เครือข่ายเฉพาะกิจสำหรับสถานการณ์ภัยพิบัติ
Ad Hoc Network for Disaster Scenario

ณัฐกานต์ ชุติมารังสรรค์[1*] และวีรยุทธ ชุติมารังสรรค์[2]
Nattakarn Shutimarrungson[1*] and Werayut Shutimarrungson[2]

Received: August 7, 2018; Revised: November 19, 2018; Accepted: November 20, 2018

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการศึกษารูปแบบเครือข่ายเฉพาะกิจในสถานการณ์การเกิดภัยพิบัติ โดยศึกษาถึงรูปแบบการเชื่อมต่อของเครือข่าย รูปแบบการเคลื่อนที่ของโหนด โพรโทคอลค้นหาเส้นทางสำหรับเครือข่ายเฉพาะกิจ การวัดประสิทธิภาพของเครือข่ายที่ออกแบบรวมถึงศึกษาประสิทธิภาพของโพรโทคอลค้นหาเส้นทาง การศึกษาถึงรูปแบบเครือข่ายเฉพาะกิจในสถานการณ์การเกิดภัยพิบัตินั้นเพื่อใช้ในการปรับปรุงเครือข่ายเฉพาะกิจในการเกิดเหตุฉุกเฉินหรือสถานการณ์ภัยพิบัติเพื่อให้อุปกรณ์สื่อสารหรือโหนดที่อยู่ในเครือข่ายสามารถติดต่อสื่อสาร ส่งข้อมูล ค้นหา และกู้ภัย ให้มีความรวดเร็ว มีประสิทธิภาพและมีผู้รอดชีวิตจากเหตุการณ์ภัยพิบัติมากที่สุด

คำสำคัญ : เครือข่ายเฉพาะกิจ; เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย; เครือข่ายแบบผสม; สถานการณ์ภัยพิบัติ; ภัยพิบัติ

[1] *คณะการบัญชีและการจัดการ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*
[1] *Mahasarakham Business School, Mahasarakham University*
[2] *คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด*
[2] *Faculty of Education, Roi-Et Rajabhat University*
[*] *Corresponding Author E - mail Address: nattakarn.b@acc.msu.ac.th*

Abstract

This paper presents a survey on ad hoc network for disaster scenario. This research surveyed the five areas of research fields, connection models, communication techniques, mobility models, routing protocols and efficient routing protocol which these fields are relevant to each other. A study of the Ad hoc network in disaster scenario was used to improve an ad hoc network in disaster situation so that communication devices or nodes in the network could communicate, transmit information search and rescue for more effectiveness and better chance of survivors in disasters.

Keywords: Ad Hoc Network; Wireless Sensor Network; Hybrid Network; Disaster Scenario; Disaster

บทนำ

ระบบเครือข่ายไร้สาย (Wireless Network) สามารถแบ่งได้ตามรูปแบบทอพอโลยี (Topology) ได้เป็น 2 ประเภท คือระบบเครือข่ายไร้สายแบบมีโครงสร้าง (Infrastructure Wireless Network) และระบบเครือข่ายไร้สายแบบไม่มีโครงสร้าง (Infrastructureless Wireless Network) ตัวอย่างการใช้งานระบบเครือข่ายไร้สายแบบมีโครงสร้าง เช่น ระบบเครือข่ายโทรศัพท์มือถือ หากผู้ใช้โทรศัพท์มือถือต้องการติดต่อสื่อสารไปยังผู้รับจะทำต้องทำการสื่อสารผ่านสถานีฐานเพื่อใช้ในการค้นหาเส้นทางที่จะสื่อสารไปยังปลายทาง แต่ในระบบเครือข่ายไร้สายแบบไม่มีโครงสร้างนั้น จะไม่มีสถานีฐานที่ใช้ในการค้นหาเส้นทาง เช่น เครือข่ายเฉพาะกิจ (Ad Hoc Network) ซึ่งเป็นชนิดของเครือข่ายไร้สายที่อุปกรณ์สื่อสาร (Smart Phones/Tablets) หรือโหนด (Node) มีการเชื่อมต่อกันได้โดยตรงโดยแต่ละอุปกรณ์สื่อสารหรือโหนด (Node) จะเคลื่อนที่และอยู่บนพื้นฐานของการกำหนดค่าเครือข่ายของตนเองโดยไม่มีโครงข่ายพื้นฐาน เช่น ไม่ต้องอาศัยเสาโทรศัพท์มือถือหรือสถานีฐาน เครือข่ายเฉพาะกิจจะใช้อุปกรณ์สื่อสารหรือโหนดทำหน้าที่ค้นหาเส้นทางและทำหน้าที่เป็นโหนดระหว่างทางในการส่งต่อข้อมูลไปยังโหนดปลายทาง [1] เครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจนี้สามารถใช้งานได้อย่างรวดเร็วซึ่งจะปรับการทำงานได้มากขึ้นกว่าเครือข่ายชนิดไร้สายหรือชนิดมีสาย สามารถรองรับเหตุการณ์ที่คาดไม่ถึงได้ดี [2] และโหนดใด ๆ ในเครือข่ายสามารถเข้าหรือออกจากเครือข่ายได้อย่างอิสระโดยไม่ต้องได้รับอนุญาตจากอุปกรณ์หรือระบบเครือข่ายใด ๆ

ปัจจุบันได้มีการนำเครือข่ายเฉพาะกิจไปประยุกต์ใช้ในหลายสถานการณ์ เช่น สถานการณ์การติดต่อสื่อสารภายในอาคารและภายนอกอาคารกรณีที่ไม่มีโครงข่าย สถานการณ์การตรวจสอบงานด้านการเกษตร สถานการณ์ระบบขนส่งอัจฉริยะ หรือใช้สำหรับสถานการณ์การเกิดภัยพิบัติ เป็นต้น สำหรับสถานการณ์การเกิดภัยพิบัติหรือสิ่งที่ไม่คาดคิดที่เกิดขึ้นนั้นอาจจะเกิดจากภัยธรรมชาติหรืออาจเกิดจากมนุษย์ เช่น น้ำท่วม แผ่นดินไหว หรือตึกถล่ม เป็นต้น ซึ่งปัจจุบันมีสถานการณ์ดังกล่าวเกิดขึ้นบ่อยครั้งและในขณะที่เกิดภัยพิบัติหรือหลังจากการเกิดภัยพิบัติโครงสร้างเกี่ยวกับการสื่อสารอาจจะไม่สามารถใช้การได้ดีหรือใช้การไม่ได้ [1] ดังนั้นจึงควรมีการนำเครือข่ายเฉพาะกิจไปใช้จัดการการติดต่อสื่อสาร เช่น การค้นหาผู้สูญหายหรือการกู้ภัย เป็นต้น บทความนี้นำเสนอรูปแบบเครือข่าย

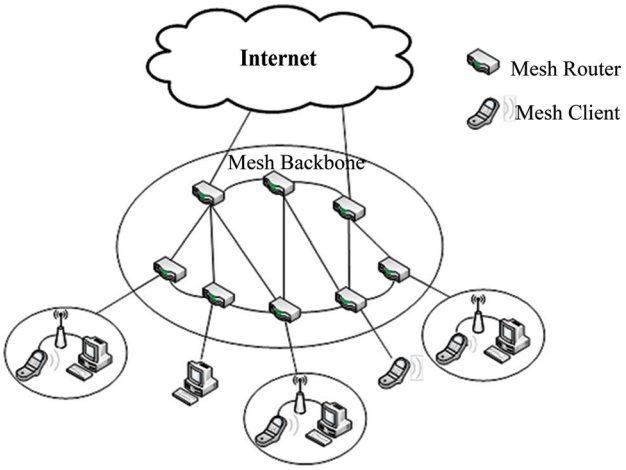
เฉพาะกิจในสถานการณ์การเกิดภัยพิบัติ มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ทราบถึงรูปแบบเครือข่ายเฉพาะกิจ รูปแบบการเคลื่อนที่ โพรโทคอลที่ใช้ในการค้นหาเส้นทาง ประสิทธิภาพของเครือข่ายเฉพาะกิจและประสิทธิภาพของโพรโทคอลค้นหาเส้นทางในสถานการณ์การเกิดภัยพิบัติ

การนำเสนอในบทความนี้ประกอบด้วย บทนำ รูปแบบการเชื่อมต่อของเครือข่ายเฉพาะกิจ โพรโทคอลค้นหาเส้นทางของเครือข่ายเฉพาะกิจ รูปแบบการเคลื่อนที่ของเครือข่ายเฉพาะกิจ การวัดประสิทธิภาพของเครือข่ายเฉพาะกิจ รูปแบบการกู้ภัยพิบัติด้วยเครือข่ายเฉพาะกิจ ประสิทธิภาพของโพรโทคอลค้นหาเส้นทาง และสรุปผลจากการศึกษา

รูปแบบการเชื่อมต่อของเครือข่ายสำหรับสถานการณ์ภัยพิบัติ

1. **Wireless Mesh Network (WMN)**

เป็นเครือข่ายไร้สายซึ่งโหนดที่เชื่อมต่อในทอพอโลยีแบบตาข่ายนี้จะมีการใช้ข้อมูลร่วมกัน โหนดในเครือข่ายนอกจากจะทำการรับส่งข้อมูลระหว่างกันแล้วยังทำหน้าที่เป็นรีเลย์ (Relay) สำหรับโหนดอื่น ๆ และแต่ละโหนดจะช่วยกันแพร่กระจายข้อมูลในเครือข่ายด้วย Wireless Mesh Network ประกอบด้วย Mesh Routers และ Mesh Clients ซึ่งทำการเชื่อมต่อผ่าน Mesh Topology ดังรูปที่ 1

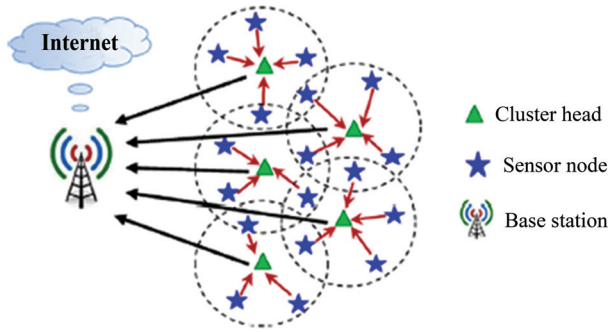


รูปที่ 1 โครงสร้างของ Wireless Mesh Network [3]

จากรูปที่ 1 Mesh Router เป็นอุปกรณ์สำหรับใช้ในการส่งแพ็กเก็ตข้อมูลในเครือข่ายโดยการเลือกเส้นทางที่ดีที่สุด [3] ในส่วนของโหนดที่เป็น Client หรือ Mesh Clients ในเครือข่ายไร้สายแบบตาข่ายนั้นเมื่อโหนดต้องการส่งข้อมูลไปยังปลายทางจะทำการสื่อสารผ่านโหนดจำนวนมากเพื่อส่งข้อมูลไปถึงปลายทางที่ต้องการ หากมีการใช้งาน Wireless Mesh Network สำหรับสถานการณ์การเกิดภัยพิบัตินั้นจะสามารถใช้ได้ในกรณีที่มีโครงสร้างของเครือข่ายที่เป็น Mesh Backbone ไม่ได้รับผลกระทบจากภัยพิบัติเนื่องจากต้องอาศัยการเชื่อมต่อสัญญาณผ่านอุปกรณ์ Mesh Router จึงจะสามารถใช้งานเครือข่ายได้

2. **Wireless Sensor Network (WSN)**

เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายนั้นโหนดจะมีการติดตั้งเซ็นเซอร์ (Sensor) เรียกว่า Sensor Node สำหรับเครือข่ายจะมีการจัดลำดับชั้นโดยใช้วิธีการจัดกลุ่ม (Clustering Technique) มักถูกแบ่งออกเป็นหลายกลุ่ม สำหรับแต่ละกลุ่มจะประกอบด้วย Cluster Head และจำนวนสมาชิกภายในกลุ่ม แต่ละ Cluster Head จะรวบรวมข้อมูลจากโหนดที่เป็นสมาชิกภายในกลุ่มของตนและหลังจากนั้นจะส่งข้อมูลที่ได้รวบรวมไปยัง Base Station [4] - [5] ดังแสดงในรูปที่ 2 การจัดกลุ่มของโหนดจะทำการจัดกลุ่มโดยใช้โพรโทคอลค้นหาเส้นทางซึ่งมีจุดมุ่งหมายที่จะเลือก Cluster Head ที่ดีที่สุดและการจัดกลุ่มโหนดจะต้องเป็นกลุ่มที่เหมาะสมเพื่อการประหยัดพลังงานของโหนด ในการจัดกลุ่มอาจจะทำการจัดกลุ่มใหม่และเลือก Cluster Head ใหม่ เป็นระยะ ๆ เพื่อที่จะกระจายโหลดอย่างสม่ำเสมอท่ามกลางเครือข่ายทั้งหมด [6] โพรโทคอล ค้นหาเส้นทางที่ใช้ในเครือข่าย WSN ได้กลายเป็นสิ่งสำคัญของเทคโนโลยีค้นหาเส้นทางด้วยประโยชน์ของการจัดการทอพอโลยีที่สะดวก (Convenient Topology Management) และมีการจัดการการใช้พลังงานของโหนดที่มีประสิทธิภาพสูง (High-Efficiency Energy)

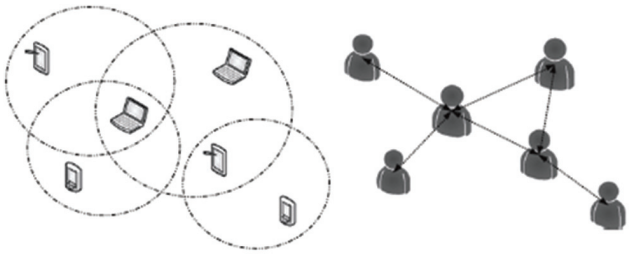


รูปที่ 2 รูปแบบของ Wireless Sensor Network [7]

ในปัจจุบันมีการใช้เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายสำหรับระบบการเตือนภัยพิบัติ (Disaster Warning System) ซึ่งมีการดำเนินงานสองส่วนคือ ส่วนของการบรรเทาภัยพิบัติและส่วนการกู้ภัย ในการออกแบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายจะต้องคำนึงถึงความสามารถในการปรับขนาดของเครือข่าย (Scalability) การทนต่อความผิดพร่อง (Fault Tolerance) ทอพอโลยี (Topology) การใช้พลังงาน (Power Consumption) และกำลังส่ง (Transmission Power) [8] ในการค้นหาเส้นทางของโหนดในเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายส่วนใหญ่ถูกกำหนดแบบอัตโนมัติซึ่งอาจมีความล้มเหลวในการหาเส้นทางเกิดขึ้นได้ ดังนั้นการเลือกโพรโทคอลค้นหาเส้นทางที่เหมาะสมสำหรับเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายจะต้องสามารถช่วยแก้ปัญหาความล้มเหลวที่เกิดขึ้นได้

3. **Mobile Ad Hoc Network (MANET)**

เครือข่ายเฉพาะกิจแบบ MANET เป็นชนิดของเครือข่ายไร้สายที่มีการเชื่อมต่อกันแบบไม่มีโครงข่ายพื้นฐานดังรูปที่ 3 โดยแต่ละโหนดจะเคลื่อนที่และอยู่บนพื้นฐานของการกำหนดค่าเครือข่ายของตนเอง โหนดใด ๆ ในเครือข่ายสามารถเข้าหรือออกจากเครือข่ายได้อย่างอิสระโดยไม่ต้องได้รับการอนุญาตจากอุปกรณ์หรือระบบเครือข่ายใด ๆ

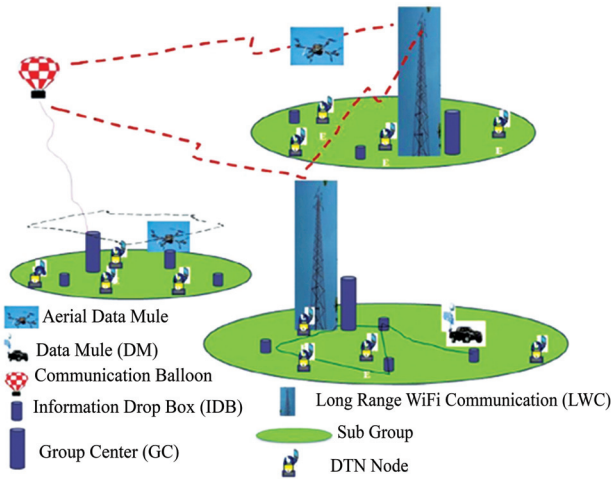


รูปที่ 3 การเชื่อมต่อของเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจ [9]

การใช้เครือข่ายแบบ MANET เป็นที่นิยมมากที่สุดสำหรับการใช้งานในพื้นที่ที่ไม่มีการติดตั้งเครือข่ายประเภทอื่น ๆ เครือข่ายแบบ MANET ถูกนำมาใช้ในงานที่เฉพาะเจาะจง เช่น ถูกใช้ในการจัดการภัยพิบัติ ซึ่งอาจเกิดขึ้นจากสาเหตุทางธรรมชาติหรืออาจจะเกิดจากสาเหตุอื่น ๆ ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อคนจำนวนมากก่อให้เกิดการสูญเสียทรัพยากร [10]

4. **Hybrid Network**

เป็นเครือข่ายที่ใช้ระบบเครือข่ายที่แตกต่างกันโดยใช้งานเครือข่ายร่วมกัน เช่น ใช้ระบบเครือข่ายโทรศัพท์มือถือ และเครือข่ายไร้สาย โดยที่ระบบเครือข่ายโทรศัพท์มือถือจะต้องมีโครงสร้างพื้นฐานขนาดใหญ่จึงจะทำการกู้ภัยที่เกิดขึ้นจากภัยพิบัติได้ หรือการใช้เครือข่ายเฉพาะกิจแบบ MANET ร่วมกับ Wireless Sensor Network และระบบเครือข่ายโทรศัพท์มือถือ [11] เป็นต้น



รูปที่ 4 รูปแบบการสื่อสารของ Hybrid Network [12]

ดังนั้นหากสถานีฐานของเครือข่ายโทรศัพท์มือถือได้รับผลกระทบจากภัยพิบัติ เครือข่าย Hybrid Network จะต้องมีกลไกที่จะโอนการทำงานไปใช้สถานีฐานอื่นที่ไม่ได้รับผลกระทบและให้ครอบคลุมพื้นที่เกิดภัยพิบัติอย่างรวดเร็วหรือทำการปรับใช้เครือข่ายเฉพาะกิจซึ่งจะทำหน้าที่เป็นรีเลย์ (Relay) เพื่อให้ครอบคลุมพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบ [8]

ในการติดต่อสื่อสารในสถานการณ์ที่เกิดภัยพิบัตินั้นจะต้องมีการกำหนดรูปแบบของการติดต่อสื่อสารให้ทีมค้นหาและทีมกู้ภัยสามารถส่งข้อมูลและรับข้อมูลด้วยโทรศัพท์มือถือผ่านเครือข่ายเฉพาะกิจให้ตรงเป้าหมายและมีประสิทธิภาพมากที่สุด โดยรูปแบบการติดต่อสื่อสารด้วยเครือข่ายเฉพาะกิจนั้นจำแนกได้เป็น 3 ประเภท คือ Unicast Broadcast และ Multicast [13] - [14]

โพรโทคอลค้นหาเส้นทางสำหรับเครือข่ายเฉพาะกิจในสถานการณ์เกิดภัยพิบัติ

โพรโทคอลค้นหาเส้นทาง (Routing Protocol) เป็นวิธีการค้นหาเส้นทางเพื่อใช้สำหรับการส่งข้อมูลจากโหนดต้นทางไปยังโหนดปลายทาง แต่เนื่องจากทอพอโลยี (Topology) ของเครือข่ายเฉพาะกิจในสถานการณ์เกิดภัยพิบัติอาจมีความแตกต่างกัน ดังนั้นการเลือกใช้โพรโทคอลค้นหาเส้นทางที่เหมาะสมสำหรับทอพอโลยีจะช่วยให้การส่งข้อมูลจากโหนดต้นทางไปยังโหนดปลายทางมีประสิทธิภาพและเหมาะกับการจัดการสถานการณ์ภัยพิบัติมากที่สุด [1] โพรโทคอลค้นหาเส้นทางส่วนใหญ่ที่นิยมนำมาใช้ในเครือข่ายเฉพาะกิจสำหรับสถานการณ์เกิดภัยพิบัติ [1], [15] - [17] คือ Proactive Routing Protocol และ Reactive Routing Protocol

Proactive Routing Protocol (Table-Driven Routing Protocol)

เป็นโพรโทคอลค้นหาเส้นทางตลอดเวลา โดยจะทำการอัปเดตเส้นทางทุกช่วงเวลา โดยข้อมูลเส้นทางต่าง ๆ จะถูกเก็บไว้ในตารางเส้นทาง (Routing Table) หากโหนดต้นทางต้องการส่งข้อมูลไปยังโหนดปลายทางจะใช้เส้นทางที่มีในตารางเส้นทาง แต่หากไม่มีเส้นทางไปยังโหนดปลายทาง โพรโทคอลค้นหาเส้นทางจะทำการค้นหาเส้นทางเพื่อไปยังโหนดปลายทางทันที โพรโทคอลค้นหาเส้นทางประเภทนี้จะไม่มีดีเลย์ (Delay) ในการค้นหาเส้นทาง เนื่องจากเมื่อโหนดต้นทางต้องการส่งข้อมูลไปยังโหนดปลายทางจะทำการค้นหาเส้นทางในการส่งข้อมูล [3] จากตารางเส้นทางที่มีโพรโทคอลค้นหาเส้นทางแบบโพรแอคทีฟจะเหมาะสมกับระบบเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจขนาดเล็ก ตัวอย่างโพรโทคอลประเภทนี้ เช่น DSDV และ OLSR เป็นต้น

ในสถานการณ์การเกิดภัยพิบัติหรือเหตุฉุกเฉินที่เกิดขึ้นการค้นหาเส้นทางระหว่างโหนดนั้นจะเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องซึ่งเป็นสิ่งที่สำคัญมากสำหรับทีมค้นหาและกู้ภัยที่จะช่วยเหลือผู้ที่ได้รับผลกระทบที่อยู่ในพื้นที่ประสพภัย [15] แต่อย่างไรก็ตามการอัปเดตข้อมูลเส้นทางที่มีการอัปเดตบ่อยครั้งและมากเกินไปอาจจะส่งผลต่อการใช้งานแบนด์วิดท์และพลังงานจากแบตเตอรี่ของโทรศัพท์มือถือโดยไม่มีประสิทธิภาพ หากทอพอโลยี (Topology) ของเครือข่ายเฉพาะกิจมีรูปแบบคงที่ (Static) การค้นหาเส้นทางด้วย Proactive Routing Protocol จะสามารถทำงานได้ดีแต่ในเครือข่ายที่มีขนาดใหญ่และมีการเคลื่อนที่สูง โพรโทคอลประเภทนี้จะไม่สามารถจัดการกับการขยายขนาดของเครือข่ายได้

1. **Destination Sequenced Distance Vector (DSDV)** เป็นโพรโทคอลที่พัฒนาจากอัลกอริทึมการค้นหาเส้นทางแบบ Bellman-Ford [18] แต่ละโหนดในเครือข่ายจะมีตารางเส้นทาง (Routing Table) เก็บหมายเลขเส้นทางของโหนดถัดไปเพื่อทราบถึงโหนดข้างเคียงทั้งหมดที่สามารถจะติดต่อได้ ซึ่งตารางเส้นทางประกอบด้วย หมายเลขโหนดปลายทาง (Destination Address) โหนดถัดไป (Next Hop) จำนวนฮอปที่ใช้ในการส่งข้อมูลไปยังโหนดปลายทาง (Number of Hops) และหมายเลข

ลำดับของการอัปเดตเส้นทาง (Sequence Number) การใช้หมายเลขลำดับนี้เพื่อแยกเส้นทางเก่าจากเส้นทางใหม่และหลีกเลี่ยงการเกิดลูปเส้นทาง [19] โหนดทุกโหนดในเครือข่ายจะต้องส่งข้อมูลอัปเดตเส้นทางต่อไปยังโหนดอื่น ๆ เพื่อให้กระจายไปทั่วเครือข่าย การอัปเดตเส้นทางของโพรโทคอล DSDV โหนดจะทำการอัปเดตเส้นทางทุกช่วงเวลาด้วยการแพร่สัญญาณ (Broadcast) และจะส่งการอัปเดตเส้นทางทันทีเมื่อมีการตรวจสอบพบว่ามีการเปลี่ยนแปลงของเส้นทางเกิดขึ้น การที่อัปเดตข้อมูลเส้นทางบ่อยครั้งจะทำให้ได้มาซึ่งเส้นทางที่ใกล้เคียงต่อการเปลี่ยนแปลงของทอพอโลยี (Topology) มากที่สุด ดังนั้นหากเส้นทางถูกใช้ในการส่งข้อมูลไปยังปลายทางจะทำให้การส่งข้อมูลมีโอกาสเกิดความสำเร็จสูง และในการอัปเดตตารางเส้นทางตามปกตินั้นจะมีการใช้พลังงานจากแบตเตอรี่และแบนด์วิดท์แม้ในขณะที่เครือข่ายไม่ได้ถูกใช้งาน [20] ดังนั้นหากเครือข่ายมีการใช้งานการส่งข้อมูลน้อยจะทำให้เกิดการใช้งานแบนด์วิดท์โดยไม่เกิดประโยชน์

2. **Optimized Link State Routing (OLSR)** เป็นโพรโทคอลค้นหาเส้นทางที่จะทำการหาเส้นทางล่วงหน้าโดยจัดเก็บในตารางเส้นทาง (Routing Table) การอัปเดตเส้นทางจะอัปเดตเป็นช่วงเวลาโดยไม่คำนึงถึงว่าโหนดจะมีการเคลื่อนที่หรือไม่ หากโหนดต้นทางมีความต้องการส่งข้อมูลโหนดจะได้ข้อมูลเส้นทางทันทีจากตารางเส้นทาง ในการค้นหาเส้นทางของโพรโทคอล OLSR นั้นจะใช้ Message สอง Message คือ Hello Message และ Topology Control (TC) Message ซึ่งใช้ในการค้นหาเส้นทางและแพร่สัญญาณข้อมูลสถานะการเชื่อมโยงไปทั่วเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจ (Ad Hoc Network) แต่ละโหนดจะใช้ข้อมูลทอพอโลยีเพื่อคำนวณหาฮอปปลายทางสำหรับทุกโหนดในเครือข่ายโดยใช้เส้นทางการส่งต่อที่มีฮอปที่สั้นที่สุด โพรโทคอล OLSR จะส่ง Hello Message เป็นระยะ ๆ ไปยังโหนดเพื่อนบ้านทุกโหนดในระยะหนึ่งฮอปเพื่อใช้หาข้อมูลของโหนดเพื่อนบ้านในระยะสองฮอป [21] โหนดผู้ส่งสามารถเลือก Multipoint Relay (MPR) บนพื้นฐานของโหนดระยะหนึ่งฮอปที่มีเส้นทางที่ดีที่สุดของโหนดในระยะสองฮอป ในแต่ละโหนดจะมีชุดตัวเลือก Multipoint Relay (MPR) ซึ่งระบุโหนดที่ได้รับเลือกเป็นโหนด Multipoint Relay (MPR) [22] ในการเลือกโหนด Multipoint Relay (MPR) เพื่อลดจำนวนโหนดที่ใช้ในการส่งต่อแพ็กเก็ตซึ่งโพรโทคอล OLSR สามารถหาเส้นทางที่เป็นเส้นทางที่สั้นที่สุดด้วยเมื่อพิจารณาจากจำนวน ฮอปที่ใช้ในการส่งแพ็กเก็ตไปยังปลายทาง การส่งข้อมูลจะเป็นการส่งแบบฮอปต่อฮอป โพรโทคอล OLSR จะส่ง Topology Control (TC) Message พร้อมกับการส่งต่อ Multipoint Relay (MPR) เพื่อแพร่สัญญาณข้อมูลโหนดเพื่อนบ้านไปทั่วเครือข่าย

Reactive Routing Protocol (Source-Initiated On-Demand Routing Protocol)

โพรโทคอลค้นหาเส้นทางแบบรีแอคทีฟ (Reactive Routing Protocol) เป็นโพรโทคอลที่ค้นหาเส้นทางเมื่อโหนดต้นทางต้องการส่งข้อมูลไปยังโหนดปลายทางเท่านั้น [19] ในการอัปเดตเส้นทางนั้นจะกระทำเฉพาะโหนดที่อยู่ในเส้นทางของการส่งข้อมูลไปยังปลายทาง ซึ่งหากโหนดที่ติดต่อสื่อสารนั้นเคลื่อนที่ออกนอกรัศมีการรับ - ส่งข้อมูลจะทำให้การเชื่อมต่อถูกตัดขาด โพรโทคอลค้นหาเส้นทางแบบรีแอคทีฟ จะทำการค้นหาเส้นทางใหม่อีกครั้งหนึ่งด้วยความรวดเร็ว โพรโทคอลค้นหาเส้นทางประเภทนี้จะมีดีเลย์ (Delay) ของการค้นหาเส้นทางเกิดขึ้นเนื่องจากไม่มีข้อมูลเส้นทางในตารางเส้นทางเก็บไว้หากจะส่งข้อมูลต้องทำการค้นหาเส้นทางก่อนจึงทำให้มีดีเลย์เกิดขึ้น ตัวอย่างโพรโทคอลประเภทนี้ เช่น AODV DSR AOMDV และ CBRP เป็นต้น

ในการนำโพรโทคอลค้นหาเส้นทางแบบรีแอคทีฟไปใช้ในสถานการณ์การเกิดภัยพิบัติหรือสถานการณ์ฉุกเฉินในระหว่างการติดต่อสื่อสารนั้นจะเป็นการประหยัดพลังงานจากแบตเตอรี่โทรศัพท์มือถือการใช้แบนด์วิดท์ที่เกิดประโยชน์จะทำให้เกิดการใช้งานเครือข่ายที่มีประสิทธิภาพ

1. **Ad-Hoc On-Demand Distance Vector (AODV)** เป็นโพรโทคอลค้นหาเส้นทางแบบ Reactive Routing Protocol [23] เครือข่ายไร้สายแบบเฉพาะกิจ มีโอกาสเกิดการเปลี่ยนแปลงทอพอโลยี (Topology) ตลอดเวลา ดังนั้น AODV จึงถูกออกแบบมาเพื่อตอบสนองกับเครือข่ายที่มีทอพอโลยีเปลี่ยนแปลงบ่อย การค้นหาเส้นทางของโพรโทคอล AODV จะทำงานได้ในทันทีเมื่อโหนดต้องการส่งข้อมูลระหว่างกันโดยโพรโทคอล AODV สามารถค้นหาเส้นทางจากโหนดต้นทางไปยังปลายทางได้โดยส่งแพ็กเก็ต RREQ (Route Request) ออกไปค้นหาเส้นทางผ่านโหนดข้างเคียงต่อไปเรื่อย ๆ เมื่อโหนดปลายทางได้รับ RREQ จะส่ง RREP (Route Reply) กลับไปยังโหนดต้นทางโดยเลือกเส้นทางที่สั้นที่สุด ในการอัปเดตเส้นทางนั้นจะกระทำเฉพาะโหนดที่อยู่ในเส้นทางของการส่งข้อมูลไปยังปลายทางเท่านั้น โพรโทคอล AODV จะใช้หมายเลขลำดับปลายทาง (Destination Sequence Number) เพื่อให้ขจัดปัญหาการเกิดลูป (Loop Problem) โพรโทคอลจะสามารถจัดการอัตราการเคลื่อนที่ (Mobility Rate) ในระดับต่ำ ปานกลางและค่อนข้างสูงได้ ซึ่งจะช่วยลด Overhead ของข้อมูล ควบคุม Traffic และลดความจำเป็นที่จะ Broadcast เพื่อให้ได้ข้อมูลในตารางเส้นทาง [20]

2. **Dynamic Source Routing (DSR)** เป็นโพรโทคอลค้นหาเส้นทางแบบ Reactive Routing Protocol มีกระบวนการทำงานคล้ายคลึงกับโพรโทคอล AODV ซึ่งเป็นการกำจัดแนวคิดของโพรโทคอลแบบ Proactive Routing Protocol เส้นทางจะถูกสร้างเมื่อมีความต้องการส่งข้อมูล โหนดต้นทางสามารถค้นหาเส้นทางไปยังโหนดปลายทางในเครือข่ายได้โดยการสร้างแพ็กเก็ต RREQ (Route Request) ไปยังทุกโหนดบนเครือข่าย ซึ่งแพ็กเก็ต RREQ เป็น Broadcast Packet หลังจากที่โหนดได้รับแพ็กเก็ต RREQ จะทำการ Broadcast ไปยังโหนดเพื่อนบ้านของตนเองจนกว่าจะถึงโหนดปลายทางแพ็กเก็ต RREQ ประกอบด้วย หมายเลขลำดับ (Sequence Number) และเส้นทาง (Path) ซึ่งอยู่บนส่วน Header ของแพ็กเก็ต [24] เมื่อโหนดปลายทางได้รับแพ็กเก็ต RREQ จะทำการสร้างแพ็กเก็ต RREP (Route Reply) ส่งกลับไปยังโหนดต้นทาง เส้นทางที่ส่งแพ็กเก็ต RREP กลับจะถูกเก็บ Cache บนโหนดต้นทางสำหรับไว้ใช้งานครั้งต่อไป

3. **Ad Hoc On Demand Multipath Distance Vector Routing (AOMDV)** เป็นโพรโทคอลค้นหาเส้นทางที่ถูกพัฒนามาจากโพรโทคอล AODV มีแนวความคิดหลักคือ ทำการคำนวณเส้นทางหลายเส้นทางระหว่างการค้นหาเส้นทางโพรโทคอล AOMDV ถูกออกแบบมาสำหรับเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจที่มีการเปลี่ยนแปลงสูงที่เส้นเชื่อมโยงเกิดความล้มเหลวและเส้นทางถูกตัดขาดเป็นจำนวนบ่อยครั้ง หลักการทำงานของโพรโทคอล AOMDV เป็นการตรวจสอบว่าในการค้นหาเส้นทางแบบหลายเส้นทางจะไม่มีลูป (Loop-Free) และไม่ใช้เส้นทางที่ซ้ำกัน (Disjoint) ในการค้นหาเส้นทางแบบหลายเส้นทางจะพิจารณาจาก Disjoint Path ซึ่งแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ Node-Disjoint Path และ Link-Disjoint Path โดยที่ Node-Disjoint Path จะไม่ได้ใช้โหนดใด ๆ ร่วมกันยกเว้นโหนดต้นทางและโหนดปลายทาง ในทางตรงกันข้าม Link-Disjoint Path จะไม่ใช้ Link ใด ๆ ร่วมกันแต่อาจจะมีการใช้โหนดร่วมกัน [25] สำหรับโพรโทคอล AOMDV เมื่อโหนดต้นทางต้องการค้นหาเส้นทางเพื่อส่งข้อมูลไปยังโหนดปลายทาง โหนดต้นทางจะทำการ Broadcast แพ็กเก็ต RREQ ไปยังโหนด

