

ทฤษฎีเกมและการประยุกต์ในวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร

Game Theory and Application

in Communication Engineering

ลดา พรเรืองวงศ์ อภิรัฐ ลีมมณี

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

บทคัดย่อ

สิ่งมีชีวิตทุกชนิดใช้ทฤษฎีเกมในการดำรงชีวิตอย่างไม่รู้ตัวหรืออย่างผิวเผิน เช่นในสถานการณ์ที่ต้องตัดสินใจ และต้องเกี่ยวข้องกับสิ่งมีชีวิตอื่น แต่ทฤษฎีเกมที่กล่าวถึงในบทความนี้จะเป็นรูปธรรมชัดเจน โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกลยุทธ์ที่เลือกใช้กับผลตอบแทนที่ได้รับ โดยสิ่งที่มีอำนาจตัดสินใจนั้นเป็นอุปกรณ์สื่อสารที่มีการแข่งขันทรัพยากรในระบบสื่อสารไร้สาย ทั้งนี้ เรามีจุดประสงค์เพื่อให้ผู้ออกแบบระบบได้ตระหนักถึงความสัมพันธ์ในเชิงทฤษฎีเกมระหว่างอุปกรณ์ต่างๆ ซึ่งจะทำได้ทำให้สามารถวิเคราะห์และพัฒนาระบบให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นได้

คำสำคัญ : ทฤษฎีเกม , ไฟฟ้าสื่อสาร , การประยุกต์

Abstract

Living organisms use game theory in an unconscious or superficial manner. They use it in the situations where strategies must be chosen and more than one organism are involved. In this paper, however, we formally discuss game theory by using mathematical models explaining relationships between strategies and utilities, focusing on communication devices fighting one another for resources in communication systems. Being aware of such game-theoretic relationships among devices, designers can better analyze the systems and improve their performance.

Keywords : Game Theory , Communication Engineering , Application

1. บทนำ

ทฤษฎีเกมคือ การศึกษาสถานการณ์ที่ผลตอบแทนขึ้นอยู่กับกลยุทธ์ของทุกผู้เล่นในเกม โลกของทฤษฎีเกมจะมองสถานการณ์หรือปัญหาเป็นเกม แล้วสร้างแบบจำลอง เช่น ตาราง,กราฟ เพื่อวิเคราะห์และออกแบบระบบให้มีทิศทางตามที่เราต้องการ(ในกรณีงานไฟฟ้าสื่อสาร) ส่วนผลตอบแทน(Utility) คือ ผลลัพธ์หรือกำไรของกลยุทธ์ของผู้เล่น ซึ่งเป็นสิ่งที่มีอำนาจตัดสินใจในเกม รูปแบบหนึ่งที่ง่ายที่สุดของแบบจำลอง คือ ตารางกลยุทธ์ ซึ่งเขียนผลตอบแทนในรูปคู่อันดับ ตัวอย่างเช่น เกมเป่าขิง

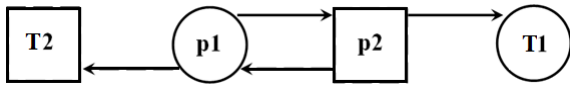
ดู ในตารางที่ 1 คู่อันดับตัวที่หนึ่งและสองแทนด้วยผลตอบแทนของผู้เล่นที่ 1 (p_1) และ 2 (p_2) ตามลำดับ ผลตอบแทนนิยมแสดงด้วยตัวเลขซึ่งมาจากการประเมินข้อมูล เช่นในตัวอย่างเกมเป่าขิงดู ให้ชนะ,เสมอ,แพ้ มีค่าเป็น $+1,0,-1$ เป็นต้น

ตารางที่ 1 เกมเป่าขิงดู แสดงผลตอบแทนด้วยตัวเลข

		p_2		
		ค้อน	กรรไกร	กระดาษ
p_1	ค้อน	(0, 0)	(1, -1)	(-1, 1)
	กรรไกร	(-1, 1)	(0, 0)	(1, -1)
	กระดาษ	(1, -1)	(-1, 1)	(0, 0)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่สามารถนำเอกสารนี้ไปใช้ประโยชน์อื่นใดได้โดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ตัวอย่างเกมไฟฟ้าสื่อสาร



รูปที่ 1 สถานการณ์ The Forwarder's Dilemma Game

The Forwarder's Dilemma Game [1] มีผู้เล่น $p1$ และ $p2$ ทั้งคู่ต้องการส่ง Packet ไปยังเป้าหมายของตนเอง คือ $T1$ และ $T2$ ตามลำดับ การส่งของผู้เล่น $p1$ จะสำเร็จถ้าผู้เล่น $p2$ ส่งต่อ Packet ให้ สำหรับ $p2$ ก็คิดได้เช่นเดียวกัน ถ้าส่งสำเร็จ กำหนดให้ผู้เล่นนั้นได้รับ $+1$ และต้นทุนในการส่งต่อให้อีกผู้เล่นเท่ากับค่าคงที่ $+C$ ซึ่งกำหนดให้อยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 ส่วนต้นทุนในการส่ง Packet ของตนเองเป็นศูนย์(ไม่นำมาพิจารณาในเกม) แสดงภาพแนวคิดได้ดังรูปที่ 1 และสร้างแบบจำลองได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 The Forwarder's Dilemma Game

		p2	
		ส่งต่อ	ทิ้ง
p1	ส่งต่อ	$(1-C, 1-C)$	$(-C, 1)$
	ทิ้ง	$(1, -C)$	$(0, 0)$

ลักษณะเด่นของเกมนี้คือการขัดแย้งของมุมมองระหว่างการร่วมมือ(Cooperative) กับการไม่ร่วมมือ(Non-cooperative) สังเกตว่า กรณีที่ดีที่สุดคือ ตนเองทิ้ง(ทิ้ง Packet ของอีกผู้เล่น)ส่วนอีกผู้เล่นส่งต่อ(ส่งต่อ packet ของอีกผู้เล่น)แต่การส่งต่อทั้งคู่ดีกว่าการทิ้งทั้งคู่ดังนั้นสำหรับผู้เล่น หากจะเล่นแบบร่วมมือกันจะเลือกกลยุทธ์ส่งต่อ แต่หากจะเล่นแบบไม่ร่วมมือกันจะเลือกกลยุทธ์ทิ้ง

3. ผลเฉลยของเกม

การหาผลเฉลย คือการคาดเดาว่าแต่ละผู้เล่นจะเลือกใช้กลยุทธ์ใด หรือเรียกว่าการหาชุดกลยุทธ์ โดยเราถือว่า(Assume)ทุกผู้เล่นมีเหตุผล จึงเลือกกลยุทธ์จากการพิจารณาผลตอบแทน ในที่นี้จะเสนอ 2 วิธีที่ได้รับความนิยมสูงสุด คือ สมดุลแนช(Nash Equilibrium)และประสิทธิภาพพาร์โด้(Pareto Efficiency)การใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ดูแลเห็นประโยชน์ของเนื้อหา

3.1 สมดุลแนช

คือ สภาพสมดุลที่ไม่มีผู้เล่นใดจะเปลี่ยนเฉพาะกลยุทธ์ตนเองแล้วได้ผลตอบแทนที่สูงขึ้นอีก จาก The Forwarder's Dilemma Game พิจารณาที่ละชุดกลยุทธ์ ชุดกลยุทธ์ (ส่งต่อ ($p1$ เลือกส่งต่อ) , ส่งต่อ ($p2$ เลือกส่งต่อ)) เริ่มพิจารณาจาก $p1$ การเปลี่ยนกลยุทธ์เป็นทิ้ง ให้ผลตอบแทนดีกว่า $(1 > 1-C)$ จึงไม่จำเป็นต้องพิจารณา $p2$ ชุดกลยุทธ์นี้จึงไม่เป็นสมดุลแนช ต่อไปพิจารณาชุดกลยุทธ์ (ทิ้ง , ส่งต่อ) สำหรับ $p1$ ไม่สามารถเปลี่ยนกลยุทธ์ที่ให้ผลตอบแทนสูงที่ขึ้นอีก สำหรับ $p2$ การเปลี่ยนกลยุทธ์เป็นทิ้ง ให้ผลตอบแทนดีกว่า $(0 > -C)$ ชุดกลยุทธ์นี้จึงไม่เป็นสมดุลแนชถัดมาพิจารณาชุดกลยุทธ์ (ส่งต่อ , ทิ้ง) สำหรับ $p1$ การเปลี่ยนกลยุทธ์เป็นทิ้ง ให้ผลตอบแทนดีกว่า $(0 > -C)$ ชุดกลยุทธ์นี้จึงไม่เป็นสมดุลแนชพิจารณาชุดกลยุทธ์ (ทิ้ง , ทิ้ง) ทั้ง $p1$ และ $p2$ ไม่สามารถเปลี่ยนกลยุทธ์ของตนเองที่ให้ผลตอบแทนสูงที่ขึ้นอีกจากวิธีสมดุลแนช ซึ่งเป็นการเล่นแบบไม่ร่วมมือกัน จึงได้ผลเฉลยเพียงชุดกลยุทธ์เดียว คือ (ทิ้ง , ทิ้ง)

3.2 ประสิทธิภาพพาร์โด้

คือ การปรับปรุงกลยุทธ์ของผู้เล่นอย่างน้อยหนึ่งผู้เล่นขึ้นไปที่ได้ผลตอบแทนที่สูงขึ้น แต่การปรับปรุงนั้นต้องไม่ลดผลตอบแทนของผู้เล่นใดเลย จนไม่อาจปรับปรุงกลยุทธ์ได้อีก ซึ่งเป็นการเล่นแบบร่วมมือกันจาก The Forwarder's Dilemma Game ได้ผลเฉลย 3 ชุดกลยุทธ์ คือ (ส่งต่อ , ส่งต่อ) , (ทิ้ง , ส่งต่อ) , (ส่งต่อ , ทิ้ง) ส่วนชุดกลยุทธ์ (ทิ้ง , ทิ้ง) ไม่เป็นผลเฉลยจากวิธีประสิทธิภาพพาร์โด้ เนื่องจากสามารถปรับปรุงกลยุทธ์เป็น (ส่งต่อ , ส่งต่อ) ซึ่งเปลี่ยนผลตอบแทนจาก $(0,0)$ เป็น $(1-C,1-C)$

4. เกมซ้ำ

เกมซ้ำ (Repeated Game) คือ เกมที่มีรอบการเล่นซ้ำเดิมหลายรอบ โดยเงื่อนไขของผลตอบแทนกับชุดกลยุทธ์เหมือนเกมที่เล่นที่หนึ่งรอบแต่ผู้เล่นไม่จำเป็นต้องเลือกกลยุทธ์เหมือนเดิม เช่น The Forwarder's Dilemma Game ที่เล่นหนึ่งรอบ ถ้ามีการเล่น T รอบ(มีการส่ง Packet ใหม่ หลังจบเกมในแต่ละรอบ) จึงเรียกเกมใหม่เป็น The

Repeated Forwarder's Dilemma Game ซึ่งผลตอบแทนของผู้เล่นใดๆ สมมติว่าผู้เล่นที่กำลังพิจารณาคือ j หนึ่งในผู้เล่นในเกม ของเกมในรอบการเล่นจำกัด หาได้จาก

$$(1) \quad u_j = \sum_{t=1}^T u_t$$

โดย u_j คือผลตอบแทนของผู้เล่น j และ u_t คือ ผลตอบแทนในรอบที่ t ส่วนเกมที่มีรอบการเล่นไม่จำกัดต้องอาศัย δ (Discount Factor) ซึ่งกำหนดให้มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 เพื่อทำให้ผลตอบแทนในอนาคตลดลงเรื่อยๆ ค่าตอบของอนุกรมจึงจะลู่เข้า (Converge) ทำให้ได้สมการใหม่สำหรับเกมไม่จำกัดรอบเป็น

$$(2) \quad u_j = \sum_{t=1}^{\infty} (u_t)(\delta^t)$$

5. การประยุกต์ในไฟฟ้าสื่อสาร

ตัวอย่างปัญหาในงานไฟฟ้าสื่อสารอย่างหนึ่ง คือ การควบคุมกำลังสัญญาณในระบบ CDMA (Code Division Multiple Access) [2] CDMA ใช้การแบ่งผู้ใช้ตาม PN-Code สัญญาณของผู้ใช้จะถูกคูณด้วยสัญญาณ PN-Code เฉพาะของผู้ใช้รายนั้นๆ กลายเป็นสัญญาณใหม่ที่เรียกว่าเข้ารหัสแล้ว รวมสัญญาณที่เข้ารหัสแล้วของผู้ใช้แต่ละรายด้วยการบวก กลายเป็นสัญญาณรวมส่งสัญญาณรวมนี้ไปยังปลายทางของผู้ใช้ ปลายทางจะสามารถดึงสัญญาณกลับออกมาหรือเรียกว่าถอดรหัส โดยคูณสัญญาณรวมกับ PN-code เฉพาะของผู้ใช้รายนั้น ทำให้ได้สัญญาณต้นทางของผู้ใช้รายนั้นเท่านั้น CDMA จึงใช้การมองสัญญาณของผู้ใช้รายอื่นที่ไม่ใช่ผู้ใช้ที่กำลังพิจารณาว่าเป็นสัญญาณรบกวน ค่า SINR (Signal-to-Interference-and-Noise-Ratio) ซึ่งบ่งบอกคุณภาพสัญญาณที่ภาครับของผู้เล่น j จึงหาได้จาก

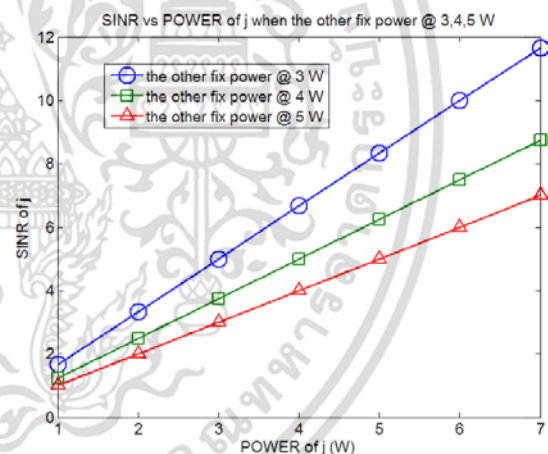
$$(3) \quad SINR_j = \frac{W h_j p_j}{R \sum_{i \neq j} h_i p_i + \sigma^2}$$

โดย W คือ Bandwidth (Hz) และ R คือ Bit-Rate (bits/second) และ σ^2 คือ กำลังสัญญาณรบกวนในรูปของ Additive White Gaussian Noise และ h_j คือ Path Gain อัตราขยาย

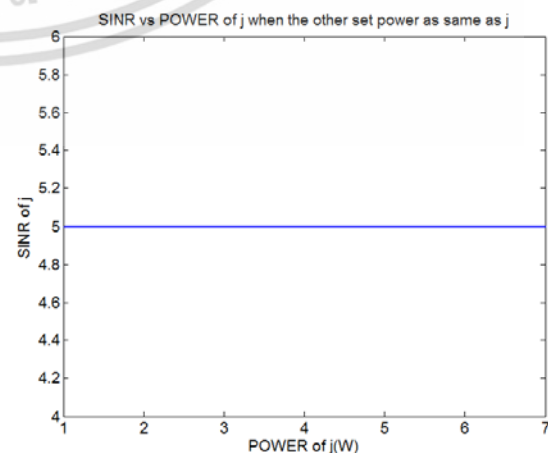
ของ j และ p_j คือ Power กำลังสัญญาณที่ส่งของ j ดังนั้น $h_j p_j$ คือ กำลังปรากฏที่ภาครับของ j

จากสมการที่ 3 ในโปรโตคอลหนึ่งๆ ถือว่า W และ R เป็นค่าคงที่ ถ้าเราสมมติให้ σ^2 มีค่าน้อยมากจนเข้าใกล้ศูนย์ ค่า SINR นอกจากพจน์ค่าคงที่ซึ่งแปรผันตรงกับกำลังปรากฏที่ภาครับของตนเอง และแปรผกผันกับกำลังปรากฏที่ภาครับของผู้เล่นอื่นนอกจากตนเอง

เพื่อให้ง่ายแก่การวิเคราะห์ กำหนดให้ Path Gain ของทุกผู้เล่นเท่ากันหมด (เช่น อยู่ในตำแหน่งเดียวกันที่ส่งสัญญาณ) และผู้เล่นอื่นทุกผู้เล่นนอกจากผู้เล่น j เลือกกำลังสัญญาณที่ส่งเท่ากัน (ดังนั้นจึงมีกำลังปรากฏที่ภาครับเท่ากันด้วย) พิจารณามุมมองของผู้เล่น j ถ้าผู้เล่นอื่นนอกจาก j เลือก p (กำลังสัญญาณที่ส่ง) ที่ค่าคงที่หนึ่งๆ $SINR_j$ จะเพิ่มขึ้นตาม p_j หรือลดลงตามค่าตัวแปรดูแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 $SINR_j$ กับ p_j เมื่อผู้เล่นอื่นเลือก p คงที่



รูปที่ 3 $SINR_j$ กับ p_j เมื่อผู้เล่นอื่นเลือก p เท่ากับผู้เล่น j

เอาตัวแปรอื่นออกแล้วเหลือไว้แค่ตัวแปรเดียวเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าผู้เล่นอื่นนอกจาก j เลือก p เท่ากับผู้เล่น j (ทุกผู้เล่นเลือกกำลังสัญญาณเท่ากันหมด) และถือว่า σ^2 มีค่าเป็นศูนย์ $SINR_j$ จะเหลือแต่พจน์ของค่าคงที่ ไม่ว่า p_j จะมีค่าเท่าใดก็ตาม ดังรูปที่ 3 หากสัญญาณรบกวน σ^2 มีค่าน้อยกว่ากำลังปรากฏที่ภาครับของผู้เล่นอย่างมากกราฟของ $SINR_j$ กับ p_j จึงเกือบเป็นเส้นตรงดังเช่นรูปที่ 3 อยู่ดี

จากที่เราถือว่าผู้เล่นทุกคนมีเหตุมีผล เลือกกลยุทธ์ (ในที่นี้คือกำลังสัญญาณส่ง) โดยพิจารณาจากผลตอบแทนเราจึงต้องทราบความสัมพันธ์ระหว่างกลยุทธ์กับผลตอบแทนจาก [3] อาศัยอัลกอริทึมและการคาดการณ์การทำงานของอุปกรณ์สื่อสารซึ่งอาศัยข้อมูลภายนอกจากการติดต่อกับสถานีฐาน มาเลือกขนาดกำลังสัญญาณส่งที่เหมาะสม ที่ยังคงมีสัญญาณปรากฏที่ภาครับถูกต้องและคุ้มค่ากับขนาดกำลังสัญญาณส่ง เพราะถ้าเลือกขนาดกำลังสัญญาณส่งน้อยเกินไป ภาครับอาจรับสัญญาณได้ไม่ดีหรือรับไม่ได้เลย แต่ถ้าเลือกขนาดกำลังสัญญาณส่งมากเกินไป อุปกรณ์สื่อสารนั้นต้องสิ้นเปลืองพลังงานโดยไม่คุ้มค่าและอายุการใช้งานจะลดลง อุปกรณ์สื่อสารจึงถูกโปรแกรมให้ยึดหยุ่นสามารถปรับกำลังสัญญาณส่งได้ เราสามารถสร้างความสัมพันธ์จากอัลกอริทึมของอุปกรณ์สื่อสาร ดังสมการที่ 4

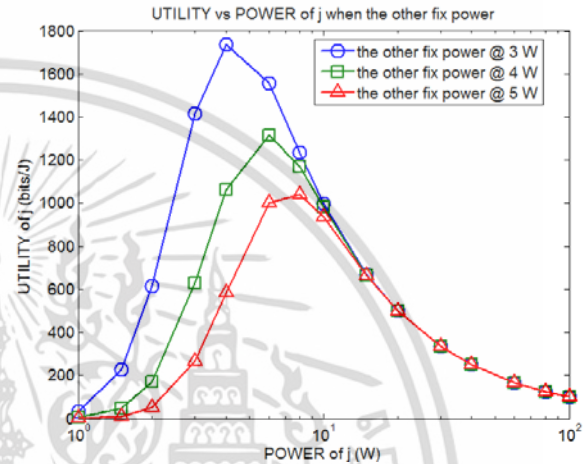
$$(4) \quad u_j = \frac{R}{p_j} (1 - 2BER_j)^L$$

โดย L คือ ความยาว Packet(bit) และ BER (Bit Error Rate) คืออัตราส่วนของบิตที่ข้อมูลผิดพลาดที่ภาครับต่อบิตทั้งหมดที่ส่ง ในที่นี้จะใช้การส่งแบบ FSK(Frequency Shift Keying) ซึ่งเป็นวิธีการ Modulation จากสัญญาณข้อมูลดิจิทัลให้ส่งเป็น สัญญาณอนาล็อกด้วยการใช้การเปลี่ยนแปลงความถี่เป็นตัวระบุบิตข้อมูล เนื่องจากมีสมการ BER ง่ายที่สุดดังสมการที่ 5 และนำไปแทนในสมการที่ 4 ได้ผลตอบแทนของผู้เล่น j ดังสมการที่ 6

$$(5) \quad BER_j = 0.5e^{-0.5(SINR_j)}$$

$$(6) \quad u_j = \frac{R}{p_j} (1 - e^{-0.5(SINR_j)})^L$$

เมื่อนำสมการที่ 3 $SINR_j$ แทนในสมการที่ 6 จึงได้ u_j (Utility of j) ซึ่งเป็นผลตอบแทนของผู้เล่น j ที่มีความสัมพันธ์กับกลยุทธ์การเลือกขนาดกำลังสัญญาณส่ง เรานำไปสร้างแบบจำลองเป็นกราฟ ถ้าผู้เล่นอื่นนอกจาก j เลือก p ที่ค่าคงที่หนึ่งๆ ผู้เล่น j จะได้ผลตอบแทนมากขึ้นเมื่อเริ่มปรับกำลังสัญญาณส่งสูงขึ้น จนจุดสูงสุด แล้วลดลงเรื่อยๆ ดังรูปที่ 4

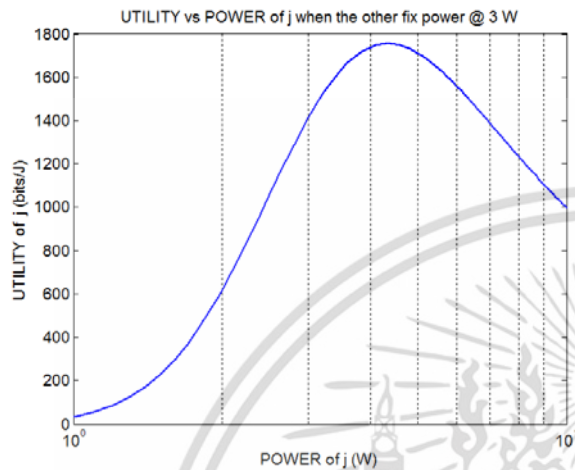


รูปที่ 4 u_j กับ p_j เมื่อผู้เล่นอื่นเลือก p คงที่

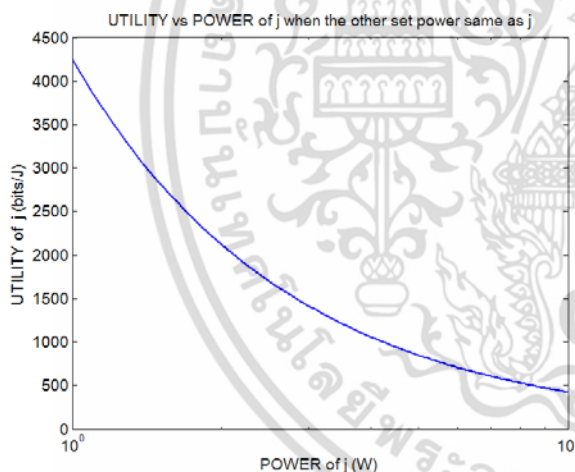
จากรูปที่ 4 เห็นได้ว่า เมื่อผู้เล่นอื่นเลือก p คงที่ที่ค่าหนึ่งๆ ลักษณะรูปกราฟผลตอบแทนของผู้เล่น j (ผู้เล่นใดๆ) จะเหมือนกัน เพียงแต่มีขนาดและการเลื่อนทางแกน x ที่ไม่เท่ากัน จึงขอพิจารณา p ที่ค่าเดียว สมมติเลือกที่ 3 W ดังรูปที่ 5 จะเห็นว่ากลยุทธ์ของผู้เล่น j ที่ให้ผลตอบแทนสูงสุดคือการเลือกกำลังสัญญาณส่งที่เกิน 4 W เล็กน้อย ถ้าผู้เล่นอื่นเลือกกำลังสัญญาณส่งที่ 3 W ซึ่งเป็นเช่นนี้ตลอดไม่ว่าผู้เล่นอื่นจะเลือกกำลังเท่าใดผลตอบแทนสองที่ดีที่สุด (Best Response) ของตนเอง คือ การเลือกกำลังที่สูงกว่ากำลังของผู้อื่นปริมาณหนึ่ง แต่ถ้ามีหนึ่งผู้เล่น สมมติว่าเป็นผู้เล่น j ปรับกำลังของตนเองให้สูงกว่าผู้เล่นอื่น ผู้เล่น j จะได้ $SINR$ สูงขึ้นได้ผลตอบแทนสูงขึ้น แต่การกระทำส่งผลให้ผู้เล่นอื่นได้ $SINR$ ลดลงได้ผลตอบแทนลดลง ผู้เล่นอื่นซึ่งเป็นอุปกรณ์สื่อสารที่ติดต่อกับสถานีฐานเช่นกัน สามารถรับรู้ได้ว่า $SINR$ ของพวกตนลดลง ผู้เล่นอื่นจึงมีแรงจูงใจให้แก้ปัญหาโดยปรับกำลังของตนเองให้สูงขึ้น ถ้าพวกเขาปรับกำลังตามผู้เล่น j ผู้เล่น j จึงจะได้ $SINR$ ลดลง (กลับมาเท่าเดิมในตอนเริ่มต้น แต่ถือว่าลดลงเมื่อตอนที่ผู้เล่นอื่นยังไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่ควรเผยแพร่หรือทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาต หากต้องการข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อฝ่ายประชาสัมพันธ์ โทร. 0-2329-1000

ไม่ปรับกำลังตาม) ผู้เล่น j จึงต้องปรับกำลังให้สูงขึ้น เพื่อให้ได้ SINR สูงขึ้น ผลตอบแทนของผู้เล่น j แสดงได้ดังรูปที่ 6 จะเห็นว่าผลตอบแทนของผู้เล่นลดลงตามการปรับกำลังที่สูงขึ้น ซึ่งเป็นที่มาของปัญหาการควบคุมกำลังสัญญาณในระบบ CDMA



รูปที่ 5 U_j กับ p_j เมื่อผู้เล่นอื่นเลือก p คงที่ที่ 3 W



รูปที่ 6 U_j กับ p_j เมื่อผู้เล่นอื่นเลือก p เท่ากับผู้เล่น j

ในตอนนี้ เราทราบปัญหา คือ ผู้เล่นที่เป็นอุปกรณ์สื่อสารแข่งขันปรับกำลังของตนเองให้สูงขึ้นจนเกินความจำเป็น ทำให้เกิดการสิ้นเปลืองทรัพยากรมหาศาล ในฐานะผู้ดูแลระบบ รวมถึงผู้ใช้งานย่อมอยากให้ระบบมีความยุติธรรม ถ้าผู้เล่นใช้แนวคิดของประสิทธิภาพพารได้ ทุกผู้เล่นคงเลือกกำลังที่ค่าน้อยๆอย่างเหมาะสม(SINR สูงพอ) และไม่มีใครปรับกำลังเพิ่ม แต่อุปกรณ์สื่อสารในระบบมาจากหลากหลายผู้ผลิต ซึ่งอาจออกแบบให้อุปกรณ์สื่อสารนั้นเห็นแก่ตัว หรือ ผู้ใช้(User)อาจคิดแปลงให้

อุปกรณ์สื่อสารมีพฤติกรรมเห็นแก่ตัว อุปกรณ์สื่อสารเหล่านั้นอาจใช้แนวคิดสมดุลแนช ซึ่งชักนำไปสู่ความไม่พึงประสงค์ของระบบ

คำตอบที่เราต้องการ คือ การกำหนดให้ทุกผู้เล่นเลือกกลยุทธ์กำลังปรากฏที่ภาครับ(ผลคูณของPath Gain กับกำลังส่ง)เท่ากันซึ่งทำให้ได้ SINR เท่ากันทุกผู้เล่น และได้ผลตอบแทนเท่ากัน ถ้าผู้เล่นมี Path Gainเท่ากันดังนั้นสถานีฐานจึงต้องกำหนดและบอกให้ทุกอุปกรณ์สื่อสารเลือกกำลังปรากฏที่ภาครับเท่ากัน และเพื่อให้ผู้เล่นทำตามแนวคิดนี้ จึงต้องออกแบบระบบที่ชักจูงผู้เล่น มี 2 วิธี คือ

1. The Repeated Power Control Game

สมมติว่าสถานีฐานเลือกกำลังปรากฏ 3 W ในสภาวะปกติ สถานีฐานจะตรวจสอบกำลังปรากฏของทุกอุปกรณ์สื่อสาร ถ้ามีอุปกรณ์สื่อสารปรับกำลังเกิน สมมติว่าเป็นผู้เล่น j ปรับกำลังปรากฏเป็น 4.3 W สถานีฐานจะร้องขอให้ผู้เล่นอื่น ปรับกำลังปรากฏเป็น 4.3 W เช่นกัน (ส่งผลในรอบการส่ง Packet ถัดไป) ผลตอบแทนของทุกผู้เล่นจึงลดลง ถ้าผู้เล่น j ยังไม่ยอมแพ้ ปรับกำลังปรากฏเป็น 6.1 W เพื่อให้ได้ผลตอบแทนที่ดีที่สุด สถานีฐานจะยังคงทำเช่นนี้เรื่อยๆ จนกระทั่งผู้เล่น j ได้เรียนรู้ว่า การเลือกปรับกำลังที่ 3 W ตามที่สถานีฐานร้องขอ เป็นกลยุทธ์ที่ให้ผลตอบแทนมากที่สุดในเกมเล่นซ้ำนี้ดังรูปที่ 7

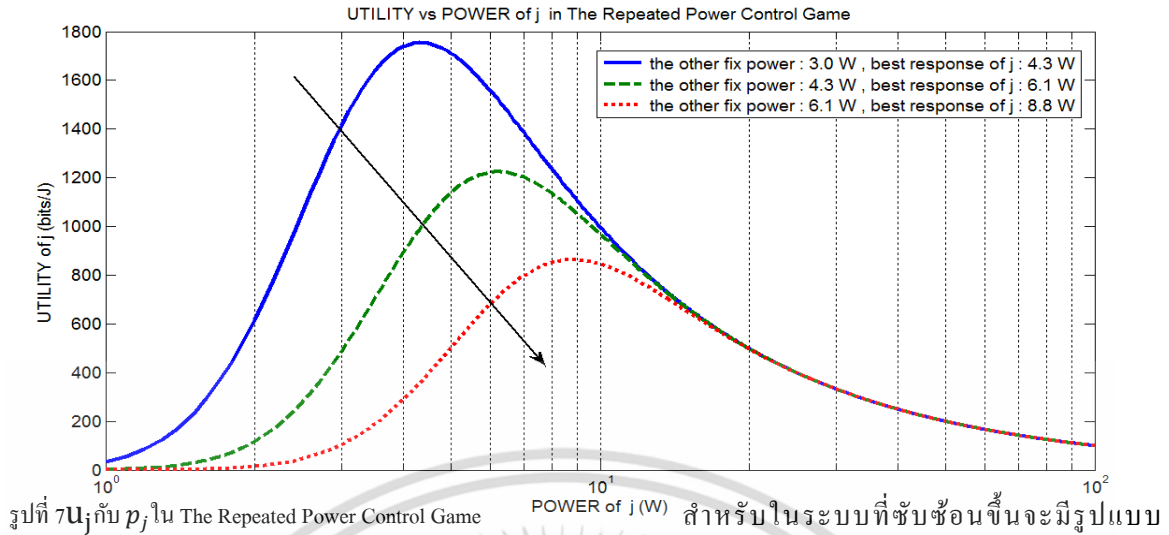
2. The Refereed Game

เกมนี้จะให้สถานีฐานเป็นทั้งผู้ตัดสินและลงโทษผู้เล่นที่โกง โดยแกล้งปรับเปลี่ยนบิตข้อมูล(เช่น สลับบิต 0 เป็นบิต 1)ของผู้เล่นที่โกง ไม่ยอมเลือกกำลังปรากฏที่ต้องการ จาก [2] เราอาจสร้างสมการความน่าจะเป็นในการแกล้งผู้เล่นที่โกง ดังสมการที่ 7 หรือสร้างเองตามรูปแบบและความรุนแรงในการลงโทษ

$$(7) \quad Q_j = \frac{e^{0.5(\Delta SINR_j)} - 1}{2(1 - e^{-0.5 SINR_j})} (e^{-0.5(SINR)})$$

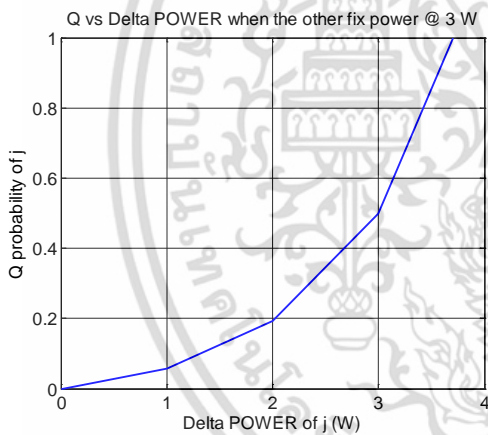
โดย Q_j คือ ความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนแปลงบิตข้อมูลของผู้เล่น j และ $SINR$ คือ ค่า SINR ของที่สถานีฐานกำหนดให้เท่ากันทุกผู้เล่น และ $\Delta SINR_j$ คือ ส่วนต่างค่า SINR ที่ผู้เล่น j ได้มากกว่าผู้เล่นอื่น ซึ่งหาได้จากสมการที่ 3

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



โดยแทนค่ากำลังปรากฏที่ภาครับของผู้เล่น j เป็นส่วนต่างของกำลังปรากฏของผู้เล่น j กับผู้เล่นอื่น หากผู้เล่นใดปรับกำลังเกินมาก สถานีฐานจะแก่งมากตามดังรูปที่ 8

สำหรับในระบบที่ซับซ้อนขึ้นจะมีรูปแบบความสัมพันธ์แบบร่วมมือและขัดแย้งระหว่างผู้เล่นที่แตกต่างกันออกไป ซึ่งจะเป็นปัญหาที่น่าสนใจและท้าทายยิ่งขึ้น



รูปที่ 8 Q_j กับ Δp_j ใน The Refereed game

6. บทสรุป

แนวคิดของทฤษฎีเกมแสดงให้เห็นว่า เราสามารถจำลองสถานการณ์ที่มีการตัดสินใจร่วมออกมาเป็นรูปธรรมเชิงคณิตศาสตร์ได้ ดังเช่นปัญหาการควบคุมกำลังสัญญาณในระบบ CDMA และยังสามารถใช้ความรู้ทางทฤษฎีเกมมาแก้ปัญหาดังกล่าวได้เช่นการออกแบบระบบทั้งสองวิธีที่ได้กล่าวไปแล้ว

7. กิตติกรรมประกาศ

บทความนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยและพัฒนาจากคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา เลขที่ วจพ. 17/2556

8. เอกสารอ้างอิง

- [1] M. Felegyhazi and J.-P.Hubaux , “Game Theory in Wireless Networks: A Tutorial,” EPFL , Tech. Rep. LCA-REPORT-2006-002, Feb., 2006.
- [2] A. B. MacKenzie and S. B. Wicker , “Game Theory in Communications: Motivation, Explanation, and Application to Power Control,” in Proceedings of IEEE GLOBECOM , pp.821-826, 2001.
- [3] V. Shah, N.B. Mandayam, and D.J. Goodman, “Power control for wireless data based on utility and pricing,” in Nineth IEEE International Symposium on Personal, Indoor, and Mobile Radio Communications, vol. 3, pp. 1427–1432, Sept., 1998.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้