บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 การจำลองปัญหาระบบเส้นทางเครือข่ายเอทีเอ็ม

เครือข่ายเอทีเอ็มเป็นเครือข่ายที่นิยมใช้เชื่อมต่อเป็น MAN (Matroprolitan-Area Network) เพราะว่ามีความเร็วสูงและสามารถรองรับข้อมูลได้หลายชนิดทั้งภาพ, เสียง และข้อมูลทั่วไป หลักการของเอทีเอ็มคือจะแบ่งข้อมูลออกเป็นเซล (Cell) ขนาด 53 ไบต์ (ส่วนหัว 5 ไบต์ และส่วนข้อมูล 48 ไบต์) แล้วส่งเข้าไปในเครือข่ายเอทีเอ็ม โดยหลักการเชื่อมต่อแบบคอนเน็กชันโอเรียนท์ (Connection Oriented) เช่นเดียวกับเครือข่ายสวิตช์วงจร (Circuit Switched Network) ระบบการเชื่อมเส้นทางของเครือข่ายเอทีเอ็มมีพื้นฐานอยู่บน Virtual Path System (VPs) ระบบ VPs เป็นการเชื่อมต่อแบบชั่วคราว (Logical connection) ทำให้มีความยืดหยุ่นในการจัดการระบบ Virtual Channel System (VCs) ซึ่งเป็นระดับการเชื่อมต่อของผู้ใช้เครือข่าย

งานวิจัยหลายงานได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการกำหนดระบบ VPs ซึ่งเกี่ยวข้องกับการแบ่งแบนด์วิด (Bandwidth Allocation) และการออปติไมซ์การทำงานของเครือข่ายเอทีเอ็มบนหลักการของ VP [9-15] ซึ่งเป้าหมายที่สำคัญต่อการกำหนดระบบ VPs คือเพื่อให้เครือข่ายสามารถรองรับการใช้งานของผู้ใช้ได้มากที่สุด การเชื่อมต่อจะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อเครือข่ายมีความสามารถที่จะรับรองคุณภาพการบริการ (Qos:Quality of Services) ของการเชื่อมต่อนั้นได้ ซึ่งปัจจัยหลักที่มีอิทธิพลต่อ Qos มีสองประการคือ ค่าการประวิงเวลาเฉลี่ยของแพ็คเก็ต (Average Packet Delay) และการบล็อกเซลเฉลี่ย (Average Cell Blocking)

ก. Average Packet Delay (APD) ค่าเฉลี่ยของค่าการประวิงเวลาในแต่ละสายส่งของเครือข่ายสามารถประมาณค่าได้โดย M/M/1 โมเดล [16] ซึ่งค่าเฉลี่ยของการประวิงเวลา APD หรือ T เป็น

$$T = \frac{1}{\gamma}\sum_{m=1}^{n}\frac{f_m}{C_m - f_m} \qquad (2.1)$$

เมื่อ

γ เป็นอัตราการเข้ามาข้อมูล หน่วยเป็น แพคเก็ตต่อวินาที

n เป็นจำนวนสายส่ง (Link) ทั้งหมด

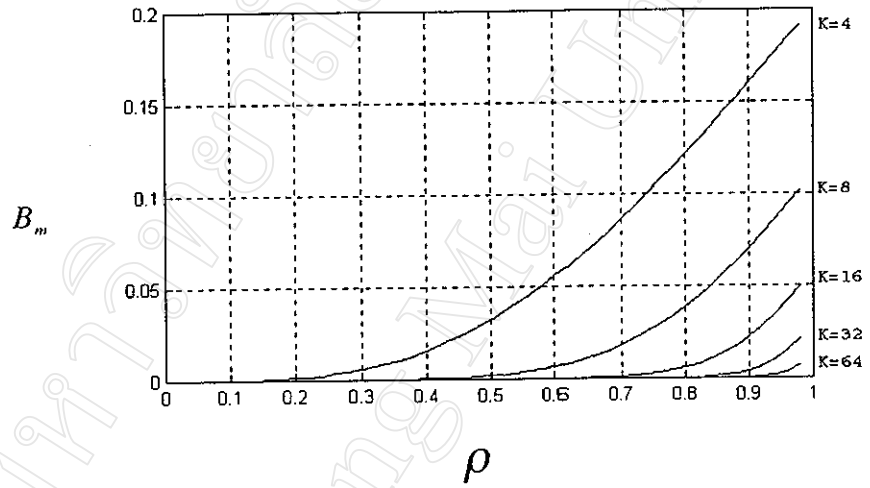
C_m เป็นความจุของสายส่ง m หน่วยเป็นบิตต่อวินาที (bps)

f_m ขนาดข้อมูลที่ส่งผ่านสายส่ง m หน่วยเป็นบิตต่อวินาที (bps)

ข. Average Cell Blocking (ACB) การบล็อกเซลข้อมูลมีสาเหตุเกิดจากสองประการ หนึ่งคือเมื่อมีความหนาแน่นของปริมาณทราฟฟิกในสายส่งสัญญาณ (ρ) ซึ่งมีค่าเท่ากับอัตราส่วนของข้อมูลที่ไหลผ่านสายส่ง (f) กับความจุของสายส่ง (C) และอีกสาเหตุมาจากขนาดบัฟเฟอร์ (K) ของเอทีเอ็มสวิตช์ ซึ่งเมื่อสมมุติว่ามีขนาดเท่ากันทุกๆสวิตช์ ความน่าจะเป็นที่จะเกิดการบล็อกเซล (B_m) ในสายส่งใด ๆ มีค่าตามสมการที่ 2.2

$$B_m\{K,\rho\} = \frac{(1-\rho)\rho^K}{1-\rho^{K+1}} \tag{2.2}$$

เมื่อ m คือสายส่งใดๆ ซึ่งสมการนี้อยู่บนโมเดล M/M/1/K [6-8] ซึ่งเราสามารถแสดงความสัมพันธ์ของค่าต่างๆ ในรูปกราฟได้ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของค่า B_m และค่า ρ

จากรูปกราฟแสดงให้เห็นว่าเมื่อค่าความหนาแน่นของทราฟฟิกในสายส่ง (ρ) มีค่ามากขึ้นจะทำให้ค่าความน่าจะเป็นของการบล็อกเซลมีค่ามากขึ้นตาม แต่เมื่อมีการเพิ่มค่าบัฟเฟอร์ (K) มากขึ้นจะทำให้ค่าความหนาแน่นของทราฟฟิกมีผลต่อค่าความน่าจะเป็นของการบล็อกเซลลดลง ซึ่งโดยปกติค่า K จะถูกกำหนดคงที่โดยตัวของเอทีเอ็มสวิตช์ แต่สิ่งที่จะเปลี่ยนแปลงในเครือข่ายเอทีเอ็มก็คือค่า ρ ซึ่งการจัดการเส้นทางที่เหมาะสมจะช่วยกระจายทราฟฟิกออกไปในทุกๆ สายส่ง ทำให้ค่า ρ ในสายส่งไม่มากเกินไป สำหรับการคำนวณค่า ACB ก็สามารถทำได้โดยการเฉลี่ยค่า B_m ของทุก ๆ สายส่ง มีค่าตามสมการที่ 2.3

$$ACB = \frac{1}{n}\sum_{m=1}^{n} B_m \qquad (2.3)$$

เมื่อ

n เป็นจำนวนสายส่งทั้งหมดของเครือข่าย

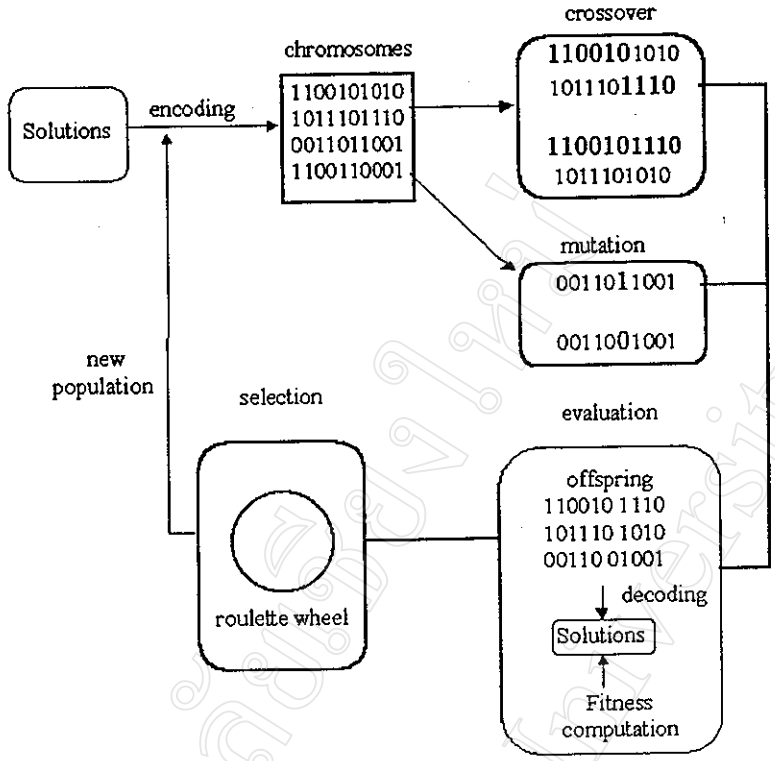
B_m ความน่าจะเป็นที่จะเกิดการบล็อกเซลในสายที่ m มีค่าตามสมการที่ 2.2

2.2 จีนีติคอัลกอริทึม (Genetic Algorithm)

แนวคิดของจีนิติคอัลกอริทึม (Genetic Algorithm) หรือ GA ได้รับการพัฒนาโดย John Holland ในปี ค.ศ.1962 โดย GA เป็นวิธีการค้นหาค่าคำตอบสำหรับการออปติไมซ์ในขอบเขตที่มีความซับซ้อน GA ใช้หลักการของการคัดเลือกตามธรรมชาติ (Natural Selection) และระบบของยีน เพราะว่า GA สามารถหาคำตอบของปัญหาที่ความซับซ้อนเนื่องจากขอบเขตอันกว้างขวางของปัญหาและจำนวนตัวแปรหลายตัวจึงทำให้ GA ได้รับความนิยมนำไปใช้งานด้านต่างๆ [5] อย่างไรก็ตาม GA ก็เหมือนกับวิธีการค้นหา (Search Algorithm) วิธีอื่นคือไม่สามารถรับรองว่าคำตอบที่ได้เป็นค่าที่ดีที่สุดสำหรับปัญหาเนื่องจากธรรมชาติของการสุ่มของ GA เอง

2.2.1 หลักการทำงานของจีนีติคอัลกอริทึม

ใน GA ขอบเขตของปัญหาจะประกอบด้วยค่าคำตอบที่เป็นไปได้ของปัญหาจำนวนมาก โดย GAจะทำการแทนคำตอบของปัญหาให้อยู่ในรูปที่เรียกว่า โครโมโซม ซึ่งการแทนโครโมโซมที่นิยมกันคือการแทนแบบไบนารีเนื่องจากง่ายต่อการการจัดการตามกระบวนการพื้นฐานของ GA โดยการแทนวิธีนี้จะได้โครโมโซมที่เป็นลำดับของ 0 และ 1 ซึ่งแต่ละโครโมโซมจะทำการเกี่ยวโยงกับค่าความเหมาะสม (Fitness Value) โครโมโซมที่ดีคืออันที่มีค่าความเหมาะสมสูงสุด ค่าความเหมาะสมนี้จะเป็นตัวชี้ให้เห็นถึงความสามารถของโครโมโซมแต่ละตัวว่าจะอยู่รอดไปถึงยุค(Generation) ถัดไปได้แค่ไหน โดยชุดของโครโมโซมที่สัมพันธ์กับค่าความเหมาะสมเรียกว่าประชากรซึ่งประชากรของ GA ก็จะมีช่วงชีวิตอยู่ในยุคหนึ่งๆ กระบวนการทำงานพื้นฐานของ GA คือการพัฒนายุคใหม่และการประเมินค่า (Evaluation) ประชากร โดยมีปฏิบัติการเบื้องต้นของ GA ก็คือการเลือกพ่อแม่พันธ์ (Reproduction/Selection), การ ครอสโอเวอร์ (Crossover) และการมิวเตชัน (Mutation) ซึ่งกระบวนการเหล่าจะเกิดขึ้นในแต่ละยุคของประชากรทำให้เกิดประชากรในยุคใหม่มีค่าความเหมาะสมดีกว่า ซึ่งกระบวนการสร้างยุคเหล่านี้จะเกิดขึ้นไปเรื่อยๆ จนไปสู่ยุคสุดท้ายและประชากรในยุคสุดท้ายก็คือชุดของคำตอบที่ต้องการนั่นเอง กระบวนการของ GA แสดงดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 ขั้นตอนการทำงานของจีนีติคอัลกอริทึม

2.2.2 ขั้นตอนหลักในกระบวนการของ GA

การเลือกพ่อแม่พันธ์ (Reproduction/Selection) คือกระบวนการของการเลือกโครโมโซมที่ดีตามค่าความเหมาะสมเพื่อถ่ายทอดไปสู่ยุคถัดไป

การครอสโอเวอร์ (Crossover) คือขั้นตอนการสลับบางส่วนของคู่โครโมโซมที่ถูกสุ่มเพื่อทำการสร้าง โครโมโซมตัวใหม่ออกไปสู่ยุคถัดไป

การมิวเตชัน (Mutation) คือการกลับค่า (Complement) บิตจำนวนหนึ่งของโครโมโซมเพื่อสร้างโครโมโซมตัวใหม่

ประชากรในแต่ละยุคที่มีค่าความเหมาะสมดีก็จะสามารถผ่านไปสู่ยุคถัดไปได้ และนำไปสู่ กระบวนการเลือกพ่อแม่พันธ์, การครอสโอเวอร์ และการมิวเตชันอีกครั้งจนกระทั่งได้ค่าโครโมโซมที่มีความเหมาะสมดีที่สุดออกมาจึงสิ้นสุดกระบวนการ สำหรับรายละเอียดของแต่ละกระบวนการ เป็นดังนี้

ก. การเลือกพ่อแม่พันธ์ (Reproduction/Selection)

เมื่อจำนวนประชากรในแต่ละยุคมีค่าคงที่ โครโมโซมที่ดีของยุคเท่านั้นที่สามารถเข้าสู่ยุคถัดไปได้ โดยขึ้นอยู่กับค่าความเหมาะสม โครโมโซมที่มีค่าความเหมาะสมสูงกว่าก็จะมีแนวโน้มที่จะถูกเลือกเข้าสู่การจับคู่มากกว่าโครโมโซมที่มีค่าความเหมาะสมต่ำกว่า

ซึ่งทำได้โดยการกำหนดค่าความน่าจะเป็นแปรผันตามค่าความเหมาะสมของโครโมโซม เรียกว่า วิธี วงล้อรูเล็ต (Roulette Wheel) สำหรับการเลือกเข้าสู่การจับคู่แต่ละโครโมโซม i ในยุคปัจจุบัน จะถูกจัดให้อยู่ในช่องของรูเล็ต ซึ่งขนาดของช่อง($p_{i,j}$) แปรผันตามค่าความเหมาะสม

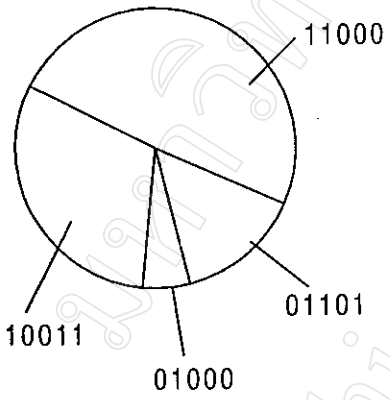
$$p_{i,j} = Of_{i,j} / Sum_j \qquad (2.4)$$

โดย

$Of_{i,j}$ คือ ค่าความเหมาะสมของโครโมโซม i ในยุค j

Sum_j คือ ผลรวมของค่าความเหมาะสมในทุกโครโมโซมในยุค j

ซึ่งทำให้ค่าความน่าจะเป็นของการเลือกโครโมโซมที่ดีกว่ามีค่าสูง เมื่อมีการหมุนวงล้อรูเล็ต ก็จะมีโอกาสสูงที่จะถูกเลือกเข้าเป็นชุดของโครโมโซมที่มีโอกาสจับคู่เพื่อทำการสร้างโครโมโซมตัวใหม่หรือผ่านไปยังยุคถัดไปเลยก็ได้ เพราะว่ามีขนาดช่องความน่าจะเป็นที่กว้างกว่าโครโมโซมที่มีค่าความเหมาะสมน้อยนั่นเอง ตัวอย่างการทำงานของการเลือกพันธ์แบบวงล้อรูเล็ต แสดง ในรูปที่ 2.3 โดยใช้ค่าสูงสุดของ ฟังก์ชัน $f(x) = x^2$ เป็นค่าเป้าหมาย



Order	String	Fitness	%Total
1	01101	169	14.4
2	11000	576	49.2
3	01000	64	5.5
4	10011	361	30.9
Total		1170	100

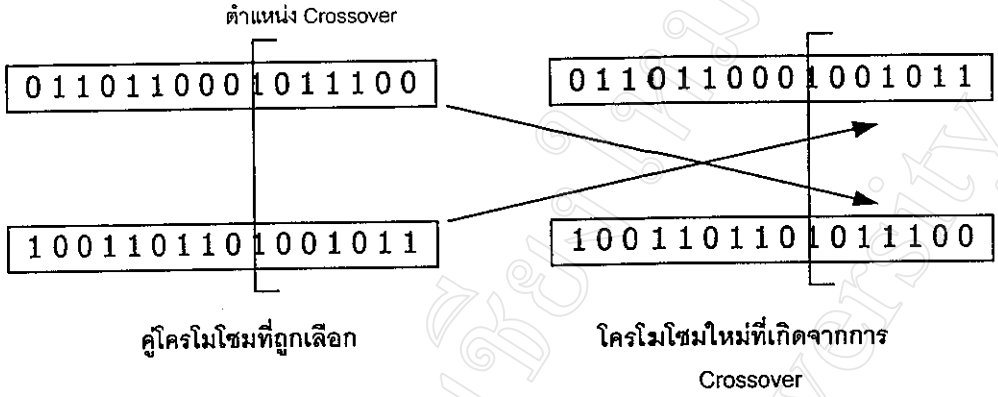
รูปที่ 2.3 ตัวอย่างของการเลือกแบบวงล้อรูเล็ต (Roulette wheel)

ข. การครอสโอเวอร์ (Crossover)

การครอสโอเวอร์มีการทำงานสองขั้นตอนคือ

(1) จากประชากรโครโมโซม คู่ของโครโมโซมจำนวนหนึ่งตัวจะถูกสุ่มเลือกจากอ่างผสมพันธ์ที่ได้จากกระบวนการคัดเลือกพันธ์เพื่อทำการครอสโอเวอร์ โดยกำหนดค่าความน่าจะเป็นที่โครโมโซมแต่ละตัวจะถูกเลือก โดยปกติ ประมาณ 25 % ของโครโมโซมทั้งหมด

(2) ตำแหน่งของการครอสโอเวอร์จะถูกสุ่มเลือกในช่วง [1,L-1] เมื่อ L เป็นความยาวของโครโมโซม โครโมโซมตัวใหม่ 2 ตัว จะถูกสร้างขึ้นโดยการสับเปลี่ยน ระหว่างโครโมโซมตัวพ่อแม่ทั้งสองตัว ณ ตำแหน่งที่สุ่มเลือกไว้ กระบวนการครอสโอเวอร์แสดงดังรูปที่ 2.4

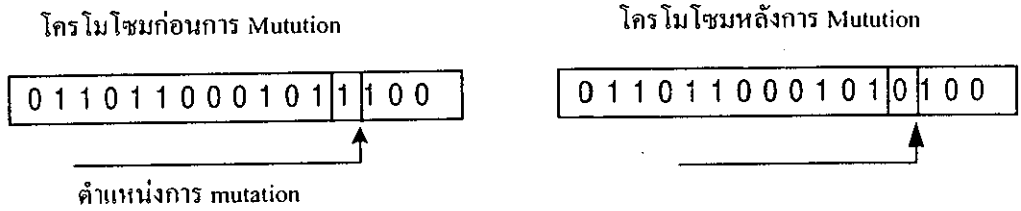


รูปที่ 2.4 การครอสโอเวอร์ (Crossover)

ซึ่งนี่เป็นการจำลองหลักการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตจากยีนของพ่อและแม่ไปสู่รุ่นลูกนั่นเอง

ค. การมิวเตชัน(Mutation)

ในบางครั้งกลุ่มของโครโมโซมที่ได้จากกระบวนการการเลือกพ่อแม่พันธ์ (Reproduction/Selection) และการครอสโอเวอร์ (Crossover) อาจจะทำให้โครโมโซมที่ดีหลุดรอดออกไปซึ่งอาจทำให้ประชากรในยุคสุดท้ายไม่เป็นชุดของประชากรที่ดีที่สุดอย่างแท้จริง เพื่อขจัดปัญหานี้ มีการใช้การมิวเตชัน (Mutation) โดยจะทำการกลับบิต จาก 0 เป็น 1 หรือ 1 ให้เป็น 0 ที่ตำแหน่งใดๆ ของโครโมโซม โดยการมิวเตชันนี้จะทำโดยการสุ่มโดยให้ค่าความน่าจะเป็นที่จะเกิดการมิวเตชันนี้มีค่าต่ำๆ โดยปกติมีค่าประมาณ 1- 5 % รูปที่ 2.5 แสดงการมิวเตชัน



รูปที่ 2.5 การมิวเตชันของโครโมโซม

ซึ่งการกำหนดค่าความน่าจะเป็นของการข้ามและการมิวเตชันไม่มีค่ากำหนดที่แน่นอนซึ่งนักวิจัยจะต้องทำการทดลองปรับเปลี่ยนค่าเพื่อให้ได้คำตอบที่ดีที่สุดออกมาโดยใช้เวลาน้อยที่สุดนอกจากวิธีการพื้นฐานเหล่านี้แล้ว การปรับปรุงขั้นตอนของวิธีการจีนีติคอัลกอริทึมในกระบวนการต่างให้มีความเหมาะสมกับรูปแบบของปัญหาจะช่วยให้ได้คำตอบสุดท้ายของปัญหาได้ดียิ่งขึ้น

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University