หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

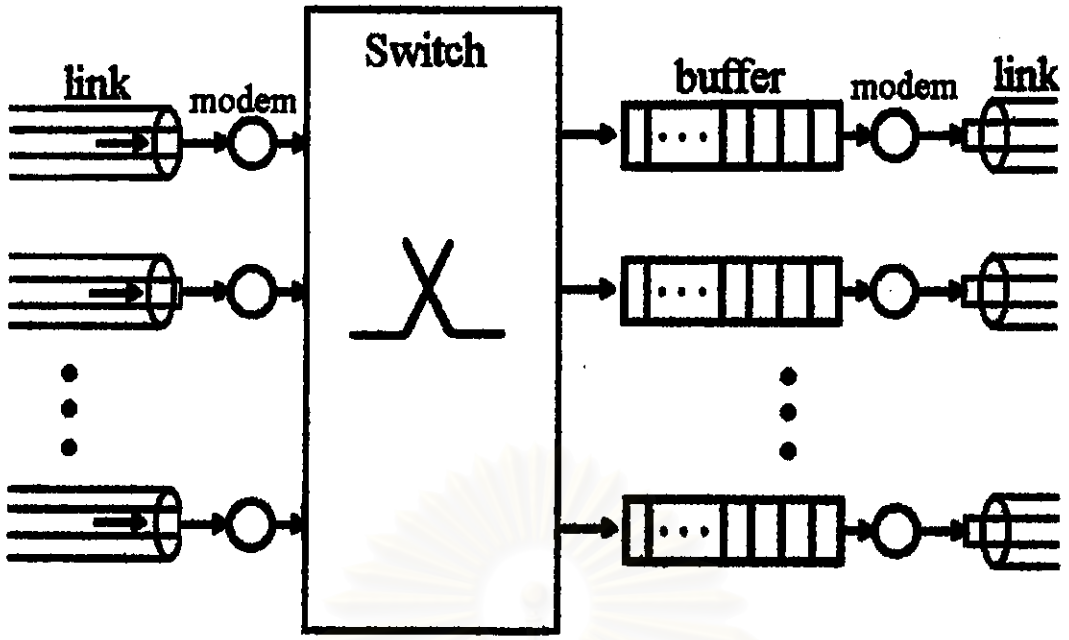
แบบจำลองปัญหาการจัดเส้นทางวงจรเสมือนในโครงข่ายสื่อสารแบบคอนเนกชันโอเรียนเตด

ความนำ

ในการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางของวงจรเสมือน จำเป็นที่จะต้องทราบโทโปโลยี (topology) ของโครงข่ายที่จะทำการจัดเส้นทางให้กับวงจรเสมือน และ อัตราการไหลเฉลี่ยของแพ็กเกตในวงจรเสมือนที่ต้องการส่งจากโนดต้นทางไปยังโนดปลายทาง ในบทนี้จะกล่าวถึงแบบจำลองปัญหาการจัดเส้นทางของวงจรเสมือนให้กับโครงข่ายสื่อสารแบบคอนเนกชันโอเรียนเตด โดยแบ่งกล่าวเป็นสองหัวข้อคือ การคำนวณหาค่าวัตถุประสงค์ (objective value) ที่จะนำมาใช้ในการเลือกเซตของเส้นทางวงจรเสมือนจากสเปซเส้นทางที่เป็นไปได้ทั้งหมดของวงจรเสมือนทุกวงจรเสมือน และหัวข้อต่อมาจะกล่าวถึงการประยุกต์การใช้ฮิวริสติกอัลกอริทึมเข้ามาแก้ปัญหาในการจัดเส้นทางวงจรเสมือนทุกๆคู่โนดต้นทาง-โนดปลายทางในโครงข่ายสื่อสาร

