หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2
การสำรวจเอกสาร และงานวิจัยที่ผ่านมา

ในการศึกษา วิจัย และพัฒนาระบบโทรคมนาคมสมัยใหม่นั้น ปัญหาประการหนึ่งที่เป็นปัญหาสำคัญที่จะต้องพิจารณาในการออกแบบระบบคือ การใช้ทรัพยากรร่วมกันของระบบ ทรัพยากรในที่นี้หมายถึงช่องสัญญาณ (Channel) ซึ่งเปรียบเสมือนสื่อกลางในการสื่อสาร โดยทั่วไปการจัดสรรการใช้ช่องสัญญาณของผู้ใช้ในเครือข่าย จะมีแนวทางที่ขึ้นกับพฤติกรรมของผู้ใช้ในเครือข่าย อาทิ ในระบบโทรศัพท์พื้นฐาน การจัดสรรการใช้ช่องสัญญาณจะมีแนวทางบนพื้นฐานของการจัดสรรช่องสัญญาณ (วงจรโทรศัพท์) ให้ผู้ใช้ตลอดระยะเวลาการสนทนาหรือ Circuit Switching ในขณะที่ในระบบ Time Division Multiple Access นั้นช่องสัญญาณหนึ่งจะถูกจัดสรรให้ผู้ใช้รายหนึ่งๆ ตลอดเวลาไม่ว่าจะมีความต้องการใช้หรือไม่ (Dedicated Channel) ซึ่งเป็นรูปแบบการจัดสรรช่องสัญญาณในแนวทางเดียวกันกับระบบ Frequency Division Multiple Access

สำหรับในการสื่อสารข้อมูลสมัยใหม่ซึ่งเป็นการสื่อสารข้อมูลในรูปแบบของแพ็คเก็ต (Packet) ซึ่งมีพัฒนาการควบคู่กับการแนวทางการจัดสรรการเข้าใช้ช่องสัญญานตามความต้องการ (On-demand Basis) เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดในการเข้าใช้ช่องสัญญาณ การสื่อสารข้อมูลในรูปแบบแพ็คเก็ต และแนวทางการจัดสรรช่องสัญญาณตามความต้องการ ได้มีการประยุกต์ใช้ในการสื่อสารและระบบโทรคมนาคมหลายระบบ ทั้งระบบโทรศัพท์ ระบบการสื่อสารข้อมูลภาคพื้นดิน (Wireline Data Communication) ระบบการสื่อสารข้อมูลไร้สาย (Wireless Data Communication) ตลอดจนระบบการสื่อสารข้อมูลผ่านดาวเทียม (Satellite Data Communication)

ปัญหาสำคัญที่จะทำการศึกษาในโครงงานวิจัยในครั้งนี้ คือปัญหาของการหาแนวทางที่เหมาะสมในการจัดสรรช่องสัญญาณในการสื่อสารโทรคมนาคมในระบบการสื่อสารไร้สาย โดยระบบที่จะพิจารณา เป็นระบบการสื่อสารที่มีความสามารถในการกระจายข้อมูล (Broadcasting Capability) และเป็นระบบที่ใช้แนวทางการเข้าใช้ช่องสัญญาณในรูปแบบของการเข้าถึงหลายทาง (Multiple Access) ดังที่ปรากฏในเครือข่ายสื่อสารข้อมูลวิทยุโทรคมนาคมท้องถิ่น (Local Packet Radio Network)

ในระบบการสื่อสารแบบเข้าถึงหลายทางนั้น แม้จะมีข้อดีในแง่ของความสามารถในการกระจายข้อมูลให้แก่ผู้ใช้ทุกรายในระบบพร้อมกัน และผู้ใช้มีอิสระในการเข้าใช้ช่องสัญญาณ (Contention-based Channel Access) แต่ปัญหาหลักที่เกิดขึ้นคือข้อขัดแย้งในการจัดสรรช่องสัญญาณเนื่องจากความต้องการใช้ช่องสัญญาณพร้อมกันของผู้ใช้ตั้งแต่ 2 รายในระบบ ซึ่งส่ง

ผลให้เกิดการสูญเสีย หรือการสูญหายของแพ็คเก็ตที่ผู้ใช้ต้องการส่ง และทำให้ผู้ใช้ต้องทำการส่งแพ็คเก็ตใหม่ ดังนั้น หากไม่มีระบบการจัดการการเข้าใช้ช่องสัญญาณที่ดี โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่เกิดข้อขัดแย้ง หรือการชนกันของแพ็คเก็ต (Packet Collision) อาจทำให้เกิดการชนกันของแพ็คเก็ตอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้เสถียรภาพของระบบ (Stability of the System) ลดลง ค่าหน่วงเวลาของแพ็คเก็ต (Packet Delay) เพิ่มขึ้น ปริมาณงานออก (Throughput) ลดลง และประสิทธิภาพของระบบลดลงในท้ายที่สุด

โครงงานศึกษาวิจัยในครั้งนี้ มีความมุ่งหมายที่จะเสนอแนะแนวทางแก้ไขปัญหาของระบบการเข้าถึงหลายทางอันเกิดจากความขัดแย้งในการเข้าใช้ช่องสัญญาณ โดยนำเสนอแนวคิดที่มีความแตกต่างและพัฒนาจากโครงงานวิจัยอ้างอิง ที่จะได้กล่าวถึงดังต่อไปนี้

2.1 ระบบการเข้าถึงหลายทางแบบสามัญ (Conventional Multiple Access System)

ระบบการเข้าถึงหลายทาง ซึ่งเป็นพื้นฐานของระบบเข้าถึงหลายทางที่พัฒนาขึ้นในปัจจุบันคือระบบสล็อตเต็ด อโลฮา (Slotted ALOHA) [12] ซึ่งเป็นระบบที่พัฒนาขึ้นจากระบบอโลฮา โดยการเพิ่มกระบวนการกำหนดเวลาการส่งแพ็คเก็ตหรือการซิงโครไนซ์ (Synchronize) เวลา เพื่อลดความเสี่ยงในการเกิดการขัดแย้งเนื่องจากการส่งแพ็คเก็ตพร้อมกันของผู้ใช้ในระบบ โดยระบบสล็อตเต็ด อโลฮา จะมีปริมาณงานออกเพิ่มขึ้นกว่าระบบอโลฮา 2 เท่า ระบบหรือโพรโตคอลการเข้าถึงหลายทางแบบสล็อตเต็ด อโลฮา นี้มีลักษณะสำคัญดังนี้

หลักการการเข้าถึงหลายทาง (Multiple Access Discipline)

- ผู้ใช้ในระบบจะมีความต้องการการใช้ช่องสัญญาณในลักษณะแบบ Bursty กล่าวคือ เมื่อพิจารณาพฤติกรรมของผู้ใช้ในช่วงระยะเวลาหนึ่ง ซึ่งเป็นช่วงระยะเวลานาน[1] จะพบว่าระยะเวลาที่ผู้ใช้มีความต้องการส่งข้อมูลจะมีน้อย (หรือ Duty Cycle) ต่ำ แต่ในกรณีที่มีความต้องการส่งแพ็คเก็ตนั้น ผู้ใช้จะมีความต้องการการตอบสนองในการเข้าใช้ช่องสัญญาณอย่างเร่งด่วน

- ระบบจะมีการกำหนดวิธีการเข้าถึงหลายทาง โดยทำการกำหนดจุดเริ่มต้นและทำการซิงโครไนซ์เวลาระหว่างผู้ใช้ในระบบ โดยช่วงเวลาดังกล่าวเรียกว่า ไทม์สล็อต (Time Slot) ซึ่งมีความกว้างของช่วงระยะเวลา เท่ากับเวลาที่ช่องสัญญาณประมวล

---

[1] ระยะเวลาที่พิจารณาที่เหมาะสม อาจสามารถพิจารณาได้จากปริมาณทราฟฟิค (Traffic) โดยเฉลี่ยของช่องสัญญาณ อาทิ ในกรณีที่ปริมาณทราฟฟิคเฉลี่ยมีค่าประมาณ 0.0125 แพ็คเก็ตต่อไทม์สล็อต ระยะเวลาการพิจารณานั้นควรที่จะมีระยะเวลาประมาณ 80 ไทม์สล็อต

แพ็คเก็ต (Packet Processing) และทำการส่งแพ็คเก็ตไปยังผู้ใช้ในระบบ สมมติฐานที่ประกอบคือ ความสมบูรณ์ของการรับแพ็คเก็ตของช่องสัญญาณ (Perfection of Capture)

- ผู้ใช้ในระบบสามารถส่งแพ็คเก็ตได้ ณ จุดเริ่มของเวลาเท่านั้นดังนั้นการเกิดข้อขัดแย้งในการส่งแพ็คเก็ต (Packet Transmission Conflict) จะเกิดขึ้นได้ในกรณีเดียว[2] คือผู้ใช้ในระบบต้องการส่งแพ็คเก็ตพร้อมกันมากกว่า 2 รายขึ้นไป และแพ็คเก็ตที่เกิดปัญหาในการส่งจะถือว่าสูญหายและไม่สามารถรับได้จากผู้ใช้ในระบบ

- ผู้ใช้ในระบบจะสามารถทราบผลการส่งแพ็คเก็ตของตนเองได้จากคุณสมบัติ Broadcasting ของช่องสัญญาณ ในที่นี้ใช้สมมติฐานเพิ่มเติมว่าผู้ใช้ทุกรายจะทราบผลการส่งทันที หลังจากไทม์สล็อตที่ทำการส่งบวกด้วยค่าหน่วงเวลาจากการเดินทางของแพ็คเก็ต (Propagation Delay) [3]

- ผู้ใช้ในระบบที่มีปัญหาหรือข้อขัดแย้งจากการส่งแพ็คเก็ต (Backlogged User) จะต้องทำการส่งแพ็คเก็ตใหม่ (Packet Retransmission) ภายใต้นโยบาย (Policy) ที่กำหนดไว้

หลักการแก้ไขข้อขัดแย้ง (Conflict Resolution Discipline)

- เมื่อมีการขัดแย้งเกิดขึ้น ผู้ใช้ในระบบที่เกิดปัญหาจากข้อขัดแย้งนั้น จะทำการส่งแพ็คเก็ตใหม่ (Packet Retransmission) ภายในช่วงเวลา K ไทม์สล็อต โดยที่ความน่าจะเป็นที่ผู้ใช้ในระบบหนึ่งๆ จะส่งแพ็คเก็ตในไทม์สล็อตหนึ่งภายใน K ไทม์สล็อตจะมีการกระจายอย่างเสมอภาค (Uniform Distribution)

จากผลการวิเคราะห์โดย Tri T. Ha [12] และ L.Klienrock และ S.S.Lam [8] และ [9] พบว่าโพรโตคอลระบบการเข้าถึงหลายทางแบบสล็อตเด็ด อโลฮา นั้นมีลักษณะสมบัติที่สำคัญดังต่อไปนี้

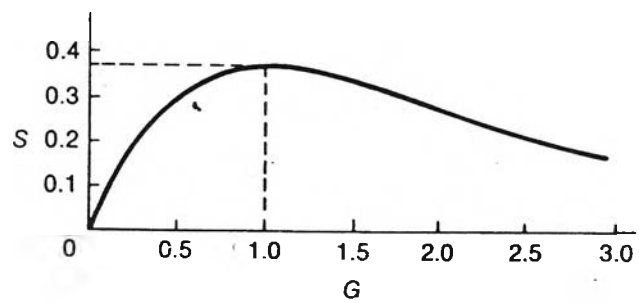
---

[2] กรณีของสล็อตเด็ด อโลฮา จะแตกต่างกับกรณีของอโลฮาซึ่งเกิดข้อขัดแย้งเนื่องจากการทับซ้อนบางส่วน (Partial Overlap) ระหว่างแพ็คเก็ตที่ถูกส่งโดยผู้ใช้ตั้งแต่ 2 รายขึ้นไป ซึ่งในกรณีของสล็อตเด็ด อโลฮานั้น จะไม่มีกรณีนี้เกิดขึ้น

[3] สมมติฐานในที่นี้ในกรณีของการสื่อสารข้อมูลวิทยุเครือข่ายท้องถิ่น จะใช้สมมติฐานของการละเลยระยะเวลาในการเดินทางของแพ็คเก็ตเข้าสู่ช่องสัญญาณ (Propagation Delay) และระยะเวลาในการเดินทางของแพ็คเก็ตที่ผ่านกระบวนการของช่องสัญญาณกลับสู่ผู้ใช้ในระบบ

1. ปริมาณงานออก (Throughput) สูงสุดของโพรโตคอลการเข้าถึงหลายทางแบบสล็อตเต็ด อโลฮา [12][4] มีค่าเท่ากับ 0.368 ซึ่งสูงกว่าโพรโตคอลแบบอโลฮาซึ่งมีค่าปริมาณงานออกสูงสุดเพียง 0.184 ซึ่งแสดงให้เห็นถึงผลของการซิงโครไนซ์ในการส่งแพ็คเก็ตระหว่างผู้ใช้ หรืออีกนัยหนึ่งเป็นผลจากการลดพฤติกรรมการใช้ช่องสัญญาณแบบ Contention

2. ระบบการเข้าถึงหลายทางที่ใช้โพรโตคอลแบบสล็อตเต็ด อโลฮา นั้นมีแนวโน้มที่จะมีพฤติกรรมในรูปแบบ Bistable [8],[9] ดังแสดงในรูปที่ 2-1 กล่าวคือ (1) สำหรับค่าปริมาณงานออกค่าหนึ่ง จะเกิดจากค่าปริมาณทราฟฟิคของช่องสัญญาณ 2 ค่า สำหรับค่าแรกนั้นเกิดขึ้นในสภาวะที่ปริมาณทราฟฟิคส่วนใหญ่เป็นการส่งแพ็คเก็ตใหม่ และระบบยังคงมีเสถียรภาพ (Stability) ที่ดี ในขณะที่ค่าปริมาณทราฟฟิคค่าที่สองนั้น ปริมาณทราฟฟิคส่วนใหญ่เกิดจากการส่งแพ็คเก็ตใหม่ ซึ่งเป็นสภาวะที่เสถียรภาพของระบบมีแนวโน้มลดลง และมีความเป็นไปได้มากขึ้นที่จะเกิดสภาวะ Runaway Effect ซึ่งทำให้ระบบจะต้องทำการยกเลิกการส่งที่กำลังดำเนินการอยู่ทั้งหมดและเริ่มต้นการทำงานใหม่ (System Initialization)



รูปที่ 2-1 ลักษณะ Bistable ของโพรโตคอลการเข้าถึงหลายทางแบบสล็อตเต็ด อโลฮา

3. ค่าหน่วงเวลาโดยเฉลี่ยของแพ็คเก็ต (Average Packet Delay) และเสถียรภาพของระบบจะมีความสัมพันธ์โดยตรงกับค่า K ซึ่งใช้ในการควบคุมการส่งแพ็คเก็ตใหม่ นอกจากนี้ ความสัมพันธ์ระหว่างค่าหน่วงเวลาโดยเฉลี่ยของแพ็คเก็ตและเสถียรภาพของระบบยังมีความสัมพันธ์ในรูปแบบตรงกันข้าม กล่าวคือ หากมีความต้องการให้ค่าหน่วงเวลาของแพ็คเก็ตลดลง ซึ่งหมายถึงการเลือกใช้

[4] การคำนวณค่าสูงสุดจากสมการที่ 8.41 หน้าที่ 368

ค่า K ที่น้อยลง จะมีผลทำให้เสถียรภาพของระบบลดน้อยลง และระบบมีโอกาสในการเกิด Runaway Effect มากขึ้น หากมีความต้องการให้ระบบมีเสถียรภาพที่ดีขึ้น ระบบมีความจำเป็นที่จะต้องปรับค่า K ให้สูงขึ้น ซึ่งจะส่งผลให้ค่าหน่วงเวลาโดยเฉลี่ยของแพ็คเก็ตมีค่าสูงขึ้น

4. การที่การกำหนดค่า K มีผลต่อเสถียรภาพของระบบนั้น เนื่องจากการกำหนดค่า K ที่น้อยลง จะทำให้เกิดโอกาสสูงขึ้นที่ Backlogged User จะเกิดปัญหาในการส่งซ้ำซ้อน และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นที่ช่องสัญญาณจะมีทราฟฟิคเพิ่มขึ้น

จากคุณลักษณะสำคัญที่ได้สรุปข้างต้น จะพบว่าในระบบโทรคมนาคมที่มีโพรโตคอลการเข้าใช้ช่องสัญญาณแบบการเข้าถึงหลายทาง และผู้ใช้มีพฤติกรรมการใช้ช่องสัญญาณในลักษณะ Bursty นั้น ปัญหาหลักของการออกแบบระบบคือการพิจารณาจุดที่มีความเหมาะสม (Optimum Point) ระหว่าง ปริมาณงานออก ค่าหน่วงเวลาโดยเฉลี่ย และเสถียรภาพของระบบ

สำหรับโพรโตคอลแบบสล็อตเต็ด อโลฮา นั้นนอกเหนือจากปริมาณงานออกสูงสุดที่ 0.368 ค่าหน่วงเวลาโดยเฉลี่ยยังสามารถแสดงได้ดังสมการต่อไปนี้ [12][5]

$$T_{S-Aloha} = T_R + \frac{3\tau}{2} + \left[\exp(G) - 1\right]\left[T_R + \frac{(K+2)\tau}{2}\right] \qquad (1)$$

โดยที่ T_R ค่าระยะเวลาการเดินทางครบรอบ (Roundtrip Delay) ของแพ็คเก็ตจากผู้ใช้ถึงช่องสัญญาณ

τ ระยะเวลาในการประมวลผลแพ็คเก็ต

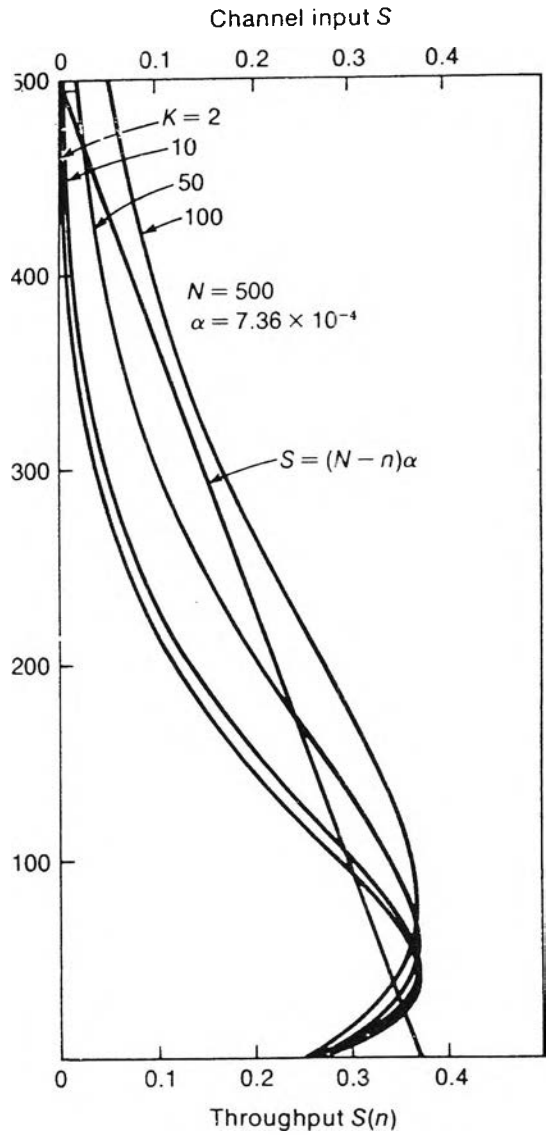
G ปริมาณทราฟฟิคโดยเฉลี่ยของช่องสัญญาณ

K จำนวนไทม์สล็อตซึ่งผู้ใช้ที่มีปัญหาจะต้องทำการส่งแพ็คเก็ตใหม่

รูปที่ 2-2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าปริมาณงานออก และค่าหน่วงเวลาโดยเฉลี่ยของแพ็คเก็ตสำหรับค่า K แต่ละค่า ที่ค่าพารามิเตอร์ซึ่งกำหนดไว้ดังต่อไปนี้

อัตราเร็วการส่งแพ็คเก็ต	250	kbps
ขนาดของแพ็คเก็ต (τ)	1,000	bits
Roundtrip Delay (T_R)	250	ms

[5] สมการที่ (8.49) หน้าที่ 369



รูปที่ 2-2 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณงานออก และค่าหน่วงเวลา ที่ค่า K ต่าง ๆ ของโพรโตคอลการเข้าถึงหลายทางแบบสล็อตเต็ด อโลฮา

ข้อสรุปที่สำคัญประการหนึ่ง ของการศึกษางานวิจัยโพรโตคอลการเข้าถึงหลายทางแบบสล็อตเต็ด อโลฮา คือ แม้จะมีการกำหนดแนวทาง (Policy) ในการส่งแพ็คเก็ตซ้ำสำหรับผู้ใช้ในระบบที่มีปัญหาจากการส่งแพ็คเก็ตก็ตาม หากแต่ไม่ได้มีการให้ความสำคัญกับการแก้ไขปัญหาข้อขัดแย้งในการส่งแพ็คเก็ตอย่างสมบูรณ์ กล่าวคือในขณะที่ผู้ใช้ที่มีปัญหาข้อขัดแย้งจากการส่งทำการส่งแพ็คเก็ตใหม่ (Retransmitted Packet) ภายใน K ไทม์สล็อตนั้น ผู้ใช้ที่ต้องการส่งแพ็คเก็ตใหม่ (Newly Generated Packet) จะสามารถส่งแพ็คเก็ตในช่วงระยะเวลานั้นด้วยโดยไม่ถูกจำกัดสิทธิ์ในการส่งแต่อย่างใด หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งผู้ใช้ที่มีปัญหาของการส่งแพ็คเก็ตมีโอกาสในการส่งแพ็คเก็ตใหม่เท่าเทียมกันกับผู้ใช้ที่ต้องการส่งแพ็คเก็ตใหม่ นอกจากนี้การส่งแพ็คเก็ตใหม่ภายใต้เงื่อนไขไทม์สล็อตที่กำหนดไว้นั้นยังไม่มีการควบคุมพฤติกรรมเชิงสุ่ม ทำให้โอกาสในการเกิดข้อขัดแย้งซ้ำซ้อนมีค่อนข้างสูง

ทั้งนี้เนื่องจากช่องสัญญาณ ไม่มีความสามารถในการแจ้งสถานภาพของการเข้าใช้ช่องสัญญาณให้กับผู้ใช้ในระบบทั้งหมด จึงทำให้ผู้ใช้ไม่สามารถแยกแยะสถานภาพปัจจุบันของช่องสัญญาณ และไม่สามารถประเมินช่วงเวลาที่เหมาะสมของการส่งแพ็คเก็ตได้

การที่ผู้ใช้ในระบบไม่สามารถทราบสถานภาพของช่องสัญญาณ ประกอบกับไม่มีการจัดลำดับความสำคัญในการแก้ไขปัญหา (Priority Discipline) จึงทำให้โพรโตคอลการเข้าถึงหลายทางแบบสล็อตเต็ด อโลฮา มีปริมาณงานออกที่ค่อนข้างต่ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อปริมาณทราฟฟิคของช่องสัญญาณมีค่ามากกว่า 1 แพ็คเก็ตต่อไทม์สล็อต ปริมาณงานออกของระบบจะลดลงอย่างรวดเร็ว แสดงให้เห็นถึงเสถียรภาพของระบบที่ไม่ดี ตลอดจนค่าหน่วงเวลาของแพ็คเก็ตโดยเฉลี่ยเพิ่มขึ้น และมีแนวโน้มลู่เข้าหาค่าอนันต์ เมื่อปริมาณทราฟฟิคเพิ่มขึ้นมากกว่า

2.2 โพรโตคอลสำหรับระบบเข้าถึงหลายทางแบบ ทรี อัลกอริธึม (Tree Algorithm)

โพรโตคอลซึ่งปรับปรุงข้อเสียของสล็อตเต็ด อโลฮา คือโพรโตคอลแบบทรีอัลกอริธึมสำหรับระบบการเข้าถึงหลายทางที่มีพื้นฐานเช่นเดียวกันกับในกรณีของโพรโตคอลแบบสล็อตเต็ด อโลฮา กล่าวคือ ช่องสัญญาณที่สามารถเข้าถึงได้หลายทางนั้น มีคุณสมบัติการ Broadcasting นอกจากนี้ผู้ใช้ในระบบจะสามารถส่งแพ็คเก็ตได้เฉพาะจุดเริ่มตนของไทม์สล็อต ซึ่งมีระยะเวลาเท่ากับระยะเวลาของการประมวลผลแพ็คเก็ต [5], [9] และ [10] การทบทวนโครงงานวิจัยอ้างอิงทั้งสามโครงงานนั้น จะมุ่งเน้นการทบทวนในประเด็นของ ปริมาณงานออกโดยเฉลี่ยที่สภาวะสมดุล (Average Throughput at Equilibrium) ค่าหน่วงเวลาโดยเฉลี่ยของแพ็คเก็ต และเสถียรภาพของระบบ

โพรโตคอลแบบทรีอัลกอริธึมนั้น จะมีนโยบาย (Policy) ในการจัดการกับแพ็คเก็ตที่จะต้องทำการส่งซ้ำ (Retransmitted Packet) ตามแนวทางดังต่อไปนี้ [5]

แนวทางการจัดการข้อขัดแย้งในการส่งแพ็คเก็ต (Conflict Resolution Discipline)

การจัดการข้อขัดแย้งในการส่งแพ็คเก็ตของผู้ใช้ (Source Model) ซึ่งใช้สมมติฐานของพอยซ์ซองส์ ซอร์ซ โมเดล (Poisson Source Model) กล่าวคือ สมมติให้ผู้ใช้ในระบบมีจำนวนอนันต์ เป็นอิสระจากกัน มีความต้องการในการใช้ช่องสัญญาณโดยสุ่ม และมีความสามารถเท่าเทียมกันในการใช้ช่องสัญญาณ ผลรวมของการส่งแพ็คเก็ตของผู้ใช้แต่ละรายจะทำให้เกิดทราฟฟิคเท่ากับ k แพ็คเก็ตต่อไทม์สล็อต[6]

---

[6] k เป็นตัวแปรสุ่ม (random variable) พอยซ์ซองส์ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ λ

เมื่อมีข้อขัดแย้งเกิดขึ้นในการส่งแพ็คเก็ต ผู้ใช้ในระบบที่มีแพ็คเก็ตที่เกิดปัญหาจะถูกแบ่งกลุ่มออกเป็น 2 กลุ่ม[7] เพื่อทำการส่งแพ็คเก็ตของผู้ใช้ในกลุ่มย่อยในไทม์สล็อตถัดไป หากมีปัญหาเกิดขึ้นอีก ผู้ใช้ในกลุ่มย่อยจะถูกแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มย่อย เพื่อทำการส่งในไทม์สล็อตถัดไป การดำเนินการจะอาศัยระเบียบวิธีการดังกล่าวจนกระทั่งปัญหาข้อขัดแย้งในการส่งแพ็คเก็ตจะหมดไป

ข้อแตกต่างระหว่างโครงงานวิจัย [5] และ [10] ซึ่งนำเสนออัลกอริธึมแบบ ไบนารี ทรี เช่นเดียวกัน คือสำหรับในกรณีของโครงงานวิจัย [5] นั้นไม่ได้มีการระบุอย่างชัดเจนว่าในช่วงระหว่างการแก้ไขปัญหาข้อขัดแย้ง หากมีผู้ใช้ในระบบต้องการส่งแพ็คเก็ตใหม่ โพรโตคอลจะดำเนินการอย่างไร[8] สำหรับในโครงงานวิจัยที่เสนอใน [10] นั้นมีการระบุอย่างชัดเจนว่าผู้ใช้ที่มีแพ็ตเก็ตใหม่นั้น จะต้องรอจนกว่าการแก้ไขข้อขัดแย้งจะแล้วเสร็จ ทั้งนี้ระบบการเข้าถึงหลายทางที่เสนอใน [10] นั้น ระบบมีความสามารถในการให้ข้อมูลสถานภาพของช่องสัญญาณให้แก่ผู้ใช้ในระบบ ผ่านกระบวนการให้ข้อมูลป้อนกลับ (Feedback Information) ซึ่งจะทำให้ผู้ใช้ในระบบสามารถตรวจสอบสถานภาพ และประเมินไทม์สล็อตที่มีความเหมาะสมในการส่งแพ็คเก็ตใหม่[9]

กระบวนการดำเนินงานของโพรโตคอลแบบ ไบนารี ทรี อัลกอริธึม

ลำดับขั้นตอนการแก้ไขปัญหาข้อขัดแย้งจากการส่งแพ็คเก็ต ตามแนวทางของไบนารีทรีอัลกอริธึม ดังที่เสนอใน [5] นั้น มีแนวทางและขั้นตอนสำคัญดังต่อไปนี้

1) ผู้ใช้แต่ละรายในระบบจะเปรียบเสมือนใบ (Leaf) ของ ไบนารี ทรี ทั้งนี้อาจคิดเสมือนว่าผู้ใช้แต่ละรายจะมี Binary Address ประจำตัว

2) หากมีข้อขัดแย้งเกิดขึ้น ผู้ใช้ในระบบจะถูกแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม โดยจะแย่งออกตามกิ่ง (Branch) ของ ไบนารี ทรี

---

[7] จำนวนของการแบ่งกลุ่มจะเป็นการบอกดีกรีของอัลกอริธึม ซึ่งในที่นี้ [5] [9] และ [10] มีดีกรีเท่ากับ 2 หรือเป็นโพรโตคอลแบบ ไบนารี ทรี อัลกิริธึม (Binary Tree Algorithm)

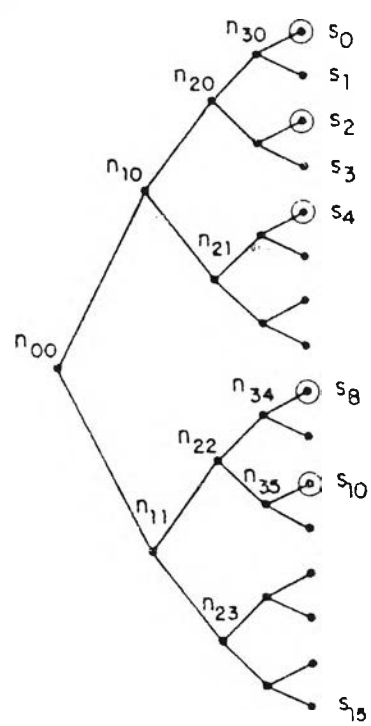
[8] ในโครงงานวิจัย [5] มีการประเมินค่าหน่วงเวลาที่เกิดขึ้นสำหรับกรณีของผู้ใช้ที่มีแพ็คเก็ตใหม่ที่จะต้องทำการส่ง หากแต่ไม่ได้ระบุว่าผู้ที่ต้องการส่งแพ็คเก็ตใหม่นั้นจะต้องรอจนกว่าการแก้ไขข้อขัดแย้งจะเสร็จสิ้น หรือสามารถที่จะส่งแพ็คเก็ตใหม่ได้ทันทีที่มีความต้องการ

[9] ผู้ใช้สามารถตรวจสอบลำดับ (Sequence) ที่เหมาะสมของสถานภาพช่องสัญญาณเพื่อการตัดสินใจที่เหมาะสมในการส่งแพ็คเก็ตใหม่ อาทิ ลำดับการส่งแพ็คเก็ตที่สำเร็จติดต่อกัน 3 ครั้ง หรือลำดับการส่งแพ็คเก็ตที่มีผลสำเร็จ 2 ครั้งตามด้วยไทม์สล็อตที่ไม่มีการส่ง (Idle) 1 ครั้ง

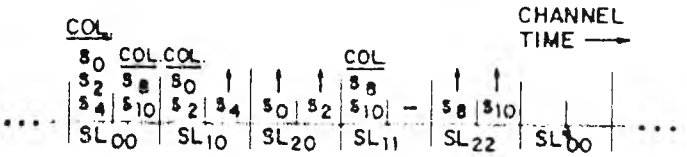
3) กลุ่มแรกจะถูกส่งในไทม์สล็อตแรก และกลุ่มที่สองจะทำการส่งในไทม์สล็อตถัดไป หากมีข้อขัดแย้งในกลุ่มแรก กลุ่มแรกจะถูกแบ่งออกเป็นกลุ่มย่อย 2 กลุ่ม และจะทำการแก้ไขปัญหาในลักษณะนี้จนกว่าจะไม่มีข้อขัดแย้งในกลุ่มแรก

4) การแก้ไขปัญหาในกลุ่มที่สองจะไม่เริ่มดำเนินการตามขั้นตอนที่ 3) จนกว่าการแก้ไขข้อขัดแย้งในกลุ่มแรกจะดำเนินการแล้วเสร็จ

ตัวอย่างต่อไปนี้ จะช่วยให้เกิดความชัดเจนของการทำงานของโพรโตคอลแบบไบนารีทรีอัลกอริธึม หากสมมติให้จำนวนผู้ใช้ในระบบ (User/Source) มีจำนวนทั้งหมด 16 ราย {S_1, S_2, S_3 ,....., S_{15}} โครงสร้างของ ไบนารี ทรี ซึ่งมีผู้ใช้ทั้งหมดเป็นเสมือนใบ (Leaf) สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2-3



รูปที่ 2-3 แสดงโครงสร้างของ ไบนารี ทรี ในกรณีที่มีผู้ใช้ในระบบจำนวน 16 ราย



รูปที่ 2-4 แสดงคู่ไทม์สล็อต และลำดับการทำงานของอัลกอริธึมแบบไบนารี ทรี ในการแบ่งกลุ่มการส่งแพ็คเก็ต และการแก้ไขปัญหาข้อขัดแย้งในการส่งแพ็คเก็ต

โดยสมมติฐานให้ผู้ใช้ จำนวน 5 ราย ประกอบด้วย S_0, S_2, S_4, S_8 และ S_{10} ประสบปัญหาในการส่งแพ็คเก็ต การทำงานของ อัลกอริธึม ไบนารี ทรี จะประกอบด้วยขั้นตอนที่แสดงในรูปที่ 2-4 ดังต่อไปนี้[10]

SL_{00} ในคู่ไทม์สล็อต (Slot Pair) ที่ SL_{00} แพ็คเก็ตของผู้ใช้ที่เป็นใบของกิ่งของ node 10 (n_{10}) จะถูกส่งในสล็อตแรกของคู่สล็อต SL_{00} ซึ่งในที่นี้คือแพ็คเก็ตจากผู้ใช้ S_0, S_2 และ S_4 และแพ็คเก็ตของผู้ใช้ที่เป็นใบของกิ่งของ node 11 (n_{11}) ซึ่งประกอบด้วยแพ็คเก็ตจากผู้ใช้ S_8 และ S_{10} จะถูกส่งในสล็อตหลังของคู่สล็อต SL_{00} ซึ่งผลการส่งแพ็คเก็ตในทั้งสองสล็อต จะปรากฏผลข้อขัดแย้งทั้งสองสล็อต

SL_{10} ภายในคู่ไทม์สล็อต SL_{10} นี้ แพ็คเก็ตของผู้ใช้ S_0 และ S_2 ซึ่งเป็นของผู้ใช้ที่เป็นใบของกิ่งของ node 20 จะถูกส่งในสล็อตแรกของคู่สล็อต SL_{10} และแพ็คเก็ตของผู้ใช้ S_4 ซึ่งเป็นของผู้ใช้ที่เป็นใบของกิ่งของ node 21 (n_{21}) จะถูกส่งในสล็อตถัดไป ซึ่งผลของการส่งแพ็คเก็ตในคู่สล็อต SL_{10} นี้ปรากฏผลของการส่งสำเร็จในสล็อตหลัง

SL_{20} ภายในคู่ไทม์สล็อต SL_{20} นี้ แพ็คเก็ตของผู้ใช้ S_0 ซึ่งเป็นใบของกิ่งของ node 30 (n_{30}) จะถูกส่งในสล็อตแรกและแพ็คเก็ตของผู้ใช้ S_2 ซึ่งเป็นใบของกิ่งของ node 31 (n_{31}) จะถูกส่งในสล็อตถัดไป ซึ่งปรากฏผลสำเร็จทั้งสองสล็อต และส่งผลให้การแก้ไขข้อขัดแย้งของกลุ่มผู้ใช้กลุ่มแรก (ซึ่งถูกแบ่งใน SL_{00}) ประสบความสำเร็จ

---

[10] การเลือกแพ็คเก็ตหรือกลุ่มแพ็คเก็ตที่จะทำการส่งนั้น จะเลือกตามกิ่งของ node

SL_{11} ในคู่ไทม์สล็อต SL_{11} แพ็คเก็ตของผู้ใช้ S_8 และ S_{10} ซึ่งเป็นใบของกิ่งของ node 22 (n_{22}) จะถูกส่งในสล็อตแรก สำหรับในสล็อตที่สอง ซึ่งจะต้องส่งแพ็คเก็ตของผู้ใช้ที่เป็นใบของกิ่งของ node 23 (n_{23}) หากแต่ในกรณีตัวอย่างนี้ไม่มีผู้ใช้ซึ่งมีปัญหาอยู่ในกลุ่มนี้ สล็อตที่สองจึงเป็นสล็อตที่ไม่มีการส่งแพ็คเก็ต สำหรับสล็อตแรกนั้นเกิดข้อขัดแย้งซ้ำจากการส่งแพ็คเก็ตสองแพ็คเก็ตในสล็อตแรก

SL_{22} ในคู่ไทม์สล็อต SL_{22} แพ็คเก็ตของผู้ใช้ S_8 ซึ่งเป็นของผู้ใช้ที่เป็นใบของกิ่งของ node 34 (n_{34}) จะถูกส่ง ในขณะที่แพ็คเก็ตของผู้ใช้ S_{10} ซึ่งเป็นใบของกิ่งของ node 35 (n_{35}) จะถูกส่งในสล็อตถัดไป ซึ่งปรากฏผลสำเร็จของการส่งแพ็คเก็ตทั้งสองสล็อต และสิ้นสุดกระบวนการแก้ไขปัญหาของอัลกอริธึมแบบไบนารีทรี

การทำงานของอัลกอริธึมแบบไบนารีทรี นี้เปรียบเสมือนการทำงานของกระบวนการค้นหาโดยใช้การอัลกอริธึมแบบทรี (Tree Search) ซึ่งสำหรับในกรณีตัวอย่างนี้ใช้สล็อตทั้งหมดจำนวน 10 สล็อต ในการแก้ไขปัญหาข้อขัดแย้งของการส่งแพ็คเก็ตของผู้ใช้จำนวน 5 ราย

แนวทางการคำนวณค่าหน่วงเวลาโดยเฉลี่ย (Average Delay)

ในการคำนวณค่าหน่วงเวลาโดยเฉลี่ยนั้น เป็นการคิดค่าหน่วงเวลาของแพ็คเก็ตที่ผู้ใช้มีความต้องการส่งแพ็คเก็ตในกระบวนการ (Epoch) แก้ไขข้อขัดแย้งหนึ่ง และมีความจำเป็นที่จะต้องรอจนกว่าการแก้ไขปัญหาแล้วเสร็จในรอบแรกจึงจะสามารถทำการส่งแพ็คเก็ตได้ ในการคำนวณค่าหน่วงเวลานั้นมีพารามิเตอร์ หรือตัวแปรที่เกี่ยวข้องซึ่งมีนิยามดังต่อไปนี้

Epoch ช่วงเวลาซึ่งอัลกอริธึมดำเนินการแก้ไขข้อขัดแย้งในการส่งแพ็คเก็ต โดยช่วงเวลานี้เริ่มจากคู่ไทม์สล็อตที่มีข้อขัดแย้งในการส่งแพ็คเก็ต และสิ้นสุดที่คู่ไทม์สล็อตซึ่งข้อขัดแย้งในการส่งแพ็คเก็ตได้ถูกแก้ไขแล้ว[11]

$\mathcal{E}_1$ ช่วงเวลาซึ่งแพ็คเก็ตที่พิจารณาพร้อมสำหรับการส่ง

$\mathcal{E}_2$ ช่วงเวลาหลังจาก $\mathcal{E}_1$

y_1 ความยาวของ $\mathcal{E}_1$ ซึ่งเป็นตัวแปรสุ่ม (Random Variable)

[11] ในกรณีที่ไม่มีข้อขัดแย้งช่วงระยะเวลา (epoch) นั้นคือคู่ไทม์สล็อตใด ๆ นั่นเอง

l_j ตัวแปรสุ่มซึ่งมีค่าเท่ากับความยาวของ $\mathcal{E}_1$

d_j ระยะเวลาที่แพ็คเก็ตที่พิจารณาใช้ในช่วงเวลา $\mathcal{E}_j$

μ_j ค่าเฉลี่ยของแพ็คเก็ตที่พร้อมทำการส่งในช่วงเวลา $\mathcal{E}_1$

δ ค่าหน่วงเวลาของแพ็คเก็ต โดยแพ็คเก็ตที่พิจารณา ซึ่งเป็นผลรวมของ d_1 และ d_2

ลำดับขั้นตอนของการคำนวณค่าหน่วงเวลาโดยเฉลี่ยของโครงงานวิจัยอ้างอิง [5] มีลำดับขั้นตอนดังต่อไปนี้

(1) การคำนวณขอบเขต (Bound) ของค่าคาดหวังของค่าหน่วงเวลา E[δ] ซึ่งแสดงในพจน์ของ E{l} และ E{l^2}

(2) การคำนวณขอบเขตของ E{l} และ E{l^2} ซึ่งแสดงในพจน์ของ λ

(3) การคำนวณขอบเขตบน (Upper Bound) และขอบเขตล่าง (Lower Bound) ของ E{l}

(4) การคำนวณขอบเขตบน และขอบเขตล่างของ E{l^2}

(5) การคำนวณค่าขอบเขตบน และขอบเขตล่างของ E[δ]

สมการแสดงขอบเขตบน และขอบเขตล่างของค่าคาดหวังของค่าหน่วงเวลา สามารถแสดงได้ดังสมการที่ (2) และสมการที่ (3) ดังต่อไปนี้

$$E\{\delta\} \geq \frac{0.72\lambda}{1-(2.88\lambda)^2} + \frac{1}{2}\overline{l}_1(\lambda) \tag{2}$$

$$E\{\delta\} \geq \max\left[\frac{0.72\lambda}{1-(2.88\lambda)^2} + \frac{1}{2}\overline{l}_1(\lambda), \overline{l}_1(\lambda)\right] \tag{3}$$

แนวทางการประเมินเสถียรภาพของระบบ (System Stability Evaluation)

สำหรับแนวทางการประเมินเสถียรภาพของระบบนั้น ในโครงงานวิจัยอ้างอิง [5] ได้ประเมินเสถียรภาพของระบบโดยการพิจารณาค่าที่ประเมินได้ของค่าคาดหวังของค่าหน่วงเวลา $E[(\text{delay})^k]$ ว่าสามารถหาค่าได้ในทุกโมเมนต์ (Moment) หรือทุกค่า k หรือไม่ หากค่าคาดหวังดังกล่าวสามารถหาค่าได้ในทุกๆ โมเมนต์ จะถือว่าระบบที่พิจารณาเป็นระบบที่มีเสถียรภาพ ซึ่งในโครงงานวิจัยอ้างอิง [5] พบว่าระบบจะมีเสถียรภาพตามเงื่อนไขข้างต้นเมื่อค่าเฉลี่ยของปริมาณการส่งแพ็คเก็ตต่ำกว่า 1/3 ($\lambda < 1/3$)

แนวทางการคำนวณค่าปริมาณงานออกโดยเฉลี่ย (Average Throughput)

ในโครงการวิจัยอ้างอิง [5] J.I.Capetanakis ได้ให้คำนิยามของ "ปริมาณงานออกโดยเฉลี่ย" เท่ากับ "สัดส่วนของจำนวนแพ็คเก็ตที่ส่งสำเร็จในช่วงระยะเวลาที่พิจารณา (ระยะเวลานาน) ต่อจำนวนแพ็คเก็ตที่สามารถส่งได้ในช่วงระยะเวลาที่ทำการพิจารณา" หรืออาจตีความได้เทียบเท่ากับ "จำนวนไทม์สล็อตที่มีการส่งแพ็คเก็ตสำเร็จในช่วงระยะเวลาที่พิจารณา ต่อจำนวนไทม์สล็อตทั้งหมดในช่วงเวลาที่พิจารณา"

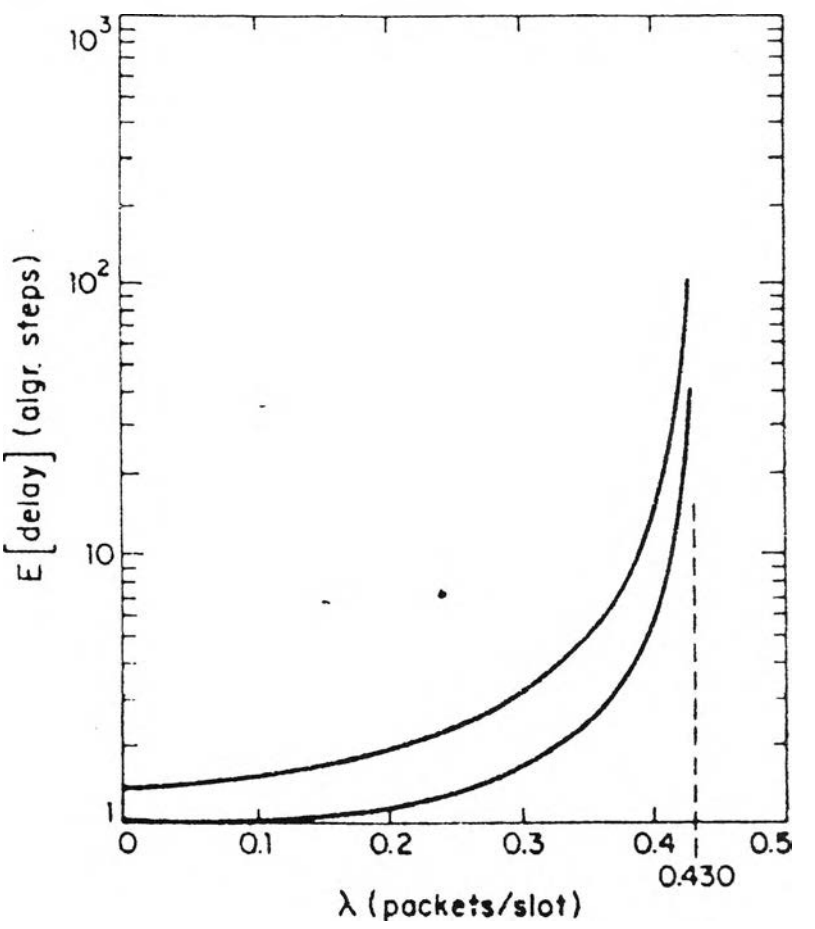
โดยในโครงการวิจัยอ้างอิงได้พิจารณาค่าปริมาณงานออก โดยการพิจารณาความสัมพันธ์ดังนี้ "หากสามารถหาค่าคาดหวังของ $E\{\delta\}$ มีค่าน้อยกว่าอนันต์ (∞) ค่าปริมาณงานออกเฉลี่ยจะมีค่าเท่ากับปริมาณ ทราฟฟิคเฉลี่ยหรือมีค่าเท่ากับ λ ในโครงงานวิจัยอ้างอิงดังกล่าวแสดงค่าปริมาณงานออกสูงสุดสำหรับ Static Tree Algorithm เท่ากับ 0.347 แพ็คเก็ต/สล็อต และปริมาณงานออกสูงสุดเท่ากับ 0.430 สำหรับ Dynamic Tree Algorithm ซึ่งมีความสามารถในการปรับขนาดของทรีตามความเหมาะสมของสภาพทราฟฟิคของช่องสัญญาณ

โพรโตคอลแบบไบนารีทรีที่ได้สรุปสาระสำคัญข้างต้นนั้น มีข้อดีในด้านการจัดการกับข้อขัดแย้งจากการส่งโดยลดพฤติกรรมเชิงสุ่มของผู้ใช้ในระหว่างการแก้ไขข้อขดแย้งของแพ็คเก็ต ซึ่งจะทำให้ปริมาณงานออกของระบบมีค่าสูงขึ้น เนื่องจากในระหว่างขั้นตอนของการแก้ไขข้อขัดแย้งในการส่งแพ็คเก็ตนั้น ข้อขัดแย้งจากการส่งถูกขจัดอย่างต่อเนื่องด้วยกระบวนการทำงานของอัลกอริธึม

ข้อบกพร่องที่เป็นจุดซึ่งควรปรับปรุงของอัลกอริธึมแบบไบนารีทรี คือการที่ระบบมีโอกาสที่จะสูญเสียไทม์สล็อตโดยเปล่าประโยชน์ ในระหว่างขั้นตอนของการแก้ไขข้อขัดแย้งจากการชนกันของแพ็คเก็ต อาทิ การเลือกแพ็คเก็ตจำนวนเท่ากับแพ็คเก็ตทั้งหมดที่เกิดข้อขัดแย้งทำให้เกิดการขัดแย้งซ้ำซ้อน หรือ ระบบไม่เลือกแพ็คเก็ตใดส่งในไทม์สล็อตทำให้ช่องสัญญาณ

ว่าง การเกิดการเสียโอกาสในลักษณะนี้เกิดขึ้นเนื่องจากการกำหนดไบนารีแอดเดรส (Binary Address) ที่ตายตัวให้แก่ผู้ใช้ในระบบ ซึ่งเมื่อดำเนินการตามกระบวนการทรีเซิร์ช (Tree Search) จะทำให้เกิดกรณีที่ผู้ใช้ที่เกิดข้อขัดแย้งอยู่ในกิ่ง (Branch) ใดเพียงกิ่งหนึ่งเท่านั้น และส่งผลให้เกิดการสูญเสียช่องสัญญาณโดยเปล่าประโยชน์

ข้อบกพร่องอีกประการหนึ่ง คือการขาดการกำหนดเงื่อนไขของเวลาในการแก้ไขปัญหา ซึ่งอาจเป็นสาเหตุสำคัญของการเพิ่มขึ้นของค่าหน่วงเวลา ทั้งนี้สาเหตุสำคัญคือการขาดความสามารถในการป้อนกลับข้อมูล เพื่อให้ผู้ใช้ในระบบทราบถึงสถานะภาพการเข้าใช้ช่องสัญญาณ ลักษณะสมบัติที่สำคัญคือการที่ค่าหน่วงเวลาของระบบ (ซึ่งวัดในหน่วยของขั้นตอนการทำงานของอัลกอริธึม (Algorithm Step)) จะมีแนวโน้มลู่เข้าสู่ค่าอนันต์ ดังแสดงในรูปที่ 2-5



รูปที่ 2-5 แสดงปริมาณงานออกและค่าหน่วงเวลา (Algorithm Step) ของ Static Tree Algorithm

2.3 โพรโตคอลการเข้าถึงหลายทางที่มีเงื่อนไขของเวลา (Time-Constrained Multiple-access Protocol)

โครงงานวิจัยอ้างอิง [4] ได้ทำการศึกษาระบบการเข้าถึงหลายทางที่มีเงื่อนไขของเวลาอาทิ ในการสื่อสารเสียงในรูปแบบของแพ็คเก็ต (Packetized Voice) หรือโครงข่ายตรวจจับลักษณะกระจาย (Distributed Sensor Network) ซึ่งมีความอ่อนไหวต่อค่าหน่วงเวลา (Delay Sensitive) โดยระบบจะยึดถือนโยบายว่าแพ็คเก็ตนั้นไม่ประสบความสำเร็จในการส่ง หรือเสมือนว่าสูญหายหากไม่สามารถส่งแพ็คเก็ตได้ภายใต้เงื่อนไขเวลาที่ระบบกำหนด

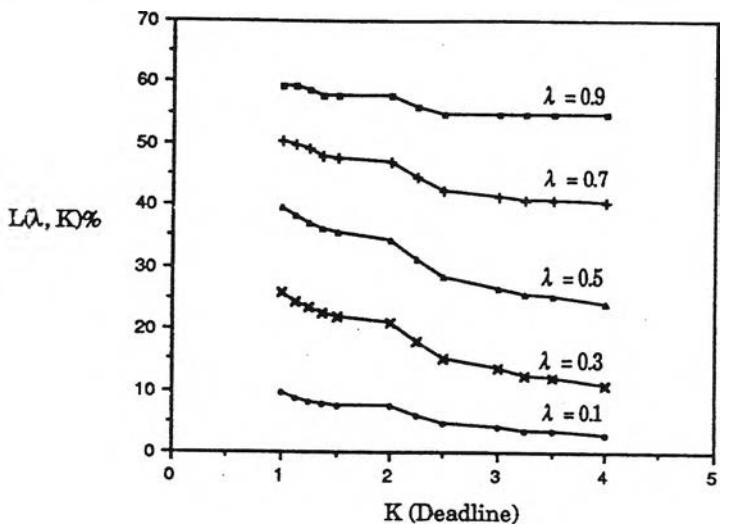
การศึกษาในโครงงานวิจัยอ้างอิงนี้ จึงมีความมุ่งหมายที่จะหาแนวทางของระบบในการบรรลุถึงปริมาณงานออกสูงสุด ภายใต้เงื่อนไขเวลาค่าหนึ่ง หรืออีกนัยหนึ่งเป็นโครงงานวิจัยที่มีวัตถุประสงค์เพื่อลดจำนวนแพ็คเก็ตสูญหาย (Loss Packet) ให้น้อยที่สุดภายใต้เงื่อนไขของเวลา สำหรับแต่ละค่าของอัตราการมาถึงช่องสัญญาณของแพ็คเก็ต (Packet Arrival Rate)

สมมติฐานและแนวทางการพัฒนาโพรโตคอล

S.S. Panwar, D.Towsley และ Y. Armoni ได้ใช้สมมติฐานของพอยซ์ซองส์ ซอร์ซโมเดล สำหรับผู้ใช้ในระบบ กล่าวคือการมาถึงของแพ็คเก็ตเป็นไปตามกระบวนการการมาถึงแบบพอยซ์ซองส์ (Poisson Arrival Process) ที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ λ แนวทางการพัฒนาโพรโตคอลใช้หลักการของวินโดว์ (Window) หรือวินโดว์อัลกอริธึม (Window Algorithm) เช่นเดียวกับแนวทางในโครงงานวิจัยอ้างอิง [7] สมมติฐานที่สำคัญที่สุดประการหนึ่งในโครงงานวิจัยอ้างอิงนี้คือ ความสามารถในการให้ข้อมูลป้อนกลับ (Feedback Information System) ต่อผู้ใช้ในระบบ ซึ่งจะทำให้ผู้ใช้ในระบบทราบสถานะภาพของการเข้าใช้ช่องสัญญาณในไทม์สล็อตที่ผ่านมา สำหรับการวิเคราะห์ของผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์โดยอาศัยสมมติฐานของจำนวนผู้ใช้ที่มีจำนวนจำกัด หรือการวิเคราะห์สถานะของระบบที่จำกัด (Finite State Analysis)

ผลสรุปของการพัฒนาโพรโตคอล

เป้าหมายในการพัฒนาโพรโตคอลที่มีความเหมาะสม (Optimum) จะมุ่งเน้นการลดค่าแพ็คเก็ตที่สูญเสีย (L) ซึ่งเป็นฟังก์ชันของ λ และค่า K {L (λ, K)} ของโครงงานวิจัย [4] โดยที่โพรโตคอลที่เสนอในโครงงานวิจัยอ้างอิงนี้ จะสามารถควบคุมปริมาณการสูญเสียของแพ็คเก็ตได้เป็นอย่างดีโดยเฉพาะในช่วงระหว่างค่า K ระหว่างค่า 1 ถึง 4 ไทม์สล็อต ดังแสดงในรูปที่ 2-6



รูปที่ 2-6 แสดงค่าปัจจัยการสูญเสียของแพ็คเก็ต (Loss Factor) ที่ค่าเงื่อนไข K และปริมาณทราฟฟิคของช่องสัญญาณ λ ต่าง ๆ

ข้อดีที่สำคัญของโพรโตคอลแบบวินโดว์ที่เสนอในโครงงานวิจัยอ้างอิงนี้ มีข้อดีในการตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้ในระบบ ที่ต้องการค่าหน่วงเวลาน้อยในการส่งแพ็คเก็ต อย่างไรก็ดีจากการพิจารณารูปที่ 2-6 จะเห็นว่าจะเป็นการนำเสนอผลในช่วงปริมาณทราฟฟิคต่ำกว่าค่า 1 แพ็คเก็ตต่อไทม์สล็อต นอกจากนี้ในโครงงานวิจัยมิได้นำเสนอผลของการกำหนดเงื่อนไขเวลาในการส่งแพ็คเก็ตที่มีต่อปริมาณงานออก และค่าหน่วงเวลาโดยเฉลี่ยของแพ็คเก็ต

การศึกษาลักษณะสมบัติของโพรโตคอลที่เสนอในวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ จึงมุ่งหวังที่จะทำการศึกษาเพิ่มเติมจากโครงงานวิจัยอ้างอิง [4] โดยมุ่งศึกษาเพิ่มเติมในประเด็นของปริมาณงานออก และค่าหน่วงเวลาของโพรโตคอลการเข้าถึงหลายทางที่มีเงื่อนไขของเวลา หากแต่ในโพรโตคอลที่จะนำเสนอต่อไปนั้นจะใช้อัลกอริธึมที่ต่างจากโพรโตคอลที่เสนอในโครงงานวิจัยอ้างอิง [4] กล่าวคือจะใช้อัลกอริธึมแบบไบนารีทรี ที่มีการป้อนกลับข้อมูลการใช้ช่องสัญญาณ

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.4 กรอบแนวคิดของโพรโตคอลที่เสนอในวิทยานิพนธ์

โครงงานวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ มุ่งนำเสนอแนวทางเลือกอีกแนวทางหนึ่งในการแก้ไขปัญหาการเข้าใช้ช่องสัญญาอย่างสุ่ม (Random Access) ในระบบการสื่อสารโทรคมนาคมแบบเข้าถึงหลายทาง (Multiple Access Telecommunication System) อัลกอริธึมที่จะนำเสนอสำหรับระบบการเข้าถึงหลายทางที่มีเงื่อนไขของเวลาคือ อัลกอริธึมการแก้ไขปัญหาการเข้าใช้ช่องสัญญาณแบบทรีอัลกอริธึม ที่มีเงื่อนไขของเวลา ทั้งนี้กรอบแนวคิดในการพัฒนารูปแบบอัลกอริธึมนั้นพัฒนาจากการทบทวนโครงงานวิจัยอ้างอิงที่ได้สรุปไว้ข้างต้น โดยมีแนวคิดสำคัญดังต่อไปนี้

(1) ในปัจจุบันการสื่อสารโดยการแปลงเป็นสัญญาณดิจิตอล (Digital) นั้นเกือบแทนที่การสื่อสารในรูปแบบอนาลอก (Analog) ทั้งหมด ซึ่งในการสื่อสารข้อมูลดิจิตอลนั้น การสื่อสารในรูปแบบแพ็คเก็ตเป็นรูปแบบที่เป็นที่นิยม นอกจากนี้เงื่อนไขของเวลาในการสื่อสารเริ่มมีความสำคัญเนื่องจากเป็นสิ่งสำคัญในลำดับต้นของผู้ใช้ในระบบ (User's requirement) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในผู้ใช้ที่มีพฤติกรรมความต้องการใช้ช่องสัญญาณ และการตอบสนองของช่องสัญญาณในลักษณะเร่งด่วน (Bursty)

(2) ในการแก้ไขปัญหาความต้องการใช้ช่องสัญญาณโดยสุ่มของผู้ใช้ (Random Access) เมื่อมีข้อขัดแย้ง จำเป็นจะต้องมีแนวทางในการควบคุมหรือการจัดระเบียบของการเข้าใช้ช่องสัญญาณในกลุ่มผู้ใช้ที่มีความขัดแย้ง (Conflicting Users) ตลอดจนการให้ความสำคัญต่อผู้ใช้ที่มีปัญหาในการส่งแพ็คเก็ต เพื่อป้องกันการเกิดปัญหาซ้ำซ้อนตลอดจนการขยายผลของข้อขัดแย้ง (Multiplying (Runaway) Effect) ซึ่งก่อให้เกิดสภาพความล้มเหลวของการใช้ช่องสัญญาณ โดยสรุป แนวความคิดในการให้ความสำคัญสำหรับการแก้ไขปัญหาข้อขัดแย้งเป็นลำดับแรกนั้น มีความเหมาะสมและสอดคล้องกับพฤติกรรมของผู้ใช้ในระบบการเข้าถึงโดยสุ่มเป็นส่วนใหญ่ กล่าวคือ มีช่วงเวลาการใช้งานหรือความต้องการใช้ช่องสัญญาณที่ค่อนข้างน้อย (Low Duty Cycle)

(3) การแก้ไขข้อขัดแย้งโดยโพรโตคอลในรูปแบบของทรี อัลกอริธึม (Tree Algorithm) เป็นการแก้ไขปัญหาที่ค่อนข้างเป็นระบบ และมีการจัดการการแก้

ไขโดยระบบ[12] กล่าวคือมีการจัดลำดับ มีขั้นตอนของการแก้ไขปัญหาที่มีความชัดเจน ปัญหาข้อขัดแย้งสามารถที่จะแก้ไขได้ในเวลาอันจำกัด (Finite Time)

(4) พัฒนาการของเทคโนโลยี ช่วยให้ความสามารถในการป้อนกลับข้อมูล (Feedback) ของช่องสัญญาณ ซึ่งสามารถช่วยให้ผู้ใช้ในระบบทราบถึงสถานภาพของช่องสัญญาณเพื่อกำหนดระยะเวลาที่มีความเหมาะสมในการเข้าใช้ช่องสัญญาณ โดยการสังเกตุลำดับของผลการเข้าใช้ช่องสัญญาณ นอกจากนี้การทราบถึงสถานภาพของช่องสัญญาณยังช่วยให้การแก้ไขปัญหาข้อขัดแย้งมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น อาทิ ใช้จำนวนไทม์สล็อตน้อยลง[13]

จากแนวคิดทั้ง 4 แนวคิดข้างต้น เป็นที่มาของการเสนอโครงงานวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ ซึ่งมีความมุ่งหมายหลักเพื่อศึกษาประสิทธิภาพของอัลกอริธึมการแก้ไขปัญหาแบบไบนารีทรี ที่มีเงื่อนไขของเวลา โดยที่โพรโตคอลทรี อัลกอริธึม มีความสามารถในการให้ข้อมูลป้อนกลับเกี่ยวกับสถานภาพของการเข้าใช้ช่องสัญญาณแก่ผู้ใช้ในระบบ ประเด็นหลักของโครงงานวิจัยคือการมุ่งศึกษาประสิทธิภาพของการทำงานเมื่อ อัตราของทราฟฟิค และเงื่อนไขของเวลาหรือจำนวนไทม์สล็อต เปลี่ยนไป เพื่อใช้ผลของการศึกษาเป็นแนวทางในการกำหนดรูปแบบของโปรโคตอลที่มีความเหมาะสมต่อไป โดยที่โพรโตคอลที่จะนำเสนอนั้นจะมีแนวทางในการแก้ไขข้อจำกัดหรือข้อควรปรับปรุงของโพรโตคอลที่เสนอในโครงงานวิจัยอ้างอิง ดังต่อไปนี้

1. โพรโตคอลที่นำเสนอจะมีการแก้ไขปัญหาอย่างเป็นระบบ และลดพฤติกรรมเชิงสุ่มของผู้ใช้ในระบบในระหว่างช่วงการแก้ไขปัญหา จึงสามารถแก้ไขปัญหาข้อขัดแย้งได้ดีกว่า และสามารถรักษาระดับปริมาณงานออกของระบบเมื่อปริมาณทราฟฟิคมากกว่า 1 แพ็คเก็ตต่อไทม์สล็อตได้ดีกว่าโพรโตคอลที่เสนอในโครงงานวิจัยอ้างอิง

---

[12] รูปแบบการแก้ไขปัญหาแบบเก่า อาทิ รูปแบบของการส่งซ้ำโดยสุ่ม (Random Retransmission Scheme) ในระบบสล็อตเด็ด อโลฮา ซึ่งกำหนดให้ผู้ใช้ที่มีความขัดแย้งส่งแพ็คเก็ตซ้ำภายในระยะเวลาจำกัด (K ไทม์สล็อต) นั้น ไม่ได้เป็นการลดพฤติกรรมการเข้าใช้ช่องสัญญาณในลักษณะสุ่ม (Random or Content Behavior)

[13] ตัวอย่างเช่น ในกรณีที่มีข้อขัดแย้งเกิดขึ้น (Conflict) ในผู้ใช้ 2 ราย ระบบจึงเริ่มกระบวนการแก้ไขปัญหาข้อขัดแย้งตามแบบทรี อัลกอริธึม และปรากฏว่าในไทม์สล็อตแรกนั้นไม่มีการส่งแพ็คเก็ตสู่ช่องสัญญาณ (Idle) การทราบสถานภาพการใช้ช่องสัญญาณ ทำให้ระบบสามารถตัดสินใจแบ่งกลุ่มผู้ใช้ทั้งสองเพื่อส่งในไทม์สล็อตถัดไปจำนวน 2 ไทม์สล็อต ซึ่งจะทำให้ผลการส่งแพ็คเก็ตสำเร็จโดยใช้จำนวนไทม์สล็อต 3 ไทม์สล็อต ในขณะที่โปรโคตอลทรี อัลกอริธึมแบบเก่า จะทำการส่งแพ็คเก็ตทั้งสองแพ็คเก็ตต่อจากไทม์สล็อตที่ปรากฏผล Idle ทันทีทำให้เกิดข้อขัดแย้งและเป็นการสูญเสียไทม์สล็อตโดยเปล่าประโยชน์

2. ด้วยความสามารถในการป้อนกลับของระบบ ทำให้การสูญเสียไทม์สล็อตในระหว่างการแก้ไขปัญหาข้อขัดแย้งมีน้อยลง ซึ่งส่งผลให้ปริมาณงานออกมีแนวโน้มสูงขึ้น และค่าหน่วงเวลามีแนวโน้มที่จะลดลง

3. การแก้ไขปัญหาเชิงระบบ ด้วยการลดพฤติกรรมเชิงสุ่มของผู้ใช้ในระบบในระหว่างขั้นตอนของการแก้ไขข้อขัดแย้ง ประกอบกับการลดการสูญเสียไทม์สล็อตโดยเปล่าประโยชน์ โพรโตคอลที่เสนอในวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ น่าที่จะให้แนวโน้มของค่าหน่วงเวลาของแพ็คเก็ตโดยเฉลี่ยมีค่าดีขึ้นเมื่อปริมาณทราฟฟิคเพิ่มขึ้น และน่าที่จะมีค่าลู่เข้าหาอนันต์ช้าลงกว่าโพรโตคอลที่เสนอในโครงงานวิจัยอ้างอิง