ศจี สิงห์สง่า : การส่งต่อแพกเกตในเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายแบบมัลติโดเมนโดยใช้วิธีการเรียนรู้แบบมัลติเอเจนท์รีอินฟอร์สเมนท์และทฤษฎีเกมส์ (PACKET FORWARDING IN MULTI-DOMAIN WIRELESS SENSOR NETWORKS USING GAME THEORETIC MULTI-AGENT REINFORCEMENT LEARNING) อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิภาวี หัตถกรรม, 164 หน้า

ปัจจุบันนี้จำนวนการใช้งานเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายได้เพิ่มสูงมากขึ้น เครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายถูกนำไปใช้ในหลากหลายแอปพลิเคชั่น จึงเป็นไปได้ว่าในบริเวณพื้นที่หนึ่งๆ จะมีเครือข่ายเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายหลายเครือข่ายถูกใช้งานภายในบริเวณพื้นที่เดียวกันซึ่งควบคุมโดยผู้ดูแลระบบที่ต่างกัน เครือข่ายประเภทนี้เรียกว่า เครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายแบบมัลติโดเมน อย่างไรก็ตาม เครือข่ายเหล่านี้มีแหล่งพลังงานที่จำกัด ในสถานการณ์เช่นนี้ การใช้ทรัพยากรร่วมกันระหว่างเซนเซอร์โหนดที่อยู่ต่างโดเมนอาจยืดอายุการใช้งานเครือข่ายและสร้างความน่าเชื่อถือให้กับเครือข่ายในเทอมของอัตราการส่งแพกเกตสำเร็จได้ อย่างไรก็ตาม ด้วยพฤติกรรมที่เห็นแก่ตัวของเซนเซอร์โหนดในการสงวนพลังงานที่มีอยู่อย่างจำกัด อาจไม่เอื้อให้เกิดความร่วมมือดังกล่าว ดังนั้นวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ จึงมีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อระบุปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อความร่วมมือระหว่างเครือข่ายและผลประโยชน์ที่ได้รับอย่างเท่าเทียมกันในเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายแบบมัลติโดเมน; 2) เพื่อประยุกต์ในทฤษฎีเกมความไม่ร่วมมือในการจัดสรรเส้นทางการส่งแพกเกตระหว่างเครือข่ายแบบกระจายสำหรับเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายแบบมัลติโดเมนที่มีสถานีฐานร่วมกันและสถานีฐานแยกกัน; 3) เพื่อนำเสนออัลกอริทึ่มค้นหาเส้นทางที่ได้มาซึ่งกลยุทย์ร่วมที่ดีที่สุดในการส่งต่อแพกเกตในเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายแบบมัลติโดเมนแบบกระจายที่พิจารณาพฤติกรรมที่ไม่ร่วมมือของเซนเซอร์โหนดด้วยการใช้กระบวนการเรียนรู้แบบรีอินฟอร์เมนท์และทฤษฎีเกม

งานวิจัยนี้ มีองค์ความรู้หลักหกประการ องค์ความรู้ประการการแรกคือ การกำหนดปัจจัยที่มีผลกระทบต่อความร่วมมือระหว่างเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายแบบมัลติโดเมน เพื่อให้ทุกเครือข่ายได้รับผลประโยชน์ร่วมกันสูงสุด องค์ความรู้ประการที่สอง คือการออกแบบตารางผลตอบแทนสำหรับเกมการส่งต่อแพกเกตที่ประกอบด้วยผู้เล่นที่ไม่ร่วมมือกันสำหรับเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายแบบมัลติโดเมนที่มีการจัดการแบบกระจาย องค์ความรู้ประการที่สาม คือ การนำเสนอกระบวนการค้นหาเส้นทางในเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายแบบมัลติโดเมนที่ไม่ร่วมมือด้วยการใช้ทฤษฎีเกมความไม่ร่วมมือ องค์ความรู้ประการที่สี่ คือ การออกแบบฟังก์ชั่นคุณลักษณะที่เหมาะสมต่อวิธีแนชคิวที่มีสถานะแบบต่อเนื่อง องค์ความรู้ประการที่ห้า คือ การนำเสนอกระบวนการค้นหาเส้นทาง เพื่อให้ได้ผลประโยชน์ร่วมกันสูงสุดระหว่างเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายแบบมัลติโดเมนที่ไม่ร่วมมือกันด้วย

การใช้วิธีแนชคิวที่มีสถานะแบบต่อเนื่อง องค์ความรู้ประการที่หก คือ การนำเสนอกระบวนการค้นหาเส้นทางที่ได้รับผลประโยชน์ร่วมกันอย่างยุติธรรมต่อทุกเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายแบบมัลติโดเมน

ผลการทดลองชี้ให้เห็นว่า วิธีการที่นำเสนอสามารถกำหนดการส่งต่อแพกเกตสำหรับเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายแบบมัลติโดเมนได้อย่างมีประสิทธภาพ โดยวิธีการที่นำเสนอสามารถเพิ่มอายุเครือข่ายและอัตราการรับส่งแพกเกตข้อมูลได้สูงขึ้น และสามารถกำหนดเส้นทางการส่งต่อแพกเกตที่ได้รับผลประโยชน์ร่วมกันอย่างยุติธรรมต่อทุกเครือข่ายได้ นอกจากนี้ยังมีความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมได้ดีกว่า (ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นโหนด ค่าการสูญเสียเชิงวิถีในอากาศ จำนวนโหนดผิดพลาด รูปแบบของรูปร่างเครือข่าย และสถานะการเชื่อมต่อของเส้นทางภายในเครือข่าย)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม ลายมือชื่อนักศึกษา _____

ปีการศึกษา 2559 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา _____

SAJEE SINGSANGA : PACKET FORWARDING IN MULTI-DOMAIN WIRELESS SENSOR NETWORKS USING GAME THEORETIC MULTI-AGENT REINFORCEMENT LEARNING. THESIS ADVISOR : ASST. PROF. WIPAWEE HATTAGAM, Ph.D., 164 PP.

WIRELESS SENSOR NETWORKS / MULTI-DOMAIN / NON-COOPERATIVE GAME/ LEMKE HOWSON METHOD/ DISCRETE STATE NASH Q-LEARNING (D-NASHQ)/ CONTINUOUS STATE NASH Q-LEARNING (C-NASHQ)

Wireless Sensor Networks (WSNs) have increasingly attracted much interest in a wide range of application scenarios in recent years. For certain applications, it is possible that multiple sensor networks which are controlled by different authorities can coexist independently within a region of interest. These networks may even be physically overlapping and their sensor nodes may be interleaved. Such networks are referred to as multi-domain WSNs. However, these networks usually have limitation in energy capacity. In such a situation, resource sharing and cooperation between sensor node belonging in different domain authorities may prolong network lifetime and enhance reliability on packet delivery ratio. However, selfish behaviors of sensor nodes in order to conserve their energy refuse to cooperate. Hence, the underlying objective of this thesis is to propose an adaptive routing algorithm to 1) identify the parameters that effect cooperation between multiple co-located networks and fairness of benefits that the networks can achieve; 2) to apply non-cooperative game theory to allocate packet forwarding problem in distributed multi-domain WSNs based on common sink and separate sink scenarios; 3) to obtain routing schemes which can achieve the best mutual packet forwarding strategy in non-cooperative multi-domain

WSNs in a distributed manner using game theoretic reinforcement learning algorithm.

The main contributions of this research are six-fold. The first contribution is identification of parameters that effect cooperation between multiple co-located networks and fairness of benefits that the networks can achieve. The second contribution is design of payoff matrix for non-cooperative packet forwarding game in distributed multi-domain WSNs. The third contribution is to propose non-cooperative game algorithm (NCG-LH) to distributed packet forwarding scheme in non-cooperative multi-domain WSNs under common sink and separate sink scenarios. The fourth contribution is design of feature function that suitable for continuous state Nash Q-learning. The fifth contribution is a proposed adaptive routing algorithms (D-NashQ and C-NashQ) and its application to packet forwarding problems in multi-domain WSNs under separate sink scenario. The sixth contribution is fair cooperative routing comparison is made between routing algorithm based on load balancing technique, non-cooperative game theory technique and game theoretic reinforcement learning technique.

The experiments show that by using the proposed algorithm which provides fair route selection, all networks can send their packets more reliably and gain longer network lifetime In addition, the proposed algorithms achieve higher robustness in changing of network condition (i.e., network density, path loss exponent, node failure, types of network topologies and connectivity).

School of Telecommunication Engineering Student's Signature _____

Academic Year 2016 Advisor's Signature _____