

แอปพลิเคชันเกตเวย์สำหรับการเชื่อมต่อ เครือข่ายเฉพาะกิจสมาร์ตโฟนกับอินเทอร์เน็ต

ธเนศ พุ่มไพจิตร, วรรณิศา กำมะหยี่, ธนานพ ทองถาวร,

วรวัชร ณรงค์ชวณะ และ สุเมธ ประภาวัต

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

Emails: thanetpod@gmail.com, kim.wannisa@gmail.com, thananop@it.kmitl.ac.th,

57606007@kmitl.ac.th, sumet@it.kmitl.ac.th

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันระบบการสื่อสารมีบทบาทสำคัญมากในการดำเนินชีวิตประจำวันของมนุษย์ หากเมื่อมีเหตุการณ์ภัยพิบัติที่ไม่คาดฝันเกิดขึ้น ทำให้โครงข่ายพื้นฐานที่เป็นส่วนสำคัญในการติดต่อสื่อสารผ่านระบบการสื่อสารไร้สายนั้นไม่สามารถใช้งานได้ จะส่งผลให้การติดต่อสื่อสารต่าง ๆ หยุดชะงักลง และไม่สามารถรับส่งข่าวสารได้ทันทั่วทั้งที่ โดยในปัจจุบันมีแนวคิดที่จะนำเครือข่ายเฉพาะกิจเคลื่อนที่เข้ามาช่วยแก้ไขปัญหาด้านการติดต่อสื่อสารภายใต้สถานการณ์ดังกล่าวในฐานะเครือข่ายสื่อสารสำรอง แต่ในปัจจุบันยังคงไม่มีแอปพลิเคชันใดที่สามารถสร้างเครือข่ายเฉพาะกิจเคลื่อนที่ที่สามารถติดต่อสื่อสารออกไปยังเครือข่ายอินเทอร์เน็ตได้ จากปัญหาดังกล่าวงานวิจัยนี้จึงได้มีการพัฒนาแอปพลิเคชันที่สามารถสื่อสารได้ในสถานการณ์ที่โครงข่ายพื้นฐานไม่สามารถทำงานได้ โดยมีการนำเครือข่ายเฉพาะกิจบนสมาร์ตโฟน (Smartphone Ad-Hoc Network) มาใช้สร้างเครือข่ายการสื่อสารที่ไม่จำเป็นต้องพึ่งพาโครงข่ายพื้นฐาน และพัฒนาให้สมาร์ตโฟนที่อยู่ในเครือข่ายเฉพาะกิจสามารถทำหน้าที่เป็นเกตเวย์เพื่อรับส่งข้อมูลออกไปยังเครือข่ายอื่น ๆ เช่น อินเทอร์เน็ต ทำให้สมาร์ตโฟนสามารถติดต่อสื่อสารกันได้แม้ภายในสถานการณ์ที่โครงข่ายพื้นฐานไม่สามารถใช้งานได้ ทั้งยังสามารถขยายขอบเขตการสื่อสารให้กว้างขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพอีกด้วย

คำสำคัญ – เกตเวย์; เครือข่ายเฉพาะกิจ; สมาร์ตโฟน; Wi-Fi Direct

1. บทนำ

ในโลกยุคปัจจุบันที่เทคโนโลยีสารสนเทศด้านการสื่อสารแบบไร้สายเข้ามามีบทบาทในการดำเนินชีวิตของผู้คน ยกตัวอย่าง เช่น การใช้งานสมาร์ตโฟน หรือแท็บเล็ตกันอย่างแพร่หลาย โดยระบบสื่อสารแบบไร้สายจะสามารถติดต่อสื่อสารกันได้จำเป็นต้องพึ่งพาโครงข่ายพื้นฐาน (Infrastructure) ทั้งนี้ หากมีภัยพิบัติต่าง ๆ เกิดขึ้น ทำให้โครงข่ายพื้นฐานไม่สามารถใช้งานได้ ส่งผลกระทบต่อการ

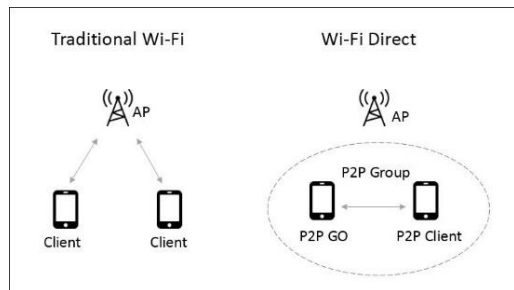
สื่อสารของสมาร์ตโฟน และทำให้ไม่สามารถที่จะขอความช่วยเหลือจากบุคคลภายนอก ดังนั้น ระบบสื่อสารสำรองจึงเป็นสิ่งที่จำเป็นเพื่อเข้ามารองรับในสภาวะที่ระบบสื่อสารหลักไม่สามารถใช้งานได้ ผู้วิจัยจึงสนใจระบบเครือข่ายเฉพาะกิจเคลื่อนที่ (Mobile Ad-hoc Network : MANET) [1] ซึ่งการสื่อสารในระบบเครือข่ายเฉพาะกิจนั้นจะติดต่อสื่อสารกันแบบโหนดต่อโหนด (Peer-to-Peer) โดยแต่ละโหนดจะส่งข้อความไปให้โหนดข้างเคียงที่อยู่ถัดไปเรื่อย ๆ จนถึงปลายทาง แต่การสื่อสาร

ในเครือข่ายเฉพาะกิจนั้น มีข้อจำกัดด้านขอบเขตในการสื่อสาร โดยไม่สามารถที่จะติดต่อสื่อสารออกไปยังเครือข่ายอื่น ๆ เช่นเครือข่ายอินเทอร์เน็ตได้ จากปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยจึงสนใจเครือข่ายแบบ Heterogeneous Wireless Networks (HWNs) หรือที่เรียกว่าเครือข่ายไร้สายแบบผสม ซึ่งเป็นการเชื่อมต่อระหว่างเครือข่ายสองชนิดเข้าด้วยกัน ซึ่งในที่นี้หมายถึงเครือข่ายเฉพาะกิจกับเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เพื่อให้แต่ละโหนดที่อยู่บนเครือข่ายเฉพาะกิจสามารถส่งข้อความออกไปหาโหนดที่อยู่บนอินเทอร์เน็ตได้ โดยการเชื่อมต่อของทั้งสองเครือข่ายจำเป็นต้องอาศัยกลไกเกตเวย์ที่ทำหน้าที่เปรียบเสมือนประตูเชื่อมต่อระหว่างสองเครือข่าย

ในปัจจุบันถึงแม้จะมีงานวิจัยจำนวนมากที่ให้ความสนใจและพัฒนาโพรโทคอลสำหรับการเชื่อมต่อเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจเข้ากับเครือข่ายอินเทอร์เน็ต แต่ยังคงไม่มีการกล่าวถึงการที่จะเชื่อมต่อเครือข่ายทั้ง 2 ชนิดเข้าด้วยกันภายใต้ข้อจำกัดที่มีอยู่ในปัจจุบัน ยกตัวอย่างเช่น อุปกรณ์สมาร์ตโฟน และระบบปฏิบัติการที่มีการใช้งานอยู่ในปัจจุบัน รวมไปถึงข้อจำกัดในการดัดแปลงและแก้ไขบนระบบปฏิบัติการดังกล่าว

งานวิจัยนี้จึงนำเสนอแอปพลิเคชันที่สามารถทำให้โหนดในเครือข่ายเฉพาะกิจสามารถติดต่อกับโหนดในเครือข่ายอินเทอร์เน็ตผ่านทางกลไกโหนดเกตเวย์ โดยให้โหนดที่ยังสามารถเข้าถึงโครงข่ายพื้นฐานทำหน้าที่เป็นเกตเวย์ในการเชื่อมต่อทั้งสองเครือข่ายไว้ด้วยกัน ทำให้อุปกรณ์สื่อสารที่อยู่ภายในเครือข่ายเฉพาะกิจสามารถที่จะติดต่อกันเองได้โดยไม่ต้องพึ่งพาโครงข่ายพื้นฐาน และสามารถเชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ตได้ผ่านทางโหนดเกตเวย์ เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการติดต่อสื่อสารให้มากยิ่งขึ้น โดยแอปพลิเคชันที่ถูกพัฒนาขึ้นสามารถใช้งานได้จริงโดยไม่ต้องมีการดัดแปลงระบบปฏิบัติการบนสมาร์ตโฟน

2. เทคโนโลยีและงานที่เกี่ยวข้อง



รูปที่ 1 เปรียบเทียบการทำงานของ Wi-Fi กับ Wi-Fi Direct

2.1 Wireless Fidelity (Wi-Fi)

ในปัจจุบันเทคโนโลยีการสื่อสารไร้สายได้พัฒนาขึ้นอย่างรวดเร็ว อุปกรณ์การสื่อสารต่าง ๆ สามารถที่จะรองรับการเชื่อมต่อแบบไร้สายได้อย่างแพร่หลาย ในปี ค.ศ. 1999 ได้มีการจัดตั้งองค์กร Wi-Fi Alliance ที่เป็นองค์กรไม่แสวงหาผลกำไรขึ้น เพื่อกำหนดมาตรฐานของอุปกรณ์ที่เรียกว่า Wireless Local Area Network (WLAN) โดยใช้เครื่องหมาย Wi-Fi

WLAN คืออุปกรณ์การเชื่อมต่อแบบไร้สายที่สื่อสารกันด้วยสัญญาณวิทยุ WLAN ถูกพัฒนาขึ้นโดย Institute of Electrical and Electronic Engineer (IEEE)

Station (STA) คือ อุปกรณ์ที่รองรับมาตรฐาน IEEE 802.11 [2] เป็นเครื่องลูกข่ายที่จะเชื่อมต่อกับ Infrastructure network และ อุปกรณ์บน Ad hoc mode

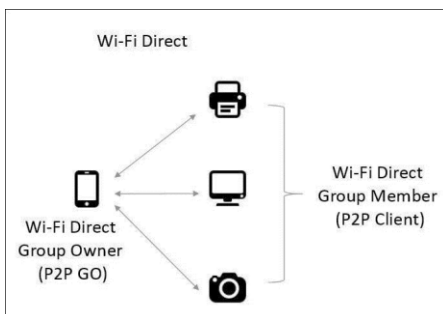
Access Point (AP) คือ อุปกรณ์โครงสร้างพื้นฐานที่ถูกใช้ในการเชื่อมต่อ โดยทุก STA จะถูกเชื่อมต่อกับ AP ในการเชื่อมต่อรูปแบบ Star โดย AP จะส่งข้อมูลสื่อสารกับ STA ซึ่ง AP สามารถทำงานเป็น Bridge mode ซึ่งทำให้อุปกรณ์ที่เชื่อมต่อกับ AP สามารถที่จะสื่อสารไปยังเครือข่ายอื่นที่อยู่นอกเหนือจากที่เชื่อมต่ออยู่กับ AP

จากรูปที่ 1 การเชื่อมต่อแบบไร้สายมีรูปแบบการเชื่อมต่อสองแบบ [3] คือ Infrastructure Mode ที่มี AP

เป็นศูนย์กลางการเชื่อมต่อ และ Ad hoc mode ที่มีรูปแบบการเชื่อมต่อแบบโหนดต่อโหนด (Peer-to-Peer) โดย STA แต่ละตัวสามารถเชื่อมต่อกันได้โดยตรงไม่ต้องอาศัย AP

2.2 Wi-Fi Direct (Wi-Fi Peer-to-Peer)

Wi-Fi Direct หรือ Wi-Fi Peer-to-Peer (P2P) มีการทำงานที่เหมือนกับเทคโนโลยี Wi-Fi แบบดั้งเดิม โดยมีส่วนที่แตกต่างคือ Wi-Fi Direct ไม่จำเป็นต้องเชื่อมต่อผ่าน AP โดยตรงแต่จะใช้ซอฟต์แวร์ AP ในการเชื่อมต่อแทน จากรูปที่ 2 การเชื่อมต่อของอุปกรณ์นั้นจะถูกจัดเป็นกลุ่ม ๆ ในแต่ละกลุ่มมีอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เป็น Group Owner (GO) ซึ่งใช้ซอฟต์แวร์มาทำให้ GO มีหน้าที่เหมือน AP ในการเชื่อมต่อแบบ Infrastructure Mode โดยจะมีการเชื่อมต่อเข้ามาจาก P2P Client เพื่อเข้าใช้งานกับ GO และ GO จะทำหน้าที่เป็น DHCP เพื่อแจกจ่าย IP ให้กับ P2P Client มาใช้ติดต่อกันตามรูปแบบของ OSI Network Layer หน้าที่การทำงานของ P2P Client จะทำงานเหมือนเทคโนโลยีการเชื่อมต่อแบบเก่าที่มีการใช้งาน AP ในการเชื่อมต่อ [4]



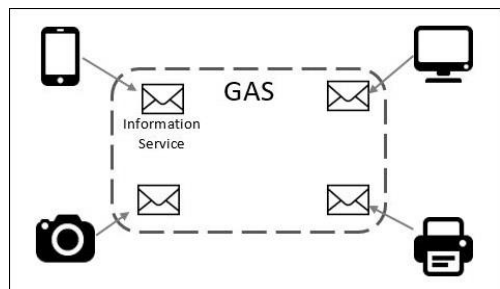
รูปที่ 2 แสดงการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ Wi-Fi Direct

2.3 Generic Advertisement Service (GAS)

GAS [5] เป็นโปรโตคอลที่ใช้แลกเปลี่ยนข้อมูลเกี่ยวกับเซอร์วิสที่ถูกประกาศออกมาจากตัวอุปกรณ์ โดย GAS ถูก

ออกแบบมาให้ใช้งานบรรจุข้อมูลที่ต้องใช้ในการติดต่อสื่อสาร

โดยโปรโตคอล GAS นั้นเปรียบเสมือนช่องทางสื่อสารที่แต่ละอุปกรณ์สามารถประกาศเซอร์วิสเข้ามาในช่องทางนี้ได้ และอุปกรณ์อื่น ๆ ที่อยู่ช่องทางสามารถที่จะนำเซอร์วิสต่าง ๆ ที่ถูกประกาศไว้ไปใช้งานต่อได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ทำการเพิ่มชุดข้อความที่แอปพลิเคชันส่งออกไปในเครือข่ายลงไปในชุดข้อมูลที่ใช้ในการติดต่อสื่อสาร (Information Service) ทำให้อุปกรณ์ที่อยู่ในช่องทางสื่อสารของโปรโตคอล GAS นั้นสามารถติดต่อสื่อสารกันได้โดยตรง ดังที่แสดงแผนภาพอย่างง่ายในรูปที่ 3

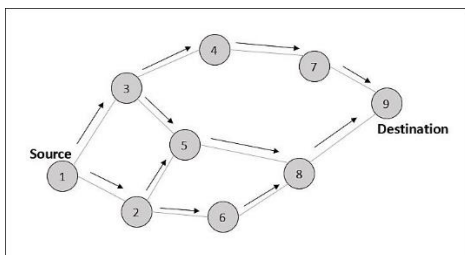


รูปที่ 3 แสดงหลักการทำงานพื้นฐานของ GAS Service

2.4 Ad hoc On-Demand Distance Vector Routing (AODV)

AODV [6] เป็นโปรโตคอลค้นหาเส้นทางในเครือข่ายเฉพาะกิจแบบรีแอคทีฟ โดยจะทำการค้นหาเส้นทางจากต้นทางไปถึงปลายทางก็ต่อเมื่อโหนดต้นทางต้องการที่จะทำการส่งข้อมูลเท่านั้น เมื่อโหนดต้นทางต้องการส่งข้อความจะทำการค้นหาเส้นทาง โดยจะส่งข้อความร้องขอเส้นทาง (Route Request Message: RREQ) ออกไปดังรูปที่ 4 และรอข้อความตอบรับการขอเส้นทาง (Route Reply Message: RREP) เมื่อโหนดที่ถูกระบุเป็นโหนดปลายทางได้รับข้อความ RREQ จะส่งข้อความ RREP ตอบกลับไปที่โหนดต้นทาง โหนดต้นทางก็จะสามารถรับรู้เส้นทางไปยังโหนดปลายทางว่าจะต้องส่งข้อมูลไปยัง

โหนดถัดไปตัวใด ที่จะทำให้สามารถส่งข้อความไปยัง โหนดปลายทางได้ แต่ในกรณีที่โหนดต้นทางไม่ได้รับ ข้อความ RREP ตอบกลับภายในเวลาที่กำหนด โหนด ต้นทางจะทำการกระจายข้อความ RREQ ออกไปใหม่ นอกจากนี้ยังมีกลไกการบำรุงรักษาเส้นทาง (Route Maintenance) โดยแต่ละโหนดจะทำการตรวจสอบ เส้นทางที่จะส่งต่อข้อความ เมื่อพบว่าเส้นทางไม่สามารถ ใช้งานได้ โหนดที่ทราบจะส่งข้อความ Route Error Message (RERR) กลับไปให้โหนดต้นทางเพื่อแจ้งว่า เส้นทางนี้ไม่สามารถใช้งานได้ ซึ่งข้อดีของโพรโทคอล AODV คือ เป็นโพรโทคอลค้นหาเส้นทางโดยไม่เกิดลูป (Loop Free) และมีการใช้หมายเลขลำดับ (Sequence Number) เพื่อกำหนดความใหม่ของข้อมูลเส้นทาง ซึ่ง หมายเลขลำดับที่มีค่าสูงกว่าคือข้อมูลเส้นทางที่ใหม่กว่า



รูปที่ 4 แสดงการกระจายข้อความ RREQ บน AODV

2.5 Gateway Discovery Protocol

ในการที่จะส่งข้อความผ่านทางเกตเวย์นั้น จะมีโหนดที่ ต้องการใช้งานเกตเวย์ติดต่อไปหาโหนดเกตเวย์ก่อน โดย โหนดดังกล่าวจะต้องมีข้อมูลเส้นทางไปยังเกตเวย์ถึงจะ สามารถติดต่อกับโหนดเกตเวย์ได้ ซึ่งกลไกการค้นหา เส้นทางเพื่อติดต่อไปยังโหนดเกตเวย์นั้นมีอยู่หลายวิธีการ ดังต่อไปนี้

2.5.1. การค้นหาเกตเวย์แบบรีแอ็กทีฟ

การค้นหาเกตเวย์แบบรีแอ็กทีฟ [7][8] เป็นการค้นหา โหนดเกตเวย์โดยเริ่มต้นจากโหนดที่ต้องการใช้งานเกตเวย์ ในเครือข่ายเฉพาะกิจ โหนดดังกล่าวจะทำการสร้าง

ข้อความ RREQ_I ซึ่งเป็นการปรับแก้ข้อความ RREQ ที่ใช้ ในการร้องขอเส้นทางของโพรโทคอลค้นหาเส้นทางแบบรี แอ็กทีฟก่อนจะกระจายส่งออกไปให้โหนดข้างเคียง โหนด อื่น ๆ ที่ไม่ใช่โหนดเกตเวย์เมื่อได้รับข้อความ RREQ_I มาแล้วจะทำการส่งต่อไปให้โหนดข้างเคียงอีกเรื่อย ๆ จน ข้อความนั้นถึงโหนดเกตเวย์ เมื่อโหนดเกตเวย์ได้รับ ข้อความ RREQ_I จะทำการตอบกลับไปยังโหนดต้นทาง โดยใช้ข้อความ RREP_I โดยในข้อความ RREP_I จะระบุ เส้นทางไปยังโหนดเกตเวย์ไว้ด้วย เมื่อโหนดต้นทางได้รับ ข้อความ RREP_I ก็จะสามารถทราบเส้นทางไปยังเกตเวย์ ได้เหมือนโพรโทคอลค้นหาเส้นทางแบบรีแอ็กทีฟทั่วไป

2.5.2 การค้นหาเกตเวย์แบบโพรแอ็กทีฟ

การค้นหาเกตเวย์แบบโพรแอ็กทีฟ [7] จะเริ่มต้นที่โหนด เกตเวย์ทำการกระจายข้อความบอกข้อมูลเส้นทางไปหา ตนเอง ที่เรียกว่า Gateway Advertisement (GWADV) ซึ่งเป็นข้อความที่ระบุเส้นทางไปยังโหนดเกต เวย์ให้กับโหนดที่อยู่ข้างเคียง เมื่อโหนดได้รับข้อความ GWADV มาแล้วจะทำการตัดสินใจว่าจะรับข้อมูลนั้นไว้ หรือไม่ ซึ่งถ้าโหนดยังไม่รู้เส้นทางไปยังโหนดเกตเวย์จะทำ การรับข้อมูลนั้นไว้แล้วนำไปสร้างข้อมูลเส้นทาง (Route entry) เพื่อเก็บลงในตารางเส้นทาง (Route table) หรือ กรณีที่โหนดรู้เส้นทางไปยังโหนดเกตเวย์แล้ว แต่ข้อความ ที่ได้รับเข้ามามีจำนวนฮ็อปปี้สั้นกว่าข้อมูลที่ตนมีอยู่ โหนด จะทำการรับข้อมูลนั้นมาปรับปรุงข้อมูลในตารางเส้นทาง หลังจากนั้นโหนดจะทำการส่งต่อข้อความไปให้กับโหนด ข้างเคียงแบบนี้ไปเรื่อย ๆ ไปทั่วเครือข่าย

2.5.3 การค้นหาเกตเวย์แบบไฮบริด

การค้นหาเกตเวย์แบบไฮบริด [9] เป็นการผสมผสาน ระหว่างการค้นหาเกตเวย์แบบโพรแอ็กทีฟกับแบบรีแอ็ก ทีฟ โดยโหนดเกตเวย์จะทำการกระจายข้อความ GWADV

ให้โหนดอื่น ๆ ที่อยู่ภายในจำนวนฮอปที่จำกัด ซึ่งสามารถตั้งค่าจำนวนฮอปได้ใน TTL-field ของ IP header เพื่อเป็นการลดโอเวอร์เฮดจากการกระจายข้อความร้องขอเส้นทางมายังโหนดเกตเวย์ เมื่อโหนดได้รับข้อความ GWADV มาแล้วจะทำการบันทึกข้อมูลเส้นทางไปยังโหนดเกตเวย์ ในกรณีที่โหนดอยู่นอกพื้นที่การกระจายข้อความ GWADV ของโหนดเกตเวย์ โหนดดังกล่าวจะทำการกระจายข้อความร้องขอเส้นทาง RREQ_I ออกไปให้โหนดข้างเคียง เมื่อโหนดข้างเคียงได้รับข้อความนั้นจะทำการตรวจสอบข้อมูลของโหนดเกตเวย์ที่ตัวมันมีอยู่ ถ้ามีข้อมูลอยู่แล้วจะทำการตอบกลับไปที่โหนดที่ร้องขอ แต่ถ้าไม่มีข้อมูลอยู่จะส่งต่อไปให้โหนดข้างเคียงไปเรื่อย ๆ เมื่อโหนดที่ร้องขอได้รับข้อมูลเกตเวย์มาแล้วก็จะสามารถทราบเส้นทางไปยังโหนดเกตเวย์ และสามารถส่งข้อความไปยังเกตเวย์ได้

3. การวิเคราะห์และออกแบบระบบ

3.1 แนวคิดการพัฒนาแอปพลิเคชัน

ในการที่จะใช้งานเทคโนโลยี Wi-Fi Direct ในการเชื่อมต่อสมาร์ตโฟนเข้าด้วยกันนั้น สมาร์ตโฟนสองเครื่องจำเป็นต้องผ่านกระบวนการจับคู่ หรือ Pairing เสียก่อน โดยขั้นตอนดังกล่าวจำเป็นต้องมีการตอบรับจากสมาร์ตโฟนทั้งสองเครื่องก่อนการเชื่อมต่อ ซึ่งส่งผลให้เกิดข้อจำกัดในการสร้างเครือข่ายเฉพาะกิจเคลื่อนที่ที่มีจำนวนโหนดมากกว่า 2 โหนดขึ้นไป เพื่อที่จะแก้ไขปัญหาดังกล่าวผู้วิจัยจึงได้นำเทคโนโลยี GAS ที่ได้มีการกล่าวถึงเอาไว้ข้างต้น เข้ามาเป็นช่องทางในการติดต่อสื่อสาร และส่งข้อความร่วมกับการใช้งาน Wi-Fi Direct

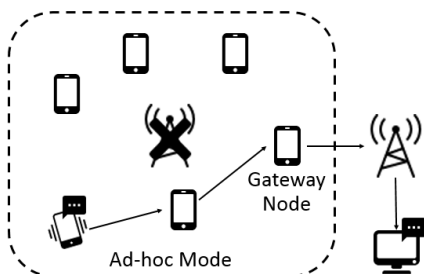
เมื่อโครงข่ายพื้นฐาน (Infrastructure) ไม่สามารถใช้งานได้ เครื่องที่ติดตั้งแอปพลิเคชันจะสามารถเปลี่ยนมาใช้งานบนเครือข่ายเฉพาะกิจ เมื่อสมาร์ตโฟนจะ

ส่งข้อความจะมีการกระจายข้อความ Route request (RREQ) เพื่อตรวจสอบว่า เครือข่ายปลายทางอยู่ภายในเครือข่ายเฉพาะกิจเดียวกันหรือไม่ ในกรณีที่เครือข่ายปลายทางได้รับข้อความดังกล่าวก็จะตอบกลับด้วยข้อความ Route Reply (RREP) เพื่อแจ้งเส้นทางที่จะใช้ในการส่งข้อความ Data message แต่ถ้าเครื่องต้นทางไม่ได้รับข้อความตอบกลับภายในเวลาที่กำหนด อาจมีความเป็นไปได้ว่าเครือข่ายปลายทางไม่ได้อยู่ในเครือข่ายเดียวกัน เครื่องต้นทางจะทำการค้นหาเครื่องที่ทำหน้าที่เป็นโหนดเกตเวย์ ซึ่งเป็นเครื่องที่จะสามารถติดต่อสื่อสารกับโครงข่ายพื้นฐานข้างเคียงที่ยังสามารถใช้งานได้อยู่ เครื่องเกตเวย์จึงเปรียบเสมือนประตูเชื่อมต่อระหว่างสองเครือข่ายเข้าด้วยกัน โดยเครื่องเกตเวย์จะทำหน้าที่ในการส่งต่อข้อความภายในเครือข่ายเฉพาะกิจออกไปยังเครือข่ายภายนอก ในกระบวนการค้นหาเกตเวย์นั้น เครื่องต้นทางจะกระจายข้อความ Gateway Request ออกไปเพื่อค้นหาโหนดเกตเวย์ เมื่อโหนดเกตเวย์ได้รับข้อความดังกล่าว ก็จะมีการตอบกลับด้วยข้อความ Gateway Reply เพื่อแจ้งเส้นทางจากเครื่องต้นทางมายังเกตเวย์ จากกระบวนการการทำงานดังกล่าวทำให้เครื่องที่อยู่ภายในเครือข่ายเฉพาะกิจสามารถที่จะติดต่อสื่อสารกับเครื่องภายนอกเครือข่ายได้แผนภาพสรุปการทำงานอย่างง่ายของแอปพลิเคชันที่ถูกแสดงไว้ดังรูปที่ 5

ในระหว่างการส่งข้อความ Data Message นั้น เครื่องระหว่างทางที่ทำหน้าที่ส่งต่อข้อความจะมีการตอบกลับข้อความ Acknowledgment ไปให้โหนดก่อนหน้าทุกครั้งเพื่อยืนยันว่าการส่งข้อความสำเร็จ ถ้าโหนดก่อนหน้าไม่ได้รับข้อความ Acknowledgement โหนดดังกล่าวจะพยายามส่งข้อมูลใหม่อีกครั้งหนึ่ง ซึ่งถ้าการส่งข้อมูลยังคงไม่สำเร็จภายในช่วงเวลาหนึ่ง เครื่องดังกล่าวจะทราบว่าเส้นทางในการส่งข้อมูลไม่สามารถใช้งานได้ และจะทำการค้นหาเส้นทางใหม่อีกครั้ง ในกรณีที่ไม่

สามารถหาเส้นทางใหม่ได้ในเวลาที่กำหนดไว้นั้น กล่าว
จะละทิ้งข้อความนั้น และหยุดกระบวนการทำงาน

ในส่วนของการจัดการและปรับปรุงเส้นทางนั้น
โดยปกติโพรโทคอล AODV จะมีกลไกในการจัดการเมื่อ
เส้นทางที่มีอยู่เดิมไม่สามารถใช้งานได้ ซึ่งอาจเกิดขึ้นเมื่อมี
การเปลี่ยนแปลงของเครือข่าย แต่ในแอปพลิเคชันรุ่น
ปัจจุบันจะยังไม่คำนึงเหตุการณ์ดังกล่าว เนื่องจาก
ข้อจำกัดของปริมาณอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองที่มีอยู่ไม่
เพียงพอ



รูปที่ 5 หลักการทำงานโดยรวมของแอปพลิเคชันที่
นำเสนอ

3.2 การออกแบบชุดข้อมูลที่ใช้ในแอปพลิเคชัน

ผู้วิจัยได้ออกแบบรูปแบบข้อความที่ใช้ในแอป
พลิเคชันโดยอิงพื้นฐานจากโพรโทคอล AODV โดยมี
รูปแบบข้อความต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

Route Request Message คือชุดข้อความที่ถูก
ใช้ในการร้องขอเส้นทางภายในเครือข่ายเฉพาะกิจ มี
รูปแบบข้อความดังรูปที่ 6 โดย

hop-to-hop Source Address	hop-to-hop Destination Address	Originator Address	Source sequence	ID	Hop-count	Type
---------------------------------	--------------------------------------	-----------------------	--------------------	----	-----------	------

รูปที่ 6 รูปแบบข้อความของ Route Request

Route Reply Message คือชุดข้อความที่ถูกใช้
ในการตอบกลับการร้องขอเส้นทางภายในเครือข่ายเฉพาะ
กิจ มีรูปแบบข้อความดังรูปที่ 7

hop-to-hop Source Address	hop-to-hop Destination Address	Originator Address	Source sequence	ID	Hop-count	Type
---------------------------------	--------------------------------------	-----------------------	--------------------	----	-----------	------

รูปที่ 7 รูปแบบข้อความของ Route Reply

Acknowledgement Message คือชุดข้อความ
ที่ถูกส่งเพื่อยืนยันการได้รับข้อความต่าง ๆ มีรูปแบบ
ข้อความดังรูปที่ 8

hop-to-hop Source Address	hop-to-hop Destination Address	ID	Type	Acknowledge id
---------------------------------	--------------------------------------	----	------	----------------

รูปที่ 8 รูปแบบข้อความของ Acknowledgement

Gateway Request Message คือ ชุดข้อความที่
ถูกใช้ในการร้องขอเส้นทางไปยังเกตเวย์ มีรูปแบบ
ข้อความดังรูปที่ 9

hop-to-hop Source Address	hop-to-hop Destination Address	Originator Address	Source sequence	ID	Hop-count	Type
---------------------------------	--------------------------------------	-----------------------	--------------------	----	-----------	------

รูปที่ 9 รูปแบบข้อความของ Gateway Request

Gateway Reply Message คือ ชุดข้อความที่ถูก
ใช้ในการตอบกลับร้องขอเส้นทางไปยังเกตเวย์ มีรูปแบบ
ข้อความดังรูปที่ 10

hop-to-hop Source Address	hop-to-hop Destination Address	Originator Address	End destination	ID	Type
---------------------------------	--------------------------------------	-----------------------	--------------------	----	------

รูปที่ 10 รูปแบบข้อความของ Gateway Reply

Data Message คือ ชุดข้อความที่บรรจุข้อความ
ที่ต้องการส่ง มีรูปแบบข้อความดังรูปที่ 11

hop-to-hop Destination Address	hop-to-hop Source Address	Gateway Address	end-to-end Destination Address	end-to-end Source Address	TTL	TYPE	Message ID
P A Y L O A D							

รูปที่ 11 รูปแบบข้อความของ Data Message

โดยฟิลด์ “Type” จะถูกใช้ในการระบุประเภท
ของข้อความ โดยระบุเป็นหมายเลข ยกตัวอย่างเช่น

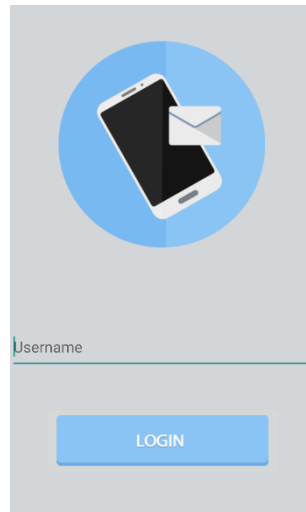
Route Request Message มีค่าในฟิลด์ “Type” เท่ากับ 1 เป็นต้น

4. ผลการพัฒนาแอปพลิเคชัน

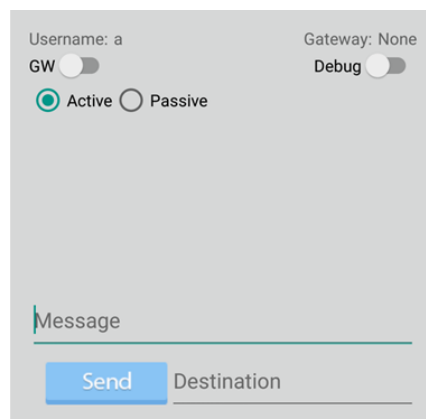
4.1 การออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้ของแอปพลิเคชัน

ในรูปที่ 12 เป็นหน้าแรกของแอปพลิเคชันที่ให้ผู้ใช้งานกรอกชื่อที่ต้องการ จากนั้นให้ทำการกดปุ่ม Login เพื่อเข้าสู่ระบบของแอปพลิเคชัน โดยแอปพลิเคชันจะใช้ชื่อที่ผู้ใช้งานตั้งเพื่อเป็นการระบุตัวตนของแต่ละเครื่อง หลังจากนั้นแอปพลิเคชันจะแสดงหน้ารับส่งข้อความโดยจะแสดงชื่อ Username ไว้ด้านบนของจอภาพดังรูปที่ 13

รูปที่ 14 แสดงถึงหน้าต่างการรับ และส่งข้อความหลังจากที่ผู้ใช้เข้าสู่ระบบแล้ว ระบบจะนำผู้ใช้เข้ามาสู่หน้านี้ ซึ่งจะแสดงการส่งและรับข้อความทั้งหมดที่เกิดขึ้น ซึ่งประกอบด้วย ส่วนที่แสดงชื่อ Username ของผู้ใช้ และแสดงชื่อเครื่องที่เป็นโหนดเกตเวย์ ส่วนที่อยู่ด้านบนสุดทางด้านซ้ายมือคือปุ่มที่แสดงความเป็นเกตเวย์ของเครื่อง ถ้าหากเครื่องนี้เป็นเกตเวย์ที่สามารถเชื่อมต่อไปยังอินเทอร์เน็ตได้ ผู้ใช้ต้องเปลี่ยนค่าให้เป็น ON ซึ่งจะมีให้เลือก 2 รูปแบบคือ Active ซึ่งโหนดจะทำการกระจายข้อความ GWADV โดยดัดแปลงข้อความ Route Request โดยการเปลี่ยนฟิลด์ “Type” เป็นหมายเลขอื่นเมื่อใดก็ตามที่โหนดได้รับข้อความ Route Request พิเศษดังกล่าว โหนดจะทราบว่าข้อความนั้นคือ GWADV และทำการปรับปรุงข้อมูลเกตเวย์ของตนเองเป็นระยะตามกลไกแบบโพรแอกทีฟ ในขณะที่รูปแบบ Passive จะเป็นการค้นหาเกตเวย์ในรูปแบบรีแอกทีฟซึ่งโหนดที่เป็นเกตเวย์จะรอตอบกลับข้อความ Gateway Request จากโหนดอื่น ๆ ก่อนจะตอบกลับด้วย Gateway Reply



รูปที่ 12 หน้าจอเข้าสู่ระบบของแอปพลิเคชัน

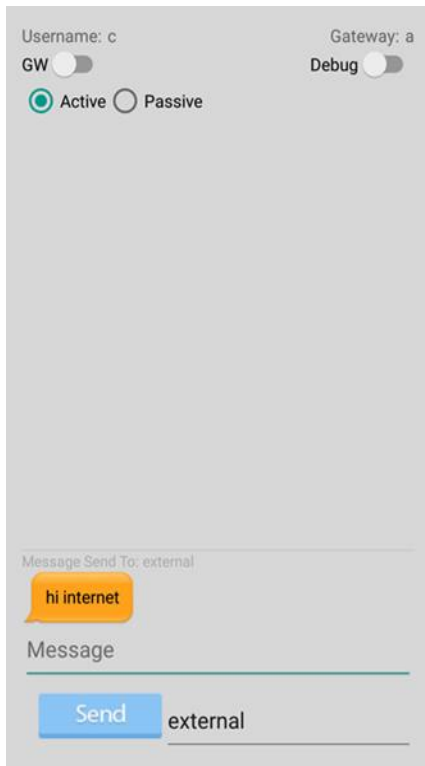


รูปที่ 13 หน้าหลักของแอปพลิเคชัน

ปุ่มด้านบนสุดทางขวามือแสดงถึงปุ่มเปิดปิดการใช้งาน Debug mode ของแอปพลิเคชัน บริเวณกล่องข้อความด้านล่างคือส่วนที่ผู้ใช้สามารถส่งข้อความ โดยต้องกำหนด Destination เป็นชื่อ (Username) ของเครื่องปลายทาง และ Message คือข้อความที่ผู้ใช้งานต้องการส่งไปให้เครื่องปลายทาง จากนั้นกดปุ่ม Send ข้อความจะถูกส่งออกไปให้เครื่องที่ระบุเป็น Destination

ในรูปที่ 14 และ 15 เป็นการส่งข้อความระหว่างเครื่อง c ที่ใช้งานเครือข่ายเฉพาะกิจ กับเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีการเชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ต โดยมีเครื่อง

a เป็นตัวกลางที่ทำหน้าที่เป็นเกตเวย์ เมื่อเครื่อง a ได้รับข้อความ จะทำการส่งต่อข้อมูลไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์ และแสดงผลข้อความบนหน้าต่างเทอร์มินัล



รูปที่ 14 ตัวอย่างการส่งข้อความหาเกตเวย์

```
waiting to receive message
received 21 bytes from ('192.168.43.176', 51737)
hi internet Send By:c
```

