ศจี สิงห์สง่า : การจัดสรรทรัพยากรในโครงข่ายตัวตรวจรู้ไร้สายแบบซ้อนทับ โดยใช้วิธีการเรียนรู้แบบมัลติเอเจนท์รีอินฟอร์สเมนท์ (RESOURCE ALLOCATION IN OVERLAY WIRELESS SENSOR NETWORKS USING MULTIAGENT REINFORCEMENT LEARNING) อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิภาวี หัตถกรรม, 116 หน้า.

โครงข่ายตัวตรวจรู้ไร้สายได้ถูกพัฒนาและประยุกต์ใช้ในการเฝ้าระวังด้านสิ่งแวดล้อมอย่างกว้างขวาง โครงข่ายตัวตรวจรู้ไร้สายมีความสามารถในการเฝ้าระวังและเก็บข้อมูลเชิงกายภาพภายในพื้นที่เฉพาะหรือสิ่งแวดล้อมที่สนใจ อย่างไรก็ตามโครงข่ายตัวตรวจรู้ไร้สายถูกจำกัดด้วยแหล่งกำเนิดพลังงานที่มีขนาดเล็กมาก ดังนั้นความจุของแบตเตอร์รี่จึงถูกจำกัดตามไปด้วย ข้อจำกัดด้านพลังงานสามารถลดได้โดยการจัดสรรทรัพยากรร่วมกันระหว่างโครงข่ายตัวตรวจรู้ไร้สายหลายโครงข่ายกระจายตัวซ้อนทับกันอย่างเป็นอิสระภายในพื้นที่สนใจเดียวกัน โดยไม่ขัดแย้งซึ่งกันและกัน โครงข่ายเช่นนี้ถูกเรียกว่าโครงข่ายตัวตรวจรู้ไร้สายแบบซ้อนทับ โครงข่ายประเภทนี้มีคุณประโยชน์อย่างมากเช่น การเพิ่มเส้นทางการส่งข้อมูล ลดการใช้พลังงานในโครงข่าย ซึ่งสามารถยืดอายุการใช้งานเครือข่ายได้ อย่างไรก็ตามเนื่องด้วยพฤติกรรมที่เห็นแก่ตัวของตัวตรวจรู้ไร้สาย เพื่อสงวนพลังงานของตน การแลกเปลี่ยนทรัพยากรระหว่างเครือข่ายอาจไม่เกิดขึ้น ดังนั้นงานวิจัยนี้มุ่งเน้นไปการกำหนดกลยุทธ์การส่งเพกเกตในโครงข่ายที่ก่อประโยชน์กับทุกโครงข่ายภายใต้ทรัพยากรที่มีจำกัดในโครงข่ายตัวตรวจรู้ไร้สายแบบซ้อนทับ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือการนำเสนอกระบวนการเรียนรู้แบบแนชคิวและแบบพาเรโตคิวซึ่งเป็นวิธีการเรียนรู้แบบมัลติเอเจนท์รีอินฟอร์สเมนท์ประยุกต์ใช้ในเกมการส่งแพกเกตในโครงข่ายตัวตรวจรู้ไร้สายแบบซ้อนทับที่ไม่เกื้อกูลกัน วิทยานิพนธ์นี้มีองค์ความรู้หลักสามประการ องค์ความรู้ประการแรกคือ การประยุกต์ใช้กระบวนการเรียนรู้แบบแนชคิวและแบบพาเรโตคิวเพื่อกำหนดกลยุทธ์ร่วมที่ดีที่สุดสำหรับการส่งต่อเพกเกตในโครงข่ายตัวตรวจรู้ไร้สายแบบซ้อนทับที่ไม่เกื้อกูลกันด้วยการกำหนดปัญหาให้เป็นกระบวนการตัดสินใจแบบมาร์คอฟ (Markov decision process) องค์ความรู้ประการที่สองคือ การขยายกระบวนการเรียนรู้แบบเพลโตคิวจากกระบวนการตัดสินใจแบบมาคอฟไปสู่การกำหนดปัญญาโดยใช้แบบจำลองพลังงานวิทยุ องค์ความรู้ประการสุดท้าย คือ การเลือกจุดที่เหมาะสมที่สุดแบบพาเรโตในวิธีการทางทฤษฎีเกมความไม่ร่วมมือกันเพื่อประยุกต์ใช้ในเกมการส่งต่อแพตเกต

ผลการทดลองชี้ให้เห็นว่าวิธีการที่นำเสนอสามารถกำหนดกลยุทธ์ร่วมที่ดีที่สุดได้โดยการเรียนรู้แบบออนไลน์ซึ่งต่างจากวิธีการทางทฤษฎีเกมความไม่ร่วมมือซึ่งเป็นวิธีค้นหากลยุทธ์อย่างถี่ถ้วนแบบออฟไลน์ วิธีการที่นำเสนอใช้เวลาในการคำนวณเพื่อได้มาซึ่งกลยุทธ์ น้อยกว่าวิธีการทางทฤษฎีเกมความไม่ร่วมมือ ในขณะที่ได้รับผลตอบแทนที่สูงกว่า และมีความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมได้ดีกว่า (ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงเส้นทางการเชื่อมต่อของตัวตรวจรู้ และค่าการสูญเสียเชิงวิถีในอากาศ) ดังนั้นวิธีการที่ถูกนำเสนอในงานวิจัยนี้จึงมีความสามารถในการปรับเปลี่ยนกลยุทธ์เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อมด้วยการคำนวณที่น้อยกว่าในระยะยาว

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม ลายมือชื่อนักศึกษา_____

ปีการศึกษา 2553 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา_____

SAJEE SINGSANGA : RESOURCE ALLOCATION IN OVERLAY WIRELESS SENSOR NETWORKS USING MULTIAGENT REINFORCEMENT LEARNING. THESIS ADVISOR : ASST. PROF. WIPAWEE HATTAGAM, Ph.D. 116 PP.

WIRELESS SENSOR NETWORKS/OVERLAY NETWORK/NON-COOPERATIVE GAME/NASH Q-LEARNING (NASHQ)/PARETO Q-LEARNING (PARETOQ)

Wireless Sensor Networks (WSNs) have been developed and extensively applied in environment monitoring. WSNs can be used to monitor and collect various physical attributes within a specific area or environment of interest. However, WSNs have limited power sources and must be extremely small, therefore their battery capacity constraints are much higher. To alleviate such limitation, multiple sensor networks can coexist independently within a region of interest without conflicting each other in order to share resources. Such networks are referred to as overlay WSNs. These networks can potentially gain certain benefits such as alternative routing paths, reduced energy consumption, thereby prolonging their network lifetime. However, selfish behaviors may exist among sensor nodes to conserve their energy. Thus, cooperation between sensor nodes belonging to different network authorities may not always be readily available. Therefore, the main focus of this research is how to determine packet forwarding strategies which are beneficial to all networks under constrained resources in overlay WSNs.

The underlying aim of this research is therefore to propose the Nash Q-learning and the Pareto Q-learning, which are multiagent reinforcement learning algorithms in a packet forwarding game in non-cooperative overlay WSNs. The contribution of this

research are three-fold. The first contribution is the application of NashQ and ParetoQ algorithms to achieve the best mutual packet forwarding strategy in non-cooperative overlay WSNs with the MDP formulation. The second contribution is the extension of the ParetoQ algorithm from the MDP formulation to the radio energy model. The final contribution centers on the incorporation of Pareto optimality with the Non-cooperative game algorithm and its application to the packet forwarding game.

The experiments show that the proposed algorithms can obtain the best mutual strategy by learning packet forwarding strategies online, as opposed to the offline exhaustive search in an existing Non-cooperative game theoretic approach. The proposed algorithms require significantly less computational time to obtain a strategy than the Non-cooperative game algorithm while achieving higher utility and higher robustness to dynamic environments (i.e., changing topology and path loss exponent) owing to its inherent online learning process. Thus, the proposed approaches are more adaptive to environmental changes yet less computationally demanding in the long run.

School of Telecommunication Engineering Student's Signature _____

Academic Year 2010 Advisor's Signature_____