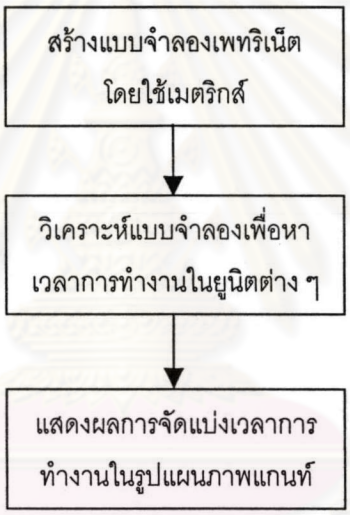
บทที่ 5
การจำลองการทำงานของกระบวนการแบบแบตช์โดยใช้เพทริเน็ต

ความนำ

ในวิทยานิพนธ์นี้เป็นการพัฒนาซอฟต์แวร์สำหรับกระบวนการแบบแบตช์ โดยนำทฤษฎีเพทริเน็ตมาประยุกต์ใช้ในการทำงานของซอฟต์แวร์ ซึ่งเป็นการพัฒนาซอฟต์แวร์ให้มีความสามารถจัดแบ่งเวลาการผลิตของแต่ละยูนิตสำหรับหลายผลิตภัณฑ์ โดยการจำลองกระบวนการแบบแบตช์โดยใช้เพทริเน็ตจากนั้นจึงนำแบบจำลองเพทริเน็ตมาทำการวิเคราะห์หาการจัดการผลิตที่เหมาะสม ขั้นตอนการทำงานของซอฟต์แวร์แสดงดังรูป

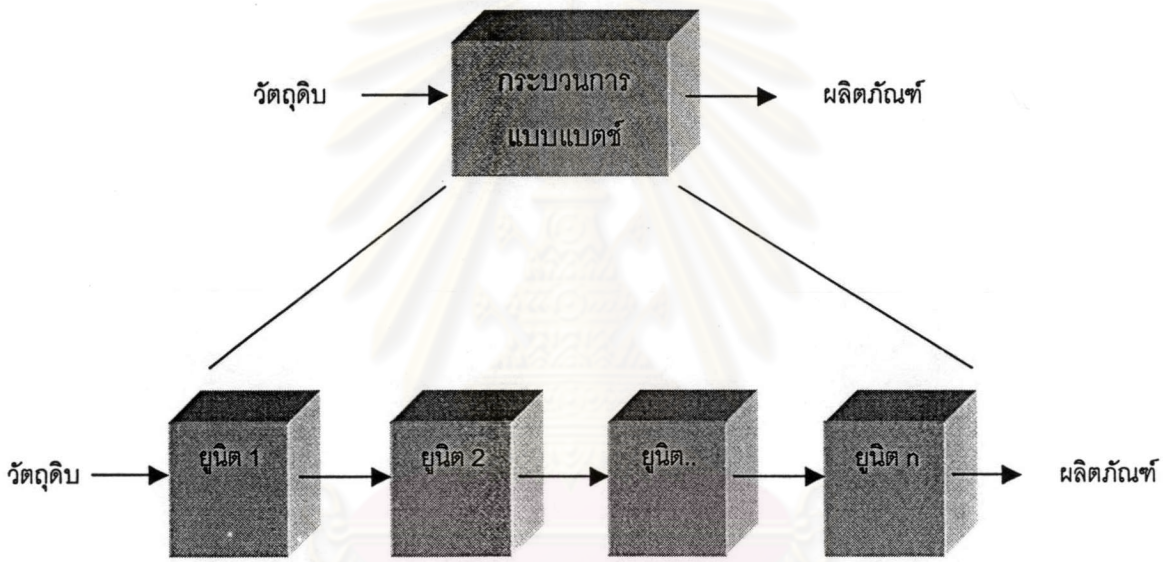


รูปที่ 5.1 ขั้นตอนการทำงานของส่วนจัดแบ่งการทำงาน

จากรูป ขั้นตอนการทำงานเริ่มจากการอ่านข้อมูลของแบบจำลองกระบวนการและสูตรที่ต้องการผลิต จากนั้นจะสร้างแบบจำลองเพทริเน็ตในรูปแบบของเมตริกซ์ประกอบด้วยเมตริกซ์อุบัติการณ์ เวกเตอร์มาร์กกิงเริ่มต้น และเวกเตอร์มาร์กกิงสุดท้าย จากนั้นเป็นการวิเคราะห์แบบจำลองเพื่อหาเวลาการทำงานในยูนิตต่างๆ สุดท้ายเป็นการแสดงการจัดแบ่งเวลาในแต่ละยูนิตในรูปแบบของแผนภาพแกนท์ เนื้อหาในบทนี้เป็นการแสดงการหาแบบจำลองเพทริเน็ตของกระบวนการแบบแบตช์หลายยูนิตและหลายผลิตภัณฑ์ในรูปแบบของเมตริกซ์ จากนั้นเป็นแสดงตัวอย่างการหาลำดับการยิงทรานสิชันและแผนภาพแกนท์ของกระบวนการ 2 ผลิตภัณฑ์ 2 ยูนิต

รูปแบบของกระบวนการแบบแบตช์

จากมาตรฐาน ISA – S 88.01-1995 เห็นว่ากระบวนการผลิตแบบแบตช์มีลักษณะการทำงานเป็นลำดับขั้น โดยมีการเชื่อมต่อการควบคุมในแต่ละส่วนตามลำดับ ซึ่งเริ่มตั้งแต่ระดับล่างคือ เฟส การดำเนินการ ขั้นตอนการผลิตเฉพาะส่วน จนถึงขั้นตอนการผลิตทั้งหมด เมื่อพิจารณาส่วนของขั้นตอนการผลิตเฉพาะส่วนเห็นว่ามีลักษณะการทำงานเฉพาะภายในยูนิต คือเป็นเริ่มการทำงานและจบการทำงานภายในยูนิตเท่านั้น จากลักษณะเฉพาะนี้เองที่ทำให้กระบวนการแบบแบตช์สามารถจำลองรูปแบบของกระบวนการได้ดังรูป



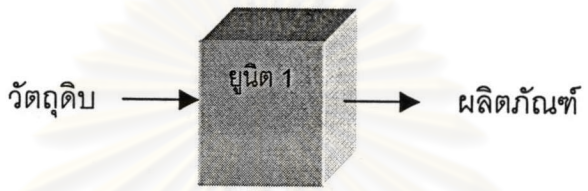
รูปที่ 5.2 รูปแบบของกระบวนการแบบแบตช์

จากรูปเราจะเห็นว่ากระบวนการอาจประกอบด้วยยูนิตย่อยๆ จำนวน n ยูนิต ซึ่งจะทำให้แบบจำลองเพทริเน็ตมีรูปแบบต่างกันออกไป ดังนั้นจึงจำเป็นต้องหาแบบจำลองเพทริเน็ตในรูปแบบทั่วไป

แบบจำลองเพทริเน็ตของกระบวนการแบบแบตช์หลายยูนิต

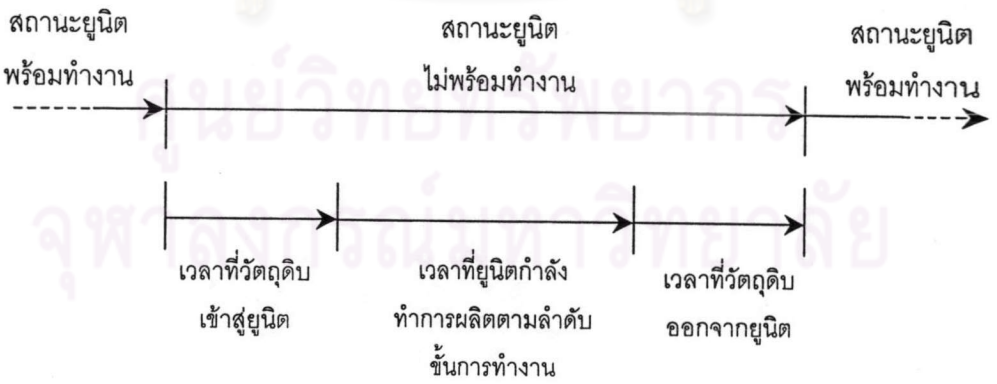
ในหัวข้อนี้เป็นการหาแบบจำลองเพทริเน็ตของกระบวนการแบบแบตช์ที่ประกอบด้วยยูนิตย่อยๆ จากนั้นเป็นการแสดงเพทริเน็ตในรูปแบบของเมตริกซ์อุบัติการณ์ เพื่อให้สะดวกในการนำมาคำนวณ

พิจารณากระบวนการแบบแบตช์ที่มียูนิต 1 ยูนิตดังรูป



รูปที่ 5.3 กระบวนการแบบแบตช์ 1 ยูนิต

การทำงานของกระบวนการเริ่มจากการเริ่มใส่วัตถุดิบไปที่ยูนิตจากนั้นจะเริ่มทำการผลิตตามลำดับขั้นการทำงานต่างๆ จนเสร็จสิ้น เมื่อทำงานเสร็จแล้วจึงส่งผลิตภัณฑ์ออกจากยูนิต เงื่อนไขการทำงานของกระบวนการคือการใส่วัตถุดิบเข้าสู่ยูนิตทำได้ก็ต่อเมื่อในยูนิตอยู่ในสถานะพร้อมทำงาน เมื่อวัตถุดิบเข้าสู่ยูนิตแล้วยูนิตนั้นจะอยู่ในสถานะไม่พร้อมทำงานจนกระทั่งการทำงานในยูนิตนั้นเสร็จสิ้นและส่งออกไปที่ยูนิตต่อไป ยูนิตจะกลับมาอยู่ในสถานะพร้อมทำงานอีกครั้ง แสดงแผนผังเวลาได้ดังรูป



รูปที่ 5.4 แสดงช่วงเวลาที่ยูนิตไม่พร้อมทำงาน

จากเงื่อนไขสามารถสรุปสภาวะและเหตุการณ์ได้ดังนี้

สภาวะประกอบด้วย : p_1 กระบวนการหยุดรอคำสั่งเริ่มทำการผลิต

p_2 วัตถุดิบกำลังเข้าสู่ยูนิต

p_3 ยูนิตกำลังดำเนินการผลิตอยู่

p_4 วัตถุดิบกำลังเคลื่อนออกจากยูนิต

p_5 วัตถุดิบได้รับการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์เสร็จสิ้นแล้ว

p_6 สถานะยูนิตพร้อมทำงาน

เหตุการณ์ประกอบด้วย : t_1 สั่งให้กระบวนการเริ่มทำการผลิต

t_2 วัตถุดิบเข้าสู่ยูนิตทั้งหมดแล้ว

t_3 ยูนิตดำเนินการผลิตเสร็จสิ้นแล้ว

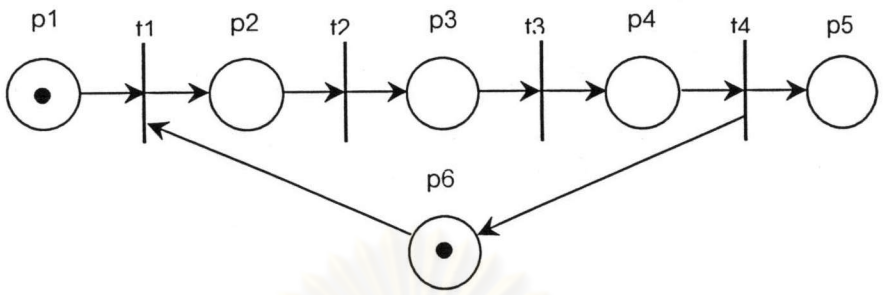
t_4 วัตถุดิบออกจากยูนิตทั้งหมดแล้ว

จากเงื่อนไขการทำงานของกระบวนการเห็นว่า การสั่งให้เริ่มทำการผลิตสามารถทำได้ ถ้ากระบวนการอยู่ในสถานะกระบวนการหยุดรอคำสั่งเริ่มการทำการผลิต (p_1) และยูนิตพร้อมทำงาน (p_6) จากนั้นกระบวนการจะเข้าสู่สภาวะวัตถุดิบกำลังเข้าสู่ยูนิต (p_2) สภาวะยูนิตกำลังดำเนินการผลิต (p_3) สภาวะวัตถุดิบออกจากยูนิต (p_4) ตามลำดับ ซึ่งสุดท้ายกระบวนการจะอยู่ในสถานะวัตถุดิบได้รับการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์เสร็จสิ้น (p_5) พร้อมทั้งยูนิตจะกลับสู่สภาวะพร้อมทำงานอีกครั้งหนึ่ง จากการทำงานดังกล่าวสามารถสรุปตารางแสดงสภาวะก่อนและหลังเกิดเหตุการณ์ต่างๆ ได้ดังนี้

เหตุการณ์	สภาวะก่อนเกิดเหตุการณ์	สภาวะหลังเกิดเหตุการณ์
t_1	p_1, p_6	p_2
t_2	p_2	p_3
t_3	p_3	p_4
t_4	p_4	p_5, p_6

ตารางที่ 5.1 ตารางแสดงสภาวะก่อน หลังเกิดเหตุการณ์ต่างๆ

ดังนั้นสามารถเขียนแบบจำลองเพทริเน็ตได้ดังรูป

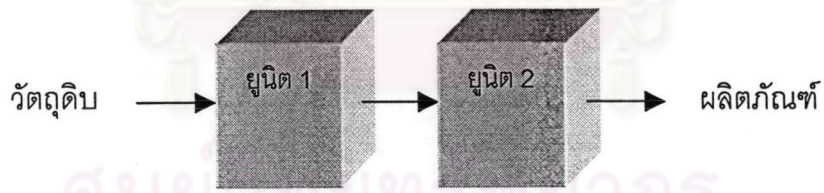


รูปที่ 5.5 แบบจำลองเพทริเน็ตของกระบวนการแบบแบตช์ 1 ยูนิต

สถานะเริ่มต้นของระบบและสถานะสุดท้ายของระบบคือ $M_0 = [100001]'$ และ $M_{end} = [000011]'$ ตามลำดับ

จากการหาแบบจำลองเพทริเน็ตของกระบวนการแบบแบตช์ 1 ยูนิตได้ จากนั้นจะเป็นการพิจารณากระบวนการผลิตแบบแบตช์ 2 ยูนิต และสุดท้ายเป็นการพิจารณากระบวนการผลิตแบบแบตช์ n ยูนิต

พิจารณากระบวนการผลิตแบบแบตช์ 2 ยูนิต ดังรูป



รูปที่ 5.6 กระบวนการแบบแบตช์ 2 ยูนิต

การจำลองการทำงานของกระบวนการแบบแบตช์ 2 ยูนิตยังคงเงื่อนไขการทำงานเดิมเหมือนกับกระบวนการแบบแบตช์ 1 ยูนิตคือเมื่อวัตถุดิบเริ่มเข้าสู่ยูนิตแล้วยูนิตจะอยู่ในสภาวะไม่พร้อมทำงาน จนกว่ากระบวนการจะดำเนินการผลิตทั้งหมดเสร็จสิ้นทุกขั้นตอนและส่งวัตถุดิบให้ออกจากยูนิต จากเงื่อนไขดังกล่าวเมื่อพิจารณากระบวนการแบบแบตช์ 2 ยูนิตที่ประกอบด้วยยูนิต 1 และยูนิต 2 ตามลำดับแล้วเห็นว่าขณะที่วัตถุดิบออกจากยูนิต 1 เป็นสภาวะเดียวกับวัตถุดิบเข้ายูนิตที่ 2 จากเงื่อนไขดังกล่าว สามารถสรุปสภาวะและเหตุการณ์ได้ดังนี้

สภาวะประกอบด้วย : p_1 กระบวนการหยุดรอคำสั่งเริ่มทำการผลิต

p_2 วัตถุดิบกำลังเข้าสู่ยูนิต 1

p_3 ยูนิต 1 กำลังดำเนินการผลิตอยู่

p_4 วัตถุดิบกำลังเข้าสู่ยูนิต 2

p_5 ยูนิต 2 กำลังดำเนินการผลิตอยู่

p_6 วัตถุดิบกำลังเคลื่อนออกจากยูนิต 2

p_7 วัตถุดิบได้รับการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์เสร็จสิ้นแล้ว

p_8 สถานะยูนิต 1 พร้อมทำงาน

p_9 สถานะยูนิต 2 พร้อมทำงาน

เหตุการณ์ประกอบด้วย : t_1 สั่งให้กระบวนการเริ่มทำการผลิต

t_2 วัตถุดิบเข้าสู่ยูนิต 1 ทั้งหมดแล้ว

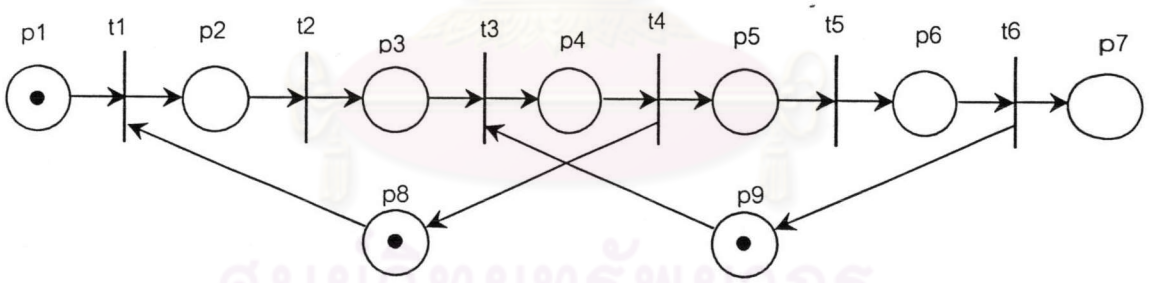
t_3 ยูนิต 1 ดำเนินการผลิตเสร็จสิ้นแล้ว

t_4 วัตถุดิบเข้าสู่ยูนิต 2 ทั้งหมดแล้ว

t_5 ยูนิต 2 ดำเนินการผลิตเสร็จสิ้นแล้ว

t_6 วัตถุดิบออกจากยูนิต 2 ทั้งหมดแล้ว

สามารถเขียนแบบจำลองเพทริเน็ตได้ดังรูป



รูปที่ 5.7 แบบจำลองเพทริเน็ตของกระบวนการแบบแบตช์ 2 ยูนิต

สถานะเริ่มต้นของระบบและสถานะสุดท้ายของระบบคือ $M_0 = [10000011]'$ และ $M_{end} = [00000111]'$ ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาความแตกต่างของแบบจำลองเพทริเน็ตของกระบวนการแบบแบตช์ 1 ยูนิตและ 2 ยูนิตจะเห็นว่าสามารถขยายแนวความคิดไปที่แบบจำลองของกระบวนการแบบแบตช์ในรูปแบบทั่วไปคือจำนวน n ยูนิต เนื่องจากเป็นการขยายทางเดินของเพทริเน็ตไปเรื่อยๆ ให้สอดคล้องกับจำนวนยูนิต ซึ่งในขั้นตอนแรกจำต้องหาจำนวนเพลสและจำนวนทรานสิชันทั้งหมดของแบบจำลองให้ได้เสียก่อน

เมื่อพิจารณาเพลสที่ใช้ในการจำลองสภาวะของกระบวนการเห็นว่าเพลสทั้งหมดจำนวน p_{total} เพลส ในแบบจำลองนั้นสามารถแบ่งได้เป็นสองส่วน คือส่วนแสดงตำแหน่งของการทำงานของกระบวนการและส่วนแสดงความพร้อมของยูนิต ซึ่งมีจำนวนเพลสเท่ากับ p_p เพลส และ p_u เพลสตามลำดับ ดังนั้นได้ว่า

$$p_{total} = p_p + p_u$$

ในส่วนแรก ส่วนแสดงตำแหน่งของการทำงานของกระบวนการเห็นว่าจำนวนเพลสขึ้นอยู่กับจำนวนยูนิต เมื่อ n เป็นจำนวนยูนิตในระบบ ดังนั้นจำนวนเพลสในส่วนแสดงตำแหน่งของการทำงานของกระบวนการคือ

$$p_p = 5 + [(n-1)*2]$$

และในส่วนที่สอง ส่วนแสดงความพร้อมของยูนิตเห็นว่าจำนวนเพลสเท่ากับจำนวนยูนิต คือ

$$p_u = n$$

ดังนั้นจำนวนเพลสทั้งหมดเท่ากับ

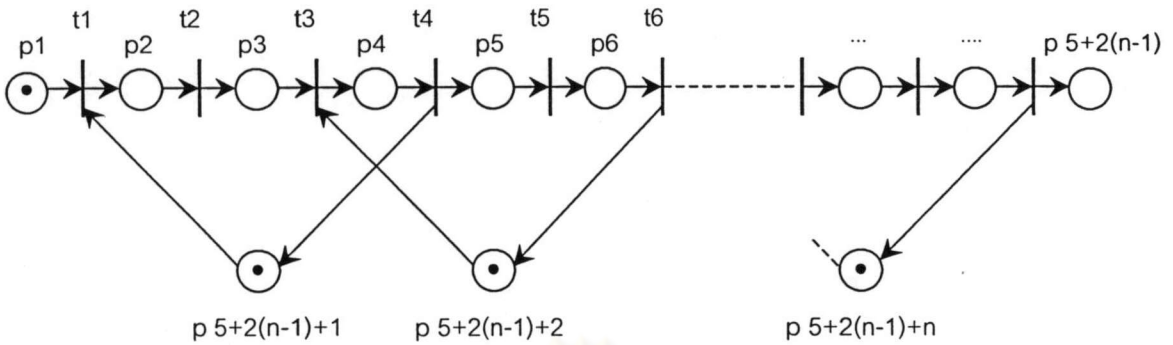
$$\begin{aligned} p_{total} &= p_p + p_u \\ &= 5 + [(n-1)*2] + n \end{aligned}$$

จำนวนทรานสิชันทั้งหมด (t_{total}) ในแบบจำลองนั้น จำนวนทรานสิชันขึ้นอยู่กับจำนวนยูนิต คือ

$$t_{total} = 4 + [(n-1)*2]$$

เมื่อสามารถหาจำนวนเพลสและจำนวนทรานสิชันได้แล้วสามารถเขียนแบบจำลองโดยใช้เพทริ - เน็ตได้ดังรูป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.8 แบบจำลองเพทริเน็ตของกระบวนการแบบแบตช์ n ยูนิต

นอกจากการแสดงแบบจำลองเพทริเน็ตโดยใช้รูปภาพแล้ว เราสามารถแสดงความสัมพันธ์ให้อยู่ในรูปแบบของเมตริกซ์เพื่อให้สะดวกในการคำนวณ ซึ่งจากบทที่ผ่านมาเราทราบว่าเมตริกซ์อุบัติการณ์มีมิติเท่ากับจำนวนทรานสิชันทั้งหมดคูณจำนวนเพลสทั้งหมดนั่นคือ $t_{total} \times p_{total}$

เมื่อพิจารณาแบบจำลองกระบวนการแบบแบตช์ 1 ยูนิตสามารถแสดง $A_{ij}^{-}, A_{ij}^{+}, A_{ij}$ ได้ดังนี้

$$A_{ij}^{-} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$A_{ij}^{+} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

$$A_{ij} = A_{ij}^{+} - A_{ij}^{-} = \begin{bmatrix} -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & -1 \\ 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

เมื่อพิจารณาแบบจำลองกระบวนการแบบแบตช์ 2 ยูนิตสามารถแสดง $A_{ij}^{-}, A_{ij}^{+}, A_{ij}$ ได้ดังนี้

$$A_{ij}^{-} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$A_{ij}^{+} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$A_{ij} = A_{ij}^{+} - A_{ij}^{-} = \begin{bmatrix} -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

ดังนั้นสามารถแสดงสมาชิกแต่ละตัวของเมตริกซ์ A_{ij}^{+} และ A_{ij}^{-} เพื่อแสดงกระบวนการแบบแบตช์ n ยูนิตได้ดังนี้

$$a_{ij}^{-} = \begin{cases} 1 & ; i = j \\ 1 & ; i = 1 + 2(k-1) \text{ และ } j = 5 + 2(n-1) + k \\ & \text{เมื่อ } k = \{1,2,3,...,n\} \\ 0 & ; i, j = otherwise \end{cases}$$

$$a_{ij}^{+} = \begin{cases} 1 & ; j = i + 1 \\ 1 & ; i = 4 + 2(k-1) \text{ และ } j = 5 + 2(n-1) + k \\ & \text{เมื่อ } k = \{1,2,3,...,n\} \\ 0 & ; i, j = otherwise \end{cases}$$

กำหนดให้ $i = 1,2,3,..., t_{total}$ และ $j = 1,2,3,..., p_{total}$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

และจากบทที่ผ่านมาเราทราบว่าเวกเตอร์มาร์กกิงเริ่มต้นและเวกเตอร์มาร์กกิงสุดท้ายมีมิติเท่ากับจำนวนเพลสทั้งหมดคูณ 1 นั่นคือ $p_{total} \times 1$

เมื่อพิจารณามาร์กกิงเริ่มต้นของแบบจำลองกระบวนการแบบแบตช์ 1 ยูนิตและ 2 ยูนิต ได้ว่า M_0 มีค่าเท่ากับ [100001]^t และ [10000011]^t ตามลำดับ ดังนั้นสามารถแสดงสมาชิกแต่ละตัวของเวกเตอร์มาร์กกิงเริ่มต้นเพื่อแสดงกระบวนการแบบแบตช์ n ยูนิตได้ดังนี้

$$M_o(i) = \begin{cases} 1 & ;i = 1 \\ 1 & ;i = 5 + 2(n-1) + k \\ & \text{เมื่อ } k = \{1,2,3,...,n\} \\ 0 & ;i = otherwise \end{cases}$$

กำหนดให้ $i = 1,2,3,..., p_{total}$

และเมื่อพิจารณามาร์กกิงเริ่มต้นของแบบจำลองกระบวนการแบบแบตช์ 1 ยูนิตและ 2 ยูนิต ได้ว่า M_{end} มีค่าเท่ากับ [000011]^t และ [00000111]^t ตามลำดับ ดังนั้นสามารถแสดงสมาชิกแต่ละตัวของเวกเตอร์มาร์กกิงสุดท้ายเพื่อแสดงกระบวนการแบบแบตช์ n ยูนิตได้ดังนี้

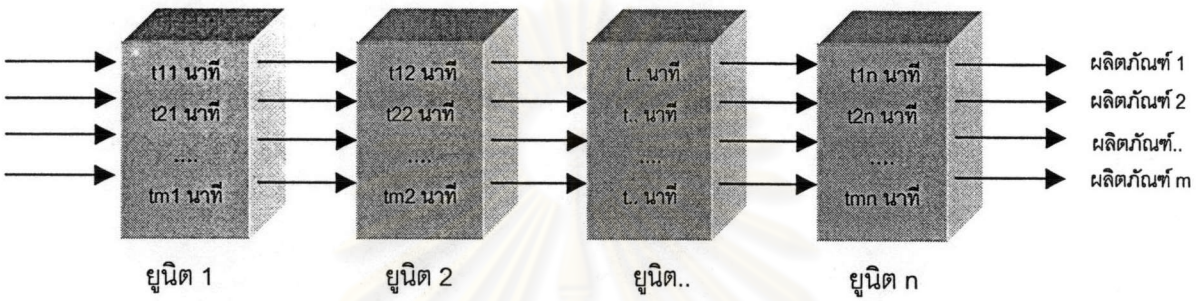
$$M_{end}(i) = \begin{cases} 1 & ;i = 5 + 2(n-1) \\ 1 & ;i = 5 + 2(n-1) + k \\ & \text{เมื่อ } k = \{1,2,3,...,n\} \\ 0 & ;i = otherwise \end{cases}$$

กำหนดให้ $i = 1,2,3,..., p_{total}$

ในหัวข้อนี้จากที่ได้หาความสัมพันธ์ต่างๆ ของจำนวนยูนิตในกระบวนการทำให้เราสามารถจำลองกระบวนการแบบแบตช์โดยใช้เมตริกซ์อุบัติการณ์ เวกเตอร์มาร์กกิงเริ่มต้น และเวกเตอร์มาร์กกิงสุดท้ายได้แล้ว แต่ที่ผ่านมาเป็นการพิจารณากระบวนการแบบแบตช์ที่มี 1 ผลิตภัณฑ์เท่านั้น ในหัวข้อต่อไปจะได้พิจารณากระบวนการแบบแบตช์แบบหลายผลิตภัณฑ์

แบบจำลองเพทริเน็ตของกระบวนการแบบแบตช์หลายยูนิตและหลายผลิตภัณฑ์

จากที่ผ่านมาเราได้พิจารณากระบวนการแบบแบตช์หลายยูนิตแล้ว แต่ในทางปฏิบัตินั้นกระบวนการแบบแบตช์อาจทำการผลิตได้มากกว่าหนึ่งผลิตภัณฑ์ กระบวนการแบบแบตช์ n ยูนิต m ผลิตภัณฑ์ แสดงดังรูป

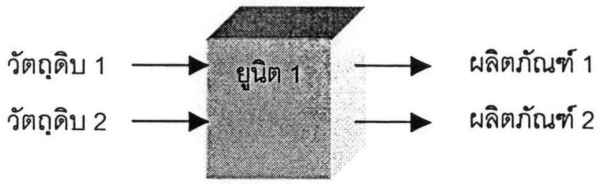


รูปที่ 5.9 รูปแบบกระบวนการแบบแบตช์ n ยูนิต m ผลิตภัณฑ์

จากรูปเป็นการผลิตผลิตภัณฑ์จำนวน m ผลิตภัณฑ์โดยกระบวนการแบบแบตช์ n ยูนิต โดยผลิตภัณฑ์ที่ 1 เริ่มด้วยการดำเนินการการผลิตที่ยูนิต 1 หลังจากการดำเนินการที่ยูนิตที่ 1 เสร็จเรียบร้อยผลิตภัณฑ์ที่ 1 จะถูกเคลื่อนย้ายไปที่ยูนิตที่ 2 เพื่อทำการดำเนินการผลิตในขั้นตอนต่อไปต่อไป

ดังนั้นหากการทำงานของแต่ละยูนิตสามารถทำงานได้อย่างอิสระโดยไม่ขึ้นแก่กันแล้ว การดำเนินการผลิตผลิตภัณฑ์ที่ 2 อาจเริ่มทำการผลิตที่ยูนิต 1 ได้โดยไม่ต้องรอให้ผลิตภัณฑ์ที่ 1 เสร็จสิ้นทั้งหมดทุกยูนิต เพียงแต่พิจารณาว่ายูนิต 1 เสร็จสิ้นจากการดำเนินการผลิตผลิต - ภัณฑ์ที่ 1 แล้วและในทำนองเดียวกันการดำเนินการผลิตผลิตภัณฑ์ที่ 2 ที่ยูนิต 2 อาจดำเนินการต่อได้ถ้ายูนิต 2 เสร็จสิ้นจากการดำเนินการของผลิตภัณฑ์ที่ 1 แล้ว แนวความคิดของการทำงานดังกล่าวเสมือนว่ามีการจัดแบ่งการทำงานของยูนิตต่างๆ ในกระบวนการให้เหมาะสม

พิจารณารูปแบบกระบวนการแบบแบตช์ 2 ผลิตภัณฑ์ 1 ยูนิต



รูปที่ 5.10 รูปแบบของกระบวนการแบบแบตช์ 1 ยูนิต 2 ผลิตภัณฑ์

สามารถสรุปสภาวะและเหตุการณ์ได้ดังนี้

สภาวะประกอบด้วย : p_1 กระบวนการหยุดรอคำสั่งเริ่มทำการผลิตแบตช์ที่ 1

p_2 วัตถุดิบแบตช์ที่ 1 กำลังเข้าสู่ยูนิต

p_3 ยูนิตกำลังดำเนินการผลิตแบตช์ที่ 1 อยู่

p_4 วัตถุดิบแบตช์ที่ 1 กำลังออกจากยูนิต

p_5 วัตถุดิบแบตช์ที่ 1 ได้รับการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์เสร็จสิ้นแล้ว

p_6 กระบวนการหยุดรอคำสั่งเริ่มทำการผลิตแบตช์ที่ 2

p_7 วัตถุดิบแบตช์ที่ 2 กำลังเข้าสู่ยูนิต

p_8 ยูนิตกำลังดำเนินการผลิตแบตช์ที่ 2 อยู่

p_9 วัตถุดิบแบตช์ที่ 2 กำลังออกจากยูนิต

p_{10} วัตถุดิบแบตช์ที่ 2ได้รับการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์เสร็จสิ้นแล้ว

p_{11} สถานะยูนิตพร้อมทำงาน

เหตุการณ์ประกอบด้วย : t_1 สั่งให้กระบวนการเริ่มทำการผลิตแบตช์ที่ 1

t_2 วัตถุดิบแบตช์ที่ 1 เข้าสู่ยูนิตทั้งหมดแล้ว

t_3 ยูนิตดำเนินการผลิตแบตช์ที่ 1 เสร็จสิ้นแล้ว

t_4 วัตถุดิบแบตช์ที่ 1 ออกจากยูนิตทั้งหมดแล้ว

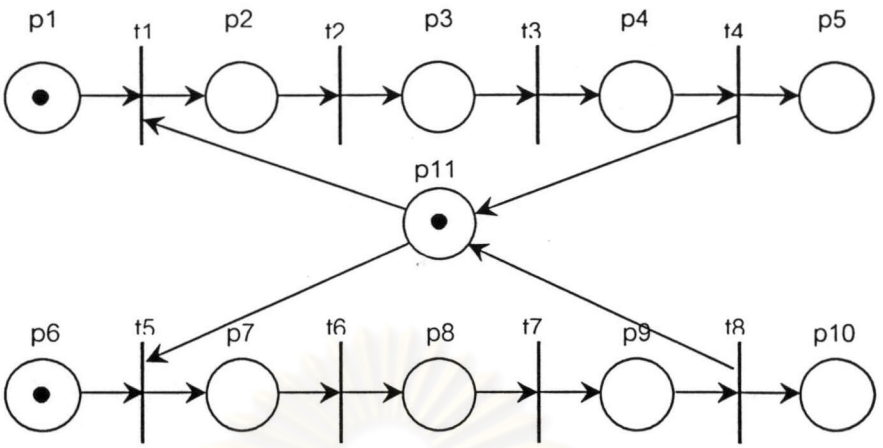
t_5 สั่งให้กระบวนการเริ่มทำการผลิตแบตช์ที่ 2

t_6 วัตถุดิบแบตช์ที่ 2 เข้าสู่ยูนิตทั้งหมดแล้ว

t_7 ยูนิตดำเนินการผลิตแบตช์ที่ 2 เสร็จสิ้นแล้ว

t_8 วัตถุดิบแบตช์ที่ 2 เคลื่อนที่ออกจากยูนิตทั้งหมดแล้ว

จากเงื่อนไขการทำงานของกระบวนการ คือยูนิตไม่สามารถทำการผลิตแบตช์ที่ 1 และแบตช์ที่ 2 พร้อมกันได้ จากสภาวะและเหตุการณ์ต่างๆ สามารถเขียนแบบจำลองเพทริเน็ตได้ดังรูป

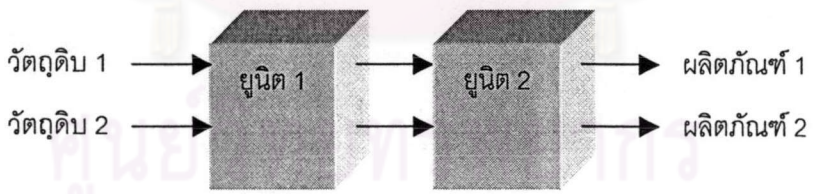


รูปที่ 5.11 แบบจำลองเพทริเน็ตของกระบวนการแบบแบตช์ 1 ยูนิต

โดยเวกเตอร์มาร์กกิงเริ่มต้นและมาร์กกิงสุดท้ายของระบบคือ $M_0 = [10000100001]^T$ และ $M_{end} = [00001000011]^T$

หลังจากพิจารณากระบวนการแบบแบตช์ 1 ยูนิต 2 ผลิตภัณฑ์ไปแล้วจากนั้นเป็นการพิจารณากระบวนการผลิตแบบแบตช์ 2 ยูนิต 2 ผลิตภัณฑ์และสุดท้ายเป็นการพิจารณากระบวนการผลิตแบบแบตช์ n ยูนิต m ผลิตภัณฑ์

พิจารณากระบวนการผลิตแบบแบตช์ 2 ยูนิต 2 ผลิตภัณฑ์ ดังรูป



รูปที่ 5.12 รูปแบบของกระบวนการแบบแบตช์ 2 ยูนิต 2 ผลิตภัณฑ์

สามารถสรุปสภาวะและเหตุการณ์ได้ดังนี้

สภาวะประกอบด้วย : p_1 กระบวนการหยุดรอคำสั่งเริ่มทำการผลิตแบตช์ที่ 1

p_2 วัตถุดิบแบตช์ที่ 1 กำลังเข้าสู่ยูนิต 1

p_3 ยูนิต 1 กำลังดำเนินการผลิตแบตช์ที่ 1 อยู่

p_4 วัตถุดิบแบตช์ที่ 1 กำลังเข้าสู่ยูนิต 2

p_5 ยูนิต 2 กำลังดำเนินการผลิตแบตช์ที่ 1 อยู่

p_6 วัตถุดิบแบตช์ที่ 1 กำลังออกจากยูนิต 2

p_7 วัตถุดิบแบตช์ที่ 1 ได้รับการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์เสร็จสิ้นแล้ว

p_8 กระบวนการหยุดรอคำสั่งเริ่มทำการผลิตแบตช์ที่ 2

p_9 วัตถุดิบแบตช์ที่ 2 กำลังเข้าสู่ยูนิต 1

p_{10} ยูนิต 1 กำลังดำเนินการผลิตแบตช์ที่ 2 อยู่

p_{11} วัตถุดิบแบตช์ที่ 2 กำลังเข้าสู่ยูนิต 2

p_{12} ยูนิต 2 กำลังดำเนินการผลิตแบตช์ที่ 2 อยู่

p_{13} วัตถุดิบแบตช์ที่ 2 กำลังเคลื่อนออกจากยูนิต 2

p_{14} วัตถุดิบแบตช์ที่ 2 ได้รับการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์เสร็จสิ้นแล้ว

เหตุการณ์ประกอบด้วย : t_1 สั่งให้เริ่มทำการผลิตแบตช์ที่ 1

t_2 วัตถุดิบแบตช์ที่ 1 เข้าสู่ยูนิต 1 ทั้งหมดแล้ว

t_3 ยูนิต 1 ดำเนินการผลิตแบตช์ที่ 1 เสร็จแล้ว

t_4 วัตถุดิบแบตช์ที่ 1 เข้าสู่ยูนิต 2 ทั้งหมดแล้ว

t_5 ยูนิต 2 ดำเนินการผลิตแบตช์ที่ 1 เสร็จแล้ว

t_6 วัตถุดิบแบตช์ที่ 1 เคลื่อนที่ออกจากยูนิต 2 ทั้งหมดแล้ว

t_7 สั่งให้เริ่มทำการผลิตแบตช์ที่ 2

t_8 วัตถุดิบแบตช์ที่ 2 เข้าสู่ยูนิต 1 ทั้งหมดแล้ว

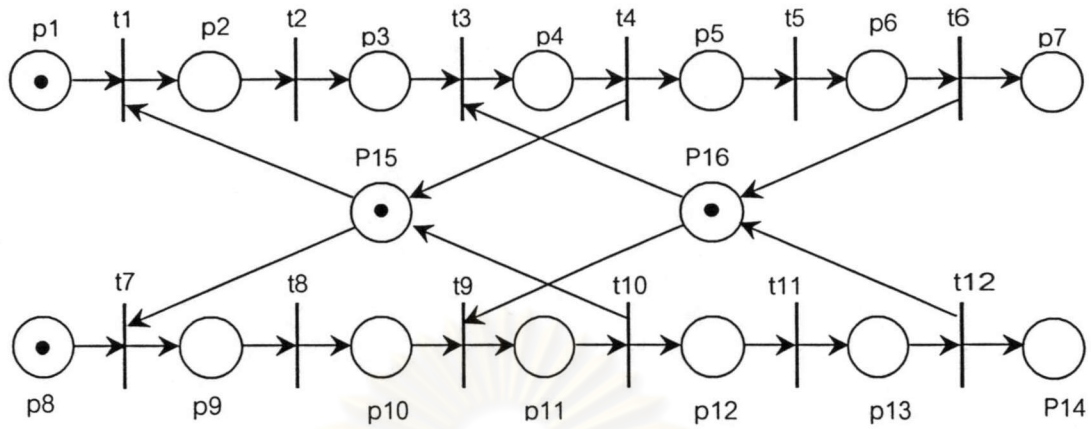
t_9 ยูนิต 1 ดำเนินการผลิตแบตช์ที่ 2 เสร็จแล้ว

t_{10} วัตถุดิบแบตช์ที่ 2 เข้าสู่ยูนิต 2 ทั้งหมดแล้ว

t_{11} ยูนิต 2 ดำเนินการผลิตแบตช์ที่ 2 เสร็จแล้ว

t_{12} วัตถุดิบแบตช์ที่ 2 เคลื่อนที่ออกจากยูนิต 2 ทั้งหมดแล้ว

จากเงื่อนไขการทำงานของกระบวนการ คือยูนิต 1 และยูนิต 2 ไม่สามารถทำการผลิตแบตช์ที่ 1 และแบตช์ที่ 2 พร้อมกันได้ จากสภาวะและเหตุการณ์ต่างๆ สามารถเขียนแบบจำลองเพทริเน็ตได้ดังรูป



รูปที่ 5.13 แบบจำลองเพทริเน็ตของกระบวนการแบบแบตช์ 2 ยูนิต 2 ผลิตภัณฑ์

โดยสถานะเริ่มต้นของระบบคือ $M_0 = [1000000100000011]'$

จากที่ผ่านมาเราได้พิจารณาแบบจำลองเพทริเน็ตของกระบวนการแบบแบตช์ที่สามารถทำการผลิต 2 ผลิตภัณฑ์แล้ว เมื่อพิจารณาความแตกต่างของแบบจำลองเพทริเน็ตของกระบวนการแบบแบตช์ 1 ผลิตภัณฑ์และ 2 ผลิตภัณฑ์แล้วเห็นว่าสามารถขยายแนวความคิดไปที่แบบจำลองของกระบวนการแบบแบตช์ในรูปแบบทั่วไปคือจำนวน m ผลิตภัณฑ์ได้ เนื่องจากเป็นการขยายขนาดของเพลสในส่วนแสดงตำแหน่งการทำงานของระบบให้สอดคล้องกับจำนวนผลิตภัณฑ์ ซึ่งจำต้องหาจำนวนเพลสและทรานสิชันทั้งหมดของแบบจำลองในรูปแบบทั่วไปก่อน

จากหัวข้อที่ผ่านมาการคำนวณหาจำนวนเพลสทั้งหมดของแบบจำลอง 1 ผลิตภัณฑ์ n ยูนิตนั้น เราสามารถขยายแนวความคิดจาก 1 ผลิตภัณฑ์ให้เป็น m ผลิตภัณฑ์ได้โดยการเปรียบเทียบแบบจำลองกระบวนการแบบแบตช์ 1 ผลิตภัณฑ์กับ 2 ผลิตภัณฑ์ เราจะเห็นว่าจำนวนเพลสในส่วนแสดงความพร้อมของยูนิต (p_u) มีค่าขึ้นกับจำนวนยูนิตเพียงอย่างเดียว ไม่ขึ้นกับจำนวนสูตรที่ทำการผลิต และจำนวนเพลสในส่วนของเพลสแสดงตำแหน่งของการทำงานของกระบวนการ (p_p) จะมีค่าเป็น m เท่าของแบบ 1 ผลิตภัณฑ์ เมื่อ m เป็นจำนวนสูตรที่ต้องการผลิต เราสามารถหาความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนเพลสในแบบจำลองกับจำนวนผลิตภัณฑ์ที่ทำการผลิตได้ดังนี้

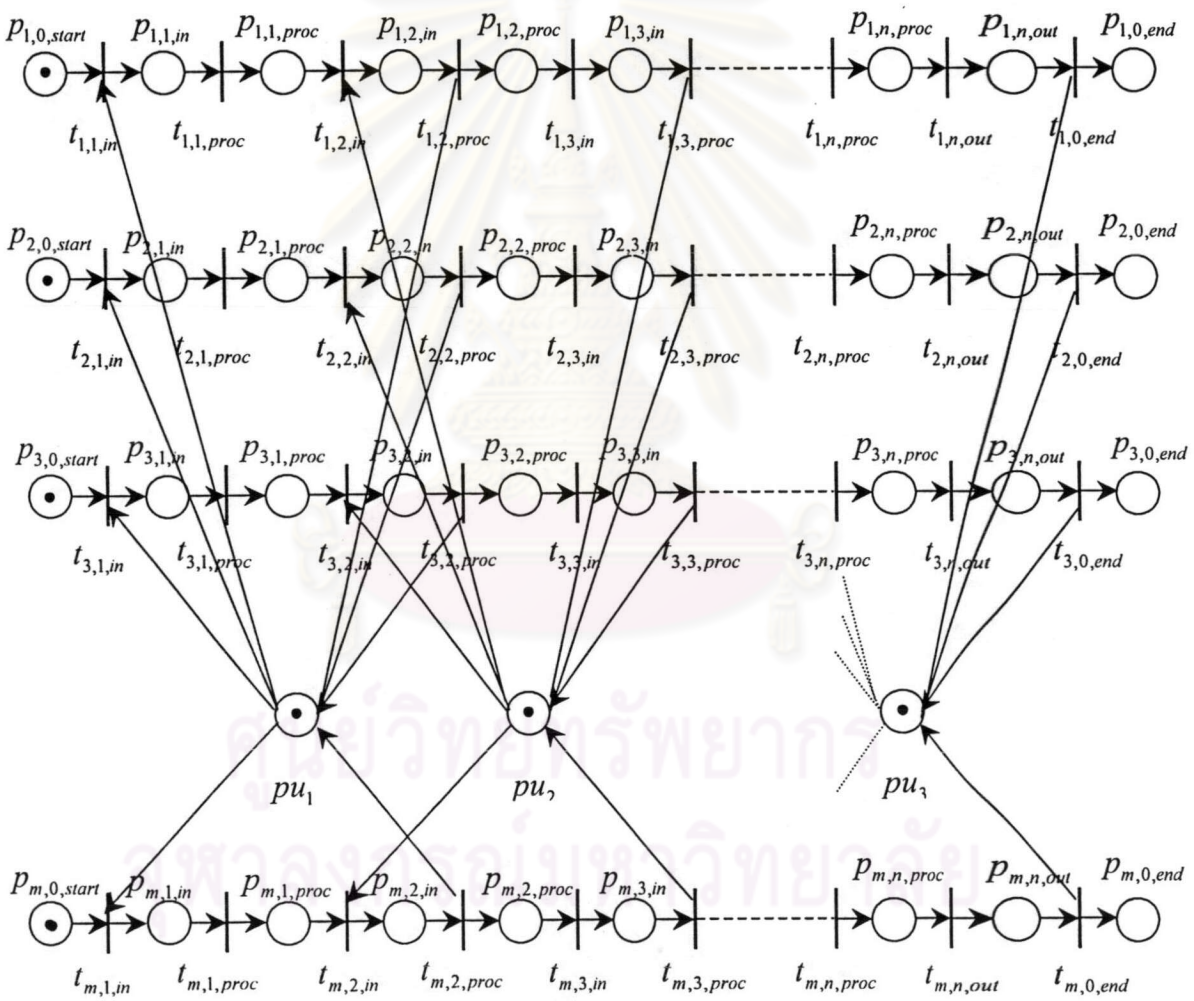
เมื่อกระบวนการมียูนิตจำนวน n ยูนิต m สูตรแล้ว จำนวนเพลสทั้งหมด (p_{total}) ในแบบจำลองนั้นหาได้ดังนี้

$$p_{total} = p_p + p_u$$
$$= m\{5 + [(n-1) * 2]\} + n$$
$$= 3m + n + 2mn$$

ทรานสิชันทั้งหมด (t_{total}) ของระบบนั้น จำนวนทรานสิชันขึ้นอยู่กับจำนวนยูนิต คือ

$$t_{total} = m\{4 + [(n-1) * 2]\}$$

เมื่อเขียนรูปแบบจำลองกระบวนการแบบแบตช์โดยใช่เพทริเน็ต แสดงได้ดังรูป



รูปที่ 5.14 รูปแบบกระบวนการ n ผลิตภัณฑ์ m ยูนิต

กำหนดให้ n คือจำนวนยูนิตทั้งหมดในกระบวนการ m คือจำนวนของสูตรที่ทำการผลิต โดย

$p_{i,j,k}$ คือเพลสในส่วนแสดงตำแหน่งของการทำงานของกระบวนการ

โดย i $= \{1,2,3,...,m\}$ คือลำดับของสูตรที่ทำการผลิตโดย

j $= \{1,2,3,...,n\}$ คือลำดับของยูนิตในกระบวนการผลิต

$= 0$ คือสถานะเริ่มและจบการทำงานของแต่ละสูตร

k $= start$ คือสภาวะกระบวนการหยุดรอคำสั่งเริ่มทำการผลิต

$= in$ คือสภาวะวัตถุดิบเริ่มเข้ายูนิต

$= proc$ คือสภาวะยูนิตทำตามขั้นตอนการผลิต

$= out$ คือสภาวะวัตถุดิบออกจากยูนิต

$= end$ คือสภาวะวัตถุดิบได้ถูกผลิตเป็นผลิตภัณฑ์แล้ว

pu_i คือเพลสในส่วนแสดงความพร้อมของยูนิต

โดย $i = \{1,2,3,...,n\}$ คือลำดับของยูนิตในกระบวนการผลิต

$t_{i,j,k}$ คือทรานสิชันที่ทำหน้าที่เริ่มการทำงานในส่วนต่างๆ ของกระบวนการ

โดย i $= \{1,2,3,...,m\}$ คือลำดับของสูตรที่ทำการผลิตโดย

j $= \{1,2,3,...,n\}$ คือลำดับของยูนิตในกระบวนการผลิต

$= 0$ คือเหตุการณ์สิ้นสุดการทำงานของแต่ละสูตร

k $= in$ คือเหตุการณ์ให้วัตถุดิบเริ่มเข้ายูนิต

$= proc$ คือเหตุการณ์ให้ยูนิตทำตามขั้นตอนการผลิต

$= out$ คือเหตุการณ์เริ่มวัตถุดิบออกจากยูนิต

$= end$ คือเหตุการณ์เริ่มสิ้นสุดการทำงานของแต่ละสูตร

จากรูปแบบจำลองเพทริเน็ตเราสามารถแปลงอยู่ในรูปแบบของเมตริกซ์ได้ เมื่อพิจารณาแบบจำลองกระบวนการแบบแบตช์ 1 ยูนิตสามารถแสดงเมตริกซ์อุบัติการณ์ได้คือ

$$A_{ij} = \begin{bmatrix} -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 \\ 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

และเมื่อพิจารณาแบบจำลองกระบวนการแบบแบตช์ 2 ยูนิตสามารถแสดง เมตริกซ์อุบัติการณ์ได้ดังนี้

$$A_{ij} = \begin{bmatrix} -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

จากการพิจารณาเมตริกซ์ A_{ij} ของกระบวนการแบบแบตช์ 1 ผลิตภัณฑ์และ 2 ผลิตภัณฑ์ เห็นได้ว่ามีความสัมพันธ์กัน แต่ก่อนที่จะแสดงความสัมพันธ์ดังกล่าวขอนิยามส่วนประกอบของเมตริกซ์ A_{ij} ของกระบวนการแบบแบตช์ 1 ผลิตภัณฑ์

นิยาม ให้เมตริกซ์ A_{ij} ของกระบวนการแบบแบตช์ 1 ผลิตภัณฑ์ประกอบด้วยเมตริกซ์ย่อย $A_{ij,a}$ และ $A_{ij,b}$ ซึ่งมีมิติเท่ากับ $t_{total} \times p_p$ และ $t_{total} \times p_u$ ตามลำดับ

$$A_{ij} = \left[\begin{array}{c|c} A_{ij,a} & A_{ij,b} \end{array}\right]$$

ตัวอย่างเช่น เมตริกซ์ A_{ij} ของกระบวนการแบบแบตช์ 1 ผลิตภัณฑ์

$$A_{ij} = \left[\begin{array}{ccccc|c} -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & -1 \\ 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 1 & 1 \end{array}\right]$$

$A_{ij,a}$ $A_{ij,b}$

ดังนั้น

$$A_{ij,a} = \begin{bmatrix} -1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 1 \end{bmatrix}; \qquad A_{ij,b} = \begin{bmatrix} -1 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}$$

เมื่อได้เมตริกซ์ $A_{ij,a}$ และ $A_{ij,b}$ แล้วเห็นว่าเมตริกซ์ตัวอย่างเมตริกซ์ A_{ij} ของกระบวนการแบบแบตช์ 2 ผลิตภัณฑ์มีความสัมพันธ์กับเมตริกซ์ $A_{ij,a}$ และ $A_{ij,b}$ ที่เกิดจากเมตริกซ์ A_{ij} ของกระบวนการแบบแบตช์ 1 ผลิตภัณฑ์ดังนี้

$$A_{ij} = \left[\begin{array}{cc|c} A_{ij,a} & 0 & A_{ij,b} \\ 0 & A_{ij,a} & A_{ij,b} \end{array}\right]$$

พิจารณาตัวอย่างเมตริกซ์ A_{ij} ของกระบวนการแบบแบตช์ 1 ยูนิต 2 ผลิตภัณฑ์

$$A_{ij} = \left[\begin{array}{ccccc|ccccc|c} -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 \\ 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ \hline 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 & 1 \end{array}\right]$$

$A_{ij,a}$ $A_{ij,b}$

และเมื่อกระบวนการเป็นแบบ 3 ผลิตภัณฑ์แล้วได้ว่า เมตริกซ์ A_{ij} ของกระบวนการแบบแบตช์ 1 ยูนิต 3 ผลิตภัณฑ์เห็นว่ามีความสัมพันธ์กับเมตริกซ์ $A_{ij,a}$ และ $A_{ij,b}$ ที่เกิดจากเมตริกซ์ A_{ij} ของกระบวนการแบบแบตช์ 1 ผลิตภัณฑ์ดังนี้

$$A_{ij} = \left[\begin{array}{ccc|c} A_{ij,a} & 0 & 0 & A_{ij,b} \\ 0 & A_{ij,a} & 0 & A_{ij,b} \\ 0 & 0 & A_{ij,a} & A_{ij,b} \end{array}\right]$$

จากลักษณะดังกล่าวเห็นได้ว่าเมื่อเป็นกระบวนการแบบแบตช์ m ผลิตภัณฑ์จะได้

$$A_{ij} = \left[\begin{array}{cccc|c} A_{ij,a} & 0 & 0 & 0 & A_{ij,b} \\ 0 & \ddots & 0 & 0 & \vdots \\ 0 & 0 & \ddots & 0 & \\ 0 & 0 & 0 & A_{ij,a} & A_{ij,b} \end{array}\right]$$

และเมื่อพิจารณาในส่วนของเวกเตอร์มาร์กกิงเริ่มต้นและมาร์กกิงสุดท้าย

นิยาม ให้เมตริกซ์ M_0 ของกระบวนการแบบแบตช์ประกอบด้วยเวกเตอร์ย่อย $M_{0,a}$ ซึ่งมีมิติ $5+2(n-1)\times 1$ และ $M_{0,b}$ มีมิติ $n\times 1$

$$M_0 = [M_{0,a} | M_{0,b}]$$

เมื่อพิจารณาเวกเตอร์มาร์กกิง M_0 แบบจำลองเพทริเน็ตของกระบวนการแบบแบตช์ 1 ยูนิตและ 2 ยูนิต สรุปได้ดังตาราง

	1 ยูนิต	2 ยูนิต
1 ผลิตภัณฑ์	$M_0 = [100001]^T$	$M_0 = [100000011]^T$
2 ผลิตภัณฑ์	$M_0 = [10000100001]^T$	$M_0 = [1000000100000011]^T$
3 ผลิตภัณฑ์	$M_0 = [1000010000100001]^T$	$M_0 = [10000001000000100000011]^T$

ตารางที่ 5.2 ตารางเปรียบเทียบ M_0

ดังนั้นเมื่อเป็นกระบวนการแบบแบตช์ m ผลิตภัณฑ์จะได้

$$M_0 = [M_{0,a}.....M_{0,a}|M_{0,b}]'$$

และในทำนองเดียวกัน ให้เมตริกซ์ M_{end} ของกระบวนการแบบแบตช์ประกอบด้วยเวกเตอร์ย่อย $M_{end,a}$ ซึ่งมีมิติ $5+2(n-1)\times 1$ และ $M_{end,b}$ มีมิติ $n\times 1$

$$M_{end} = [M_{end,a}|M_{end,b}]$$

เมื่อเป็นกระบวนการแบบแบตช์ m ผลิตภัณฑ์จะได้

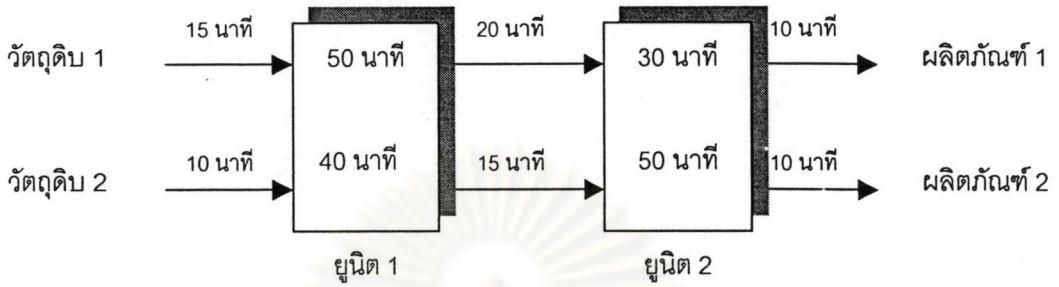
$$M_{end} = [M_{end,a}.....M_{end,a}|M_{end,b}]'$$

จากขั้นตอนที่ผ่านมาทั้งหมดเป็นวิธีการหาเมตริกซ์ A_{ij} ของกระบวนการแบบแบตช์ n ยูนิต m ผลิตภัณฑ์ เมื่อสามารถสร้างเมตริกซ์ดังกล่าวได้แล้ว หากพิจารณาถึงลำดับการยิงทรานสิชันในเพทริเน็ตแล้ว ซึ่งเป็นการเริ่มทำงานต่างๆ ที่กำหนดไว้ในตารางจะสามารถจัดการลำดับผลิตได้ ซึ่งจะสอดคล้องกับการจัดแบ่งทรัพยากรของระบบได้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตัวอย่างกระบวนการแบบแบตช์ 2 ยูนิต 2 ผลิตภัณฑ์

พิจารณากระบวนการแบบแบตช์ 2 ยูนิต 2 ผลิตภัณฑ์ ดังแสดงในรูป



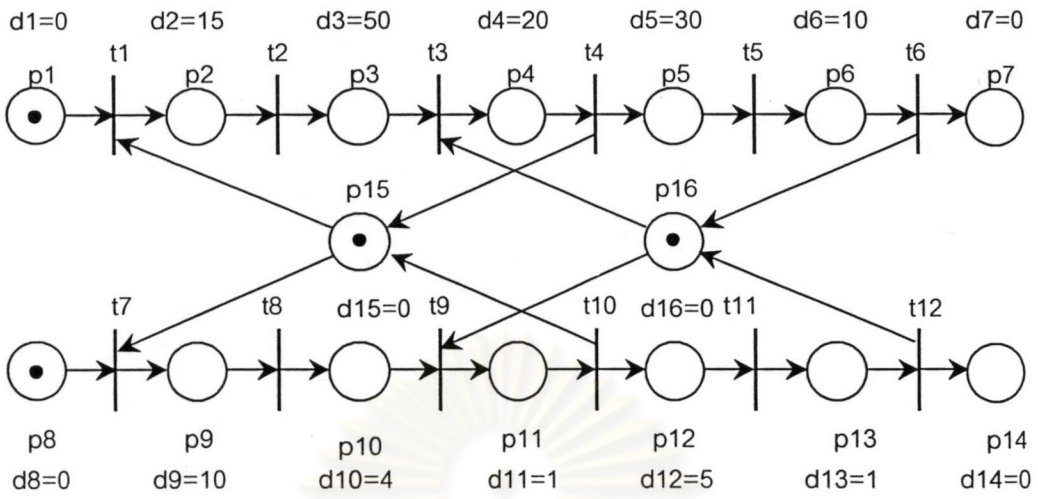
รูปที่ 5.15 กระบวนการ 2 ยูนิต 2 ผลิตภัณฑ์

สถานะและเหตุการณ์แสดงดังตารางที่ 5.3

สถานะ		เหตุการณ์	
1.	สถานะก่อนเริ่มต้นการผลิตแบตช์ที่ 1	1.	เริ่มทำการใส่วัตถุดิบแบตช์ที่ 1 ลงในยูนิต 1
2.	ใส่วัตถุดิบแบตช์ที่ 1 ลงในยูนิต 1	2.	เริ่มทำการผลิตแบตช์ที่ 1 ที่ยูนิต 1
3.	ดำเนินการผลิตแบตช์ที่ 1 อยู่ในยูนิต 1	3.	เริ่มเคลื่อนย้ายวัตถุดิบแบตช์ที่ 1 จากยูนิต 1 ไปยูนิต 2
4.	ใส่วัตถุดิบแบตช์ที่ 1 ลงในยูนิต 2	4.	เริ่มทำการผลิตแบตช์ที่ 1 ที่ยูนิต 2
5.	ดำเนินการผลิตแบตช์ที่ 1 อยู่ในยูนิต 2	5.	เริ่มเคลื่อนย้ายวัตถุดิบแบตช์ที่ 1 จากยูนิต 2
6.	ปล่อยผลิตภัณฑ์แบตช์ที่ 1 ออก	6.	สิ้นสุดเคลื่อนย้ายวัตถุดิบแบตช์ที่ 1 จากยูนิต 2
7.	สถานะสิ้นสุดการผลิตแบตช์ที่ 1	7.	เริ่มทำการใส่วัตถุดิบแบตช์ที่ 2 ลงในยูนิต 1
8.	สถานะก่อนเริ่มต้นการผลิตแบตช์ที่ 2	8.	เริ่มทำการผลิตแบตช์ที่ 2 ที่ยูนิต 1
9.	ใส่วัตถุดิบแบตช์ที่ 2 ลงในยูนิต 1	9.	เริ่มเคลื่อนย้ายวัตถุดิบแบตช์ที่ 2 จากยูนิต 1 ไปยูนิต 2
10.	ดำเนินการผลิตแบตช์ที่ 2 อยู่ในยูนิต 1	10.	เริ่มทำการผลิตแบตช์ที่ 2 ที่ยูนิต 2
11.	ใส่วัตถุดิบแบตช์ที่ 2 ลงในยูนิต 2	11.	เริ่มเคลื่อนย้ายวัตถุดิบแบตช์ที่ 2 จากยูนิต 2
12.	ดำเนินการผลิตแบตช์ที่ 2 อยู่ในยูนิต 2	12.	สิ้นสุดเคลื่อนย้ายวัตถุดิบแบตช์ที่ 2 จากยูนิต 2
13	ปล่อยผลิตภัณฑ์แบตช์ที่ 2 ออก		
14	สถานะสิ้นสุดการผลิตแบตช์ที่ 2		
15	ยูนิต 1 ว่างงาน		
16	ยูนิต 2 ว่างงาน		

ตารางที่ 5.3 สถานะและเหตุการณ์ของกระบวนการ 2 ยูนิต 2 ผลิตภัณฑ์

สามารถเขียนรูปแบบการแสดงเพทริเน็ตได้ดังรูป



รูปที่ 5.16 แบบจำลองเพทริเน็ตของระบบ 2 ยูนิต 2 ผลิตภัณฑ์

จากการกำหนดสภาวะการทำงาน สามารถสรุปตารางสภาวะก่อนและหลังเกิดเหตุการณ์ได้ดังนี้

เหตุการณ์		สถานะก่อนการเปลี่ยนแปลง	สถานะหลังการเปลี่ยนแปลง
1.	เริ่มทำการใส่วัตถุดิบแบตช์ที่ 1 ลงในยูนิต 1	1,15	2
2.	เริ่มทำการผลิตแบตช์ที่ 1 ที่ยูนิต 1	2	3
3.	เริ่มเคลื่อนย้ายวัตถุดิบแบตช์ที่ 1 จากยูนิต 1 ไปยูนิต 2	3,16	4
4.	เริ่มทำการผลิตแบตช์ที่ 1 ที่ยูนิต 2	4	5,15
5.	เริ่มเคลื่อนย้ายวัตถุดิบแบตช์ที่ 1 จากยูนิต 2	5	6
6.	สิ้นสุดเคลื่อนย้ายวัตถุดิบแบตช์ที่ 1 จากยูนิต 2	6	7,16
7.	เริ่มทำการใส่วัตถุดิบแบตช์ที่ 2 ลงในยูนิต 1	8,15	9
8.	เริ่มทำการผลิตแบตช์ที่ 2 ที่ยูนิต 1	9	10
9.	เริ่มเคลื่อนย้ายวัตถุดิบแบตช์ที่ 2 จากยูนิต 1 ไปยูนิต 2	10,16	11
10.	เริ่มทำการผลิตแบตช์ที่ 2 ที่ยูนิต 2	11	12,15
11.	เริ่มเคลื่อนย้ายวัตถุดิบแบตช์ที่ 2 จากยูนิต 2	12	13
12.	สิ้นสุดเคลื่อนย้ายวัตถุดิบแบตช์ที่ 2 จากยูนิต 2	13	14,16

ตารางที่ 5.4 สรุปตารางสภาวะก่อนและหลังการเกิดเหตุการณ์

จากวิธีการสร้างเมตริกซ์อุบัติการณ์ที่ได้กล่าวมาในตอนต้นของบทนั้น สามารถเขียนเมตริกซ์อุบัติการณ์ของกระบวนการแบบแบตช์ 2 ยูนิต 2 ผลิตภัณฑ์ได้ดังนี้

$$A_{ij} = \begin{bmatrix} -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

มาร์กกิงเริ่มต้น $M_0 = [1000000100000011]^T$

มาร์กกิงสุดท้าย $M_{end} = [0000001000000111]^T$

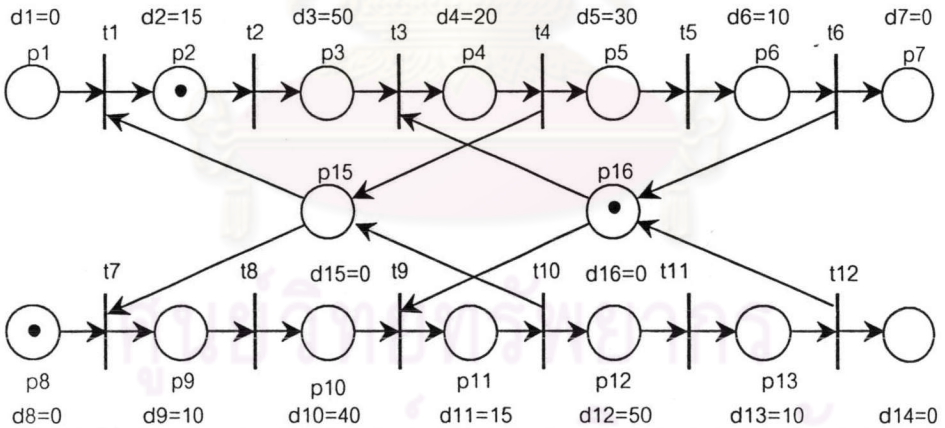
หลังจากได้สร้างเมตริกซ์อุบัติการณ์เพื่อจำลองการทำงานของกระบวนการแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือ ขั้นตอนการยิงทรานสิชัน โดยหลังจากยิงทรานสิชันแล้วมาร์กกิงต่อไปของระบบสามารถหาได้จากสมการ $M_k = M_0 + A_{ij}{}^t u_k$ การยิงทรานสิชันจะเริ่มยิงจากมาร์กกิงเริ่มต้น M_0 แล้วยิงทรานสิชันอื่นจนกระทั่งได้มาร์กกิงสุดท้าย M_{end} ซึ่งก็คือการทำงานครบทุกขั้นตอนของการผลิต ในการยิงทรานสิชันคือเราจะยิงทรานสิชันที่อีนาเบิลอยู่ ถ้าหากมีทรานสิชันที่อีนาเบิลอยู่มากกว่าหนึ่งแล้ว จะทำการยิงทรานสิชันในทุกกรณีแล้วยิงทรานซิชันต่อไปเรื่อยๆ จนกระทั่งได้เวกเตอร์มาร์กกิงสุดท้ายทุกกรณีจึงหยุด

