บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันนี้การติดต่อสื่อสารและการรับส่งข้อมูลระหว่างทุก ๆ คนและทุก ๆ องค์กรธุรกิจ เป็นสิ่งที่จำเป็นมาก การติดต่อสื่อสารระหว่างกันสามารถกระทำได้หลายทาง เช่น ทางโทรศัพท์ธรรมดา ทางวิทยุติดตามตัว และทางโทรศัพท์เคลื่อนที่ ฯลฯ เทคโนโลยีทางด้านระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่เซลลูลาร์เป็นระบบที่คนทั่วไปนิยมใช้บริการติดต่อสื่อสารกันเป็นจำนวนมากและมีจำนวนเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เพราะโทรศัพท์เคลื่อนที่สามารถพกพาติดตัวคนไปที่ไหนก็ได้และมนุษย์สามารถติดต่อสื่อสารระหว่างกันได้ทันทีที่ต้องการ

ระยะแรกของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่เซลลูลาร์เป็นแบบแอนะลอก ซึ่งระบบนี้ใช้เทคนิคการเข้าถึงโดยการมัลติเพลกซ์แบบแบ่งความถี่ (Frequency Division Multiplexing Access หรือ FDMA) ในการติดต่อระหว่างกัน ต่อมาได้มีการพัฒนาระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่เซลลูลาร์ให้มีประสิทธิภาพในการใช้งานและมีคุณภาพในการให้บริการที่สูงขึ้น จนปัจจุบันนี้ระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่เซลลูลาร์เข้าสู่ยุคของ Second Generation Cellular System ซึ่งเป็นแบบดิจิตอล (Digital Cellular System หรือ DCS) ระบบดังกล่าวนี้ใช้เทคนิคการเข้าถึงโดยการมัลติเพลกซ์แบบแบ่งเวลา (Time Division Multiplexing Access หรือ TDMA) อาทิเช่น ระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ GSM (Global System for Mobile Communications) และระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ PCN (Personal Communication Network) ทำให้สามารถรองรับผู้ใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ได้มากขึ้น

เมื่อความต้องการของผู้ใช้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ทำให้ระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ไม่สามารถรองรับผู้ใช้ได้เพียงพอ เนื่องจากจำนวนช่องสัญญาณหรือทรัพยากรความถี่ของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่มีจำนวนจำกัด ดังนั้นการแก้ไขปัญหาดังกล่าวก็คือ

1. การนำความถี่หรือช่องสัญญาณกลับมาใช้ใหม่ในระยะ Frequency Reuse Distance (W.C.Y. Lee, 1995: 57) ทำให้ระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่มีการใช้ความถี่หรือช่องสัญญาณอย่างมีประสิทธิภาพและเป็นการเพิ่มความจุของระบบได้ระดับหนึ่ง

2. การหาวิธีการจัดสรรช่องสัญญาณ (Channel Allocation) แบบใหม่มาใช้งานกับระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ เพื่อที่จะเพิ่มความจุของระบบให้มากขึ้น พร้อมทั้งปรับปรุงวิธีการจัดสรรช่องสัญญาณเพิ่มเติมจากวิธีการจัดสรรช่องสัญญาณแบบตายตัว (Fixed Channel Allocation หรือ FCA) เนื่องจากวิธี FCA เป็นวิธีการที่นำมาใช้งานในการจัดสรรช่องสัญญาณของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ในระยะแรก ซึ่งพบว่าวิธีนี้ไม่สามารถเพิ่มความจุของระบบได้มากนัก และอัตราการบล็อกการเรียกของระบบทั้งหมดก็สูง

วิธีการจัดสรรช่องสัญญาณหลักที่ถูกกำหนดขึ้นมาใหม่ ได้แก่ วิธีการจัดสรรช่องสัญญาณแบบพลวัต (Dynamic Channel Allocation หรือ DCA) และวิธีการจัดสรรช่องสัญญาณแบบการยืมช่องสัญญาณ (Borrowing Channel Allocation หรือ BCA) แต่ทั้งนี้ก็มีการนำเสนอวิธีการต่าง ๆ ที่ได้ปรับปรุงและเพิ่มเติมจากวิธีการจัดสรรช่องสัญญาณหลัก 3 วิธีดังกล่าวข้างต้นเกิดขึ้นอย่างมากมายเช่นกัน โดยเฉพาะวิธีต่าง ๆ ที่นำเสนอเกี่ยวกับวิธี DCA และวิธี BCA นั้นสามารถที่จะเพิ่มความจุของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ได้มากยิ่งขึ้นและมีอัตราการบล็อกการเรียกที่เกิดขึ้นกับทั้งระบบต่ำกว่าวิธี FCA อีกด้วย

สำหรับระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่เซลลูลาร์ระบบดิจิตอลแบบ TDMA นั้นยังไม่ได้มีการกำหนดวิธี DCA และวิธี BCA เป็นมาตรฐานในการใช้งาน ยกเว้นระบบ DECT หรือ The European Standard for Digital Cordless Telephone ใช้วิธี DCA แล้ว (Maric, Alonso and Metivier, 1994) ดังนั้นวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จึงมีแนวความคิดที่จะนำเสนอวิธีการในการปรับปรุงการยืมช่องสัญญาณของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่เซลลูลาร์แบบ TDMA

วิธีการจัดสรรช่องสัญญาณแบบการยืมช่องสัญญาณ (Borrowing Channel Allocation หรือ BCA) นั้น จะมีการกำหนดเซตของช่องสัญญาณให้กับแต่ละเซลล์อย่างแน่นอนเช่นเดียวกับวิธี FCA เมื่อช่องสัญญาณทั้งหมดของเซลล์หนึ่งถูกใช้หมด และมีการเรียกใหม่เกิดขึ้นมาในเซลล์นั้นอีก เซลล์นั้นสามารถยืมช่องสัญญาณที่ว่างจากเซลล์รอบข้างได้ ปัญหาหลักสำหรับ BCA นั้นคือการรักษาค่า C/I (Carrier to Interference Ratio หรือค่าที่รับประกันคุณภาพของสัญญาณที่โทรศัพท์เคลื่อนที่สามารถติดต่อกันได้) ให้เกินกว่าค่าเทรชโฮลด์ (ระดับต่ำสุดของสัญญาณที่โทรศัพท์เคลื่อนที่ได้รับ โดยระบบยังคงสามารถติดต่อ

กันได้และการเรียกดังกล่าวไม่ถูกบล็อก) การแก้ไขปัญหาดังกล่าวของวิธี BCA คือกำหนดให้ช่องสัญญาณที่ถูกยืมจะถูกบล็อกการใช้ช่องสัญญาณนั้นกับเซลล์ที่ใช้ช่องสัญญาณเดียวกัน (Cochannel Cells) ทั้งหมดในระบบ

Elnoubi และ Singh และ Gupta (1982) ได้เสนอวิธีการใหม่และปรับปรุงวิธี BCA เดิม คือ วิธีการยืมช่องสัญญาณโดยการจัดลำดับของช่องสัญญาณ (Borrowing with Channel Ordering หรือ BCO) โดยช่องสัญญาณที่ถูกยืมจะถูกบล็อกการใช้ช่องสัญญาณนั้นกับเซลล์ที่ใช้ช่องสัญญาณเดียวกันภายในระยะ Frequency Reuse Distance ของเซลล์ที่ให้ยืมช่องสัญญาณเท่านั้น

Zhang และ Yum (1989) ได้ปรับปรุงวิธี BCO คือวิธีการยืมช่องสัญญาณโดยการบล็อกช่องสัญญาณแบบมีทิศทาง (Borrowing with Directional Channel Locking หรือ BDCL) โดยช่องสัญญาณที่ถูกยืมจะถูกบล็อกการใช้ช่องสัญญาณนั้นกับเซลล์ที่ใช้ช่องสัญญาณเดียวกันในบางทิศทางซึ่งถูกแทรกสอดหรือรบกวนจากการยืมช่องสัญญาณดังกล่าวเท่านั้น