การคำนวณหาค่าวัตถุประสงค์ในการจัดเส้นทาง

วิทยานิพนธ์นี้ ได้พิจารณาการรับประกันคุณภาพในการให้บริการของเส้นทางวงจรเสมือนในโครงข่ายสื่อสารที่ให้บริการแบบคอนเนกชันโอเรียนเตดเฉพาะโอกาสที่แพ็กเกตจะเกิดการสูญหายเมื่อทำการส่งแพ็กเกตผ่านวงจรเสมือนเท่านั้น ซึ่งทำการพิจารณาจากค่าความน่าจะเป็นที่แพ็กเกตจะเกิดการสูญหายตลอดเส้นทางที่วงจรเสมือนได้เชื่อมต่อ โดยการสูญหายของแพ็กเกตนี้จะเกิดขึ้นจากการที่แพ็กเกตเกิดการบล็อกขึ้นที่หน้าบัฟเฟอร์ในแต่ละโนดที่วงจรเสมือนทำการเชื่อมต่อ และสมมุติให้บัฟเฟอร์ที่ใช้วางอยู่ด้านขาออกของสวิตช์(Park and Tsai, 1993) ดังรูปที่ 3.1 แสดงถึงแบบจำลองโนดในโครงข่ายสื่อสารที่ใช้ในการจำลองปัญหา



รูปที่ 3.1 แบบจำลองโนดในโครงข่ายสื่อสาร

พิจารณาโครงข่ายสื่อสารขนาด N โนด โดยแต่ละวงจรเสมือนมีอัตราการไหลของแพ็กเกตที่ต้องการส่งแพ็กเกตจากโนดที่ i ไปยังโนดที่ j เป็น x_{ij} ค่า i และ j เท่ากับ $1, 2, .., N$ โดยที่ $i \neq j$ และเส้นทางที่ถูกเลือกใช้เป็น p_{ij} ซึ่งเป็นสมาชิกในเซต P_{ij} โดยที่เซต P_{ij} เป็นเซตของเส้นทางที่เป็นไปได้ทั้งหมดของวงจรเสมือนที่เชื่อมจากโนดที่ i ไปยังโนดที่ j และเซตของเส้นทางที่ถูกเลือกใช้สำหรับแต่ละวงจรเสมือนในโครงข่ายสื่อสารเป็น $P_w = \{ p_{12}, p_{13}, p_{14}, \ldots, p_{N(N-1)} \}$ แล้ว จะสามารถหาค่าอัตราการไหลเฉลี่ยของแพ็กเกตในข่ายเชื่อมโยงที่ใช้ส่งแพ็กเกตจากโนดที่ x ไปยังโนดที่ y หรือ F_{xy} ได้เท่ากับผลรวมของอัตราการไหลเฉลี่ยของแพ็กเกตในแต่ละวงจรเสมือนที่มีเส้นทางผ่านข่ายเชื่อมโยงที่เชื่อมจากโนดที่ x ไปยังโนดที่ y ดังสมการที่ 3.1 (Lin and Wang, 1993)

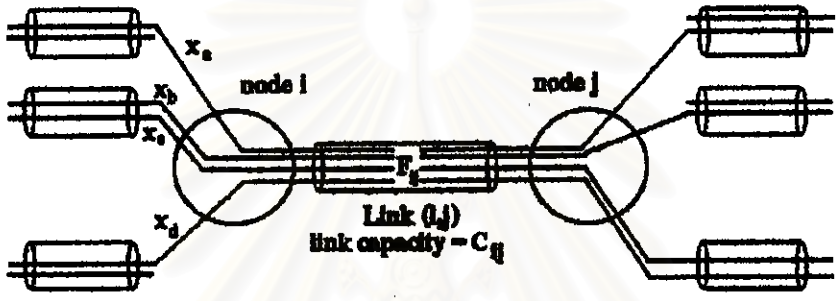
$$F_{xy} = \sum_{\forall i,j \mid i \neq j \mid p_{ij} \in P_w} x_{ij} \delta_{xy}(i,j) \qquad (3.1)$$

ซึ่งถ้าข่ายเชื่อมโยงจากโนดที่ x ไปยังโนดที่ y อยู่บนเส้นทาง p_{ij} แล้วค่าของ $\delta_{xy}(i,j)=1$ แต่ถ้าข่ายเชื่อมโยงจากโนดที่ x ไปยังโนดที่ y ไม่อยู่บนเส้นทาง p_{ij} แล้วค่าของ $\delta_{xy}(i,j)=0$ และ

