queuing for mobile satellite networks. IEEE., Journal on Selected Areas in Commun. 13, 2 (February 1995) : 397-405.
3. Heesoo Lee, Sok-kyu Lee, KyungHi Chang, Sehun Kim. A dynamic channel assignment in low earth orbit mobile satellite systems. IEEE, Veh. Technol. Conf. Proc., VTC 2002-Fall. 2002 IEEE 56th, 2 (24-28 Sept. 2002) : 1016-1020.
4. M. Gurmundson. Analysis of handover algorithms. in Proc. IEEE VTC'91, : 537-543.
5. N. Zhang, J.M. Holtzman. Analysis of Handoff Algorithms Using Both Absolute and Relative Measurements. IEEE Trans. Veh. Technol., 45, Issue: 1 (Feb. 1996) : 174 – 179.
6. A. Sali, N.K. Noordin, B.M. Ali, R.K.Z. Sahbudin, A. Anthony, Ng Chee Kyun. Modelling of handover of multimedia traffic in mobile satellite communication. Research and Development, 2002. SCOReD 2002. Student Conference on, (16-17 July 2002) : 237 – 241.
7. S. P. MORGAN, C. Y. LO. Mean Message Delays for Two Packet-FIFO Queueing Disciplines. Communications, IEEE Trans. on, 38, Issue: 6 (June 1990) : 744 – 746.
8. Sirin Tekinay, Bijan Jabbari. A Measurement-Based Prioritization Scheme for Handovers in Mobile Cellular Networks. IEEE., Journal on Selected Areas in Commun. 10, 8 (February 1995) : 1343-1350.
9. รศ.ดร.ประสิทธิ์ ทิมพุดมิ, การสื่อสารดาวเทียม, วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์, พิมพ์ครั้งที่ 4, (กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, พฤษภาคม 2540). หน้า 23-34.

10. รศ.ดร.ประสิทธิ์ ทีฆพุดิ, การสื่อสารดาวเทียม, วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์, พิมพ์ครั้งที่ 4, (กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, พฤษภาคม 2540). หน้า 181-187.
11. Mikael Gudmundson. Analysis of Handover Algorithms. 41st IEEE Veh. Technol., Conf. 'Gateway to the Future Technology in Motion', 'Radio Communication Systems', 'Royal Institute of Technology', (19-22 May 1991) : 537 – 542, S-164 40 STOCKHOLM-KISTA, Sweden.
12. K. Lumdee and W. Benjapolakul. Queueing for the handover process using mbps and sppq. IWTS, 1 (1999) : 147-150.
13. Liu Wei, Wang Dondjin, Liu Falin. Calculation of down-link received signal level in mobile satellite communication. Microwave and Millimeter Wave Technology, 2002. Proceedings. ICMMT 2002. 2002 3rd International Conference on, (17-19 Aug. 2002) : 337 – 340.
14. Wha Sook Jeon, Dong Guen Jeong. Call admission control for mobile multimedia communications with traffic asymmetry between uplink and downlink. Veh. Technol., IEEE Trans. on, 50, Issue: 1 (Jan. 2001) : 59 – 66.
15. T. -P. Chu and S. Rappaport. Overlapping coverage and channel rearrangement in microcellular communication systems. in Proc. IEEE GLOBECOM '94, San Francisco, CA, (Nov. 28-Dec. 2, 1994) : 1674-1678.
16. Y. -B. Lim, L. -F. Chang, and A. Noerpel. Modeling hierarchical microcell/macrocell PCS architecture. IEEE ICC'95, Seattle, WA, (June 1995) : 405-409.
17. Randolph W. Hall, University of California at Berkeley. Queueing Methods For Services and Manufacturing. ISBN 0-13-748112-8 Prentice-Hall International Editions, 1991.



ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลงานวิจัยของผู้เขียนที่ได้รับการตีพิมพ์แล้ว

S. Prompen and P. Teekaput, Efficient Channel Assignment with handover queueing in LEO Satellite Systems. EE-con 28. Oct, 20-21 2005. Phuket.



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวศิวาพร พรหมเพ็ญ เกิดวันที่ 12 กรกฎาคม พ.ศ. 2521 ที่จังหวัด นครศรีธรรมราช สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี สุรนารี ในปีการศึกษา 2543 และได้เข้าทำงานในตำแหน่งวิศวกร บริษัทบูคโปรโมชันแอนด์ เซอร์วิส จำกัด ปัจจุบันทำงานในตำแหน่งวิศวกร บริษัททรูคอร์ปอเรชั่น จำกัด (มหาชน) จากนั้นได้ เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อ พ.ศ. 2545



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย