บทที่ 3

วิธีการประเมินความเชื่อถือได้ที่เสนอ

ในโครงข่ายที่มีลักษณะเป็นแบบ MPLS นั้นการส่งข้อมูลจะส่งจากจุดเริ่มต้นหรือโนดขาเข้าไปยังจุดปลายทางหรือโนดขาออก ดังนั้นวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จึงเสนอการประเมินความเชื่อถือได้ของโครงข่ายที่มีลักษณะแบบ MPLS โดยนำทฤษฎีของเกมเข้ามาใช้ โดยผลจากการวิเคราะห์ดังกล่าวสามารถนำมาปรับปรุงข่ายเชื่อมโยงจุดที่มีผลกระทบกับโครงข่ายมากที่สุดเมื่อข่ายเชื่อมโยงนั้นเกิดความเสียหายเพื่อปรับปรุงสมรรถนะและคุณภาพของการให้บริการของโครงข่ายโดยใช้ข้อมูลการวิเคราะห์ในการออกแบบและปรับปรุงโครงข่ายให้ดีขึ้นต่อไปได้

เมื่อพิจารณาโครงข่ายให้มีลักษณะเป็นเกมที่มีลักษณะไม่ร่วมมือกัน กำหนดให้มีผู้เล่นแข่งขันกัน 2 ฝ่าย ระหว่าง เราเตอร์ กับ ตัวทดสอบโครงข่ายโดยมีจุดประสงค์ของเกมก็คือ การหาข่ายเชื่อมโยง ซึ่งเมื่อเกิด ความเสียหายขึ้นแล้วจะทำให้เกิดผลกระทบต่อสมรรถนะของระบบมากที่สุด เนื้อหาในบทนี้จึงเริ่มจากการนำกรรมวิธีที่เรียกว่า MSA และ MMSA ไปใช้ในการแก้ปัญหาโดยจะแบ่งเป็น 4 หัวข้อซึ่งในหัวข้อแรกจะเกี่ยวกับการประเมินความเชื่อถือได้เมื่อโครงข่ายมีลักษณะความเสียหายที่เป็นแบบอิสระต่อกัน (independent link failure) คือมีเพียง 1 ข่ายเชื่อมโยงเท่านั้นที่สามารถถูกทำลายได้ขณะช่วงเวลาใด ๆ และเมื่อข่ายเชื่อมโยงนั้นถูกทำลายก็จะไม่มีผลกระทบกับข่ายเชื่อมโยงอื่น ๆ ในโครงข่าย ในหัวข้อที่สองจะพิจารณาโครงข่ายเป็นแบบหลายๆระดับซึ่งในที่นี้จะขอพิจารณาเพียง 2 ระดับคือในเลเยอร์กายภาพและในเลเยอร์ตรรก (physical layer and logical layer) โดยให้อยู่บนพื้นฐานของโครงข่าย MPLS ซึ่งจะเกี่ยวเนื่องกับความเสียหายของข่ายเชื่อมโยงที่เป็นแบบไม่เป็นอิสระต่อกัน (dependent link failure) คือเมื่อข่ายเชื่อมโยงหนึ่ง ๆ เกิดความเสียหายอาจจะส่งผลกระทบให้ข่ายเชื่อมโยงอื่น ๆ ไม่สามารถใช้งานได้อีกด้วย หัวข้อที่สามจะเพิ่มเติมว่าถ้าข่ายเชื่อมโยงนั้น ๆ เกิดความเสียหายมากกว่า 1 ข่ายเชื่อมโยงพร้อม ๆ กันจะมีวิธีประเมินความเชื่อถือได้อย่างไร ส่วนในหัวข้อที่สี่จะพิจารณาเพิ่มขึ้นไปอีกว่าจากเดิมที่มีจุดต้นทางจะจุดปลายทางเพียง 1 คู่โนดเท่านั้นและถ้ามีลักษณะที่เป็นแบบมีจุดต้นทางและจุดปลายทางมากกว่า 1 คู่โนดจะมีวิธีประเมินความเชื่อถือได้ของโครงข่ายอย่างไร

3.1 กรณีโครงข่ายแบบหลายระดับที่มีการเสียหายของข่ายเชื่อมโยงแบบไม่เป็นอิสระต่อกัน เมื่อมีทราฟฟิกจาก 1 คู่โนด

ในหัวข้อนี้จะวิเคราะห์ว่ามีต้นทาง-ปลายทางเพียงแค่ 1 คู่โนดเท่านั้นที่มีการส่งข้อมูลภายในโครงข่ายในขณะช่วงเวลาใด ๆ โดยในแต่ละเหตุการณ์ของการเกิดความเสียหาย (failure scenario) จะมี N ข่าย

เชื่อมโยงที่จะถูกทำลาย โดยตัวทดสอบโครงข่าย ซึ่งในหัวข้อนี้จะประยุกต์ใช้กรรมวิธี MMSA โดยการแก้ปัญหาในส่วนนี้จะพิจารณาโครงข่ายให้มีลักษณะเป็นเกมที่มีลักษณะไม่ร่วมมือกัน จะกำหนดให้มีผู้เล่นแข่งขันกัน 2 ฝ่าย ระหว่าง เราเตอร์ กับ ตัวทดสอบโครงข่าย โดยมีขั้นตอนการแก้ปัญหาดังนี้

1. หาค่าเริ่มต้น (initial value) ของความน่าจะเป็นในการเลือกใช้เส้นทางที่ k , (probability of path k , p_k) ของเราเตอร์โดยหาจาก

$$p_k = \left(\frac{1/h(k)}{\sum_{k=1}^{K} 1/h(k)} \right)$$

โดยที่

$h(k)$ = จำนวน hop ของเส้นทางที่ k

$k = 1, 2, \ldots, K$

K = จำนวนเส้นทางทั้งหมด

2. กำหนดค่าเริ่มต้นของ ค่าความน่าจะเป็น q_j ในการเกิดความเสียหายเหตุการณ์ที่ j ดังนี้

$$q_j = 1/J$$

โดยที่

$j = 1, 2, \ldots, J$

J = จำนวนเหตุการณ์ในการเกิดความเสียหายที่เป็นไปได้ทั้งหมด

3. เราเตอร์คำนวณหาค่าต้นทุนเฉลี่ยของเส้นทางเชื่อมโยงที่ k (Expected path cost , $E[P_k]$) จากสมการ

$$E[P_k] = \sum_j c_{k,j} q_j$$

โดยที่

$c_{k,j}$ = ค่าต้นทุนของเส้นทางเชื่อมโยงที่ k เมื่อเกิดความเสียหายเหตุการณ์ที่ j

q_j = ค่าความน่าจะเป็นของการเกิดความเสียหายเหตุการณ์ที่ j

4. เราเตอร์นำค่าต้นทุนเฉลี่ยของเส้นทางเชื่อมโยงมาเปรียบเทียบกันทุกเส้นทางเพื่อหาเส้นทางที่มีค่าต้นทุนเฉลี่ยน้อยที่สุด (k^*)

$$E[P_{k^*}] = \min_k E[P_k]$$

$$k^* = \arg\min_k E[P_k]$$

5. คำนวณหาค่าระดับขั้นในการเพิ่ม/ลดโอกาสในการใช้เส้นทางต่าง ๆ

$$\Delta = \min_k (p_k) \left(1 - \left(\frac{n}{n+1}\right)\right)$$

โดยที่ n = จำนวนครั้งที่ได้ทำการผลัดกันเล่นเกมไปแล้ว (เริ่มต้นมีค่าเท่ากับ 1)

6. คำนวณหาค่า p_k ใหม่จาก

$$p_k = \begin{cases} p_k + \Delta & ;\ k = k^* \\ p_k - \left(\frac{\Delta}{K-1}\right) & ;\ k \neq k^* \end{cases}$$

7. ทำการหาค่าความน่าจะเป็นในการเลือกใช้ข่ายเชื่อมโยงที่ i

$$p_i = \sum_k a_{i,k} p_k$$

โดยที่

$a_{i,k}$ = 1 , ถ้าข่ายเชื่อมโยง i อยู่บนเส้นทางที่ k

$a_{i,k}$ = 0 , ถ้าข่ายเชื่อมโยง i ไม่ได้อยู่ในเส้นทางที่ k

8. ตัวทดสอบโครงข่ายหาค่าต้นทุนเฉลี่ยของการทำลายโครงข่ายในเหตุการณ์ที่ j (Expected failure cost , $E[F_j]$)

$$E\left[F_j\right] = \sum_k c_{k,j} p_k$$

9. ตัวทดสอบโครงข่ายนำค่าต้นทุนเฉลี่ยของการทำลายโครงข่ายในเหตุการณ์ที่ j มาเปรียบเทียบกันทุกเหตุการณ์เพื่อหาเหตุการณ์ที่ให้ค่าต้นทุนเฉลี่ยของการทำลายโครงข่ายสูงที่สุด (j^*)

$$E[F_{j^*}] = \max_j E[F_j]$$

$$j^* = \arg\max_j E[F_j]$$

10. คำนวณหาค่าระดับขั้นในการเพิ่ม/ลดโอกาสในการทำลายโครงข่าย

$$\Omega = \min_j (q_j) \left(1 - \left(\frac{n}{n+1}\right)\right)$$

11. เพิ่มโอกาสในการเลือกทำลายในเหตุการณ์ที่มีค่าต้นทุนเฉลี่ยของการทำลายโครงข่ายที่สูงที่สุดโดยหาค่า q_j ใหม่

$$q_j = \begin{cases} q_j + \Omega & ; j = j^* \\ q_j - \left(\frac{\Omega}{J-1}\right) & ; j \neq j^* \end{cases}$$

โดยที่

ตัวทดสอบโครงข่ายสามารถทำลายข่ายเชื่อมโยงได้ N^* ข่ายเชื่อมโยงในเหตุการณ์ความเสียหายที่ j^*

12. คำนวณหาค่าต้นทุนในการเดินทางที่คาดหวัง (Expected trip cost , $E[T]$)

$$E[T] = \sum_{k,j} c_{k,j} p_k q_j$$

13. ทำขั้นตอนที่ 3 ถึง 12 ซ้ำจนกระทั่งเกิดการลู่เข้า (convergence) ของค่าต้นทุนในการเดินทางที่คาดหวัง ($E[T]$)

3.2 กรณีโครงข่ายแบบหลายระดับที่มีการเสียหายของข่ายเชื่อมโยงแบบไม่เป็นอิสระต่อกัน เมื่อมีทราฟฟิกมากกว่า 1 คู่โนด

ในหัวข้อนี้จะวิเคราะห์ว่ามีหลายคู่โนดต้นทางปลายทางที่มีการส่งข้อมูลภายในโครงข่ายในขณะช่วงเวลาใด ๆ โดยในแต่ละเหตุการณ์ของการเกิดความเสียหาย (failure scenario) จะมี N ข่ายเชื่อมโยงที่จะถูกทำลาย โดยตัวทดสอบโครงข่าย ซึ่งในหัวข้อนี้จะประยุกต์ใช้กรรมวิธี MMSA โดยการแก้ปัญหาในส่วนนี้จะพิจารณาโครงข่ายให้มีลักษณะเป็นเกมที่มีลักษณะไม่ร่วมมือกัน จะกำหนดให้มีผู้เล่นแข่งขันกัน 2 ฝ่าย ระหว่าง เราเตอร์ กับ ตัวทดสอบโครงข่าย โดยมีขั้นตอนการแก้ปัญหาดังนี้

1. หาค่าเริ่มต้น (initial value) ของความน่าจะเป็นในการเลือกใช้เส้นทางที่ k ของคู่โนดที่ m , (probability of path k , p_k) ของเราเตอร์โดย

$$p_k = \left(\frac{1/h(k)}{\sum\limits_{k=1}^{K} 1/h(k)} \right)$$

โดยที่

$h(k)$ = จำนวน hop ของเส้นทางที่ k

k = 1,2, . . . ,K

$k \in \bigcup\limits_{m} K_m$; K_m = เซตของเส้นทางที่เป็นไปได้ทั้งหมดของคู่โนดที่ m

$m = 1, 2, ..., M$

M = จำนวนคู่โนดต้นทางปลายทางทั้งหมด

2. กำหนดค่าเริ่มต้นของ ค่าความน่าจะเป็น q_j ในการเกิดความเสียหายเหตุการณ์ที่ j ดังนี้

$$q_j = 1/J$$

โดยที่

$j = 1, 2, \ldots, J$

3. เราเตอร์ทำการคำนวณหาค่าราคาต้นทุนเฉลี่ยของเส้นทางเชื่อมโยงที่ k ของแต่ละคู่โนดที่ m (Expected path cost , $E[P_k]$)

หอสมุดกลาง สำนักงานวิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$$E[P_k] = \sum_j c_{k,j} q_j$$

โดยที่

$c_{k,j}$ = ค่าต้นทุนของเส้นทางเชื่อมโยงที่ k เมื่อเกิดความเสียหายเหตุการณ์ที่ j

q_j = ค่าความน่าจะเป็นของการเกิดความเสียหายเหตุการณ์ที่ j

4. เราเตอร์นำค่าต้นทุนเฉลี่ยของเส้นทางเชื่อมโยงมาเปรียบเทียบกันทุกเส้นทางเพื่อหาเส้นทางที่มีค่าต้นทุนเฉลี่ยน้อยที่สุด (k_m^*) โดยแต่ละคู่โนดจะแยกคำนวนแบบอิสระต่อกัน

$$E[P_{k_m^*}] = \min_{k \in K_m} E[P_k]$$

$$k_m^* = \arg\min_{k \in K_m} E[P_k]$$

5. คำนวณหาค่าระดับขั้นในการเพิ่ม/ลดโอกาสในการใช้เส้นทางต่าง ๆ ของแต่ละคู่โนด

$$\Delta_m = \min_k (p_{k_m}) \left(1 - \left(\frac{n}{n+1}\right)\right)$$

โดยที่ n = จำนวนครั้งที่ได้ทำการผลัดกันเล่นเกมไปแล้ว (เริ่มต้นมีค่าเท่ากับ 1)

6. คำนวณหาค่า p_k ใหม่จาก

$$p_k = \begin{cases} p_k + \Delta_m & ;\ k = k^* \\ p_k - \left(\frac{\Delta_m}{n(K_m)-1}\right) & ;\ k \neq k^* \end{cases}$$

7. ทำการหาค่าความน่าจะเป็นในการเลือกใช้ข่ายเชื่อมโยงที่ i (probability of link i , p_i)

$$p_i = \left(\frac{\sum_{k,m} a_{i,k} b_{i,m} p_k}{M}\right)$$

โดยที่

$a_{i,k}$ จะมีค่าเป็น 1 ถ้าข่ายเชื่อมโยงนั้นอยู่บนเส้นทางที่ k และมีค่าเป็น 0 เมื่อข่ายเชื่อมโยงนั้นไม่ได้อยู่ในเส้นทางที่ k

$b_{i,m}$ จะมีค่าเป็น 1 ถ้าข่ายเชื่อมโยงนั้นอยู่บนคู่โนดที่ m และมีค่าเป็น 0 เมื่อข่ายเชื่อมโยงนั้นไม่ได้อยู่บนคู่โนดที่ m

8. ตัวทดสอบโครงข่ายหาค่าต้นทุนเฉลี่ยของการทำลายโครงข่ายในเหตุการณ์ที่ j (Expected failure cost , $E[F_j]$)

$$E\left[F_j\right] = \sum_k c_{k,j} p_k$$

โดยที่

$c_{k,j}$ = ค่าราคาต้นทุนของข่ายเชื่อมโยงที่ i ในขณะที่เกิดความเสียหายเหตุการณ์ที่ j

p_k = ค่าความน่าจะเป็นในการเลือกใช้เส้นทางที่ k

9. ตัวทดสอบโครงข่ายนำค่าต้นทุนเฉลี่ยของการทำลายโครงข่ายในเหตุการณ์ที่ j มาเปรียบเทียบกันทุกเหตุการณ์เพื่อหาเหตุการณ์ที่ให้ค่าต้นทุนเฉลี่ยของการทำลายโครงข่ายสูงที่สุด (j^*)

$$E[F_{j^*}] = \max_j E[F_j]$$

$$j^* = \arg\max_j E[F_j]$$

10. คำนวณหาค่าระดับขั้นในการเพิ่ม/ลดโอกาสในการทำลายโครงข่าย

$$\Omega = \min_j (q_j)\left(1 - \left(\frac{n}{n+1}\right)\right)$$

11. เพิ่มโอกาสในการเลือกทำลายในเหตุการณ์ที่มีค่าต้นทุนเฉลี่ยของการทำลายโครงข่ายที่สูงที่สุดโดยหาค่า q_j ใหม่จาก

$$q_j = \begin{cases} q_j + \Omega & ; j = j^* \\ q_j - \left(\frac{\Omega}{J-1}\right) & ; j \neq j^* \end{cases}$$

โดยที่

ตัวทดสอบโครงข่ายสามารถทำลายข่ายเชื่อมโยงได้ N^* ข่ายเชื่อมโยงในเหตุการณ์ความเสียหายที่ j^*

12. คำนวณหาค่าต้นทุนในการเดินทางที่คาดหวัง (Expected trip cost , $E[T]$) จากสมการดังนี้

$$E\left[T\right] = \sum_{k,j} c_{k,j} p_k q_j$$

13. ทำขั้นตอนที่ 3 ถึง 12 ซ้ำจนกระทั่งเกิดการลู่เข้า (convergence) ของค่าต้นทุนในการเดินทางที่คาดหวัง ($E[T]$)