

ภาคผนวก

1. การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองในการวิเคราะห์การกำหนดสถานะอาร์อาร์ซี

เนื่องจากการศึกษาพฤติกรรมในการเปลี่ยนแปลงสถานะของโพรโตคอลอาร์อาร์ซี ไม่สามารถทำการตรวจจับทราฟฟิกจริงบนเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่จริงได้ งานวิจัยนี้จึงศึกษาพฤติกรรมในการสร้างสัญญาณของระบบปฏิบัติการ ด้วยแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ที่มีการทำงานตามแบบโปรแกรม AT&T Application Resource Optimizer โดยได้ตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง ด้วยวิธีการดังนี้

- นำข้อมูลทราฟฟิกที่ได้ตรวจจับจากการใช้งานสมาร์ตโฟนมาประมวลผลด้วยแบบจำลอง ได้ผลลัพธ์เป็นสถานะอาร์อาร์ซีที่สมาร์ตโฟนใช้ในช่วงเวลาต่างๆ โดยเรียงจากวินาทีแรกไปจนถึงวินาทีที่ 600
 - นำข้อมูลทราฟฟิกที่ได้ตรวจจับจากการใช้งานสมาร์ตโฟนไปเปิดด้วยโปรแกรม AT&T Application Resource Optimizer แล้วบันทึกข้อมูลสถานะอาร์อาร์ซีที่สมาร์ตโฟนใช้ในช่วงเวลาต่างๆ จากกราฟ RRC States Timeline โดยเรียงจากวินาทีแรกไปจนถึงวินาทีที่ 600
 - นำข้อมูลที่ได้จากแบบจำลอง และ โปรแกรม AT&T Application Resource Optimizer ข้างต้นมาเปรียบเทียบกัน โดยจะเปรียบเทียบสถานะอาร์อาร์ซีที่สมาร์ตโฟนใช้ในทุกๆ 5 วินาที
 - นำผลการเปรียบเทียบมาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ของสถานะอาร์อาร์ซี ในแต่ละวินาทีที่ถูกต้องตรงกัน
- ได้ผลการเปรียบเทียบความถูกต้องของแบบจำลอง ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบความถูกต้องของแบบจำลองตามข้อมูลทราฟฟิกประเภทต่างๆ

	iOS		Android	
	WebBrowser	AngryBird	WebBrowser	AngryBird
สถานะตรงกัน (%)	85	90	91	90

2. การตรวจสอบความถูกต้องของการทำงานของระบบโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ยุคที่ 3

เนื่องจากไม่สามารถทำการทดลองบนเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่จริงได้ งานวิจัยนี้จะศึกษาผลการทำงานของกลไกที่นำเสนอจากการทดลองด้วยแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ โดยได้ทำแบบจำลองการทำงานของระบบเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ยุคที่ 3 ในส่วนของยูทราเนให้มีการทำงานเช่นเดียวกันกับกลไกการกำหนดระยะเวลา Timeout แบบคงที่ตามตัวอย่างงานวิจัย Adaptive Radio Resource Management Scheme for UMTS Packet Data

ทำการจำลองการทำงานของโหนดบีที่มี 1 Cell Sector และเชื่อมต่อไปยังอาร์เอ็นซีที่ควบคุมการทำงานอยู่ โดยจะจำลองการทำงานเมื่อมียูอีเข้ามาเชื่อมต่อกับระบบผ่านโหนดบีนี้ และอาร์เอ็นซีเป็นตัวควบคุม จัดการทรัพยากรของระบบให้แก่ยูอีในระหว่างการใช้งาน อีกทั้งคอยตรวจสอบความคับคั่งของระบบและทำการควบคุมความคับคั่งด้วยวิธีการต่างๆ เพื่อให้ระบบสามารถให้บริการหรือทำงานต่อไปได้อย่างปกติ

กำหนดค่าตัวแปรที่สำคัญสำหรับเซอร์กิตสวิตช์ในแบบจำลองการทำงานดังนี้

- ระยะเวลาใช้งานบริการสนทนาเฉลี่ย 120 วินาที
- มีการตอบสนองระหว่างการใช้งานเป็นเวลา 3 วินาที และหยุดการตอบสนองชั่วคราวเป็นเวลา 3 วินาที สลับกันไปตลอดระยะเวลาใช้งาน
- ยูอีแต่ละเครื่องได้รับการจัดสรรให้ใช้ Code Resource จำนวน 2 โค้ด
- มีการใช้ทรัพยากรคลื่นวิทยุในระหว่างการใช้งานเฉลี่ยในขณะที่มีการตอบสนองระหว่างการใช้งานจำนวน 1.94 เปอร์เซนต์ และในขณะที่หยุดการตอบสนองชั่วคราวจำนวน 0.39 เปอร์เซนต์

กำหนดค่าตัวแปรที่สำคัญสำหรับแพ็กเก็ตสวิตช์ในแบบจำลองการทำงานดังนี้

- ระยะเวลาใช้งานบริการข้อมูลเฉลี่ย 412 วินาที
- ยูอีแต่ละเครื่องได้รับการจัดสรรให้ใช้ Code Resource จำนวน 8 โค้ด
- มีการใช้ทรัพยากรคลื่นวิทยุในระหว่างการใช้งานเฉลี่ยขณะอยู่ในสถานะ Cell_DCH (ระหว่างกำลังใช้งาน) จำนวน 7.61 เปอร์เซนต์, สถานะ Cell_DCH (ไม่มีการใช้งาน) จำนวน 1.52 เปอร์เซนต์, สถานะ Cell_FACH จำนวน 0.06 เปอร์เซนต์ และสถานะ Cell_PCH จำนวน 0.006 เปอร์เซนต์

- กำหนดค่าตัวแปรจำนวนสัญญาณควบคุมที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนสถานะต่างๆ ตามตารางที่ 2 ซึ่งจะใช้ในการคำนวณหาปริมาณสัญญาณควบคุมที่เกิดขึ้นระหว่างการใช้งานและใช้สำหรับตรวจสอบความคับคั่งของสัญญาณเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดไว้

ตารางที่ 2 การกำหนดค่าตัวแปรจำนวนสัญญาณควบคุมที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนสถานะต่างๆ

การเปลี่ยนสถานะ	จำนวนสัญญาณควบคุม
IDLE -> Cell_DCH	42
Cell_PCH -> Cell_DCH	12
Cell_FACH -> Cell_DCH	6
Cell_DCH -> Cell_FACH	4
Cell_FACH -> Cell_PCH	4
Cell_PCH -> IDLE	22

- การกำหนดค่าตัวแปรระยะเวลา Timeout ของสถานะอาร์อาร์ซีต่างๆ สำหรับการคงอยู่ในสถานะหลังจากไม่มีการใช้งานข้อมูล แสดงตามตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การกำหนดค่าตัวแปรระยะเวลา Timeout ของสถานะต่างๆ

สถานะ	ระยะเวลา Timeout (วินาที)
Cell_DCH	10
Cell_FACH	50
Cell_PCH	240

การกำหนดค่าตัวแปรสำหรับกลไกการควบคุมความคับคั่ง ในระบบเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ยุคที่ 3 จะมีกลไกในการควบคุมความคับคั่งของสัญญาณ 2 กลไก คือ การควบคุมการเชื่อมต่อเข้าสู่ระบบโดยการบล็อกยูอีที่ขอใช้งานใหม่ไม่ให้เชื่อมต่อเข้าสู่ระบบเครือข่าย และควบคุมความคับคั่งโดยการดรอปหรือยกเลิกการใช้งานยูอีที่กำลังเชื่อมต่ออยู่ในระบบแต่ไม่มีการใช้งานในขณะนั้นออกจากระบบเครือข่าย ซึ่งในการจำลองการทำงานนี้ได้กำหนดค่าตัวแปรสำหรับเกณฑ์ที่จะให้กลไกควบคุมความคับคั่งของสัญญาณด้วยวิธีการบล็อกยูอีที่ขอใช้งานใหม่ให้เริ่มทำการควบคุมการเชื่อมต่อเข้าสู่ระบบดังนี้

- ปริมาณโหลดของระบบ 75 เปอร์เซ็นต์
- มีจำนวน Code Resource ที่ถูกใช้งาน 195 โค้ด
- มีจำนวนสัญญาณควบคุม 400 สัญญาณต่อวินาที

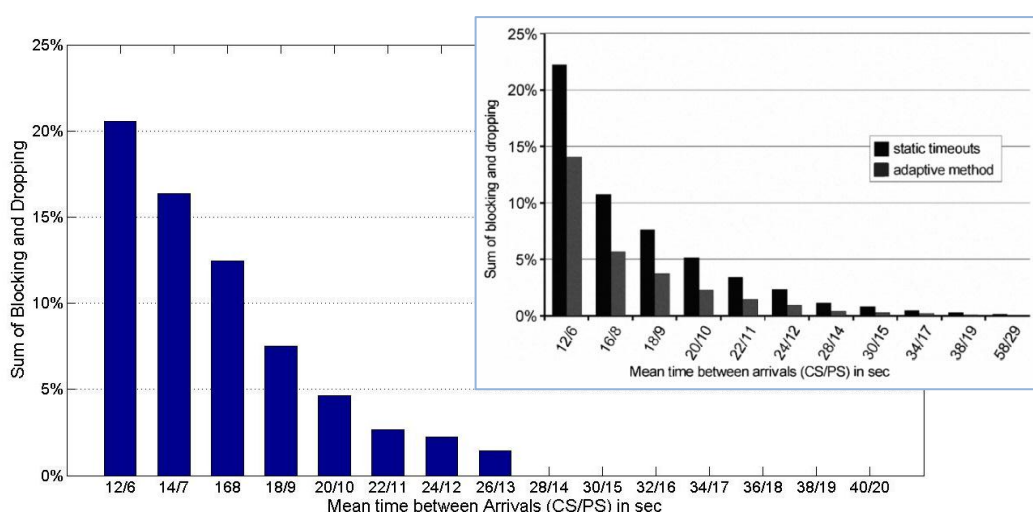
โดยระบบจะทำการบล็อกยูอีที่ขอใช้งานใหม่ไม่ให้เชื่อมต่อเข้าสู่ระบบเครือข่ายก็ต่อเมื่อมีค่าตัวแปรใดตัวแปรหนึ่งใน 3 ตัวเท่ากับหรือมากกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ และกำหนดค่าตัวแปรสำหรับเกณฑ์ที่จะให้กลไกควบคุมความคับคั่งของสัญญาณด้วยวิธีการรอยูอีให้เริ่มทำการควบคุมความคับคั่งดังนี้

- ปริมาณโหลดของระบบ 90 เปอร์เซนต์
- มีจำนวน Code Resource ที่ถูกใช้งาน 244 โค้ด
- มีจำนวนสัญญาณควบคุม 500 สัญญาณต่อวินาที

โดยระบบจะทำการครอปหรือยกเลิกการใช้งานยูอีที่กำลังเชื่อมต่ออยู่ในระบบแต่ไม่มีการใช้งานในขณะนั้นออกจากระบบเครือข่าย ก็ต่อเมื่อมีค่าตัวแปรใดตัวแปรหนึ่งใน 3 ตัวเท่ากับหรือมากกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้

ประมวลผลแบบจำลองตามค่าตัวแปรที่ได้กำหนดไว้ โดยเปรียบเทียบผลรวมของร้อยละของการ Block และ Drop UE ที่เกิดขึ้นในกรณีที่ระบบมีปริมาณโหลดแตกต่างกัน โดยปริมาณโหลด คือ ระยะเวลาเฉลี่ยที่มีการร้องขอการใช้งานจากยูอี (เซอร์กิตสวิตช์ต่อแพ็กเก็ตสวิตช์) เช่น ระยะเวลาเฉลี่ยที่มีการร้องขอการใช้งานจากยูอี (12/6) วินาที หมายถึง มีการร้องขอใช้งานการสนทนาทุกๆ 12 วินาที และมีการร้องขอใช้งานบริการข้อมูลทุกๆ 6 วินาที

ทำการประมวลผลเหตุการณ์ของแบบจำลองการทำงานของระบบเครือข่ายเป็นระยะเวลา รวมทั้งสิ้นครั้งละ 60 นาที ทำการประมวลผล 3 ครั้ง และนำผลลัพธ์ที่ได้มาหาค่าเฉลี่ย ซึ่งนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกับกำหนดระยะเวลา Timeout แบบคงที่ของงานวิจัย Adaptive Radio Resource Management Scheme for UMTS Packet Data ได้ดังภาพ



ภาพที่ 1 เปรียบเทียบแบบจำลองกับงานวิจัยต้นแบบ