รูปที่ 15 หน้าต่างเทอร์มินัลแสดงผลข้อความที่ได้รับ

ในส่วนของหน้า Debug mode (รูปที่ 16) จะเป็นการแสดงข้อความทั้งหมดที่ถูกส่งและรับเข้ามาในเครื่องของผู้ใช้ พร้อมทั้งแสดงข้อมูลทั้งหมดในแพ็คเก็ต ยกตัวอย่างเช่นข้อความที่ใช้ค้นหาเส้นทางสู่ปลายทาง และเส้นทางสู่เกตเวย์ เป็นต้น Debug mode นั้น นอกจากจะถูกใช้สำหรับเพื่อตรวจสอบว่าเครื่องของผู้ใช้กำลังรับและส่งข้อความใดบ้าง ในช่วงการทดสอบการทำงาน

ของแอปพลิเคชัน Debug mode ก็เป็นส่วนสำคัญที่ใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องของระบบอีกด้วย



รูปที่ 16 หน้าแสดงข้อความในโหมด Debug

5. สรุปผลการพัฒนาแอปพลิเคชัน

5.1 สรุปผลการพัฒนา

ในงานวิจัยฉบับนี้ ได้มีการพัฒนาแอปพลิเคชันเกี่ยวกับกลไกเกตเวย์เพื่อเชื่อมต่อเครือข่ายเฉพาะกิจสมาร์ตโฟนกับเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ซึ่งทำให้สมาร์ตโฟนที่อยู่ภายในเครือข่ายเฉพาะกิจสามารถติดต่อสื่อสารกับอุปกรณ์อื่นที่อยู่ในเครือข่ายอินเทอร์เน็ตผ่านทางสมาร์ตโฟนที่ทำหน้าที่เป็นเกตเวย์เชื่อมต่อทั้งสองเครือข่ายเข้าด้วยกันได้ ในการพัฒนาระบบผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับโพรโทคอลค้นหาเส้นทางในเครือข่ายเฉพาะกิจ และได้เลือกประยุกต์ใช้โพรโทคอล Ad hoc On-Demand Distance

Vector Routing (AODV) กับแอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้น นอกจากนี้ยังได้ศึกษาทฤษฎีเกี่ยวกับการค้นหาเกตเวย์เพื่อนำมาพัฒนาให้แอปพลิเคชันมีการค้นหาเกตเวย์ได้สองรูปแบบคือ แบบ Active ที่อ้างอิงมาจากการค้นหาเกตเวย์แบบโปรแอกทีฟ และ แบบ Passive ที่อ้างอิงมาจากการค้นหาเกตเวย์แบบรีแอกทีฟ ซึ่งได้นำกลไกการประกาศเซอร์วิสที่เรียกว่าโปรโตคอล Generic Advertisement Service (GAS) ของ Wi-Fi Direct มาดัดแปลงเพื่อใช้ในการรับส่งข้อความ และได้มีการพัฒนาให้เครื่องคอมพิวเตอร์สามารถที่จะรับข้อความจากสมาร์ทโฟนที่อยู่ภายในเครือข่ายเฉพาะกิจได้

อย่างไรก็ตามในการพัฒนาระบบยังคงมีข้อจำกัดอยู่บางประการ โดยแอปพลิเคชันสามารถใช้งานได้บนสมาร์ทโฟนที่มีระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์รุ่น 4.0 ขึ้นไป ประการต่อมาคือในการรับส่งข้อความนั้นใช้เวลาค่อนข้างนานเนื่องจากต้องคอยค้นหาข้อความตลอดเวลา และการส่งข้อความจากเครือข่ายเฉพาะกิจไปยังเครือข่ายอินเทอร์เน็ตสามารถส่งไปได้เฉพาะเครื่องที่กำหนดหมายเลข IP ไว้เท่านั้น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยงบประมาณแผ่นดินปีงบประมาณ 2559 จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารอ้างอิง

- [1] T. Lin. "Mobile Ad-hoc Network Routing Protocols: Methodologies and Applications." Ph.D. in Computer Engineering. 2004.
- [2] Ning Zhang. "Wi-Fi Direct based Smart Set-up (WDSS) in Lighting Systems." , Delft University of Technology. 2012
- [3] Wi-Fi Alliance. "Mobile Ad-Hoc Networking: Wi-Fi CERTIFIED™ IBSS with Wi-Fi Protected Setup™" 2012
- [4] Jimmy Tieu and Sihan Ye. "Wi-Fi Direct Services" Information Technology, Faculty of Engineering, LTH, Lund University. June 2014.
- [5] ARUBA network (2011). Wi-Fi Certified Passpoint Architecture for Public Access Aruba
- [6] C. E. Perkins, E. M. Belding-Royer, and S. R. Das, "Ad hoc On-Demand Distance Vector (AODV) Routing." Internet Engineering Task Force (IETF) draft, July 2003.
- [7] H. El-Moshrihy, M. A. Mangoud and M. Rizk, "Gateway Discovery in Ad hoc On-Demand Distance Vector (AODV) Routing for Internet Connectivity," Radio Science Conference, 2007. NRSC 2007. National, Cairo, 2007, pp. 1-8.
- [8] Matthias Rosenschon. "Internet Gateway Discovery for Mobile Ad Hoc Networks" CITY University London. 2 October 2007.
- [9] P. Ratanchandani and R. Kravets, "A hybrid approach to Internet connectivity for mobile Ad hoc networks," Wireless Communications and Networking, 2003. WCNC 2003. 2003 IEEE, New Orleans, LA, USA, 2003, pp. 1522-1527 vol.3.