เพื่อนบ้านของตนโดยการ Broadcast จะใช้วิธีเช่นเดียวกันโพรโทคอล AODV เมื่อโหนดเพื่อนบ้านที่ได้รับแพ็กเก็ต RREQ จะทำการค้นหาเส้นทางเพื่อส่งต่อแพ็กเก็ต RREQ ยังโหนดปลายทาง เมื่อโหนดปลายทางได้รับแพ็กเก็ต RREQ จะทำการส่งแพ็กเก็ต RREP ไปยังโหนดที่ทำการส่งแพ็กเก็ต RREQ มาหาโหนดตนเอง

4. **Cluster Based Routing Protocol (CBRP)** ในรูปแบบการทำงานทั่วไปโพรโทคอลค้นหาเส้นทาง CBRP เป็นโพรโทคอลประเภท Reactive Routing Protocol แต่หากพิจารณาในประเด็นการแบ่งเป็นลำดับชั้นและมี Cluster Head นั้น โพรโทคอล CBRP จะเป็นโพรโทคอลประเภท Hierarchical Routing Protocol [15] หลักการทำงานของโพรโทคอล CBRP จะทำการแบ่งออกเป็นกลุ่ม แต่ละกลุ่มจะมี Cluster Head ซึ่งจะทำการประสานการทำงานภายในกลุ่มและภายนอกกลุ่มอื่น ๆ Cluster Head จะทำการแลกเปลี่ยนข้อมูลเส้นทาง ดังนั้นจำนวนของ Control Overhead จะน้อยกว่าวิธีการ Flooding [26]

ตารางที่ 1 สรุปคุณสมบัติของโพรโทคอลค้นหาเส้นทางในเครือข่ายเฉพาะกิจ

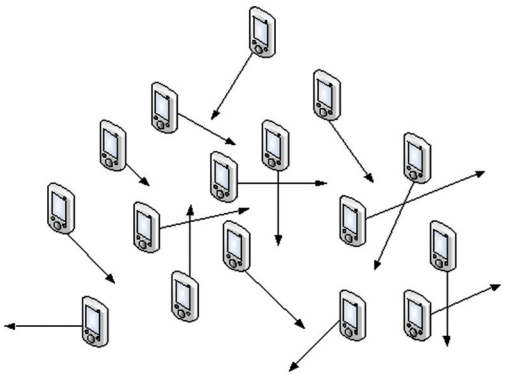
Properties of Ad Hoc Routing Protocol	Routing Protocol					
	DSDV	**OLSR**	**AODV**	**DSR**	**AOMDV**	**CBRP**
Distributed	√	√	√	√	√	√
Loop-Free	√	√	√	√	√	√
Reactive	×	×	√	√	√	√
Unidirectional Link Support	×	×	×	√	×	√
Periodic Broadcast	√	√	×	×	×	×

รูปแบบการเคลื่อนที่สำหรับเครือข่ายเฉพาะกิจในสถานการณ์การเกิดภัยพิบัติ

รูปแบบการเคลื่อนที่จะเป็นการกำหนดสถานการณ์การเคลื่อนไหวของโหนดในเครือข่าย โดยทั่วไปรูปแบบการเคลื่อนที่ในเครือข่ายไร้สายแบบเฉพาะกิจจะแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท โดยการเคลื่อนที่ประเภทแรกคือการเคลื่อนที่ที่ถูกกำหนดขึ้นจากสมการหรือกฎบางอย่าง ซึ่งการเคลื่อนที่ที่ถูกกำหนดขึ้นมานี้มีลักษณะการเคลื่อนที่แบบ Non-Realistic Mobility เช่นรูปแบบการเคลื่อนที่แบบ Random Waypoint Mobility Model [20] เป็นต้น สำหรับการเคลื่อนที่ประเภทสองนั้นเป็นการเคลื่อนที่ในรูปแบบสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริง เรียกรูปแบบการเคลื่อนที่ประเภทดังกล่าวนี้ว่า Realistic Mobility Model ซึ่งมีงานวิจัยที่ทำการกำหนดการเคลื่อนที่ตามสถานการณ์จริงตามรูปแบบการเกิดสถานการณ์ภัยพิบัติที่น่าจะเกิดขึ้น [27]

1. **Non-Realistic Mobility Model**

Random Waypoint Mobility Model โหนดจะมีการเคลื่อนที่แบบอิสระ (Independent Mobility Model) ไปสู่จุดหมายปลายทางแบบสุ่มและด้วยความเร็วที่แตกต่างกัน [28] โดยจะเลือกความเร็วและทิศทางการเคลื่อนที่โดยใช้วิธีการสุ่ม (Random) ในการเคลื่อนที่แต่ละครั้งของโหนดจะสุ่มเลือกความเร็วและทิศทางโดยมีการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบ Uniform Distribution ด้วยความน่าจะเป็นเท่า ๆ กัน



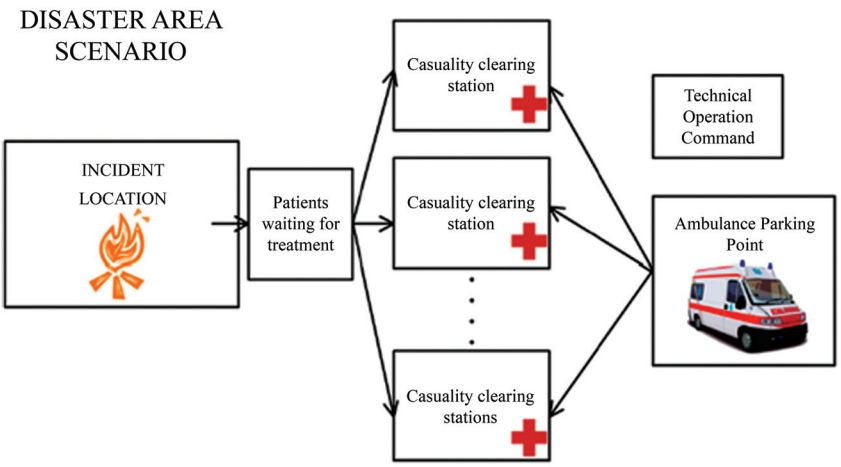
รูปที่ 5 การเคลื่อนที่ของโหนดแบบ Random Waypoint Mobility Model

รูปแบบการเคลื่อนที่ Random Waypoint Mobility Model ไม่ได้เป็นการเคลื่อนไหวที่เกิดในสถานการณ์จริงแต่ได้มีการนำไปจำลองการเคลื่อนที่ของเครือข่ายเฉพาะกิจในสถานการณ์ที่การเกิดภัยพิบัติ [15] ซึ่งมีลักษณะคล้ายการเคลื่อนที่ของมนุษย์ในสถานการณ์เกิดภัยพิบัติ

2. **Realistic Mobility Model**

เป็นรูปแบบการเคลื่อนที่ที่กำหนดให้เหมือนการเคลื่อนที่ในสถานการณ์จริงและขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมจริง ในสถานการณ์การเกิดภัยพิบัติจึงได้มีการกำหนดรูปแบบการเคลื่อนที่จริงสำหรับพื้นที่การเกิดภัยพิบัติ (Realistic Disaster Area Mobility Model) [27]

Modeling Mobility in Disaster Scenario การเคลื่อนที่ของโหนดในพื้นที่ภัยพิบัติไม่สามารถคาดการณ์ความสมบูรณ์แบบของการเคลื่อนที่ได้เนื่องจากสถานการณ์การเกิดภัยพิบัติในแต่ละสถานการณ์มีความแตกต่างกัน [29] อย่างไรก็ดีได้มีการจำลองรูปแบบการเคลื่อนที่บนพื้นที่ภัยพิบัติโดยจะขึ้นอยู่กับวิธีที่เรียกว่า Separation of The Room [27] โดยแบ่งพื้นที่ของสถานการณ์ที่เกิดภัยพิบัติแตกต่างกันดังนี้



รูปที่ 6 รูปแบบพื้นที่ของสถานการณ์การเกิดภัยพิบัติ [1]

จากรูปที่ 6 แสดงรูปแบบการเคลื่อนที่เมื่อเกิดภัยพิบัติ ซึ่งกระบวนการกู้คืนภัยพิบัติจะมีกระบวนการหลัก ๆ คือการปฐมพยาบาลผู้ป่วยและการทำให้สถานการณ์อยู่ในสภาวะปกติและการลำเลียงผู้ประสบภัยออกจากพื้นที่เร็วที่สุด ผู้ประสบภัยที่อยู่ในพื้นที่เกิดภัยพิบัติจะรอทีมกู้ภัยเข้ามาดำเนินการช่วยเหลือโดยจะเคลื่อนย้ายผู้ประสบภัยไปยังโรงพยาบาลสนาม เมื่อผู้ประสบภัยถูกเคลื่อนย้ายมาถึงโรงพยาบาลสนาม แพทย์และพยาบาลจะทำการคัดแยกประเภทผู้บาดเจ็บและทำการปฐมพยาบาลเบื้องต้นและรักษาขั้นต้นสำหรับกรณีเป็นผู้บาดเจ็บฉุกเฉินและเตรียมเคลื่อนย้ายผู้บาดเจ็บไปยังโรงพยาบาล ในการดำเนินการกู้ภัยและรักษาพยาบาลผู้บาดเจ็บจะต้องมีทีมประสานงานทางด้านเทคนิคเพื่อดำเนินการประสานทีมงานทั้งหมดที่เข้าปฏิบัติภารกิจกู้ภัยให้สามารถดำเนินการได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด ดังนั้นผู้ประสบภัยที่ใช้โทรศัพท์มือถือในเครือข่ายเฉพาะกิจจะเป็นโหนดที่เคลื่อนที่จากสถานที่เกิดเหตุการณ์ไปยังพื้นที่การรักษาผู้บาดเจ็บหรือโรงพยาบาลสนาม โดยโหนดจะทำการเคลื่อนที่จากสถานที่หนึ่งไปอีกสถานที่หนึ่ง [1], [8], [29]

การวัดประสิทธิภาพของเครือข่ายเฉพาะกิจสำหรับสถานการณ์การเกิดภัยพิบัติ

ในการออกแบบเครือข่ายเฉพาะกิจสำหรับสถานการณ์การเกิดภัยพิบัติให้สามารถใช้งานเครือข่ายเพื่อการกู้คืนภัยพิบัติ การค้นหาและการกู้ภัยโดยมีประสิทธิภาพมากที่สุดนั้นจำเป็นที่จะต้องมีตัวชี้วัดความสามารถของเครือข่ายกู้คืนภัยพิบัติและมีตัวชี้วัดประสิทธิภาพของโพรโทคอลค้นหาเส้นทางที่เหมาะสมกับเครือข่ายที่ถูกออกแบบดังตัวอย่างต่อไปนี้

ตัวชี้วัดความสามารถของเครือข่ายเฉพาะกิจ

1. การใช้พลังงาน (Power Consumption) การใช้พลังงานของโหนดในเครือข่ายเฉพาะกิจควรมีการกินพลังงานต่ำเพื่อยืดอายุการใช้งานของโหนด

2. ความสามารถในการเชื่อมต่อ (Reachability) อัตราส่วนของโหนดที่ได้รับการกระจายแพ็กเก็ตต่อจำนวนของโหนดในเครือข่ายทั้งหมดซึ่งสามารถพิจารณาได้จากค่าที่มากที่สุด (Maximum Reachability) และการเชื่อมต่อของจำนวนคนโดยเฉลี่ย (Average Population's Reachability) หากมีค่า Reachability สูงแสดงให้เห็นถึงเครือข่ายเฉพาะกิจสามารถให้บริการในสถานการณ์เกิดภัยพิบัติได้ดี

ตัวชี้วัดประสิทธิภาพของโพรโทคอลค้นหาเส้นทาง

ในการใช้งานเครือข่ายเฉพาะกิจโดยการนำโพรโทคอลมาใช้ในการค้นหาเส้นทางเพื่อให้โหนดต้นทางสามารถส่งข้อมูลไปยังโหนดปลายทางได้อย่างมีประสิทธิภาพนั้นควรพิจารณาการเลือกใช้โพรโทคอลโดยการพิจารณาจากตัวชี้วัดประสิทธิภาพ (Performance Metrics) ของโพรโทคอล โดยตัวชี้วัดที่นิยมใช้ในการวัดประสิทธิภาพ เช่น

1. อัตราความสำเร็จในการส่งข้อมูล (Packet Delivery Ratio: PDR) เป็นอัตราส่วนของแพ็กเก็ตข้อมูล (Data Packet) ที่สามารถถูกจัดส่งจากโหนดต้นทางไปยังโหนดปลายทางได้สำเร็จและ

จำนวนของแพ็กเก็ตข้อมูลทั้งหมดที่โหนดต้นทางทำการจัดส่งไปยังโหนดปลายทาง [30] ค่า Packet Delivery Ratio (PDR) จะอยู่ในช่วงระหว่าง 0 - 1 หรือ 0 - 100 % หากค่า Packet Delivery Ratio (PDR) เป็น 1 หรือ 100 % นั้นจะแสดงว่า Packet Delivery Ratio (PDR) มีค่าสูงหรือ โพรโทคอลค้นหาเส้นทางที่ทำการทดสอบมีประสิทธิภาพสูงด้วยการวัดจาก Packet Delivery Ratio (PDR)

2. ค่าเฉลี่ยความหน่วงตลอดเส้นทาง (Average End-to-End Delay) เป็นค่าเฉลี่ยเวลาของแต่ละแพ็กเก็ตข้อมูลที่ถูกส่งจากโหนดต้นทางไปถึงโหนดปลายทาง [30] หาก Average End-to-End Delay มีค่าต่ำแสดงให้เห็นว่า โพรโทคอลสามารถทำการค้นหาเส้นทางจากโหนดต้นทางไปยังโหนดปลายทางใช้เวลาน้อย นั่นคือโพรโทคอลค้นหาเส้นทางมีประสิทธิภาพสูงจากการวัด Average End-to-End Delay

3. ปริมาณงาน (Throughput) เป็นจำนวนของแพ็กเก็ตข้อมูลที่ส่งผ่านสำเร็จในช่วงเวลาหนึ่ง หากโพรโทคอลค้นหาเส้นทางมีค่า Throughput สูง จะแสดงให้เห็นว่าโพรโทคอลลค้นหาเส้นทางสามารถทำการส่งแพ็กเก็ตข้อมูลสำเร็จได้ในปริมาณมากนั่นคือ โพรโทคอลนั้นมีประสิทธิภาพสูง

4. โอเวอร์เฮดควบคุม (Control Overhead) เป็นอัตราส่วนของข้อมูลควบคุมที่ส่งไปยังข้อมูลจริงที่ถูกได้รับในแต่ละโหนด [30] หากโพรโทคอลค้นหาเส้นทางมีค่า Control Overhead ต่ำจะเป็นการแสดงว่าแพ็กเก็ตข้อมูลที่ใช้ในการส่งมีข้อมูลที่ใช้ควบคุมน้อยนั่นคือ โพรโทคอลค้นหาเส้นทางมีประสิทธิภาพที่ดี

รูปแบบการกู้ภัยพิบัติด้วยเครือข่ายเฉพาะกิจ

ในการกู้ภัยพิบัติด้วยเครือข่ายเฉพาะกิจมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อช่วยเหลือผู้ประสบภัยให้ปลอดภัยจากสถานการณ์ฉุกเฉินให้รวดเร็วมากที่สุดและมีจำนวนผู้รอดชีวิตมากที่สุด ดังนั้นกระบวนการกู้คืนภัยพิบัติ กระบวนการค้นหาและกู้ภัย การปฐมพยาบาลผู้บาดเจ็บ การลำเลียงผู้ประสบภัยไปยังสถานที่ปลอดภัย การติดต่อประสานงานภายในทีมกู้ภัยและหน่วยแพทย์ การติดต่อสื่อสารระหว่างผู้ประสบภัยและทีมกู้ภัย จึงเป็นกระบวนการสำคัญที่จะทำให้การกู้ภัยและการดำเนินการช่วยเหลือนั้นให้มีจำนวนผู้ประสบภัยที่ปลอดภัยมากที่สุดจึงเป็นวัตถุประสงค์หลักของการกู้ภัยพิบัติ สำหรับการติดต่อสื่อสารในสถานการณ์การเกิดภัยพิบัติมีความจำเป็นอย่างมากที่จะทำให้การดำเนินการช่วยเหลือบรรลุวัตถุประสงค์หลักได้ แต่เนื่องจากในสถานการณ์การเกิดภัยพิบัตินั้นบ่อยครั้งที่โครงสร้างพื้นฐานของการสื่อสารไม่สามารถใช้งานได้หรืออาจจะใช้งานได้บางส่วน ดังนั้นการออกแบบเครือข่ายที่ใช้ในการสื่อสารในสถานการณ์การเกิดภัยพิบัติจึงเป็นสิ่งจำเป็นและสิ่งสำคัญที่ควรศึกษา

มีงานวิจัย [1], [4], [8], [10], [12], [31] - [33] ได้ศึกษารูปแบบการกู้ภัยพิบัติด้วยเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจโดยนำหลักการในการเชื่อมต่อเครือข่าย การติดต่อสื่อสาร การเคลื่อนที่ มาใช้ในการออกแบบรูปแบบการกู้ภัยพิบัติด้วยเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจจากการศึกษางานวิจัยการออกแบบเครือข่ายเฉพาะกิจมีรูปแบบการเชื่อมต่อเครือข่ายที่นำมาใช้เพื่อการสื่อสารในสถานการณ์ภัยพิบัติดังต่อไปนี้

1. **Mobile Ad Hoc Network (MANET)**

มีงานวิจัย [10] ได้เสนอการออกแบบเครือข่ายเฉพาะกิจสำหรับระบบการจัดการภัยพิบัติโดยพิจารณาจาก Message Reliability และ Energy Efficiency ซึ่งในการออกแบบเครือข่ายนั้นใช้เครือข่ายประเภท MANET โดยพิจารณาจากสองพารามิเตอร์คือ Hop-Count และ Energy Efficiency

ในการสื่อสารด้วยอุปกรณ์สื่อสารหรือโหนดนั้นจะใช้อัลกอริทึม MSGFW ซึ่งจะดำเนินการโดยโหนดผู้รับจะดำเนินการตรวจสอบสิทธิ์ในการส่งต่อข้อความ และใช้อัลกอริทึม Scenario Selection ในการเลือกสถานการณ์ที่เฉพาะเจาะจงที่ขึ้นกับระดับการเกิดภัยพิบัติโดยปรับค่า Transmission Power และได้มีงานวิจัย [1] ได้ปรับปรุงการเชื่อมต่อเครือข่ายแบบ MANET สำหรับสถานการณ์ภัยพิบัติ โดยการใช้ Evolutionary Computation Approach ด้วยเทคนิค Genetic Algorithm เพื่อแก้ไขปัญหาเกี่ยวกับการเชื่อมต่อของเครือข่ายในขณะเกิดภัยพิบัติ

และมีงานวิจัย [31] ได้นำเสนอเครือข่ายเฉพาะกิจด้วยการติดตั้ง Unmanned Aerial Vehicle (UAV) ในสถานการณ์การเกิดภัยพิบัติ โดยแนวคิดแรกที่ใช้คือ การติดตั้ง UAV แบบเดี่ยวสำหรับการค้นหาและการติดตามผลในสถานการณ์เกิดภัยพิบัติ และได้นำแนวคิดการใช้ความสามารถของ UAV ในการร่วมมือกันของ UAV หลาย UAV เป็นรูปแบบของฝูงบิน (Swarm) ซึ่งรูปแบบการร่วมมือกันของ UAV นี้ สามารถสร้างการสื่อสารแบบ Mesh Networks ที่ให้บริการการสื่อสารแก่ประชาชนบนพื้นดินได้ ดังนั้น UAV สามารถทำหน้าที่เป็นจุดเชื่อมต่อให้ผู้ใช้สามารถโทรศัพท์หรือเชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ตได้

2. **Wireless Sensor Network**

ได้มีการศึกษางานวิจัย [32] โดยได้ออกแบบ Autonomous Wireless Sensor Network โดยใช้ Mobile robot ในการตรวจตราผู้ประสบภัยจากภัยพิบัติด้วยเทคนิค Simultaneous Localization and Mapping (SLAM) ซึ่งมี 2 วิธีคือ Centralized Map Building Approach และ Distributed Map Building Approach

3. **Hybrid Network**

จากที่ได้ศึกษางานวิจัย [4] ได้เสนอการออกแบบระบบการตรวจหาผู้รอดชีวิตจากการเกิดภัยพิบัติโดยได้วัดประสิทธิภาพจาก Energy Efficient ซึ่งระบบนี้จะสามารถตรวจหาติดตามตำแหน่งของผู้ประสบภัยในพื้นที่เกิดภัยพิบัติได้ โดยทำการออกแบบระบบเครือข่ายที่ใช้ในการสื่อสารเพื่อตรวจหาผู้รอดชีวิตโดยใช้การเชื่อมต่อเครือข่ายแบบ Hybrid Network คือ เป็นการทำงานร่วมกันระหว่าง Wireless Sensor Network และเครือข่ายอื่น ๆ โดยที่หากเกิดภัยพิบัติเกิดขึ้นและโครงสร้างการสื่อสารพื้นฐานทั่วไปไม่สามารถใช้การได้ ในกรณีนี้จะใช้ Ad Hoc Relay Station ในการส่งข้อมูลที่สื่อสารไปยัง Sink Node ซึ่ง Sink Node จะทำการส่งต่อข้อมูลไปยัง Base Station ด้วยเครือข่าย GSM Cellular Network หรือ Worldwide Interoperability for Microwave Access (WiMax) ขึ้นอยู่กับว่าเครือข่ายใดจะสามารถใช้การได้ ดังนั้นระบบต้องสามารถใช้งานร่วมกันได้ และยังมีการนำรูปแบบเครือข่ายนี้ไป Integrate กับ Telemedicine Based System นอกจากการออกแบบเครือข่ายเฉพาะกิจในรูปแบบดังกล่าวแล้วยังมีงานวิจัย [8] ที่ได้มีการออกแบบระบบเครือข่ายแบบ Hybrid Network ด้วยระบบเครือข่ายแบบ Wireless Network, Wireless Mesh Network และ Cellular Network ซึ่งเรียกระบบนี้ว่า Portable Disaster Recovery Network ซึ่งเป็นการทำงานร่วมกันระหว่าง Disaster Recovery Network (DRN) และ Search and Rescue Network (SRN) โดยการใช้ DRN ในการสื่อสารระหว่างผู้ประสบภัยกับทีมกู้ภัยเพื่อระบุตำแหน่งของผู้ประสบภัย และ SRN จะใช้เทคนิค Optimal Path สำหรับการดำเนินการกู้ภัย และสำหรับการเคลื่อนที่ของโหนดในเครือข่ายได้ทำการศึกษารูปแบบการเคลื่อนที่แบบ Random Walk ที่แบ่งเป็น Symmetric Random Walk, Alternating Random Walk และ Non-Reversing Random Walk

มีงานวิจัย [12] ที่ได้ออกแบบสถาปัตยกรรม Hybrid Ad Hoc Network แบบ 4 ระดับชั้น เพื่อใช้ในการรวบรวมข้อมูลความช่วยเหลือและข้อมูลการบรรเทาสาธารณภัยหลังจากสถานการณ์การเกิดภัยพิบัติโดยได้ทำการออกแบบสถาปัตยกรรมของเครือข่ายเป็นทั้งหมดสี่ระดับคือ ระดับชั้นที่หนึ่งเป็นการสื่อสารระหว่าง Delay Tolerant Network (DTN) Node และ Delay Tolerant Network (DTN) Node (เป็นการสื่อสารระหว่าง Smart Phones กับ Smart Phones) ในระดับที่สองเป็นการสื่อสารด้วยการส่งข้อมูลจาก DTN Node ไปยัง Information Drop Box (IDB) ระดับที่สามเป็นการสื่อสารด้วยการส่งข้อมูลจาก Information Drop Box (IDB) ไปยัง Master Control Station (MCS) โดยใช้ Data Mules (DMs) และระดับที่สี่เป็นการสื่อสารด้วยการส่งข้อมูลจาก GC to IDB ในการสื่อสารในแต่ละระดับได้มีการใช้อัลกอริทึมหลายอัลกอริทึม เช่น DM Count and Trajectory Computation, Group Formation และ Calculating Maximum Latency for Tier-4 เป็นต้น และงานวิจัยดังกล่าวนี้ได้ทำการวัดประสิทธิภาพของเครือข่ายด้วย Packet Delivery Delay และ Mean Latency

และมีงานวิจัย [33] ตรวจสอบวิธีการสร้างเครือข่ายสมาร์ทโฟนเพื่อการสื่อสารในการกู้คืนภัยพิบัติ ด้วยการเชื่อมต่อช่องว่างระหว่างเครือข่ายไร้สายประเภทต่าง ๆ โดยการออกแบบและดำเนินการระบบเรียกว่า Team Phone ซึ่งทำให้สมาร์ทโฟนมีความสามารถในการสื่อสารในการกู้คืนภัยพิบัติ ในการออกแบบเครือข่ายได้ทำการรวมระบบเครือข่ายโทรศัพท์มือถือ เครือข่ายเฉพาะกิจและเครือข่ายฉวยโอกาส (Opportunistic Network) เข้าด้วยกันและช่วยให้การสื่อสารระหว่างพนักงานกู้ภัยสามารถสื่อสารได้กลุ่มของสมาร์ทโฟนดังกล่าวสามารถร่วมกันทำงานและส่งข้อความฉุกเฉินได้อย่างมีประสิทธิภาพด้วยตำแหน่งที่ตั้งและตำแหน่งข้อมูลเพื่อช่วยเหลือในกระบวนการกู้ภัย

จากการศึกษางานวิจัยและแนวคิดการออกแบบระบบเครือข่ายเฉพาะกิจเพื่อการสื่อสารในสถานการณ์ภัยพิบัติพบว่ามีสิ่งที่ควรพิจารณาในการออกแบบเครือข่ายในด้านต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. ระบบเครือข่ายที่ได้รับการออกแบบเพื่อนำไปใช้สำหรับการสื่อสารระหว่าง ทีมกู้ภัยและผู้ได้รับผลกระทบในพื้นที่ภัยพิบัตินั้นเครือข่ายที่ออกแบบจะต้องใช้เวลาในการเรียนรู้ด้วยระยะเวลารวดเร็วมีความสะดวกในการใช้งาน เนื่องจากผู้ประสบภัยต้องได้รับการช่วยเหลืออย่างเร่งด่วน ดังนั้นการออกแบบเครือข่ายให้สามารถใช้งานได้ง่ายเรียนรู้เร็วจึงเป็นปัจจัยสำคัญปัจจัยหนึ่งในการช่วยเหลือผู้ประสบภัย

2. ระบบเครือข่ายที่ได้รับการพัฒนา ต้องมีความง่ายในการปรับใช้กับเครือข่ายที่มีอยู่และต้องสามารถทำงานร่วมกันกับเครือข่ายอื่น ๆ ได้ เช่น เครือข่ายโทรศัพท์พื้นฐาน เครือข่ายโทรศัพท์มือถือหรืออินเทอร์เน็ต เป็นต้น

3. ระบบเครือข่ายต้องสามารถตอบสนองอย่างรวดเร็วในกรณีการเกิดภัยพิบัติอย่างฉุกเฉินซึ่งจะสามารถเข้าช่วยเหลือผู้ประสบภัยได้ทันท่วงที

4. อายุการใช้งานของเครือข่ายนั้นเครือข่ายต้องสามารถใช้งานได้ดีจนกว่าที่ทีมกู้ภัยจะดำเนินการเสร็จหรือเครือข่ายสามารถใช้งานได้จนกว่าโครงสร้างพื้นฐานของการสื่อสารจะใช้งานได้ตามปกติ

5. ในกรณีที่มีภัยพิบัติเกิดขึ้นโครงสร้างพื้นฐานของระบบสื่อสารที่มีอยู่ในพื้นที่ที่เกิดภัยพิบัติหากไม่สามารถใช้การได้ระบบต้องสามารถปรับใช้การทำงานไปยังโครงสร้างพื้นฐานของการสื่อสารที่ตั้งอยู่ในพื้นที่ใกล้เคียงหรือห่างออกไปด้วยความรวดเร็วให้มีความครอบคลุมพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากการเกิดภัยพิบัติ [8]

6. ระบบเครือข่ายต้องสามารถรองรับข้อมูลหลายประเภท เช่น ในกรณีที่เกิดภัยพิบัติหากผู้ประสบภัยหรือทีมกู้ภัยต้องการส่งข้อมูลประเภทเสียง วิดีโอ หรือข้อมูลประเภทอื่น ๆ ระบบเครือข่ายต้องสามารถรองรับข้อมูลเหล่านั้นได้ [8]

7. การสื่อสารจากกรณีการเกิดภัยพิบัติส่วนใหญ่จะมีปริมาณข้อมูลที่ส่งผ่านเครือข่ายในปริมาณมากดังนั้นระบบเครือข่ายต้องสามารถรองรับปริมาณของข้อมูลจำนวนมากได้ [8]

ตารางที่ 2 สรุปงานวิจัยด้านการออกแบบเครือข่ายเฉพาะกิจ

Authors	Proposes	Techniques	Network Connection	Mobility Model	Routing Protocol	Performance of Metric
Ray, N. K., and Turuk, A. K. [10]	ออกแบบเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจสำหรับระบบการจัดการภัยพิบัติโดยพิจารณาจาก Message Reliability และ Energy Efficiency	MSGFW Algorithm และ Scenario Algorithm	MANET	-	-	วัดประสิทธิภาพเครือข่ายโดยพิจารณาจาก End-to-End Message Delivery Reliability และ Energy Consumption
Ahmad, N., et al. [4]	ออกแบบเครือข่ายเฉพาะกิจสำหรับการตรวจหาผู้รอดชีวิตจากการเกิดภัยพิบัติ	Ad Hoc Relay Station สำหรับการส่งข้อมูลไปยัง Sink Node	Wireless Sensor Network + GSM Cellular/ Wimax	-	-	วัดประสิทธิภาพเครือข่ายด้วย Energy Consumption
Narayanan, R. G. L., and Ibe, O. C. [8]	พัฒนา Portable Disaster Recovery Network เพื่อใช้ในการค้นหาและกู้ภัยโดยใช้เวลารวดเร็วที่สุด	Disaster Recovery System และ Search and Rescue System	Hybrid Network (Cellular Network+ Wireless Network+ Wireless Mesh Network)	Random Walk	-	วัดประสิทธิภาพของเครือข่ายด้วย Battery Time, Reachability, จำนวนผู้รอดชีวิต, จำนวนโทรศัพท์
Reina, D. G. [1]	ปรับปรุงการเชื่อมต่อเครือข่ายเฉพาะกิจในสถานการณ์ภัยพิบัติ	Evolutionary Computation Approach	MANET	Disaster Mobility	AODV	วัดประสิทธิภาพของเครือข่ายด้วย Reachability
Tuna, G. [32]	ออกแบบระบบการใช้งาน Wireless Sensor Network โดยใช้ Mobile Robot สำหรับการตรวจตราผู้ประสบภัยจากเหตุการณ์ภัยพิบัติ	Simultaneous Localization and Mapping (SLAM) -Centralized Map Building Approach -Distributed Map Building Approach	Wireless Sensor Network	-	-	วัดประสิทธิภาพจากเส้นทางการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์, Battery Lifetime

ตารางที่ 2 สรุปงานวิจัยด้านการออกแบบเครือข่ายเฉพาะกิจ (ต่อ)

Authors	Proposes	Techniques	Network Connection	Mobility Model	Routing Protocol	Performance of Metric
Saha, S., et al., [12]	ออกแบบสถาปัตยกรรม Hybrid Ad Hoc Network แบบ 4 ระดับชั้นเพื่อใช้ในการรวบรวมข้อมูลความช่วยเหลือและข้อมูลการบรรเทาสาธารณภัย หลังจากเกิดภัยพิบัติ	Algorithm -DM Count and Trajectory Computation -FindNearest Neighbor Unvisited - FindNearest Neighbor VisitedIn Previous-Trails - FindNearest Neighbor VisitedIn CurrentTrail -Group Formation -Calculating Maximum Latency for Tier-4	Hybrid Network (Cellular Technology/Public Switched Telephone Network+ Satellite Phone/ WiMax/Long Range WiFi)	DTN (Delay Tolerant Network) Mobility Model และ DM(Data Mule) Mobility Model	-	วัดประสิทธิภาพของเครือข่ายจาก Packet Delivery Delay และ Mean Latency
Reina, D. G., et al., [31]	พัฒนาเทคนิคในการหาตำแหน่งที่ดีที่สุดของ UVAs ในสถานการณ์การเกิดภัยพิบัติเพื่อเข้าช่วยเหลือ ผู้ประสพภัย	Genetic Algorithm และ Hill Climbing Algorithm	MANET	Static, Group Movement และ Single Movement	-	ประเมินค่าความเหมาะสมของตำแหน่งด้วยการใช้ Fitness Function
Lu, Z., et al., [33]	ศึกษาวิธีการสร้างเครือข่ายของ Smartphone สำหรับการสื่อสารในสถานการณ์การกู้คืนภัยพิบัติ	Team Phone	Hybrid Network	Random Walk	AODV และ Opportunistic Routing (DTN2)	วัดประสิทธิภาพของเครือข่ายจาก Throughput, Delay Message Overhead และ Power Consumption

ประสิทธิภาพของโพรโทคอลค้นหาเส้นทาง

สำหรับการสื่อสารบนเครือข่ายเฉพาะกิจนั้นโพรโทคอลค้นหาเส้นทางเป็นสิ่งที่สำคัญในการค้นหาเส้นทางเพื่อให้โหนดผู้ส่งสามารถส่งข้อมูลไปยังโหนดปลายทางให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด แต่โพรโทคอลค้นหาเส้นทางมีจำนวนหลายโพรโทคอลทั้งที่พัฒนามานานแต่ยังเป็นที่นิยมนำมาใช้และโพรโทคอลที่ปรับการทำงานมาจากโพรโทคอลเดิมหรือโพรโทคอลที่พัฒนาขึ้นใหม่ ดังนั้นการเลือกใช้โพรโทคอลค้นหาเส้นทางให้มีประสิทธิภาพจึงมีความสำคัญที่จะต้องได้รับการประเมิน โดยการวัดประสิทธิภาพของโพรโทคอลค้นหาที่ได้ศึกษาโดยแบ่งตามรูปแบบการเชื่อมต่อเครือข่ายมีดังนี้

1. **Mobile Ad Hoc Network (MANET)**

ในการประเมินประสิทธิภาพของโพรโทคอลค้นหาเส้นทาง [17] สำหรับสถานการณ์การเกิดภัยพิบัติด้วยโพรโทคอล AODV, DSR และ AOMDV โดยกำหนดการเคลื่อนที่เป็นแบบ Disaster Mobility ใช้ตัวชี้วัด Throughput, Packet Delivery Ratio, Normalised Routing Load, Average End-to-End Delay พบว่าโพรโทคอล AODV มีประสิทธิภาพในการค้นหาเส้นทางมากที่สุดส่วนโพรโทคอล DSR และ AOMDV จะเหมาะสมในกรณีที่โหนดมีการเคลื่อนที่ช้าและมีงานวิจัย [16] ที่ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพโพรโทคอล AODV, BATMAN, DYMO และ OLSR โดยกำหนดการเคลื่อนที่เป็นแบบ Disaster Mobility และมีการกำหนดสิ่งกีดขวางในการใช้งานเครือข่าย MANET วัดประสิทธิภาพของโพรโทคอลด้วย Packet Delivery Ratio ผลที่ได้พบว่า โพรโทคอล AODV มีประสิทธิภาพมากที่สุดเนื่องจากมีค่า Packet Delivery Ratio สูงสุด และ [15] ได้มีการเปรียบเทียบโพรโทคอลที่เป็น New Routing Protocol มาใช้เปรียบเทียบกับโพรโทคอลที่มีการพัฒนามานาน โดยได้เปรียบเทียบโพรโทคอล CBRP, DSDV, AODV ด้วยการเคลื่อนที่แบบ Random Waypoint ใช้ตัวชี้วัด Average Delay, Packet Delay Variation, Packet Dropped และ Packet Sent Rate พบว่าโพรโทคอล CBRP มีประสิทธิภาพมากกว่าโพรโทคอลอื่น ๆ

2. **Hybrid Network**

ในการศึกษางานวิจัย [29] ได้ทำการประเมินผล Opportunistic Network ที่พัฒนาโดยใช้ Forwarding Algorithm สำหรับสถานการณ์การเกิดภัยพิบัติที่โหนดมีการเคลื่อนที่แบบ Disaster Mobility โดยพิจารณาจากประสิทธิภาพของ Opportunistic Routing Protocol ใช้ตัวชี้วัดประสิทธิภาพของโพรโทคอลค้นหาเส้นทางด้วย Throughput, Delivery Ratio, Overhead และ Energy Cost Performance ผลการประเมินพบว่า MaxProp Forwarding มีประสิทธิภาพมากที่สุด

ตารางที่ 3 สรุปงานวิจัยด้านการวัดประสิทธิภาพของโพรโทคอลค้นหาเส้นทาง

Authors	Proposes	Techniques	Network Connection	Mobility Model	Routing Protocol	Performance of Metric
Reina, D. G., et al., [17]	ประเมินประสิทธิภาพเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจสำหรับการเกิดภัยพิบัติด้วยโพรโทคอลค้นหาเส้นทาง	-	MANET	Disaster Mobility	AODV, DSR, AOMDV	วัดประสิทธิภาพของโพรโทคอลค้นหาเส้นทางด้วย Throughput, Packet Delivery Ratio, Normalised Routing Load, Average End-to-End Delay
Raffelsberger, C., and Hellwagner, H. [16]	ประเมินประสิทธิภาพโพรโทคอลค้นหาเส้นทางสำหรับกรณีเกิดเหตุฉุกเฉิน	Obstacle Model	MANET	Disaster Mobility	AODV, BATMAN, DYMO, OLSR	วัดประสิทธิภาพของโพรโทคอลค้นหาเส้นทางด้วย Packet Delivery Ratio
MartíN-Campillo, A., et al., [29]	ประเมินผล Opportunistic Network ในรูปแบบการเกิดภัยพิบัติโดยพิจารณาจากประสิทธิภาพของ Opportunistic Routing Protocol	Forwarding Algorithm	Hybrid Network (MANET+ Opportunistic Delay and Disruption Tolerant Networks)	Disaster Mobility	Routing Protocol (Epidemic, MaxProp, PRoPHET และ TTR)	วัดประสิทธิภาพของโพรโทคอลค้นหาเส้นทางด้วย Throughput, Delivery Ratio, Overhead, Energy Cost Performance
Quispe, L. E., and Galan, L. M. [15]	วัดประสิทธิภาพของโพรโทคอล ค้นหาเส้นทางที่มีประสิทธิภาพดีในกรณีเกิดเหตุฉุกเฉินและการดำเนินการกู้ภัย	New Routing Algorithm	MANET	Random Waypoint	CBRP, DSDV, AODV	วัดประสิทธิภาพของโพรโทคอลค้นหาเส้นทางด้วย Average Delay, Packet Delay Variation, Packet Dropped, Packet Sent Rate

สรุปผลจากการศึกษา

จากการศึกษาเครือข่ายเฉพาะกิจสำหรับสถานการณ์การเกิดภัยพิบัติ ในการออกแบบเครือข่ายจะมีการกำหนดรูปแบบการเชื่อมต่อของเครือข่าย เช่น เป็นเครือข่ายประเภท Mobile Ad Hoc Network, Wireless Mesh Network, Wireless Sensor Network หรือเป็นประเภท Hybrid Network เป็นต้น ซึ่ง Hybrid Network เป็นเครือข่ายที่มีการทำงานร่วมกันมากกว่าหนึ่งเครือข่าย เช่น การใช้เครือข่าย MANET ร่วมกับเครือข่ายระบบโทรศัพท์มือถือหรือ Cellular Network เป็นต้น การออกแบบเครือข่ายจะมีวัตถุประสงค์หลักที่สำคัญ คือ การสื่อสารในสถานการณ์การเกิดภัยพิบัติที่มีเหตุการณ์ที่ไม่คาดคิดเกิดขึ้นเครือข่ายจะต้องสนับสนุนการกู้คืนภัยพิบัติ การค้นหาและการกู้ภัย การสื่อสารระหว่างผู้ประสบภัยและทีมกู้ภัยให้สามารถใช้เครือข่ายได้มีประสิทธิภาพมากที่สุดเพื่อให้เกิดการสื่อสารที่สมบูรณ์ที่สุดโดยอาจจะมีการวัดความสามารถของเครือข่าย เช่น Life Time ของเครือข่ายที่นานที่สุด จำนวนโหนดหรืออุปกรณ์ที่อยู่ในพื้นประสบภัยสามารถเชื่อมต่อกับเครือข่ายได้ในปริมาณมาก ความสามารถของโหนดในการเชื่อมต่อกับเครือข่าย หรืออัตราการใช้พลังงานที่น้อยที่สุด เป็นต้น ซึ่งงานวิจัยที่ได้ศึกษาในช่วงแรกนั้นจะเป็นการออกแบบเครือข่ายเฉพาะกิจแบบ MANET แต่หลังจากนั้นงานวิจัยส่วนใหญ่ได้ทำการออกแบบเครือข่ายประเภท Hybrid Network ซึ่งเป็นได้ว่าหากมีสถานการณ์ภัยพิบัติเกิดขึ้นโครงสร้างการสื่อสารพื้นฐานไม่สามารถใช้งานได้ เครือข่ายเฉพาะกิจที่ผู้ประสบภัยและทีมกู้ภัยจะสามารถติดต่อสื่อสารกันอย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุดภายใต้โครงสร้างการสื่อสารที่ไม่สามารถคาดการณ์ได้จะต้องเป็นเครือข่ายหลายเครือข่ายที่แตกต่างกันที่สามารถปรับการทำงานให้สามารถใช้งานร่วมกันได้จึงเป็นเหตุผลสำคัญในการออกแบบเครือข่ายเฉพาะกิจแบบ Hybrid Network เพื่อใช้ในการสื่อสารในสถานการณ์การเกิดภัยพิบัติมากที่สุด และจากการศึกษาพบว่าในปัจจุบันหากเกิดภัยพิบัติที่มีความรุนแรงและเสียหายแก่ชีวิตและทรัพย์สินของประชาชนนั้นหากมีการนำเครือข่ายเฉพาะกิจไปใช้ในการกู้ภัยพิบัติจะพบว่าเครือข่ายเฉพาะกิจแบบ Hybrid Network มีความเหมาะสมสำหรับการจัดการการกู้ภัยมากที่สุด

นอกจากการออกแบบเครือข่ายที่ต้องสามารถสนับสนุนวัตถุประสงค์ดังกล่าวแล้วการกำหนดรูปแบบการเคลื่อนที่ของอุปกรณ์สื่อสารหรือโหนดที่ผู้ประสบภัยหรือทีมกู้ภัยใช้ในการสื่อสารจะเป็นส่วนสำคัญที่จะทำให้การสื่อสารเพื่อค้นหาและกู้ภัยระหว่างผู้ประสบภัยและทีมกู้ภัยมีประสิทธิภาพ เช่น ขณะที่ทีมกู้ภัยค้นหาผู้ประสบภัยจะต้องเคลื่อนที่ด้วยความรวดเร็วผ่านสิ่งกีดขวาง โหนดหรืออุปกรณ์การสื่อสารจะต้องสามารถติดต่อสื่อสาร เชื่อมต่อและอยู่ในเครือข่ายได้ หรือในขณะที่ผู้ประสบภัยถูกเคลื่อนย้ายจากสถานที่เกิดภัยพิบัติไปยังสถานที่ปลอดภัยด้วยการเคลื่อนไหวที่แตกต่างกัน อุปกรณ์สื่อสารหรือโหนดต้องสามารถสื่อสารได้ เป็นต้น

นอกจากการออกแบบเครือข่ายและการกำหนดรูปแบบการเคลื่อนที่ของอุปกรณ์สื่อสารหรือโหนดแล้วสิ่งที่ต้องพิจารณาเพิ่มคือ โพรโทคอลที่ใช้ในการค้นหาเส้นทางเพื่อให้อุปกรณ์สื่อสารหรือโหนดต้นทางสามารถสื่อสารและส่งข้อมูลไปยังอุปกรณ์หรือโหนดปลายทางได้ตามข้อกำหนดที่ต้องการ เช่น ต้องการสื่อสารด้วยจำนวนฮอปที่น้อยที่สุด, สื่อสารด้วย Overhead ที่ต่ำที่สุด, สื่อสารด้วยการใช้พลังงานของโหนดต่ำที่สุด หรือ สื่อสารด้วย Throughput ที่สูงที่สุด เป็นต้น และจากการศึกษางานวิจัยเครือข่ายเฉพาะกิจในสถานการณ์ภัยพิบัติโพรโทคอลค้นหาเส้นทางส่วนใหญ่ที่นำมาใช้ในการค้นหาเส้นทางจะเป็นโพรโทคอล ประเภท Reactive Routing Protocol เหตุผลเนื่องจากโพรโทคอลประเภท Reactive นั้น

จะมี Overhead ของข้อมูลต่ำมีการอัปเดตตารางเส้นทางเป็นช่วง ๆ จึงลดความจำเป็นที่จะ Broadcast เพื่อให้ได้ข้อมูลในตารางเส้นทาง ดังนั้นจึงมีการเลือก Reactive Routing Protocol มาใช้ในเครือข่ายเฉพาะกิจในสถานการณ์ภัยพิบัติ อย่างไรก็ตามงานวิจัยที่ได้ศึกษาส่วนใหญ่พยายามมุ่งเน้นที่จะแก้ปัญหาการสื่อสารในกรณีการเกิดภัยพิบัติให้ผู้ประสบภัย ทีมกู้ภัยค้นหาและทีมรักษาพยาบาล สามารถที่จะสื่อสารกันภายใต้เงื่อนไขของโครงสร้างเครือข่ายพื้นฐานที่อาจจะไม่สามารถใช้การได้เมื่อมีภัยพิบัติเกิดขึ้น โดยทำการออกแบบเครือข่ายเฉพาะกิจสำหรับการสื่อสารในสถานการณ์ภัยพิบัติด้วยวิธีการ อัลกอริทึม รูปแบบการเคลื่อนที่โพรโทคอลค้นหาเส้นทางหรือตัวชี้วัดประสิทธิภาพของเครือข่ายที่แตกต่างกัน

แนวโน้มงานวิจัยการออกแบบเครือข่ายเฉพาะกิจในสถานการณ์การเกิดภัยพิบัติในอนาคตเป็นไปได้ว่าจะมีการออกแบบเครือข่ายแบบ Hybrid Network ที่มีการปรับการทำงานให้เครือข่ายที่สามารถใช้การได้ในสถานการณ์ภัยพิบัตินั้นสามารถปรับการทำงานร่วมกันได้ด้วยความรวดเร็วและโพรโทคอลค้นหาเส้นทางจะมีการนำคุณสมบัติคุณภาพของการบริการ (Quality of Service) มาใช้เป็นเกณฑ์ในการพิจารณาเลือกใช้โพรโทคอลด้วย

References

[1] Reina, D. G., Marin, S. T., Bessis, N., Barrero, F., and Asimakopoulou, E. (2013). An Evolutionary Computation Approach for Optimizing Connectivity in Disaster Response Scenarios. **Applied Soft Computing**. Vol. 13, Issue 2, pp. 833-845. DOI: 10.1016/j.asoc.2012.10.024

[2] Manfredi, V., Crovella, M., and Kurose, J. (2011). Understanding Stateful vs Stateless Communication Strategies for Ad Hoc Networks. In **Proceeding MobiCom '11 Proceedings of the 17th Annual International Conference on Mobile Computing and Networking**. Las Vegas, Nevada, USA-September 19 - 23, 2011. pp. 313-324. DOI: 10.1145/2030613.2030649

[3] Garnepudi, P., Damarla, T., Gaddipati, J., and Veeraiah, D. (2013). Proactive, Reactive and Hybrid Multicast Routing Protocols for Wireless Mesh Networks. In **2013 IEEE International Conference on Computational Intelligence and Computing Research (ICCIC)**. pp. 1-7. DOI: 10.1109/ICCIC.2013.6724255

[4] Ahmad, N., Riaz, N., and Hussain, M. (2011). Ad Hoc Wireless Sensor Network Architecture for Disaster Survivor Detection. **International Journal of Advanced Science and Technology**. Vol. 34, No. 9, pp. 9-16

[5] Xu, D. and Gao, J. (2011). Comparison Study to Hierarchical Routing Protocols in Wireless Sensor Networks. **Procedia Environmental Sciences**. Vol. 10, Part A, pp. 595-600. DOI: 10.1016/j.proenv.2011.09.096

[6] Dehnavi, M., Mazaheri, M. R., Homayounfar, B., and Mazinani, S. M. (2012). Energy Efficient and QoS Based Multi-Path Hierarchical Routing Protocol in WSNs. In **Proceeding IS3C '12 Proceedings of the 2012 International Symposium on Computer, Consumer and Control**. June 04 - 06, 2012. pp. 414-418. DOI: 10.1109/IS3C.2012.111

[7] Kuila, P. and Jana, P. K. (2014). A Novel Differential Evolution Based Clustering Algorithm for Wireless Sensor Networks. **Applied Soft Computing**. Vol. 25, pp. 414-425. DOI: 10.1016/j.asoc.2014.08.064

[8] Narayanan, R. G. L. and Ibe, O. C. (2012). A Joint Network for Disaster Recovery and Search and Rescue Operations. **Journal Computer Networks: The International Journal of Computer and Telecommunications Networking**. Vol. 56, Issue 14, pp. 3347-3373. DOI: 10.1016/j.comnet.2012.05.012

[9] Rodríguez-Covili, J., Ochoa, S. F., and Pino, J. A. (2012). High Level MANET Protocol: Enhancing the Communication Support for Mobile Collaborative Work. **Journal of Network and Computer Applications**. Vol 35, Issue 1, pp. 145-155. DOI: 10.1016/j.jnca.2011.02.006

[10] Ray, N. K. and Turuk, A. K. (2011). A Framework for Disaster Management Using Wireless Ad Hoc Networks. In **Proceeding ICCCS '11 Proceedings of the 2011 International Conference on Communication, Computing & Security**. Rourkela, Odisha, India - February 12 - 14, 2011. pp. 138-141. DOI: 10.1145/1947940.1947970

[11] Qiu, T., Chen, N., Li, K., Qiao, D., and Fu, Z. (2017). **Heterogeneous Ad Hoc Networks: Architectures, Advances and Challenges**. Ad Hoc Networks. Vol. 55, Issue C, pp. 143-152. DOI: 10.1016/j.adhoc.2016.11.001

[12] Saha, S., Nandi, S., Paul, P. S., Shah, V. K., Roy, A., and Das, S. K. (2015). Designing Delay Constrained Hybrid Ad Hoc Network Infrastructure for Post-Disaster Communication. **Ad Hoc Networks**. Vol. 25, pp. 406-429

[13] Jayakumar, G. and Gopinath, G. (2007). Ad Hoc Mobile Wireless Networks Routing Protocols-A Review. **Journal of Computer Science**. Vol. 3, Issue 8, pp. 574-582. DOI: 10.3844/jcssp.2007.574.582

[14] Xiang, M. (2012). Analysis on Multicast Routing Protocols for Mobile Ad Hoc Networks. **Physics Procedia**. Vol. 25, pp. 1787-1793. DOI: 10.1016/j.phpro.2012.03.312

[15] Quispe, L. E. and Galan, L. M. (2014). Behavior of Ad Hoc Routing Protocols, Analyzed for Emergency and Rescue Scenarios, on a Real Urban Area. **Expert Systems with Applications**. Vol. 41, Issue 5, pp. 2565-2573. DOI: 10.1016/j.eswa.2013.10.004

[16] Raffelsberger, C. and Hellwagner, H. (2012). Evaluation of MANET Routing Protocols in a Realistic Emergency Response Scenario. **10th International Workshop on Intelligent Solutions in Embedded Systems, 2012**. pp. 88-92

[17] Reina, D. G., Toral, S. L., Barrero, F., Bessis, N., and Asimakopoulou, E. (2011). Evaluation of Ad Hoc Networks in Disaster Scenarios. **2011 Third International Conference on Intelligent Networking and Collaborative Systems**. pp. 759-764. DOI:10.1109/incos.2011.86

[18] Perkins, C. E. and Bhagwat, P. (1994). Highly Dynamic Destination-Sequenced Distance-Vector Routing (DSDV) for Mobile Computers. In **SIGCOMM '94 Proceedings of the Conference on Communications Architectures, Protocols and Applications**. Vol. 24, Issue 4, pp. 234-244. DOI: 10.1145/190314.190336

[19] Baraković, S. and Baraković, J. (2010). Comparative Performance Evaluation of Mobile Ad Hoc Routing Protocols. In **MIPRO, 2010 Proceedings of the 33rd International Convention**. pp. 518-523

[20] Vijayavani, G. R. and Prema, G. (2012). Performance Comparison of MANET Routing Protocols with Mobility Model Derived Based on Realistic Mobility Pattern of Mobile Nodes. **IEEE International Conference on Advanced Communication Control and Computing Technologies (ICACCCT), 2012**. pp. 32-36

[21] Kuperman, G., Veytser, L., Cheng, B. N., Moore, S., and Narula-Tam, A. (2014). A Comparison of OLSR and OSPF-MDR for Large-Scale Airborne Mobile Ad-Hoc Networks. In **Proceedings of the third ACM Workshop on Airborne Networks and Communications**. pp. 17-22

[22] Mohapatra, S. and Kanungo, P. (2012). Performance Analysis of AODV, DSR, OLSR and DSDV Routing Protocols Using NS2 Simulator. **Procedia Engineering**. Vol. 30, pp. 69-76. DOI: 10.1016/j.proeng.2012.01.835

[23] Perkins, C. E. and E. M. Royer. (1999). Ad-hoc On-Demand Distance Vector Routing. **Proceedings WMCSA'99. Second IEEE Workshop on Mobile Computing Systems and Applications**. DOI: DOI: 10.1109/MCSA.1999.749281

[24] Kasirama, R., RajKumar, G., Asokan, J., and Parthiban, D. (2012). Performance Analysis of DSR and DSDV in Motion and Motionless State. **Procedia Engineering**. Vol. 38, pp. 1518-1523. DOI: 10.1016/j.proeng.2012.06.187

[25] Marina, M. K. and Das, S. R. (2001). On-demand Multipath Distance Vector Routing in Ad Hoc Networks. **Proceedings Ninth International Conference on Network Protocols**. ICNP 2001. pp. 14-23. DOI:10.1109/ICNP.2001.992756

[26] Chaba, Y., Singh, Y., and Joon, M. (2009). Performance Evaluation and Analysis of Cluster Based Routing Protocols in MANETs. In **2009 International Conference on Advances in Computing, Control, and Telecommunication Technologies**. pp. 64-66. DOI:10.1109/act.2009.26

[27] Aschenbruck, N., Gerhards-Padilla, E., and Martini, P. (2009). Modeling Mobility in Disaster Area Scenarios. **Performance Evaluation**. Vol. 66, Issue 12, pp. 773-790. DOI: 10.1016/j.peva.2009.07.009

[28] Akhtar Khan, N., Ahmad, F., and Khan, S. A. (2014). Formal and Executable Specification of Random Waypoint Mobility Model Using Timed Coloured Petri Nets for WMN. **Abstract and Applied Analysis**. Vol. 2014, Hindawi Publishing Corporation. DOI: 10.1155/2014/798927

[29] MartíN-Campillo, A., Crowcroft, J., Yoneki, E., and Martí, R. (2013). Evaluating Opportunistic Networks in Disaster Scenarios. **Journal of Network and Computer Applications**. Vol. 36, Issue 2, pp. 870-880. DOI: 10.1016/j.jnca.2012.11.001

[30] Meghanathan, N. (2011). A Location Prediction Based Routing Protocol and Its Extensions for Multicast and Multi-path Routing in Mobile Ad Hoc Networks. **Ad Hoc Networks**. Vol. 9, Issue 7, pp. 1104-1126. DOI: 10.1016/j.adhoc.2010.12.005

[31] Reina, D. G., Toral, S. L., and Tawfik, H. (2016). UAVs Deployment in Disaster Scenarios Based on Global and Local Search Optimization Algorithms. In **9th International Conference on Developments in eSystems Engineering, DeSE 2016**. pp. 197-202

[32] Tuna, G., Gungor, V. C., and Gulez, K. (2014). An Autonomous Wireless Sensor Network Deployment System Using Mobile Robots for Human Existence Detection in Case of Disasters. **Ad Hoc Networks**. Vol. 13, pp. 54-68. DOI: 10.1016/j.adhoc.2012.06.006

[33] Lu, Z., Cao, G., and La Porta, T. (2017). TeamPhone: Networking Smartphones for Disaster Recovery. **IEEE Transactions on Mobile Computing**. Vol. 16, Issue 12, pp. 3554-3567. DOI: 10.1109/TMC.2017.2695452