Maric และ Alonso และ Metivier (1994) ได้ทำการศึกษาวิธี BCA ดังกล่าวและได้เสนอวิธีการยืมช่องสัญญาณแบบอะแดปตีฟโดยการจัดลำดับช่องสัญญาณ (Adaptive Borrowing with Channel Ordering หรือ ABCO) วิธีการนี้จะกำหนดให้เซลล์หนึ่ง ๆ สามารถให้ยืมช่องสัญญาณที่จัดลำดับไว้ได้แตกต่างกันขึ้นอยู่กับทราฟฟิกของแต่ละเซลล์ และเซลล์ใด ๆ สามารถยืมช่องสัญญาณได้จากเซลล์ที่มีทราฟฟิกต่ำที่สุดในคลัสเตอร์เดียวกัน วิธีนี้ได้นำการแฮนด์โอเวอร์ภายในเซลล์ (Intracell Handover) มาใช้ในการจัดสรรช่องสัญญาณภายในเซลล์และพิจารณาการกระจายทราฟฟิกของระบบเป็นแบบนอนยูนิฟอร์ม (Nonuniform Traffic Distribution)

ผลจากการจำลองระบบพบว่าเปอร์เซ็นต์ของการเรียกที่ใช้งานอยู่ แล้วการเรียกนั้นถูกดรอปไปอันเนื่องมาจากค่า C/I ต่ำกว่าค่าเทรชโฮลด์นั้นน้อยมาก ดังนั้นช่องสัญญาณที่ถูกยืมนั้นไม่จำเป็นต้องถูกบล็อกในเซลล์ที่ใช้ช่องสัญญาณเดียวกันของระบบและมีอัตราการบล็อกการเรียกที่เกิดขึ้นกับทั้งระบบต่ำกว่าวิธี FCA

วิธี ABCO นี้จะพิจารณาการใช้ช่องสัญญาณ 2 กรณี (รายละเอียดเพิ่มเติมอยู่ในหัวข้อที่ 3.3) คือ

กรณีที่ 1 เมื่อมีการเรียกเกิดขึ้นในเซลล์ใด ๆ และเซลล์นั้นมีช่องสัญญาณว่าง

กรณีที่ 2 เมื่อมีการเรียกเกิดขึ้นในเซลล์ใด ๆ แต่เซลล์นั้นไม่มีช่องสัญญาณที่ว่าง เซลล์นั้นจะทำการยืมช่องสัญญาณที่ว่างจากเซลล์ที่มีค่าทราฟฟิกต่ำที่สุดในคลัสเตอร์เดียวกัน

ทั้งกรณีแรกและกรณีที่ 2 ของวิธี ABCO นั้น ถ้าแต่ละเซลล์พบช่องสัญญาณที่ว่างแล้วนำมาตรวจสอบค่า C/I เพียงครั้งเดียว ถ้าค่า C/I ของช่องสัญญาณนั้นมีค่าต่ำกว่าค่าเทรชโฮลด์ การเรียกก็จะถูกดรอปไป แต่ถ้าค่า C/I มีค่าสูงกว่าค่าเทรชโฮลด์ การเรียกก็จะติดต่อได้