อัตราการไหลเฉลี่ยของแพ็กเกตในข่ายเชื่อมโยงที่ใช้ส่งแพ็กเกตจากโนดที่ x ไปยังโนดที่ y นี้จะต้องมีค่าที่น้อยกว่าอัตราการส่งแพ็กเกตที่ข่ายเชื่อมโยงจะทำการส่งแพ็กเกตได้(Green, 1995) จากโทโปโลยีของโครงข่ายสื่อสารจะพบว่าอัตราการส่งแพ็กเกตของข่ายเชื่อมโยงจากโนดที่ x ไปยังโนดที่ y จะเท่ากับค่าความจุของข่ายเชื่อมโยงจากโนดที่ x ไปยังโนดที่ y ซึ่งกำหนดให้มีค่าเป็น C_{xy} จะได้ว่า

$$F_{xy} \le C_{xy} \tag{3.2}$$

สมการที่ 3.2 นี้จะใช้เป็นเงื่อนไขที่จำเป็นสำหรับการเลือกเซตของเส้นทางวงจรเสมือนที่เหมาะที่สุด รูปที่ 3.2 อธิบายถึงค่าต่างๆที่กำหนดขึ้นข้างต้น



x_a, x_b, x_c และ x_d เป็นอัตราการไหลเฉลี่ยของแพ็กเกตในวงจรเสมือนที่ต้องผ่าน link (I,j)

รูปที่ 3.2 แสดงการคิดค่าอัตราการไหลเฉลี่ยของแพ็กเกตในข่ายเชื่อมโยง, F_{xy}, ที่ต่อโนดที่ x เข้ากับโนดที่ y

จากสมการที่ 3.1 จะสามารถคำนวณหาอัตราส่วนที่วงจรเสมือน p_{ij} ที่ต่อเชื่อมจากโนดที่ i ไปยังโนดที่ j ได้เข้าใช้ข่ายเชื่อมโยงที่เชื่อมจากโนดที่ x ไปยังโนดที่ y ตามสมการที่ 3.3

$$r_{xy}(i,j) = \frac{x_{ij}}{F_{xy}} \tag{3.3}$$

เราสามารถจำลองกระบวนการเข้าคิวของแพ็กเกตที่หน้าบัฟเฟอร์ด้านขาออกของสวิตช์เป็นกระบวนการเข้ามาของแพ็กเกตที่มีการกระจายแบบปัวส์ซง(Poisson distribution) ซึ่งเป็นกรณีทั่วไปสำหรับกระบวนการแรนดัมของทราฟฟิกในโครงข่ายสื่อสาร ในการจำลองปัญหานี้ได้

กำหนดให้อัตราการส่งออกของโมเดมมีการกระจายแบบเอ็กโปเนนเชียล(exponential service time distribution) ที่มีอัตราการส่งข้อมูลเฉลี่ยเท่ากับ C_{xy} แพ็กเกต/วินาที จากแบบจำลองของโนดข้างต้นนั้น จำนวนของโมเดมที่ใช้มีเพียงตัวเดียว และมีขนาดของบัฟเฟอร์ที่ใช้ส่งแพ็กเกตจากโนดที่ x ไปยังโนดที่ y เป็น K_{xy} แพ็กเกต ดังนั้นจะได้รูปแบบจำลองการเข้าคิวของแพ็กเกตเป็น M/M/1/K ดังนั้นค่าความน่าจะเป็นที่แพ็กเกตจะเกิดการสูญหายขึ้นเนื่องจากการบล็อกของบัฟเฟอร์ด้านขาออกของสวิตช์ในการส่งแพ็กเกตจากโนดที่ x ไปยังโนดที่ y เป็น $P_b(x,y)$ จะสามารถหาค่าได้จากค่าความน่าจะเป็นที่จะเกิดการบล็อกในแบบจำลอง M/M/1/K ดังสมการที่ 3.4

$$P_b(x,y) = \frac{(1-\rho_{xy})\rho_{xy}^{K_{xy}}}{1-\rho_{xy}^{K_{xy}+1}} \tag{3.4}$$

โดยค่า $\rho_{xy} = \frac{F_{xy}}{C_{xy}}$ เป็นค่าโหลดของกระบวนการคิวอิงที่บัฟเฟอร์ขาออกของสวิตช์ พิจารณาจากสมการที่ 3.2 จะพบว่าค่า ρ_{xy} นี้จะต้องมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับหนึ่งเท่านั้น

จากสมการที่ 3.1 และสมการที่ 3.4 เราสามารถคำนวณหาอัตราการไหลเฉลี่ยของแพ็กเกตในช่ายเชื่อมโยงที่ใช้ส่งแพ็กเกตจากโนดที่ x ไปยังโนดที่ y ที่หายไปเนื่องจากแพ็กเก็ตเกิดการบล็อกขึ้นที่บัฟเฟอร์ด้านออกของสวิตช์ได้เป็น L_{xy} ตามสมการที่ 3.5

$$L_{xy} = F_{xy} \times P_b(x,y) \tag{3.5}$$

จากค่าอัตราส่วนการเข้าใช้ช่ายเชื่อมโยงในสมการที่ 3.3 และอัตราการสูญหายของแพ็กเกต ในสมการที่ 3.5 เราสามารถคำนวณหาอัตราการไหลของแพ็กเกตที่สูญหายไปสำหรับช่ายเชื่อมโยงจากโนดที่ x ไปยังโนดที่ y เฉพาะวงจรเสมือนที่ส่งแพ็กเกตจากโนดที่ i ไปยังโนดที่ j ได้เป็น $f_{ij}(x,y)$ ดังแสดงในสมการที่ 3.6

$$f_{ij}(x,y) = L_{xy} \times r_{xy}(i,j) \times \delta_{xy}(i,j) \tag{3.6}$$

และจะได้ค่าความน่าจะเป็นที่จะเกิดการสูญหายของแพ็กเกตเนื่องจากการบล็อกของบัฟเฟอร์ภายในโนดต่างๆตลอดเส้นทางที่วงจรเสมือนผ่าน $P_{Bm}(i,j)$ มีค่าเท่ากับผลรวมของอัตรา

การไหลเฉลี่ยของแพ็กเกตที่หายไปในทุกๆช่วงเชื่อมโยงตลอดเส้นทางที่วงจรเสมือน p_{ij} ผ่านต่ออัตราการไหลเฉลี่ยของแพ็กเกตที่ต้นทางต้องการส่งไปยังปลายทางดังแสดงในสมการที่ 3.7

$$P_{Bm}(i,\ j) = \frac{\sum_{link(x,y)\in p_{ij}} f_{ij}(x,\ y)}{x_{ij}} \qquad (3.7)$$

เราสามารถนำสมการที่ 3.7 ไปใช้ประกอบการเลือกเซตของเส้นทางสำหรับวงจรเสมือนของทุกๆคู่โนดต้นทาง-โนดปลายทางในโครงข่ายสื่อสารที่ให้บริการแบบคอนเนกชันโอเรียนเตด โดยเซตของเส้นทางสำหรับทุกๆวงจรเสมือนที่จะถูกเลือกจะต้องมีค่าความน่าจะเป็นที่จะเกิดการสูญหายของแพ็กเกตเนื่องจากการบล็อกของบัฟเฟอร์ภายในโนดต่างๆตลอดเส้นทางที่วงจรเสมือนผ่านน้อยที่สุดสำหรับทุกๆวงจรเสมือนในโครงข่าย ดังนั้นเราสามารถกำหนดเป็นค่าวัตถุประสงค์ที่จะนำไปใช้ในการค้นหาเซตของเส้นทางวงจรเสมือนที่เหมาะที่สุดได้ดังนี้

$$\text{ค่าวัตถุประสงค์ } (Objective\ Value) = \max_{p_{ij}\in P_{ij}} \{P_{Bm}(i,\ j)\} \qquad (3.8)$$

โดยเราสามารถอธิบายได้ว่าค่าวัตถุประสงค์ที่ได้จากสมการที่ 3.8 เป็นค่าสูงที่สุดจากค่าความน่าจะเป็นที่แพ็กเกตจะเกิดการสูญหายในแต่ละวงจรเสมือนในโครงข่ายสื่อสาร ดังนั้นเซตของเส้นทางของทุกๆวงจรเสมือนที่เหมาะที่สุดจะหาได้จาก

$$Min.\ \{\ \max_{p_{ij}\in P_{ij}} \{P_{Bm}(i,\ j)\}\ \} \qquad (3.9)$$

โดยมีเงื่อนไข $F_{xy} \le C_{xy}$

<u>การประยุกต์ใช้ฮิวริสติกอัลกอริทึมในการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางวงจรเสมือน</u>

การจัดเส้นทางโดยขึ้นอยู่กับอัตราการไหลเฉลี่ยของแพ็กเกตของวงจรเสมือนที่เชื่อมโนดต้นทางและปลายทางนั้น จำเป็นที่จะต้องเผื่ออัตราการไหลเฉลี่ยของแพ็กเกตไว้ เพราะหากมีอัตราการไหลเฉลี่ยของแพ็กเกตจากโนดต้นทางและปลายทางเพิ่มขึ้นแต่ยังคงอยู่ในช่วงที่ได้ทำการเผื่อค่าไว้ก็ไม่จำเป็นที่จะต้องทำการจัดเส้นทางของวงจรเสมือนใหม่ ถ้ากำหนดให้ค่าร้อยละที่ใช้ใน

การเผื่อไว้เป็น $P_{\%}$ เราสามารถหาอัตราการไหลเฉลี่ยของแพ็กเกตในช่ายเชื่อมโยงจากโนดที่ x ไปยังโนดที่ y ที่วงจรเสมือนผ่านแทนการหาจากสมการที่ 3.1 ได้ดังนี้

$$F_{xy} = \sum_{\forall i,j \mid p_{ij} \in P_w} (1+\frac{P_{\%}}{100}) \times x_{ij} \times \delta_{xy}(i,j) = (1+\frac{P_{\%}}{100}) \times \sum_{\forall i,j \mid p_{ij} \in P_w} x_{ij}\delta_{xy}(i,j) \tag{3.10}$$

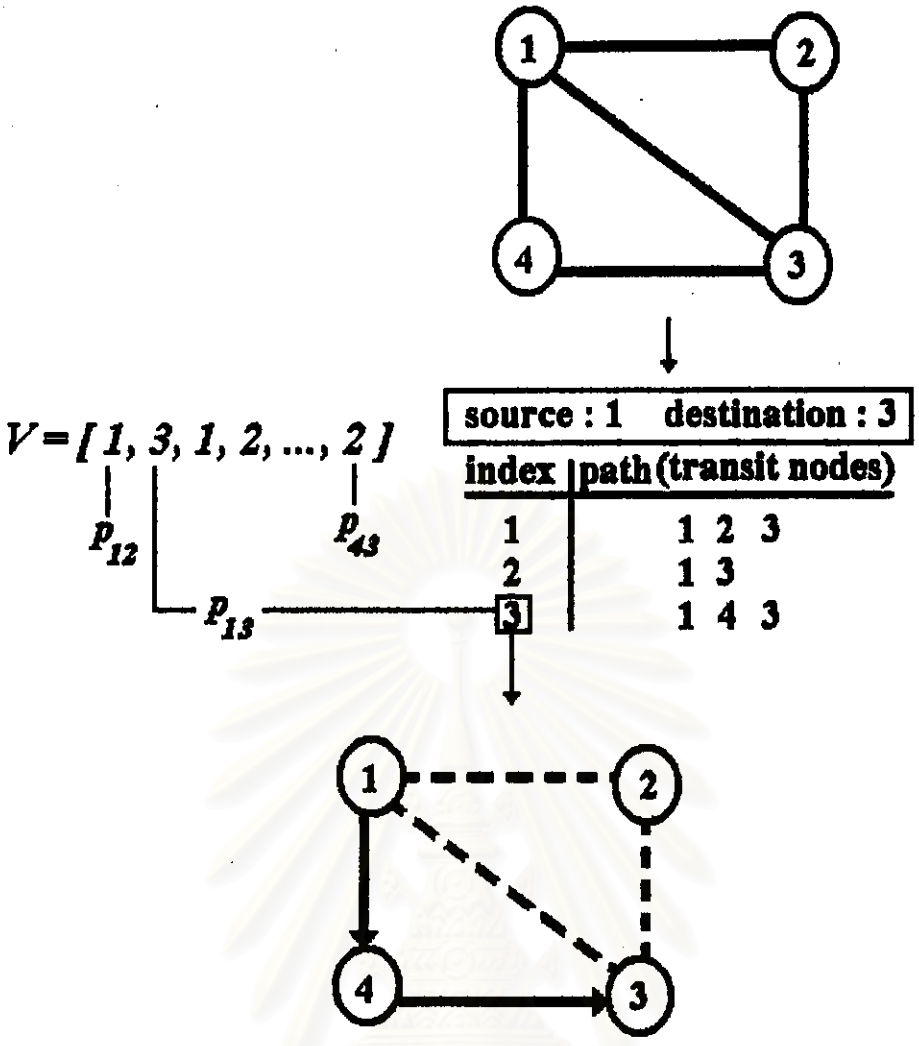
หลังจากนั้นแล้วจึงค่อยทำการจัดเส้นทางวงจรเสมือน

จากขั้นตอนการดำเนินการค้นหาคำตอบที่เหมาะที่สุดโดยใช้ฮิวริสติกอัลกอริทึมในบทที่ 2 จะพบว่าคำตอบที่ใช้ในการแก้ปัญหาจะถูกจัดให้อยู่ในรูปของเวกเตอร์ เซตของเส้นทางของทุกๆ วงจรเสมือนสามารถที่จะเข้ารหัสให้อยู่ในรูปของเวกเตอร์ได้โดยให้สมาชิกในเวกเตอร์ที่ตำแหน่งต่างๆมีค่าเป็นเลขจำนวนเต็ม ซึ่งแทนลำดับของเส้นทางวงจรเสมือนที่ถูกเลือกใช้จากเส้นทางที่เป็นไปได้ทั้งหมดดังนี้ หากโครงข่ายสื่อสารมีขนาด N โนด จะได้ว่าจำนวนของวงจรเสมือนที่ใช้ส่งแพ็กเกตจากโนดต้นทางไปยังโนดปลายทางทั้งหมดเป็น $N(N-1)$ วงจรเสมือน ในวงจรเสมือนที่เชื่อมต่อจากโนดต้นทางที่ i ไปยังโนดปลายทางที่ j สามารถมีเส้นทางที่เป็นไปได้ทั้งหมดเป็น n_{ij} เส้นทาง โดยแต่ละเส้นทางจะถูกแทนด้วยเลขจำนวนเต็มตั้งแต่ 1 จนถึง n_{ij} ดังนั้นเราสามารถเขียนเซตของเส้นทางของทุกๆวงจรเสมือนในรูปเวกเตอร์ได้เป็น

$$V = \left[P_{12}, P_{13}, P_{14}, \cdots, P_{N(N-1)}\right] \tag{3.11}$$

โดยแต่ละสมาชิกของเวกเตอร์จะแสดงถึงเส้นทางที่เลือกใช้ในการส่งแพ็กเกตจากโนดต้นทางไปยังโนดปลายทาง และจำนวนของสมาชิกในเวกเตอร์จะเท่ากับจำนวนของวงจรเสมือนทั้งหมดที่ใช้ในโครงข่าย

สำหรับการหาเวกเตอร์ที่ใกล้เคียงกับเวกเตอร์เดิมในขบวนการของฮิวริสติกอัลกอริทึมจะกระทำได้โดยการเปลี่ยนค่าตัวเลขในบางสมาชิกของเวกเตอร์ ซึ่งก็คือการเปลี่ยนเส้นทางของวงจรเสมือนบางวงจรเสมือนในเซตของเส้นทางของทุกๆวงจรเสมือน เมื่อเสร็จสิ้นการประมวลผลแล้วเวกเตอร์ที่ได้จะถูกนำมาถอดรหัสเพื่อให้ได้เส้นทางที่เหมาะที่สุดของวงจรเสมือนทุกวงจรดังแสดงในรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 การถอดรหัสเวกเตอร์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย