

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลงานวิจัย

เครือข่ายเคลื่อนที่เฉพาะกิจเป็นเครือข่ายที่มีลักษณะเฉพาะมากมาย เช่น เป็นเครือข่ายที่ไม่มีโครงข่าย โหนดสามารถเคลื่อนที่ได้ตลอดเวลาที่มีการสื่อสารผ่านเครือข่าย เป็นต้น ในงานวิจัยชิ้นนี้ได้นำเสนอคุณสมบัติความเป็นอิสระจากกันของแต่ละโหนด เนื่องจากเครือข่ายเคลื่อนที่เฉพาะกิจเป็นเครือข่ายที่เกิดจากการรวมตัวของโหนดบนเครือข่าย ทรัพยากรของเครือข่ายก็เป็นทรัพยากรที่ได้มาจากทรัพยากรของแต่ละโหนด ทรัพยากรต่างๆ บนเครือข่ายเคลื่อนที่เฉพาะกิจมีอยู่อย่างจำกัด เนื่องจากทรัพยากรแต่ละโหนดถูกจำกัดด้วยแบตเตอรี่ที่เป็นแหล่งพลังงานของโหนด ดังนั้นเราจึงจัดได้ว่าพลังงานเป็นทรัพยากรที่สำคัญที่สุดของเครือข่าย ดังนั้นถ้าโหนดใช้พลังงานของโหนดไปเพื่อเครือข่าย ก็จะส่งผลให้ประสิทธิภาพของเครือข่ายสูง แต่ถ้าโหนดใช้พลังงานเพื่อตัวโหนดเองเพียงอย่างเดียว จะส่งผลให้ประสิทธิภาพของเครือข่ายต่ำกว่าที่ควรจะเป็น ด้วยเหตุผลที่กล่าวมาการใช้พลังงานของโหนดจึงมีผลต่อประสิทธิภาพของเครือข่ายโดยตรง

งานวิจัยชิ้นนี้นำเสนอการวัดค่าการใช้พลังงานของโหนดบนเครือข่าย โดยใช้ค่าความยุติธรรมเป็นตัวชี้วัด ซึ่งเราแบ่งค่าความยุติธรรมบนเครือข่ายออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ 1) ความยุติธรรมในระดับโหนด ซึ่งจะแสดงถึงประโยชน์ที่โหนดได้รับจากการใช้พลังงานของโหนดระหว่างทางในการส่งต่อข้อมูลให้กับ โหนดเปรียบเทียบกับพลังงานที่โหนดใช้ในการส่งต่อข้อมูลให้กับโหนดอื่นๆ บนเครือข่าย 2) ความยุติธรรมในระดับเครือข่าย แสดงให้เห็นถึงความร่วมมือในการส่งต่อข้อมูลให้กับโหนดอื่นๆ เปรียบเทียบกับการใช้พลังงานเพื่อการส่งข้อมูลของตัวโหนดเอง ค่าความยุติธรรมคิดมาจากพฤติกรรมการใช้พลังงานของโหนดบนเครือข่ายไว้สาม โดยเราแยกการใช้พลังงานของโหนดเป็นดังต่อไปนี้ 1) การใช้พลังงานเพื่อส่งข้อมูลของโหนดเอง 2) การใช้พลังงานเพื่อส่งต่อข้อมูลของโหนดอื่น 3) ประโยชน์ที่โหนดได้รับจากการส่งต่อข้อมูลโดยโหนดอื่น

จากการทดลองพบว่า โหนดเข้าร่วมกับเครือข่ายเคลื่อนที่เฉพาะกิจมีทั้งโหนดที่ได้รับประโยชน์จากเครือข่ายและโหนดที่เสียประโยชน์จากเครือข่าย แต่จำนวนโหนดที่เสียประโยชน์จากการเข้าร่วมเครือข่ายมีมากกว่า เนื่องจากเครือข่ายเคลื่อนที่เฉพาะกิจเป็นเครือข่ายที่ส่งข้อมูลจากต้นทางไปยังปลายทางได้โดยการส่งต่อข้อมูลของโหนดระหว่างทาง ยิ่งจำนวนฮอปในการส่งข้อมูลมาก จำนวนโหนดระหว่างทางก็ต้องเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ทำให้โหนดจะต้องทำงานเพื่อเครือข่ายมากยิ่งขึ้น แต่โหนดเหล่านี้อาจจะมีโอกาสในการได้รับประโยชน์จากเครือข่ายไม่มากนัก

