บทที่ 3

การปรับปรุงสมรรถนะของ TCP

การบริการแบบ UBR ในโครงข่าย ATM จะไม่มีการควบคุมความคับคั่งของโครงข่าย [1] ด้วยเหตุนี้จึงจำเป็นต้องนำเอา TCP มาใช้กับการบริการแบบ UBR เพื่อควบคุมความคับคั่งของโครงข่าย โดยโพรโตคอล TCP ได้ใช้ window ในการควบคุมการส่งข้อมูลและควบคุมความคับคั่ง เพื่อลดข้อมูลที่สูญเสียและหลีกเลี่ยงความคับคั่ง จากผลงานวิจัยที่ผ่านมาได้วิเคราะห์ถึงสมรรถนะของ TCP บนบริการ UBR โดยทั่วไปในทางปฏิบัติ TCP ที่ทำงานอยู่บนโครงข่าย ATM จะถูกจำกัดขนาดของบัฟเฟอร์จึงเป็นสาเหตุให้มีประสิทธิภาพและความเท่าเทียมกันในการส่งข้อมูล (fairness)ต่ำไปด้วย [12,14,15]

วิธีการทิ้งเซลล์ที่มีประสิทธิภาพสามารถปรับปรุงสมรรถนะของ TCP ได้ [3, 4, 6] อัลกอริทึม Early Packet Discard (EPD) [3] สามารถปรับปรุงประสิทธิภาพของ TCP แต่ไม่สามารถปรับปรุงความเท่าเทียมกันในการส่งข้อมูล [12, 13] การปรับปรุงวิธีการทิ้งเซลล์ให้มีประสิทธิภาพกับโครงข่าย ATM เป็นการพัฒนาการบริการ UBR วิธีการหนึ่งเพื่อเป็นการปรับปรุงสมรรถนะของโพรโตคอล TCP

การเพิ่มวิธีการทิ้งเซลล์ในโครงข่ายทำให้การควบคุมการส่งข้อมูลจากต้นทางไปยังปลายทางและการควบคุมความคับคั่งสามารถปรับปรุงสมรรถนะของ TCP บนบริการ UBR ส่วนกลไก Fast Retransmit และ Fast Recovery [2, 11] ใช้เป็นกลไกเพิ่มจากกลไก Slow Start และ Congestion Avoidance เพื่อเอาข้อมูลที่สูญเสียไปให้กลับคืนมาอย่างรวดเร็ว ซึ่งกลไกทั้ง 4 ของโพรโตคอล TCP ได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 2

ในบทนี้จะเป็นการกล่าวถึงพฤติกรรมของ TCP บนบริการ UBR, วิธีการจัดสรรบัฟเฟอร์แบบต่างๆ และเสนอการปรับปรุงสมรรถนะของ TCP โดยใช้วิธีการจัดสรรบัฟเฟอร์แบบ EPD ที่ใช้เทคนิคจุดเริ่มเปลี่ยนแบบพลวัต ซึ่งเทคนิคนี้จะเป็นวิธีการเลือกเซลล์ทิ้ง (selective drop) แทนการทิ้งเซลล์แบบสุ่ม (random)

3.1 พฤติกรรมของ TCP บนบริการแบบ UBR

การบริการแบบ UBR บนโครงข่าย ATM จะไม่มีการควบคุมการส่งข้อมูล เพราะฉะนั้นจึงใช้ชั้น Transport layer เป็นตัวควบคุมการส่งข้อมูลแทน เมื่อ TCP ถูกใช้กับการบริการแบบ UBR เมื่อเซลล์ถูกทิ้งในชั้น ATM layer TCP จะมีการกู้แพ็กเกจที่ถูกทิ้งไปใหม่โดยใช้กลไกควบคุมความคับคั่งของ TCP เอง เมื่อ ATM สวิตช์มีการจำกัดขนาดบัฟเฟอร์ เซลล์ที่ถูกทิ้งหนึ่งเซลล์ที่ระดับเซลล์ ATM จะมีผลให้แพ็กเกจในระดับ TCP ถูกทิ้งด้วย [3] ปรากฏการณ์นี้เป็นผลทำให้วิสัยสามารถ (throughput) ต่ำและไม่มีความเท่าเทียม

ในการส่งข้อมูลของแต่ละ TCP connections เมื่อมีเซลล์ถูกทิ้งออกไป ที่ปลายทางจะทำการทิ้งแพ็กเกจทั้งหมด ดังนั้น TCP ก็จะหมดเวลา (times out) และทำการส่งแพ็กเกจทั้งหมดใหม่ การที่วิสัยสามารถของ TCP ต่ำเนื่องมาจากมีการสูญเสียเวลาในการรอ time out และการส่งแพ็กเกจที่ผ่านมาใหม่

ค่าวิสัยสามารถของ TCP มีค่าสูงสุดก็ต่อเมื่อสวิตช์มีขนาดบัฟเฟอร์ที่เพียงพอโดยที่ TCP ไม่มีการสูญเสียแพ็กเกจ อย่างไรก็ตามเมื่อมีการจำกัดขนาดบัฟเฟอร์ ค่าวิสัยสามารถของ TCP และความเท่าเทียมกันบนการบริการแบบ UBR สามารถที่จะถูกปรับปรุงได้การจัดสรรบัฟเฟอร์ให้เหมาะสม, วิธีการและนโยบายทิ้งเซลล์

การจัดสรรบัฟเฟอร์เป็นการควบคุมจำนวนแพ็กเกจจากแต่ละ VC เข้าไปใน output บัฟเฟอร์ วิธีการจัดสรรบัฟเฟอร์ในโครงข่ายจะตัดสินใจว่าแต่ละเซลล์ของ VC ที่มาถึงบัฟเฟอร์จะถูกส่งไปเข้าคิวในบัฟเฟอร์หรือถูกทิ้งออกไป เมื่อ output port ได้รับแพ็กเกจ queuing algorithm จะเลือกแพ็กเกจให้เข้าคิวอย่างเหมาะสมและอัลกอริทึมการจัดสรรบัฟเฟอร์จะเป็นการเลือกว่าคิวของแพ็กเกจนั้นจะถูกเข้าคิวที่ output บัฟเฟอร์หรือทิ้งแพ็กเกจนั้นออกไป

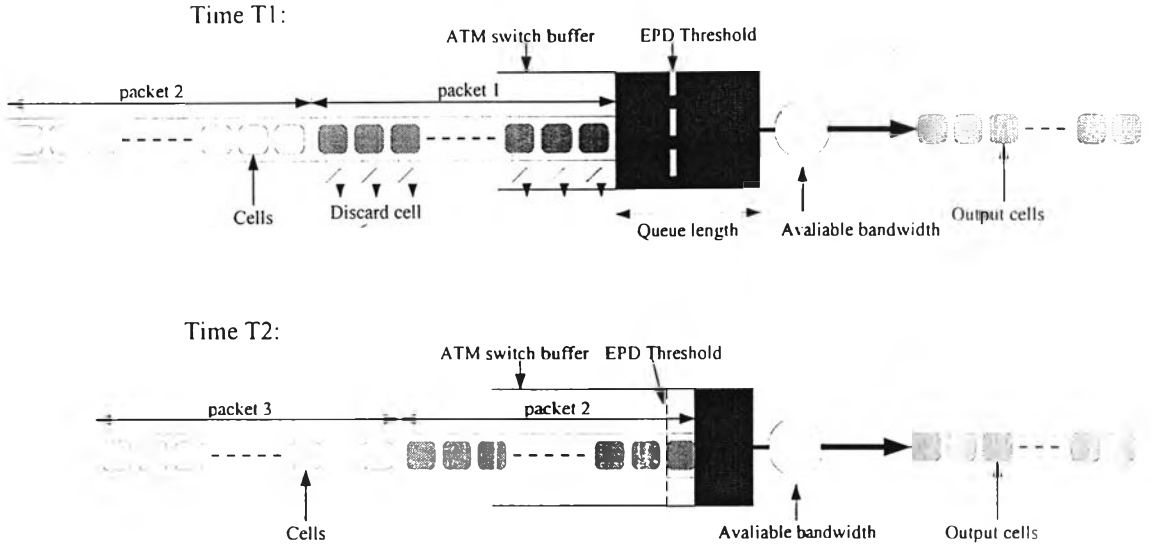
ในส่วนต่อไปของวิทยานิพนธ์นี้จะกล่าวถึงวิธีการจัดสรรบัฟเฟอร์ในแบบต่าง เช่น วิธี Early Packet Discard (EPD), วิธี Early Packet Discard with per-VC accounting (EPD per-VC accounting) และปัญหาที่พบของวิธีการทั้งสอง ส่วนสุดท้ายจะเป็นการเสนอวิธีการจัดสรรบัฟเฟอร์โดยปรับปรุงจากวิธี EPD โดยใช้เทคนิคจุดเริ่มเปลี่ยนแบบพลวัต

3.2 อัลกอริทึม Early Packet Discard (EPD)

เมื่อบัฟเฟอร์ของสวิตช์เกิดคับคั่ง เซลล์ที่เข้ามาใหม่จะถูกทิ้งที่สวิตช์ โดยบางส่วนของแพ็กเกจอาจถูกส่งเข้าไปในโครงข่ายได้ ซึ่งบางส่วนของแพ็กเกจที่ถูกส่งไปได้นี้เมื่อถึงปลายทางจะไม่สามารถนำแพ็กเกจนั้นมาใช้งานได้ฉะนั้นแพ็กเกจนี้จึงเป็นแพ็กเกจที่เสีย แพ็กเกจที่เสียนี้ทำให้เกิดปัญหาเนื่องจากแพ็กเกจไม่สมบูรณ์ ถ้าเซลล์ใดในแพ็กเกจถูกดัดทิ้ง ปลายทางจะไม่สามารถใช้แพ็กเกจนั้นได้ จึงเป็นสาเหตุให้มีการส่งข้อมูลใหม่ (Retransmission) ที่แหล่งกำเนิด บางส่วนของแพ็กเกจที่ถูกส่งเข้าไปในโครงข่ายนี้จะทำให้มีการสูญเสียแบนด์วิดท์ขึ้น อัลกอริทึม Early Packet Discard (EPD) เป็นการทิ้งแพ็กเกจทั้งหมดก่อนที่บัฟเฟอร์จะล้น ดังนั้นแพ็กเกจที่ไม่สมบูรณ์หรือเซลล์บางส่วนของแพ็กเกจจะไม่ถูกส่งออกไปจากสวิตช์แบนด์วิดท์ของโครงข่ายจึงมีการใช้งานได้ดีขึ้น

การสร้าง EPD ทำได้โดยตั้งค่าจุดเริ่มเปลี่ยนของแต่ละสวิตช์ สวิตช์จะเริ่มทิ้งแพ็กเกจที่เข้ามาเมื่อแพ็กเกจในบัฟเฟอร์มีมากเกินกว่าจุดเริ่มเปลี่ยน เซลล์แรกของแพ็กเกจที่เข้ามาใดๆจะถูกทิ้งเมื่อขนาดของคิวทั้งหมดที่สวิตช์มากเกินกว่าจุดเริ่มเปลี่ยนของ EPD ถ้าเซลล์แรกของแพ็กเกจถูกทิ้งหมายความว่าเซลล์ที่

เหลือทั้งหมดของแพ็กเกจนั้นก็จะถูกทิ้งด้วยถึงแม้ว่าขณะนั้นคิวในสวิตช์จะลดลงมาต่ำกว่าจุดเริ่มเปลี่ยนของ EPD แล้วก็ตาม อย่างไรก็ตามอัลกอริทึม EPD จะไม่ทิ้งเซลล์ในแพ็กเกจที่เข้ามาทั้งหมดถ้าเซลล์แรกของแพ็กเกจไม่ถูกทิ้งจนกระทั่งบัฟเฟอร์ทั้งหมดเต็ม จุดเริ่มเปลี่ยนจะต้องเลือกให้เซลล์ในบัฟเฟอร์ไม่เกิดการล้นและไม่เกิดแพ็กเกจที่ไม่สมบูรณ์ถูกส่งออกไป อัลกอริทึมแบบ EPD จะทำให้มีการใช้แบนด์วิดท์ของโครงข่ายได้ดีกว่าการใช้บริการแบบใช้ UBR เพียงอย่างเดียวเท่านั้น

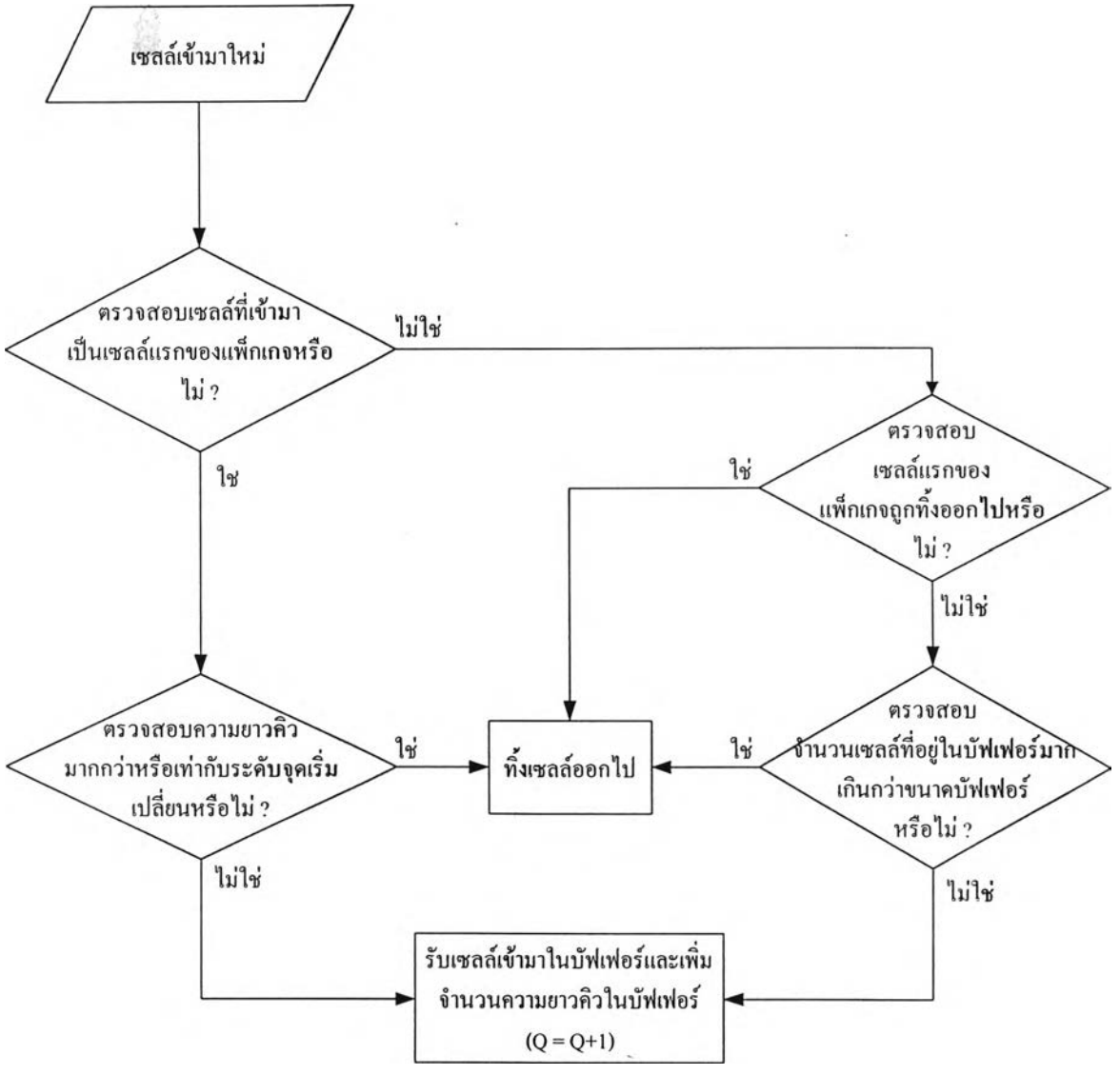


รูปที่ 3.1 แสดงการทำงานของอัลกอริทึม Early Packet Discard (EPD)

รูปที่ 3.1 แสดงอัลกอริทึม EPD ที่สวิตช์ ATM ขณะเวลา T1 แพ็กเกจ 1 จะถูกทิ้งเพราะว่าความยาวคิวในบัฟเฟอร์มากเกินกว่าจุดเริ่มเปลี่ยน EPD เมื่อแพ็กเกจที่ 2 มาถึงบัฟเฟอร์ขณะเวลา T2 ความยาวคิวมีค่าต่ำกว่าจุดเริ่มเปลี่ยน EPD และเซลล์แรกในแพ็กเกจที่ 2 ไม่ถูกตัดทิ้ง ฉะนั้นแพ็กเกจที่ 2 จะไม่ถูกทิ้งที่สวิตช์ถึงแม้ว่าความยาวคิวในบัฟเฟอร์จะมากเกินกว่าจุดเริ่มเปลี่ยน EPD ก็ตาม รูปที่ 3.2 แสดงแผนภาพการทำงานของอัลกอริทึม EPD เมื่อมีเซลล์เข้ามาใหม่ที่สวิตช์จะทำการตรวจสอบดูว่าเซลล์นั้นเป็นเซลล์แรกของแพ็กเกจหรือไม่ ถ้าเซลล์ที่เข้ามาใหม่ไม่ได้เป็นเซลล์แรกของแพ็กเกจสวิตช์ก็จะตรวจสอบดูว่าแพ็กเกจนี้ถูกรับเข้ามาที่สวิตช์ก่อนหน้านี้แล้วหรือยังซึ่งถ้าเคยรับเข้ามาในบัฟเฟอร์แล้วก็จะยอมรับเซลล์ที่เข้ามานั้นอีก ถ้าเป็นเซลล์แรกของแพ็กเกจสวิตช์ก็จะดูว่าสภาพขณะนั้นความยาวคิวในบัฟเฟอร์ของสวิตช์มากเกินกว่าระดับจุดเริ่มเปลี่ยน EPD แล้วหรือยัง ถ้าความยาวคิวยังไม่ถึงระดับจุดเริ่มเปลี่ยน EPD ก็จะรับเซลล์ที่เข้ามาใหม่นั้นเข้าไปในบัฟเฟอร์ แต่ถ้าความยาวคิวในสวิตช์มากเกินกว่าจุดเริ่มเปลี่ยน EPD แล้วสวิตช์ก็จะทำการทิ้งเซลล์นั้นออกไปและเซลล์อื่นๆของแพ็กเกจนี้ที่จะตามมาอีกก็จะถูกทิ้งออกไปด้วย

เมื่อเกิดความคับคั่งในโครงข่าย ความยาวคิวในบัฟเฟอร์มีค่ามากกว่าระดับจุดเริ่มเปลี่ยน EPD อัลกอริทึม EPD จะมีการทิ้งเซลล์แบบสุ่มคือถ้าเซลล์ของ VC เข้ามาก็จะถูกทิ้งออกไปโดยไม่สนใจว่าในขณะนั้น

เซลล์ของ VC ที่เข้ามาอาจจะมีอยู่ในคิวของบัฟเฟอร์น้อยจึงเป็นสาเหตุให้ความเท่าเทียมกันในการส่งข้อมูลลดลง H. Li [4] เสนออัลกอริทึม EPD โดยใช้เทคนิค per-VC accounting เพื่อการปรับปรุงความเท่าเทียมกันในการส่งข้อมูล ในส่วนต่อไปจะกล่าวถึงอัลกอริทึม EPD ที่ใช้เทคนิค per-VC accounting



รูปที่ 3.2 แสดงแผนภูมิการทำงานของอัลกอริทึม Early Packet Discard (EPD)

3.3 อัลกอริทึม Early Packet Discard ที่ใช้เทคนิค per-VC accounting (EPD using per-VC accounting)

ในอัลกอริทึม EPD ไม่สามารถบอกได้ว่า VC ใดมีเซลล์อยู่ในบัฟเฟอร์มากกว่ากัน เมื่อความยาวคิวในบัฟเฟอร์มากเกินกว่าระดับจุดเริ่มเปลี่ยน EPD อัลกอริทึม EPD จะทำการทิ้งเซลล์โดยไม่สนใจว่าจะเป็นเซลล์ของ VC ใดๆและเซลล์ของ VC ใดมีอยู่ในบัฟเฟอร์ของสวิตช์ ฉะนั้นอัลกอริทึม EPD จึงเป็นการทิ้ง

เซลล์แบบสุ่ม ด้วยสาเหตุนี้จึงทำให้มีการใช้แบนด์วิดท์ในโครงข่ายไม่เท่าเทียมกันเมื่อแหล่งกำเนิดมีการแข่งขันกัน

อัลกอริทึม EPD ที่ใช้เทคนิค per-VC accounting จะมีระดับของจุดเริ่มเปลี่ยนอยู่สองระดับ ซึ่งทั้งสองระดับนี้จะเป็นสิ่งที่บ่งบอกว่าสวิตช์จะทำการทิ้งเซลล์ที่เข้ามาหรือไม่ โดยระดับทั้งสองนี้คือ ระดับของจุดเริ่มเปลี่ยน (Th) และระดับ $\overline{Th}$ ซึ่งระดับจุดเริ่มเปลี่ยน (Th) นี้จะเหมือนกับจุดเริ่มเปลี่ยน EPD ส่วนระดับ $\overline{Th}$ หรือ ระดับ fair share จะเป็นส่วนที่บอกให้รู้ว่า VC ใดอยู่ในบัฟเฟอร์และมีจำนวนเซลล์อยู่เท่าไร

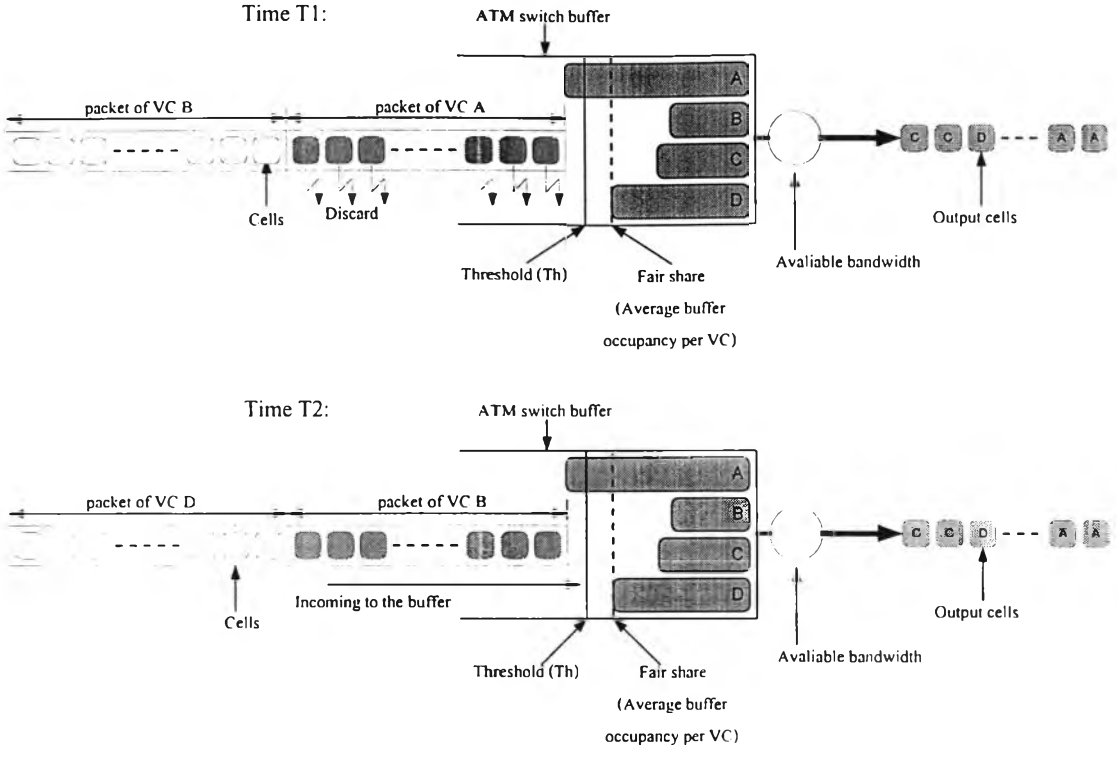
เมื่อ VCi มีแพ็กเกจเข้ามาใหม่ที่สวิตช์ เซลล์แรกของแพ็กเกจจะถูกทิ้งออกไปจากสวิตช์ก็ต่อเมื่อความยาวคิวในขณะนั้นมากกว่าระดับจุดเริ่มเปลี่ยน ($Q \geq Th$) และความยาวคิวของ VCi มากกว่าระดับ $\overline{Th}$ โดยระดับ $\overline{Th}$ กำหนดให้เป็นดังนี้

$$\overline{Th} = \frac{K \times Q}{N}$$

ระดับ $\overline{Th}$ คือค่าเฉลี่ยการครอบครองบัฟเฟอร์ของแต่ละ VC หรือเรียกว่าระดับ fair share เมื่อ K = 1 ค่า N คือจำนวน VC ที่กำลังส่งข้อมูลและมีเซลล์อยู่ในบัฟเฟอร์ของสวิตช์ ส่วนค่า K คือพารามิเตอร์ที่ใช้ในการควบคุม โดยทั่วๆไปจะมีค่าระหว่าง $1 \leq K \leq 2$

ถ้าแพ็กเกจที่เข้าใหม่ที่สวิตช์จะไม่ถูกทิ้งออกไปเมื่อเซลล์แรกของแแพ็กเกจเข้ามาที่สวิตช์แล้วขณะนั้นความยาวคิวต่ำกว่าระดับจุดเริ่มเปลี่ยนหรือจำนวนเซลล์ของ VC นั้นน้อยกว่าระดับ $\overline{Th}$ ถ้าเซลล์แรกของแพ็กเกจไม่ถูกทิ้งออกไปจากสวิตช์แล้วเซลล์อื่นๆของแพ็กเกจนี้ก็จะสามารถเข้าไปในสวิตช์ได้โดยไม่ถูกทิ้งเหมือนกันถึงแม้ว่าความยาวคิวในบัฟเฟอร์มากเกินกว่าระดับจุดเริ่มเปลี่ยน (Th) แล้วก็ตาม ดังนั้นการตั้งค่าของจุดเริ่มเปลี่ยนจะต้องตั้งให้เหมาะสมเหมือนกับอัลกอริทึม EPD ไม่เช่นนั้นจะเกิดปัญหาแพ็กเกจไม่สมบูรณ์ขึ้นในโครงข่าย แต่ถ้าเซลล์แรกของแพ็กเกจถูกทิ้งเซลล์อื่นๆของแพ็กเกจนี้ก็จะถูกทิ้งออกไปด้วยถึงแม้ว่ามีที่ว่างในบัฟเฟอร์ของสวิตช์ก็ตาม อัลกอริทึม EPD ที่ใช้เทคนิค per-VC accounting เป็นอัลกอริทึมที่ปรับปรุงขึ้นจากอัลกอริทึม EPD ฉะนั้นโดยหลักการส่วนใหญ่แล้วจะคล้ายคลึงกับอัลกอริทึม EPD แต่จะมีระดับ $\overline{Th}$ เพิ่มขึ้นมาเพื่อช่วยแก้ปัญหาความไม่เท่าเทียมกัน

รูปที่ 3.3 แสดงการทำงานอัลกอริทึม EPD ที่ ใช้เทคนิค per VC accounting โดยสมมติให้มี 4 VC (คือ A, B, C และ D) พื้นที่แลเงาในสวิตช์เป็นส่วนที่แต่ละ VC มีเซลล์อยู่ในบัฟเฟอร์โดยทุกๆ VC แบ่งกันใช้บัฟเฟอร์อันเดียวที่เป็นแบบ FIFO (Fist In Fist Out) ดังนั้นการส่งเซลล์ออกไปจากบัฟเฟอร์ขึ้นอยู่กับเซลล์ที่เข้ามาที่สวิตช์ ถ้าเซลล์ไหนเข้ามาก่อนก็จะได้สิทธิ์ออกไปก่อน รูปที่ 3.4 เป็นแผนภูมิแสดงการทำงานของอัลกอริทึม EPD ที่ใช้เทคนิค per VC accounting

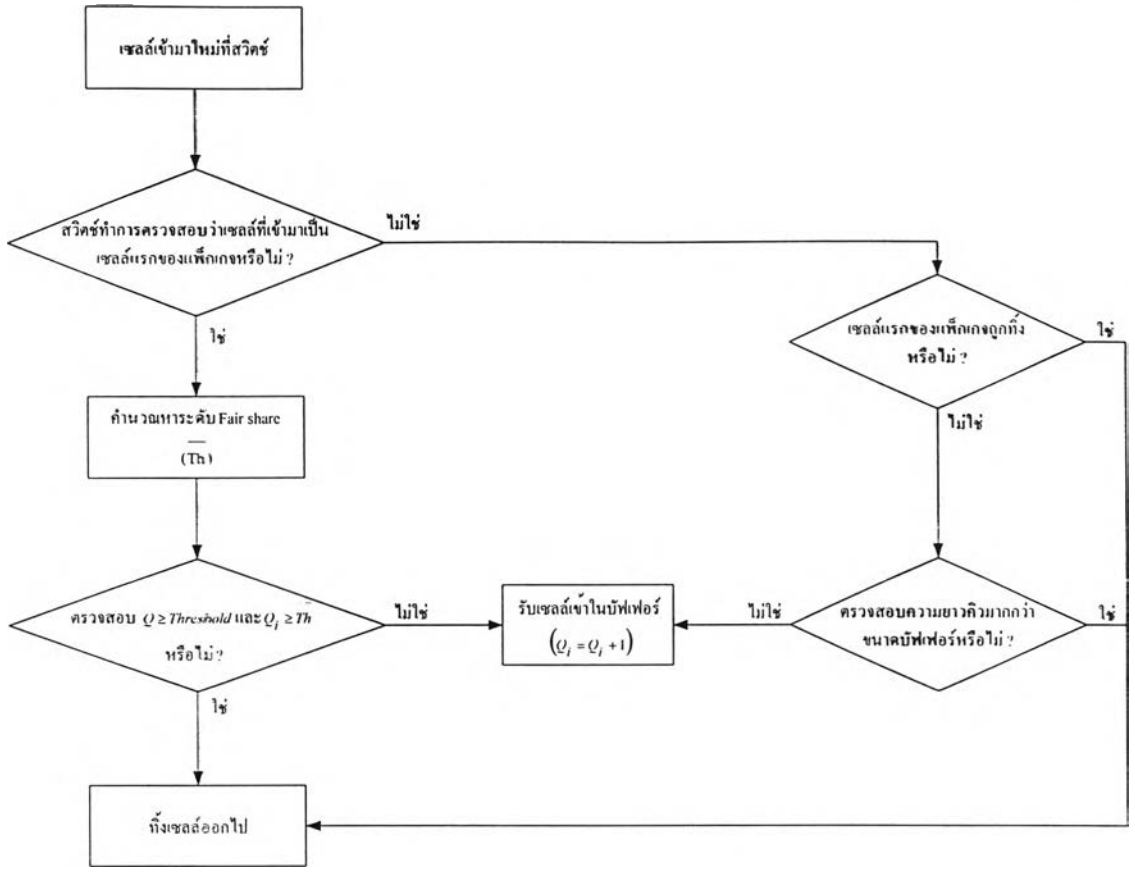


รูปที่ 3.3 แสดงอัลกอริทึม EPD ที่ใช้เทคนิค per-VC accounting

ตัวอย่างการทำงานของอัลกอริทึม EPD ที่ใช้เทคนิค per VC accounting แสดงในรูปที่ 3.3 ขณะเวลา T1 ถ้ามีแพ็กเกจเข้ามาใหม่ที่สวิตช์ของ VC A แพ็กเกจนั้นจะถูกทิ้งออกไปเพราะว่า VC A มีการครอบครองบัฟเฟอร์มากเกินกว่าระดับ fair share และความยาวคิวขณะนั้นมากเกินกว่าระดับจุดเริ่มเปลี่ยน ขณะเวลา T2 แพ็กเกจของ VC B เข้ามาใหม่โดยแพ็กเกจนี้จะสามารถเข้าไปในบัฟเฟอร์ของสวิตช์ได้เพราะจำนวนเซลล์ของ VC B น้อยกว่าระดับ fair share ซึ่งระดับ fair share คือระดับเฉลี่ยของการครอบครองบัฟเฟอร์ของแต่ละ VC เมื่อเซลล์ถูกทิ้งแสดงว่าเซลล์ของ VC นั้นในขณะนั้นมีการครอบครองบัฟเฟอร์มากแต่เวลาต่อมามีความเป็นไปได้มากที่ VC นั้นอาจมีเซลล์อยู่ในบัฟเฟอร์ของสวิตช์น้อยที่สุดและมีโอกาสที่เซลล์ถูกทิ้งน้อยที่สุด หมายความว่า VC ที่มีการครอบครองบัฟเฟอร์มากที่สุดก็มีโอกาสที่เซลล์จะถูกทิ้งมากที่สุดเหมือนกันแต่แพ็กเกจจาก VC เดียวกันนี้จะไม่ถูกทิ้งออกไปจากสวิตช์ทุกๆครั้งที่เข้ามา เพราะว่าอัลกอริทึม EPD ที่ใช้เทคนิค per VC accounting จะพยายามทำให้ไม่มี VC ใดมีการครอบครองบัฟเฟอร์มากกว่าระดับ fair share ตลอดเวลา

อย่างไรก็ตามอัลกอริทึม EPD ที่ใช้เทคนิค per VC accounting เป็นอัลกอริทึมที่มีการรักษาให้มีการใช้บัฟเฟอร์เท่าๆกันในทุกครั้งที่เซลล์มีการทิ้งออกไป แต่ในบางกรณีอัลกอริทึม EPD ที่ใช้เทคนิค per VC accounting ยังไม่สามารถปรับปรุงความเท่าเทียมกันให้ดีขึ้นกว่าในอัลกอริทึม EPD เช่น ในโครงข่ายที่มีความซับซ้อน

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.4 แสดงแผนภูมิการทำงานของอัลกอริทึม EPD ที่ใช้เทคนิค per-VC accounting

3.4 ปัญหาที่พบในการบริการ UBR

ในโครงข่าย ATM จะพบปัญหาการจัดการทราฟฟิกในการบริการ UBR ซึ่งสามารถที่จะวิเคราะห์ได้ 2 แห่งคือ

1. อัลกอริทึมในสวิตช์ (Network policies) หรือความฉลาดของโครงข่าย ในโครงข่ายสามารถสร้างกลไกได้หลายๆแบบเพื่อที่จะทำให้มีการใช้ทรัพยากรของโครงข่ายอย่างมีประสิทธิภาพ มีความเท่าเทียมกันในการส่งข้อมูล และมีวิสัยสามารถสูงสุด สำหรับการบริการ UBR ในโครงข่าย ATM การเพิ่มวิธีการทิ้งเซลล์ที่มีประสิทธิภาพสามารถที่ปรับปรุงสมรรถนะการทำงานของโครงข่ายได้โดยอัลกอริทึม EPD เป็นอัลกอริทึมหนึ่งที่ถูกนำมาใช้งาน ส่วนอัลกอริทึม EPD ที่ใช้เทคนิค per-VC accounting เป็นอัลกอริทึมหนึ่งที่สามารถปรับปรุงความเท่าเทียมกันในการส่งข้อมูล

2. กลไกที่ใช้กับระบบที่ต้นทางและปลายทาง (End system policies) หรือความฉลาดของระบบปลายทาง ในระบบปลายทาง (ต้นทางและปลายทาง) สามารถใช้โพรโตคอลในชั้น Transport มาเป็นตัวควบคุมและหลีกเลี่ยงความคับคั่งเพื่อทำให้โครงข่ายมีประสิทธิภาพ และป้องกันไม่ให้เกิดความคับคั่ง มีหลายโพรโตคอลในชั้น Transport ที่ถูกเสนอและสร้างขึ้นมาแต่ที่นิยมใช้มากที่สุดคือ TCP โดยโพรโตคอล TCP ได้มีกลไก slow start, congestion avoidance, fast retransmit และ fast recovery เป็นกลไกที่ใช้สำหรับ

การควบคุมและหลีกเลี่ยงความคับคั่งตลอดจนการกู้ข้อมูลที่สูญหายกลับคืนมา ซึ่งเป็นผลทำให้โครงข่ายมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

ทั้งอัลกอริทึมที่สวิตช์และกลไกที่ระบบปลายทางจะมีผลกระทบกับค่า delay – bandwidth product ของโครงข่าย ซึ่งจากผลกระทบอันนี้อัลกอริทึมที่สวิตช์และกลไกที่ระบบปลายทางจะต้องสอดคล้องกัน ในวิทยานิพนธ์นี้จะมุ่งเน้นที่กลไกของระบบปลายทางที่เป็น slow start และ congestion avoidance เป็นหลัก แต่วิธีการที่จะทำให้โครงข่ายมีประสิทธิภาพจะขึ้นอยู่กับวิธีการทิ้งเซลล์ที่สวิตช์ด้วย ฉะนั้นในวิทยานิพนธ์นี้จึงได้มุ่งที่จะเสนออัลกอริทึมที่สวิตช์เพื่อทำให้โครงข่ายมีประสิทธิภาพ

วิทยานิพนธ์นี้จะศึกษาถึงสมรรถนะของ TCP/IP บนการบริการ UBR ในโครงข่าย ATM โดยการบริการเป็นการบริการที่ไม่การรับประกันใดๆให้กับผู้ใช้บริการ สำหรับการบริการ UBR ได้มีการใช้บัฟเฟอร์ที่สวิตช์เป็นแบบ FIFO เป็นหลัก ฉะนั้นที่สวิตช์จึงมีการทิ้งเซลล์ทางท้ายของแพ็กเกจเมื่อบัฟเฟอร์เต็ม จึงเป็นสาเหตุให้สมรรถนะของ TCP ไม่ดีบนการบริการ UBR โดยเหตุผลหลักที่ทำให้สมรรถนะของ TCP ไม่ดีก็คือมีแพ็กเกจที่ไม่สมบูรณ์ในโครงข่าย และ TCP เกิด synchronization ขึ้น [6] (TCP synchronization คือขนาด window ของ TCP มีการเพิ่มขึ้นหรือลดลงพร้อมกัน ซึ่งจะทำให้ประสิทธิภาพของโครงข่ายลดลง)

ต่อมาได้มีการพัฒนามาเป็นการบริการ UBR ที่มีการทิ้งเซลล์ทั้งแพ็กเกจ ซึ่งอัลกอริทึม EPD [3] เป็นอัลกอริทึมหนึ่งที่มีการใช้อย่างกว้างขวางโดยมีพื้นฐานการทิ้งเซลล์ทั้งแพ็กเกจ ได้มีหลายงานวิจัยทำการทดสอบอัลกอริทึมกับ TCP บนการบริการ UBR ในโครงข่าย ATM โดยจะพบว่าอัลกอริทึม EPD สามารถเพิ่มวิสัยสามารถของ TCP บนบริการแบบ UBR ในโครงข่าย ATM ได้ แต่อัลกอริทึม EPD ยังไม่สามารถปรับปรุงความเท่าเทียมกันในการส่งข้อมูลของแต่แหล่งกำเนิดที่มีการแข่งขันกันได้ ฉะนั้นในวิทยานิพนธ์นี้ได้เสนออัลกอริทึม EPD ที่ใช้เทคนิคจุดเริ่มเปลี่ยนแบบพลวัตเพื่อทำการปรับปรุงวิสัยสามารถและความเท่าเทียมกันในการส่งข้อมูล

3.5 อัลกอริทึม EPD ที่ใช้เทคนิคจุดเริ่มเปลี่ยนแบบพลวัต

ในระหว่างที่มีการสร้างการเชื่อมต่อเข้ากับโครงข่าย บางครั้งแหล่งกำเนิดที่เชื่อมต่อเข้ามาอาจจะมีช่วงเวลาที่ไม่ทำการส่งข้อมูลหรือบางแหล่งกำเนิดอาจจะส่งข้อมูลน้อยกว่าจำนวนแบนด์วิดท์ที่โครงข่ายจัดสรรให้ ซึ่งทั้งสองกรณีที่กล่าวมาแล้วนั้นทำให้มีการใช้แบนด์วิดท์ไม่เต็มประสิทธิภาพ จุดเริ่มเปลี่ยนแบบพลวัตถูกสร้างขึ้นมาเพื่อต้องการนำแบนด์วิดท์ที่เหลือจากแหล่งกำเนิดไม่ส่งข้อมูลหรือส่งข้อมูลน้อยกว่าจำนวนแบนด์วิดท์ที่จัดสรรให้แบ่งไปให้กับแหล่งกำเนิดที่ต้องการส่งข้อมูลมากกว่าระดับ fair share โดยแหล่งกำเนิดที่ส่งข้อมูลมากกว่าระดับ fair share เท่านั้นถึงจะนำตรวจสอบว่ามีการส่งข้อมูลมากกว่าระดับจุดเริ่มเปลี่ยนแบบพลวัตที่สร้างขึ้นมาใหม่หรือไม่ ถ้าแหล่งกำเนิดนั้นส่งข้อมูลมากกว่าแสดงว่าแหล่งกำเนิดนั้น

มีการใช้แบนด์วิดท์มากเกินไปซึ่งเป็นสาเหตุให้โครงข่ายเกิดความคับคั่ง ฉะนั้นจึงต้องทำการทิ้งเซลล์ของแหล่งกำเนิดที่มีการใช้แบนด์วิดท์มากออกไปบ้างเพื่อลดภาระ (load) ให้กับโครงข่าย การจะหาว่าจุดเริ่มเปลี่ยนแบบพลวัตจะต้องมีค่าเป็นเท่าไรนั้นจะขึ้นอยู่กับจำนวนข้อมูลที่แหล่งกำเนิดต้องการส่ง

อัลกอริทึม EPD ที่ใช้เทคนิคจุดเริ่มเปลี่ยนแบบพลวัตที่ได้เสนอขึ้นมานี้จะมีการทิ้งแพ็กเกจจาก VC ที่มีการใช้แบนด์วิดท์สูงออกไปก่อน โดยจะมีจุดเริ่มเปลี่ยน 4 ระดับ คือ

1. จุดเริ่มเปลี่ยนด้านสูง (High Threshold)
2. จุดเริ่มเปลี่ยนด้านต่ำ (Low Threshold)
3. ระดับ Fair share($\overline{Th}$)
4. จุดเริ่มเปลี่ยนพลวัต ($\hat{T}h$)

เมื่อบัฟเฟอร์ในสวิตช์มีการใช้งานมากทำให้ความยาวคิวมากกว่าระดับจุดเริ่มเปลี่ยนด้านสูง (High Threshold) แสดงว่าโครงข่ายเกิดความคับคั่ง สวิตช์จะทำการทิ้งเซลล์ของ VC นั้นทุกๆเซลล์ที่ตามมาของแพ็กเกจนั้นถึงแม้ว่าความยาวคิวลดลงต่ำกว่าระดับจุดเริ่มเปลี่ยนด้านสูง โดยสวิตช์จะทิ้งเซลล์จะเหมือนกับอัลกอริทึม EPD ดังนั้นระดับจุดเริ่มเปลี่ยนด้านสูงเปรียบเสมือนกับระดับ EPD Threshold ของอัลกอริทึม EPD เมื่อความยาวคิวลดลงต่ำกว่าระดับจุดเริ่มเปลี่ยนด้านต่ำ (Low Threshold) แสดงว่าโครงข่ายไม่เกิดความคับคั่งและมีภาระต่ำ ดังนั้นแพ็กเกจที่เข้ามาใหม่จะสามารถเข้าไปในบัฟเฟอร์ของสวิตช์ได้ทันทีโดยไม่สนใจว่า VC นั้นจะมีเซลล์อยู่ในบัฟเฟอร์มากเกินกว่าระดับ fair share หรือไม่ แต่ถ้าความยาวคิวอยู่ระหว่างระดับจุดเริ่มเปลี่ยนด้านสูงและจุดเริ่มเปลี่ยนด้านต่ำ แสดงว่าขณะนี้โครงข่ายเริ่มเกิดความคับคั่ง ฉะนั้นสวิตช์จะต้องทำการเลือกแพ็กเกจที่จำเป็นเข้าบัฟเฟอร์เท่านั้นเพื่อเป็นการชะลอการเกิดความคับคั่ง โดยสวิตช์จะเลือกแพ็กเกจของ VC ที่มีเซลล์อยู่ในบัฟเฟอร์น้อยกว่าระดับ fair share เพื่อจะทำให้แต่ละ VC มีความเท่าเทียมกันในการครอบครองการใช้งานบัฟเฟอร์

แต่ในบางกรณีที่มีบาง VC ต้องการส่งข้อมูลหรือใช้แบนด์วิดท์ในโครงข่ายมากกว่าระดับ fair share โดยขณะนั้นโครงข่ายยังไม่เกิดความคับคั่ง ซึ่งบาง VC อาจจะว่างไม่ส่งข้อมูลหรือส่งข้อมูลไม่มากกว่าระดับ fair share ทำให้มีแบนด์วิดท์เหลืออยู่ จึงนำแบนด์วิดท์ที่เหลือเหล่านั้นมาแบ่งให้กับ VC ที่ต้องการใช้แบนด์วิดท์มากกว่าที่โครงข่ายจัดสรรให้ ด้วยเหตุนี้จึงนำจุดเริ่มเปลี่ยนพลวัตมาใช้ ฉะนั้นจุดเริ่มเปลี่ยนแบบพลวัตสามารถหาได้จากสมการที่ (1)

$$\hat{T}h = \frac{\text{ความยาวคิวในบัฟเฟอร์ของแหล่งกำเนิดที่มีการใช้แบนด์วิดท์มากกว่าระดับ fair share}}{\text{จำนวนแหล่งกำเนิดที่มีการใช้แบนด์วิดท์มากกว่าระดับ fair share}} \qquad (3.1)$$

ให้ $\hat{Th}$ เป็นระดับของจุดเริ่มเปลี่ยนแบบพลวัต ซึ่งการจะหาระดับของจุดเริ่มเปลี่ยนแบบพลวัตจะต้องหาระดับ fair share ก่อน ซึ่งระดับ fair share ($\overline{Th}$) หาได้จากสมการที่ (3.2) ดังนี้

$$\overline{Th} = \frac{High\ Threshold}{N} \tag{3.2}$$

ค่า N คือจำนวนแหล่งกำเนิดหรือจำนวนการเชื่อมต่อ (connections) ที่รวมทั้งกำลังส่งข้อมูลและไม่มีข้อมูลส่ง และค่า $\overline{Th}$ คือระดับ fair share จากสมการที่ (3.2) จะสังเกตเห็นว่าได้นำระดับของจุดเริ่มเปลี่ยนด้านสูง (High Threshold) มาใช้คำนวณหาระดับ fair share เพราะความยาวคิวในบัฟเฟอร์ของสวิตช์จะมีค่าใกล้เคียงกับระดับ High Threshold เมื่อรู้ระดับ fair share ก็จะมาเริ่มหาความยาวคิวของแหล่งกำเนิดที่ต้องการใช้แบนด์วิดท์มากกว่าระดับ fair share โดยพิจารณาจาก

$$Q_{Total} = \sum_{i=1}^{N} Q_i \tag{3.3}$$

ค่า Q_{Total} คือ ความยาวคิวทั้งหมดของบัฟเฟอร์ในสวิตช์ และ Q_i คือความยาวคิวของแต่ละแหล่งกำเนิดหรือแต่ละ VC จากสมการที่ (3.3) จะสังเกตเห็นว่าใน $\sum_{i=1}^{N} Q_i$ สามารถที่จะแบ่งออกเป็น 2 พจน์ คือ พจน์ที่แหล่งกำเนิดส่งข้อมูลมากกว่าระดับ fair share และพจน์ที่แหล่งกำเนิดส่งข้อมูลน้อยกว่าระดับ fair share ดังแสดงในสมการที่ (3.4)

$$Q_{Total} = \sum_{Q_i > \overline{Th}} Q_i + \sum_{Q_i < \overline{Th}} Q_i \tag{3.4}$$

พจน์ $Q_i > \overline{Th}$ คือแหล่งกำเนิดที่มีการใช้แบนด์วิดท์มากกว่าระดับ fair share และพจน์ $Q_i < \overline{Th}$ คือแหล่งกำเนิดที่ไม่มีการส่งข้อมูลหรือมีการใช้แบนด์วิดท์น้อยกว่าระดับ fair share จากสมการ (3.4) สามารถจัดใหม่ได้ดังนี้

$$\sum_{Q_i > \overline{Th}} Q_i = Q_{Total} - \sum_{Q_i < \overline{Th}} Q_i \tag{3.5}$$

สมการที่ (3.5) แสดงความยาวคิวทั้งหมดในบัฟเฟอร์ของแหล่งกำเนิดที่มีการใช้แบนด์วิดท์มากกว่าระดับ fair share และสมมติให้ $N_{Q_i > \overline{Th}}$ แสดงถึงจำนวนแหล่งกำเนิดหรือจำนวนการเชื่อมต่อที่มีการใช้แบนด์วิดท์มากกว่าระดับ fair share จากสมการที่ (1) สามารถจะเขียนใหม่ได้ดังนี้

$$\hat{Th} = \frac{\sum_{Q_i > \overline{Th}} Q_i}{N_{Q_i > \overline{Th}}} \tag{3.6}$$

นำสมการที่ (3.5) แทนในสมการที่ (3.6) ในทางปฏิบัติจะพบว่าความยาวคิวทั้งหมดในบัฟเฟอร์ที่สวิตช์จะมีค่าใกล้ระดับจุดเริ่มเปลี่ยนด้านสูง ดังนั้นระดับของจุดเริ่มเปลี่ยนแบบพลวัตแสดงในสมการ (3.7)

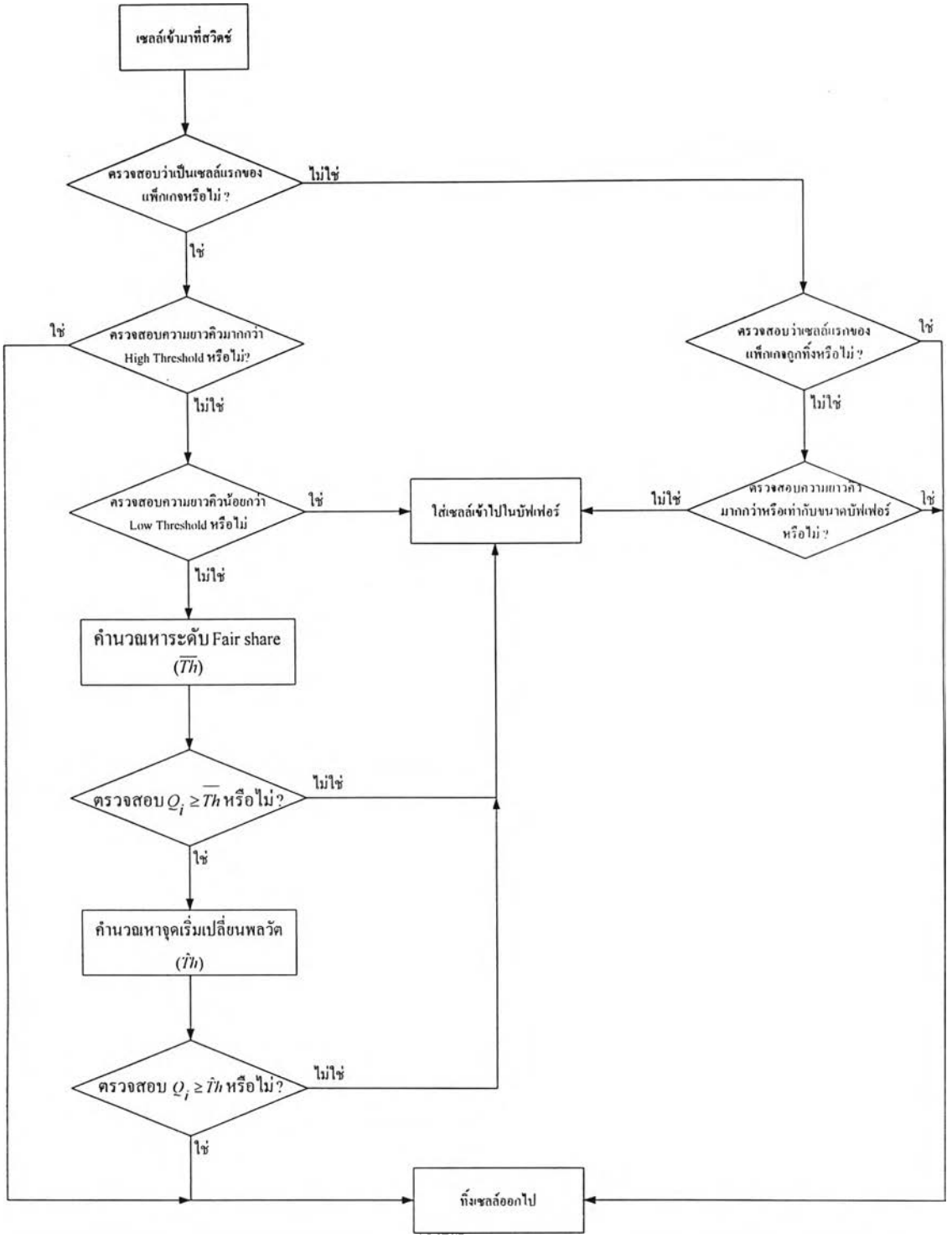
$$\hat{Th} = \frac{High\ Threshold - \sum_{Q_i < \overline{Th}} Q_i}{N_{Q_i > \overline{Th}}} \tag{3.7}$$

การปรับระดับจุดเริ่มเปลี่ยนพลวัตแต่ละครั้งขึ้นอยู่กับมีเซลล์แรกของแพ็กเกจเข้ามาที่สวิตช์และขนาดความยาวคิวในบัฟเฟอร์อยู่ระหว่างจุดเริ่มเปลี่ยนด้านสูงกับจุดเริ่มเปลี่ยนด้านต่ำซึ่งบ่งบอกว่าโครงข่ายอยู่ในสภาวะเริ่มเกิดความคับคั่ง ส่วนระดับจุดเริ่มเปลี่ยนจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับแบนด์วิดท์ที่เหลือจาก VC ที่มีการใช้แบนด์วิดท์ต่ำและจำนวนของ VC ที่มีความต้องการส่งข้อมูลมากกว่าระดับที่จัดสรรให้ ซึ่งการมีจุดเริ่มเปลี่ยนพลวัตขึ้นมานี้สามารถปรับปรุงค่าวิสัยสามารถของ TCP ได้ และระดับ fair share สามารถปรับปรุงความเท่าเทียมกันในการส่งข้อมูลแต่ละ VC ได้

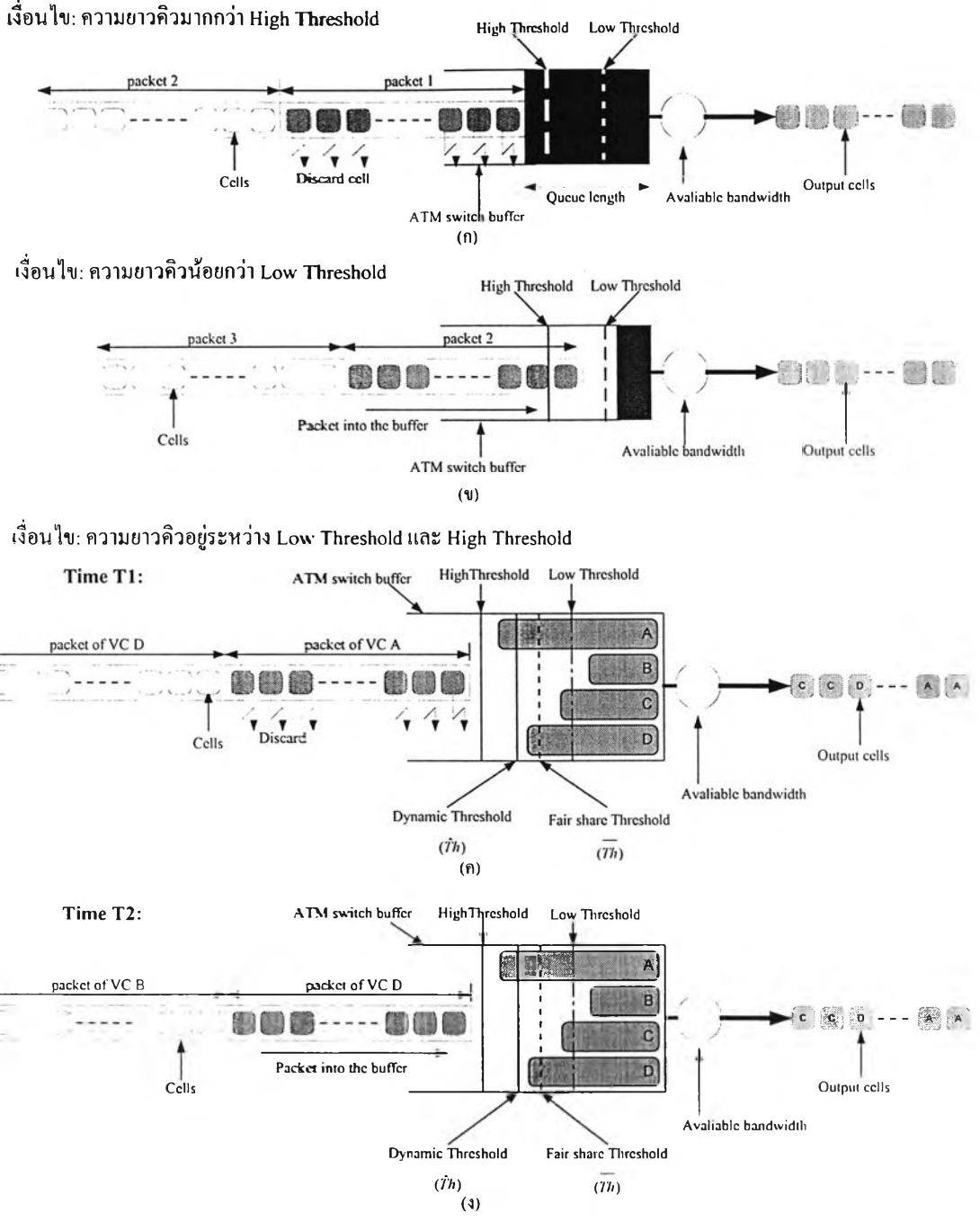
รูปที่ 3.5 แสดงแผนภูมิการทำงานของอัลกอริทึม EPD ที่ใช้เทคนิคจุดเริ่มเปลี่ยนแบบพลวัต และรูปที่ 3.6 แสดงตัวอย่างการทำงานของอัลกอริทึม EPD ที่ใช้เทคนิคจุดเริ่มเปลี่ยนพลวัต เพื่อทำให้เข้าใจอัลกอริทึมที่เสนอขึ้นมานี้มากยิ่งขึ้นโดยสามารถแยกพิจารณาเป็นกรณีได้ดังนี้

- กรณีความยาวคิวมากกว่าจุดเริ่มเปลี่ยนด้านสูง (High Threshold) เมื่อมีแพ็กเกจใหม่เข้ามาที่สวิตช์โดยขณะนั้นความยาวคิวในบัฟเฟอร์ของสวิตช์มากกว่าจุดเริ่มเปลี่ยนด้านสูง แสดงว่าขณะนี้โครงข่ายมีความคับคั่ง สวิตช์จะทำการทิ้งเซลล์ของแพ็กเกจที่เข้ามาใหม่ออกไปทั้งหมดดังแสดงในรูปที่ 3.6 (ก) ถึงแม้ว่าเวลาต่อมาความยาวคิวน้อยกว่าจุดเริ่มเปลี่ยนด้านสูงแล้วก็ตาม
- กรณีความยาวคิวน้อยกว่าจุดเริ่มเปลี่ยนด้านต่ำ (Low Threshold) เมื่อมีแพ็กเกจใหม่เข้ามาถึงสวิตช์ซึ่งขณะนั้นความยาวคิวในบัฟเฟอร์ของสวิตช์ต่ำกว่าจุดเริ่มเปลี่ยนด้านต่ำ แสดงว่าขณะนั้นโครงข่ายยังสามารถรับภาระได้เพิ่มขึ้น สวิตช์จะรับแพ็กเกจที่เข้ามาใหม่เข้าไปในบัฟเฟอร์โดยไม่สนใจว่าแพ็กเกจที่เข้ามาใหม่จะเป็นของ VC ใดและ VC นั้นจะมีจำนวนเซลล์มากกว่าระดับ fair share หรือไม่ ดังแสดงในรูปที่ 3.6 (ข)
- กรณีความยาวคิวอยู่ระหว่างจุดเริ่มเปลี่ยนด้านสูงและด้านต่ำ เมื่อมีแพ็กเกจใหม่เข้ามาที่สวิตช์และขณะนั้นความยาวคิวในบัฟเฟอร์อยู่ระหว่างจุดเริ่มเปลี่ยนด้านสูงกับด้านต่ำ แสดงว่าขณะนั้นโครงข่ายเริ่มเกิดความคับคั่ง สวิตช์จะรับแพ็กเกจที่เข้ามาใหม่เข้าไปในบัฟเฟอร์หรือทิ้งแพ็กเกจนั้นออกไปขึ้นอยู่

กับจำนวนเซลล์ที่อยู่ในบัฟเฟอร์มากกว่าจุดเริ่มเปลี่ยนพลวัตหรือไม่ ในรูปที่ 3.6 (ค) แพ็กเกจของ VC A เข้ามาที่สวิตช์ซึ่งขณะนั้นจำนวนเซลล์ที่อยู่ในบัฟเฟอร์ของ VC A มากกว่าระดับ fair share สวิตช์จะทำการคำนวณหาระดับจุดเริ่มเปลี่ยนพลวัต โดยนำแบนด์วิดท์ที่เหลือจาก VC ที่มีการใช้แบนด์วิดท์น้อย (VC B และ VC C) มาแบ่งให้กับ VC ที่มีการใช้แบนด์วิดท์มาก (VC A และ VC D) หลังจากนั้นสวิตช์จะทำการตรวจสอบจำนวนเซลล์ที่อยู่ในบัฟเฟอร์ของ VC A ใหม่อีกครั้งว่ามากกว่าจุดเริ่มเปลี่ยนพลวัตหรือไม่ แต่ในรูปที่ 3.6 (ค) จำนวนเซลล์ที่อยู่ในบัฟเฟอร์ของ VC A มากกว่าจุดเริ่มเปลี่ยนพลวัต สวิตช์จะทำการทิ้งแพ็กเกจของ VC A ออกไป ในรูปที่ 3.6 (ง) แพ็กเกจของ VC D เข้ามาถึงสวิตช์ ซึ่งขณะนั้นจำนวนเซลล์ในบัฟเฟอร์ของ VC D มากกว่าระดับ fair share แต่น้อยกว่าจุดเริ่มเปลี่ยนพลวัตจึงทำให้สวิตช์รับแพ็กเกจของ VC D เข้าไปในบัฟเฟอร์ของสวิตช์



รูปที่ 3.5 แสดงแผนภูมิการทำงานของอัลกอริทึม EPD ที่ใช้เทคนิคจุดเริ่มเปลี่ยนแบบพลวัต



รูปที่3.6 แสดงการทำงานของอัลกอริทึม EPD ที่ใช้เทคนิคจุดเริ่มเปลี่ยนแบบพลวัต

เมื่อโครงข่ายเกิดความคับคั่ง อัลกอริทึม EPD จะทำการทิ้งเซลล์ออกไปโดยจะทำการทิ้งเซลล์แบบสุ่มไม่สนใจว่าจำนวนเซลล์ของ VC ใดมีอยู่ในบัฟเฟอร์มากกว่ากันจึงเป็นสาเหตุให้อัลกอริทึม EPD สามารถปรับปรุงประสิทธิภาพของโครงข่ายได้ แต่ไม่สามารถปรับปรุงความเท่าเทียมกันในการส่งข้อมูล ฉะนั้นจึงได้มีการเสนออัลกอริทึม EPD ที่ใช้เทคนิคจุดเริ่มเปลี่ยนแบบพลวัตซึ่งจะสามารถปรับปรุงสมรรถนะของ TCP และความเท่าเทียมกันในการส่งข้อมูล เพราะเมื่อโครงข่ายเริ่มเกิดความคับคั่งอัลกอริทึม EPD ที่ใช้เทคนิคจุดเริ่มเปลี่ยนแบบพลวัตจะเลือกทิ้งเซลล์ออกจากสวิตช์ จะไม่ใช่ทำการทิ้งเซลล์แบบสุ่ม

เหมือนกับอัลกอริทึม EPD โดยจะเลือกทิ้งเซลล์ของ VC ที่มีการใช้แบนด์วิดท์ของโครงข่ายมากกว่าที่จัดสรรให้ออกไปก่อน ในบทต่อไปจะเป็นแบบจำลองการทำงานและการคำนวณหาประสิทธิภาพของ TCP