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอวิธีการยืมช่องสัญญาณตามสภาวะทราฟฟิกของเซลล์โดยการกำหนดช่องสัญญาณแบบยูนิฟอร์ม (Traffic-Based Channel Borrowing with Uniform Channel Assignment, BUCA) สำหรับระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่เซลลูลาร์แบบ TDMA วิธีนี้เป็นวิธีการที่ปรับปรุงจากวิธี ABCO และเปลี่ยนการจัดสรรช่องสัญญาณของระบบจากการกำหนดช่องสัญญาณที่จัดอันดับไปเป็นการกำหนดช่องสัญญาณแบบยูนิฟอร์ม และทุก ๆ ช่องสัญญาณที่ว่างจะถูกตรวจสอบค่า C/I ทั้งหมด จนกระทั่งแต่ละเซลล์ได้รับช่องสัญญาณที่ว่างและมีค่า C/I มากกว่าค่าเทรชโฮลด์ ทำให้การเรียกสามารถติดต่อได้ ดังนั้นวิธีการนี้จะตรวจสอบค่า C/I ของช่องสัญญาณมากกว่าหนึ่งครั้ง เพื่อให้การใช้ช่องสัญญาณและการตรวจสอบค่า C/I ของช่องสัญญาณของระบบเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและสามารถเพิ่มความจุของระบบได้มากขึ้น อีกทั้งอัตราการบล็อกการเรียกที่เกิดขึ้นของทั้งระบบก็จะต่ำกว่าวิธี ABCO ได้

วิธี BUCA นี้จะพิจารณาการใช้ช่องสัญญาณ 2 กรณี เช่นเดียวกับวิธี ABCO (รายละเอียดเพิ่มเติมอยู่ในหัวข้อที่ 3.4) ดังนี้

กรณีที่ 1 เมื่อมีการเรียกเกิดขึ้นในเซลล์ใด ๆ และเซลล์นั้นมีช่องสัญญาณว่าง

กรณีที่ 2 เมื่อมีการเรียกเกิดขึ้นในเซลล์ใด ๆ แต่เซลล์นั้นไม่มีช่องสัญญาณที่ว่าง เซลล์นั้นจะทำการยืมช่องสัญญาณที่ว่างจากเซลล์ที่มีค่าทราฟฟิกต่ำที่สุดในคลัสเตอร์เดียวกัน

ความเป็นจริงแต่ละเซลล์ของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่เซลลูลาร์แบบ TDMA จะมีเซตของช่องสัญญาณที่ถูกกำหนดให้อย่างตายตัว และมีหลาย ๆ ความถี่ การที่ช่องสัญญาณหนึ่ง ๆ จะมีค่า C/I ที่ต่ำ

กว่าค่าเทรชโฮลด์ได้ ก็ต่อเมื่อเซลล์ใด ๆ ในระบบมีการใช้ความถี่เดียวกันและเป็นช่องสัญญาณเดียวกัน อีกทั้งการใช้ช่องสัญญาณเดียวกันดังกล่าวอยู่ใกล้กัน ถ้าการเรียกใช้ความถี่เดียวกัน แต่ช่องสัญญาณไม่ตรงกัน ค่า C/I ของช่องสัญญาณนั้นก็จะไม่ต่ำกว่าค่าเทรชโฮลด์อย่างแน่นอน หรือถ้าการเรียกมีการใช้ความถี่เดียวกันและเป็นช่องสัญญาณเดียวกัน แต่มีการใช้ช่องสัญญาณเดียวกันดังกล่าวที่ไกลกันพอสมควร ค่า C/I ของช่องสัญญาณนั้นก็จะไม่ต่ำกว่าค่าเทรชโฮลด์เช่นกัน

ดังนั้นการพิจารณาการใช้ช่องสัญญาณทั้ง 2 กรณีของวิธี BUCA สามารถเลือกช่องสัญญาณของแต่ละคลัสเตอร์ได้ทั้งหมด ทำให้แต่ละการเรียกที่เกิดขึ้นในแต่ละเซลล์ของระบบสามารถได้รับช่องสัญญาณที่ว่างและมีค่า C/I ที่มากกว่าค่าเทรชโฮลด์ได้มากกว่าวิธี ABCO ซึ่งจะทำให้อัตราการบล็อกการเรียกที่เกิดขึ้นกับทั้งระบบของวิธี BUCA มีค่าต่ำกว่าวิธี ABCO ได้ ดังนั้นจึงเป็นแนวความคิดของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้อีกจุดหนึ่งที่ต้องการนำเสนอวิธีการปรับปรุงการยืมช่องสัญญาณของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่เซลลูลาร์แบบ TDMA

วัตถุประสงค์

เพื่อปรับปรุงวิธีการในการจัดสรรช่องสัญญาณแบบการยืมช่องสัญญาณ (Borrowing Channel Allocation หรือ BCA) ของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่เซลลูลาร์แบบ TDMA (The TDMA Cellular Mobile Telephone System) ซึ่งมีความต้องการที่จะทำให้อัตราการบล็อกการเรียกของทั้งระบบ (Overall Call Blocking Rate) ต่ำลง โดยการปรับปรุงเงื่อนไขการทำงานบางส่วนของซอฟต์แวร์ (Software) ที่ตัวควบคุมสถานีฐาน (Base Station Controller หรือ BSC)

เป้าหมายและขอบเขตของวิทยานิพนธ์

เขียนโปรแกรมสำหรับวิธี ABCO และวิธี BUCA และนำมาทดสอบกับแบบจำลองระบบ แล้วทำการเปรียบเทียบผลที่ได้รับจากการจำลองระบบด้วยวิธีทั้งสองดังนี้

1. อัตราการบล็อกการเรียกของระบบทั้งหมด (Overall Call Blocking Rate)
2. อัตราการบล็อกการเรียกของคลัสเตอร์ศูนย์กลาง (เซลล์ที่ 1 ถึง 7 ของระบบ)
3. อัตราการบล็อกการเรียกของคลัสเตอร์รอบข้าง (เซลล์ที่ 8 ถึง 49 ของระบบ)

4. อัตราการยืมช่องสัญญาณของระบบทั้งหมด (Overall Channel Borrowing Rate)
5. อัตราการยืมช่องสัญญาณของคลัสเตอร์ศูนย์กลาง
6. อัตราการยืมช่องสัญญาณของคลัสเตอร์รอบข้าง
7. อัตราการดร็อปการเรียกของระบบทั้งหมด (Overall Call Drop Rate)
8. อัตราการดร็อปการเรียกของคลัสเตอร์ศูนย์กลาง
9. อัตราการดร็อปการเรียกของคลัสเตอร์รอบข้าง

โดยขึ้นกับตัวแปรต่าง ๆ ดังนี้

1. สภาวะทราฟฟิกของแต่ละเซลล์ (Traffic-Based) ในระบบ
2. การกระจายทราฟฟิกของระบบเป็นแบบยูนิฟอร์มและแบบนอนยูนิฟอร์ม (Uniform and Nonuniform Traffic Distribution)

ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน

1. ศึกษาองค์ประกอบต่าง ๆ และการทำงานของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่เซลลูลาร์แบบ TDMA
2. ศึกษาวิธีต่าง ๆ ที่ใช้ในการจัดสรรช่องสัญญาณของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่เซลลูลาร์แบบ TDMA ที่มีการนำเสนอมาก่อน
3. หาวิธีการและกระบวนการในการปรับปรุงอัลกอริทึมของวิธี ABCO
4. เขียนโปรแกรมสำหรับวิธี ABCO และวิธีที่นำเสนอ แล้วทดสอบความถูกต้องของทั้ง 2 โปรแกรม
5. นำทั้ง 2 โปรแกรมมาทดสอบกับแบบจำลองระบบ
6. เปรียบเทียบทั้ง 2 วิธีและประเมินผลต่าง ๆ ที่ได้รับ
7. สรุปผลที่ได้รับจากวิธีที่นำเสนอ
8. เขียนและพิมพ์วิทยานิพนธ์

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. วิธีการและกระบวนการในการยืมช่องสัญญาณของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่เซลลูลาร์แบบ TDMA
2. วิธีที่นำเสนอสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานกับการจัดสรรช่องสัญญาณแบบการยืมช่องสัญญาณของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่เซลลูลาร์ระบบ GSM 900 หรือระบบ PCN 1800 ได้
3. เป็นแนวทางในการพัฒนาการจัดสรรช่องสัญญาณแบบการยืมช่องสัญญาณสำหรับระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่เซลลูลาร์แบบ TDMA