เนื่องจากการที่ตัวโหนดเองมีพลังงานจำกัด ทำให้โหนดเหล่านี้มีค่าความยุติธรรมเป็นลบหรือเสียเปรียบจากการเข้าร่วมกับเครือข่ายนั่นเอง แต่สำหรับโหนดที่ได้ประโยชน์จากการเข้าร่วมเครือข่าย โหนดเหล่านี้จะใช้พลังงานไปเพื่อการส่งข้อมูลของตนเองทำให้โหนดสามารถส่งข้อมูลของตนเองผ่านเครือข่ายได้เรื่อยๆ จนกระทั่งเครือข่ายไม่สามารถให้บริการได้ แต่ในความเป็นจริงเนื่องจากความเป็นอิสระของโหนดในเครือข่าย เช่น การใช้งานเครือข่ายในสถานที่สาธารณะต่างๆ แต่ละโหนดจะมีการตอบสนองต่อเครือข่ายที่แตกต่างกัน เช่น จำนวนข้อมูลที่ต้องการส่งผ่านเครือข่าย ความร่วมมือในการส่งต่อข้อมูลของเครือข่าย

ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าความยุติธรรมบนเครือข่ายเคลื่อนที่เฉพาะกิจ ได้รับผลกระทบจากรูปแบบการเคลื่อนที่ของโหนด และเราตั้งโปรโตคอลที่เลือกใช้เป็นอย่างมากเนื่องจากตำแหน่งที่อยู่ของโหนดมีผลต่อการเลือกเส้นทางการส่งต่อข้อมูลของแต่ละเราตั้งโปรโตคอล สำหรับการใช้งานจริงของเครือข่ายเคลื่อนที่เฉพาะกิจโหนดสามารถเคลื่อนที่ในรูปแบบต่างๆ กัน ได้อย่างอิสระ แต่สำหรับปัจจัยอื่น เช่น ระดับพลังงานของโหนด ความคับคั่งในเครือข่าย มีผลต่อความยุติธรรมบนเครือข่ายน้อย ดังนั้นสิ่งที่ควรคำนึงในการใช้งานเครือข่ายเคลื่อนที่เฉพาะกิจควรจะเป็นเราตั้งโปรโตคอลเพื่อให้โหนดบนเครือข่ายมีค่าความยุติธรรมในระดับโหนดที่ใกล้เคียงกัน

วิธีการจูงใจให้โหนดให้ความร่วมมือกับเครือข่ายด้วยการกำหนดค่าเงินจำลองขึ้นมา โดยผู้ส่งข้อมูลหรือผู้รับข้อมูลจะเป็นผู้เสียค่าใช้จ่ายในการส่งข้อมูล และผู้ที่ทำหน้าที่ในการส่งต่อข้อมูลจะเป็นผู้ที่ได้รับเงินจำลองเข้ามา เพื่อใช้ในการส่งข้อมูลของตนเองต่อไป แต่จากการทดลองแสดงให้เห็นว่าแต่ละโหนดบนเครือข่ายมีโอกาสที่จะส่งต่อข้อมูลให้กับโหนดอื่นๆ ไม่เท่าเทียมกัน เนื่องจากตำแหน่งของโหนดและการเลือกโหนดในเส้นทางการส่งข้อมูลของเราตั้งโปรโตคอล ซึ่งถ้าเรานำวิธีการใช้เงินจำลองไปใช้อาจจะทำให้เครือข่ายไม่สามารถทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพเนื่องจากโหนดมีค่าเงินจำลองไม่เพียงพอต่อการส่งข้อมูลผ่านเครือข่าย ซึ่งถือว่าการเสียโอกาสในการใช้งานเครือข่าย

การทดลองในงานวิจัยนี้ทดลองบนซิมูเลเตอร์เอ็นเอสทู โดยใช้มาตรฐานแลนไร้สาย ไอทริปเปิ้ลอี 802.11 ซึ่งผลการทดลองสามารถใช้เป็นแนวทางของการทดลองที่ใช้มาตรฐาน ไอทริปเปิ้ลอีแบบอื่นๆ ได้ เนื่องจากพลังงานส่วนมากที่โหนดใช้ไปกับการรับ-ส่งข้อมูล ซึ่งอินเทอร์เน็ตเฟสแลนไร้สายตามมาตรฐานต่างๆ ยังคงใช้หลักการเดียวกันตามที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อที่ 3.2 ถึงแม้ว่าในมาตรฐาน ไอทริปเปิ้ลอี 802.11 แบบใหม่จะมีการเพิ่มเติมวิธีการประหยัดพลังงานของโหนด ด้วยวิธีการต่างๆ เช่น การเพิ่มสเตทการทำงานของอินเทอร์เน็ตเฟสแลนไร้สาย หรือ การเซนซ์ซึ่งข้อมูลเฉพาะส่วนเม็กเฮดเดอร์เท่านั้นถ้าไม่ใช้ข้อมูลของโหนดก็จะไม่มีการฟังข้อมูลต่อไป แต่วิธีการเหล่านี้ไม่ส่งผลกระทบต่อการใช้พลังงานในการรับและส่งต่อข้อมูลของโหนด จึงทำให้ไม่มีผลต่อการคิดค่าความยุติธรรมของโหนด

5.2 ข้อเสนอแนะ

การคิดพลังงานบนซิมมูลเตอร์เอ็นเอสทูทิดจากการที่มีข้อมูลส่งผ่านอินเทอร์เน็ตไร้สาย ทั้งการส่งข้อมูลเข้าหรือออกจากอินเทอร์เน็ตเฟสก็ตาม ดังนั้นการที่โหนดรับฟังข้อมูลเพื่อตรวจสอบช่องสัญญาณ ก็จะทำให้เห็นรับฟังข้อมูลที่ส่งผ่านช่องสัญญาณด้วย ซึ่งซิมมูลเตอร์เอ็นเอสทูในปัจจุบัน โหนดจะรับฟังข้อมูลมาทั้งหมด แต่ในความเป็นจริงอินเทอร์เน็ตเฟสสามารถรับข้อมูลแค่ในส่วนเสกเคอร์ก็เพียงพอที่จะตัดสินใจว่าควรรับข้อมูลต่อไปจนหมดหรือไม่ ซึ่งถ้าโหนดตัดสินใจ ไม่รับข้อมูลต่อจะทำให้โหนดสามารถประหยัดพลังงานได้

ทรัพยากรของเครือข่ายเคลื่อนที่เฉพาะกิจประกอบด้วยหลายอย่างด้วยกัน เช่น แบนวิดท์ หน่วยประมวลผล เป็นต้น ซึ่งเราสามารถนำทรัพยากรเหล่านี้มาใช้ในการคำนวณหาค่าความยุติธรรมได้เช่นเดียวกับทรัพยากรพลังงาน หรือใช้ค่าของทรัพยากรหลายตัวร่วมกันในการคำนวณหาค่าความยุติธรรมก็ได้

เพื่อให้เกิดความยุติธรรมขึ้นบนเครือข่ายเคลื่อนที่เฉพาะกิจ เราควรที่จะเลือกเราดิงโปรโตคอลที่มีอัตราการส่งข้อมูลที่สูง มีโอเวอร์เฮดในการค้นหาเส้นทางที่น้อย และนอกจากนี้ เราดิงโปรโตคอลควรมีคุณสมบัติในการเลือกโหนดในเส้นทางการสื่อสาร โดยคำนึงถึงความยุติธรรมในการทำงานของแต่ละโหนดด้วย เพราะการที่โหนดมีค่าความยุติธรรมในระดับโหนดที่แตกต่างกัน จะมีเป็นแรงจูงใจให้โหนดเกิดความเห็นแก่ตัวได้ เพื่อให้แต่ละโหนดมีความยุติธรรมในระดับโหนดเท่าเทียมกัน ควรพัฒนาเราดิงโปรโตคอลที่เลือกโหนดในการส่งต่อข้อมูล โดยการให้ค่าความยุติธรรมในระดับเครือข่ายเป็นเมตริกซ์หนึ่งในการคำนวณหาเส้นทาง หรือมีการเพิ่มวิธีการสำหรับการกระจายค่าความยุติธรรมในการส่งต่อข้อมูลของโหนดอย่างเท่าเทียมกัน

แต่เนื่องจากวิธีการคำนวณหาค่าความยุติธรรมในงานวิจัยชิ้นนี้ คำนวณโดยใช้ภาพรวมของทั้งเครือข่าย แต่เนื่องจากเครือข่ายเคลื่อนที่เฉพาะกิจเป็นเครือข่ายที่ไม่มีการจัดการแบบรวมศูนย์ ดังนั้นการรวบรวมข้อมูลทั้งหมดจึงทำได้ยาก จากงานวิจัยที่ผ่านมาได้มีการนำเสนอวิธีการรวบรวมข้อมูลไว้หลายวิธีเช่น การประกาศข้อมูลการทำงานไปในเครือข่ายด้วยวิธีการฟลัดดิ้ง (Flooding) วิธีการนี้สามารถทำให้ข้อมูลกระจายไปทั่วทั้งเครือข่าย แต่จะทำให้เกิดโอเวอร์เฮดในเครือข่ายสูง หรือวิธีการรายงานการทำงานผ่านไปยังเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเพื่อรวบรวมข้อมูลที่ถูกต้องโดยการให้เซอร์ติฟิเคต (Certificate-based report) แต่วิธีการนี้มีข้อเสียเนื่องจากคุณสมบัติของเครือข่ายเคลื่อนที่เฉพาะกิจทำให้การนำเซอร์ติฟิเคตมาใช้เป็นที่ยาก และการใช้งานเครือข่ายเคลื่อนที่เฉพาะกิจไม่จำเป็นต้องใช้เป็นเครือข่ายในการติดต่อกับเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเสมอไป ดังนั้นจึงควรมีวิธีการรวบรวมข้อมูลการใช้พลังงานของโหนดที่เหมาะสมกับเครือข่ายเคลื่อนที่เฉพาะกิจเพื่อที่แต่ละโหนดบนเครือข่ายเคลื่อนที่เฉพาะกิจสามารถคำนวณหาค่าความยุติธรรมได้อย่างถูกต้องต่อไป