จากแบบจำลองกระบวนการผลิตแบบแบตช์ 2 ยูนิต 2 ผลิตภัณฑ์ ในรูปที่ 5.16 แสดงมาร์กกิงเริ่มต้นของเพทริเน็ตเห็นว่าทรานสิชัน t_1 และ t_7 อีนาเบิลอยู่ คือ $M_0 = [1000000100000011]^T$ ซึ่งเป็นการทำงานแบบชนกันกล่าวคือการยิงทรานสิชัน t_1 จะทำให้ทรานสิชัน t_7 สูญเสียอีนาเบิลดังนั้นสามารถเลือกในยิงทรานสิชัน t_1 หรือ t_7 อย่างใดอย่างหนึ่งเท่านั้น โดยการเลือกยิงทรานสิชันนั้นเมื่อมองจากกระบวนการจริงแล้วคือเป็นการเลือกลำดับของการผลิตนั่นเอง

ถ้ายิงทรานสิชัน t_1 จะทำให้ได้มาร์กกิงหลังจากยิงทรานสิชัน คือ

$$M_1 = \begin{bmatrix}1\\0\\0\\0\\0\\0\\1\\0\\0\\0\\0\\0\\0\\0\\1\\1\end{bmatrix} + \begin{bmatrix}-1&1&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&-1&0\\0&-1&1&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0\\0&0&-1&1&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&-1\\0&0&0&-1&1&0&0&0&0&0&0&0&0&0&1&0\\0&0&0&0&-1&1&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0\\0&0&0&0&0&-1&1&0&0&0&0&0&0&0&0&1\\0&0&0&0&0&0&0&-1&1&0&0&0&0&0&-1&0\\0&0&0&0&0&0&0&0&-1&1&0&0&0&0&0&0\\0&0&0&0&0&0&0&0&0&-1&1&0&0&0&0&-1\\0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&-1&1&0&0&1&0\\0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&-1&1&0&0&0\\0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&-1&1&0&1\end{bmatrix}^T \begin{bmatrix}1\\0\\0\\0\\0\\0\\0\\0\\0\\0\\0\\0\\0\\0\\0\\0\end{bmatrix} = \begin{bmatrix}0\\1\\0\\0\\0\\0\\1\\0\\0\\0\\0\\0\\0\\0\\0\\0\\1\end{bmatrix}$$

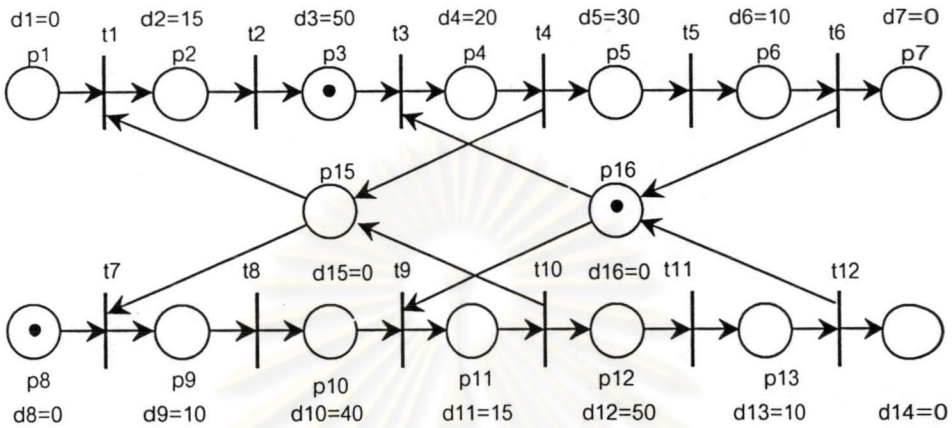
แสดงโดยใช้รูปได้ดังนี้



รูปที่ 5.17 เพทริเน็ตหลังจากยิงทรานสิชัน t_1

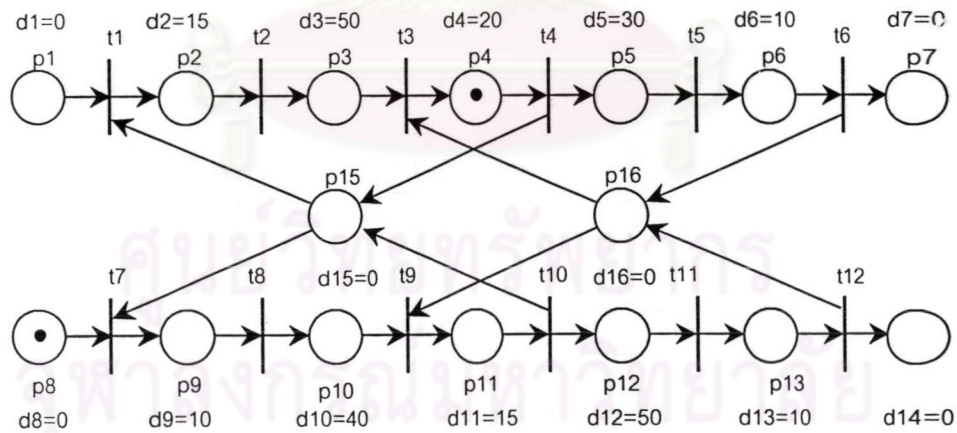
และเมื่อทำการยิงทรานซิชันต่อไปจนกระทั่งได้มาร์กกิงสุดท้ายแสดงได้ดังนี้

เมื่อโทเค็นเคลื่อนที่เข้าไปที่เพลส p_2 แล้วทรานสิชัน t_2 จะยังไม่อีนาเบิลจนกระทั่งเวลาผ่านไปเป็นเวลา 15 นาที ทรานสิชัน t_2 จะอีนาเบิลที่เวลา t=15 จากนั้นเมื่อทรานสิชัน t_2 อีนาเบิลและถูกยิงจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงมาร์กกิง คือ $M_2 = [0010000100000001]^T$ แสดงได้ดังรูป



รูปที่ 5.18 เพทริเน็ตหลังจากยิงทรานสิชัน t_2

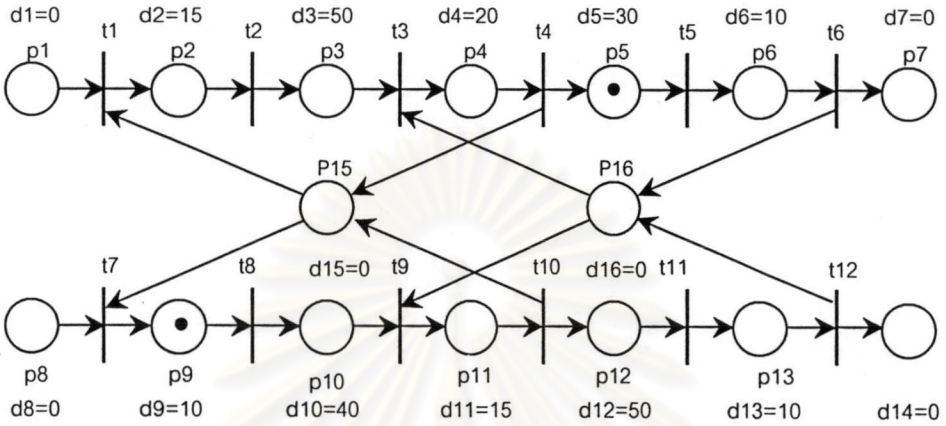
เมื่อโทเค็นเคลื่อนที่เข้าไปที่เพลส p_3 แล้วทรานสิชัน t_3 จะยังไม่อีนาเบิลจนกระทั่งเวลาผ่านไปเป็นเวลา 50 นาที ทรานสิชัน t_3 จะอีนาเบิลที่เวลา t=65 จากนั้นเมื่อทรานสิชัน t_3 อีนาเบิลและถูกยิงจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงมาร์กกิง คือ $M_3 = [0001000100000000]^T$ แสดงได้ดังรูป



รูปที่ 5.19 เพทริเน็ตหลังจากยิงทรานสิชัน t_3

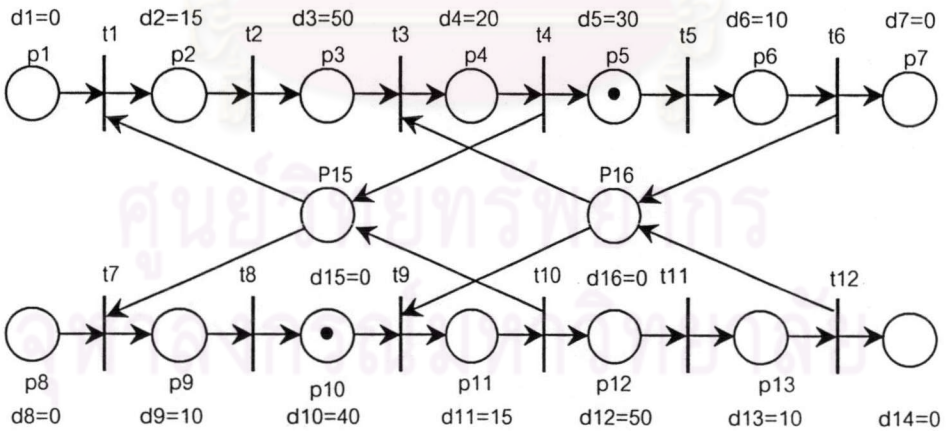
เมื่อโทเค็นเคลื่อนที่เข้าไปที่เพลส p_4 แล้วทรานสิชัน t_4 จะยังไม่อีนาเบิลจนกระทั่งเวลาผ่านไปเป็นเวลา 20 นาที จากนั้นเมื่อทรานสิชัน t_4 อีนาเบิลและถูกยิงจะทำให้มีโท - เค็นปรากฏที่เพลส p_{15} ซึ่งเป็นเพลสที่แสดงความพร้อมในการทำงานของยูนิตที่ 1 ทำให้สามารถ

ยิงทรานสิชัน t_7 ต่อเนื่องกันได้ทันที โดยทรานสิชัน t_5 จะอีนาเบิลครั้งต่อไปที่เวลา t = 115 และทรานสิชัน t_8 จะอีนาเบิลครั้งต่อไปที่เวลา t = 95 หรือกล่าวได้ว่าเป็นการทำงานแบบพร้อมกัน การเปลี่ยนแปลงมาร์กกิง คือ $M_4 = [0000100010000000]^T$ แสดงได้ดังรูป



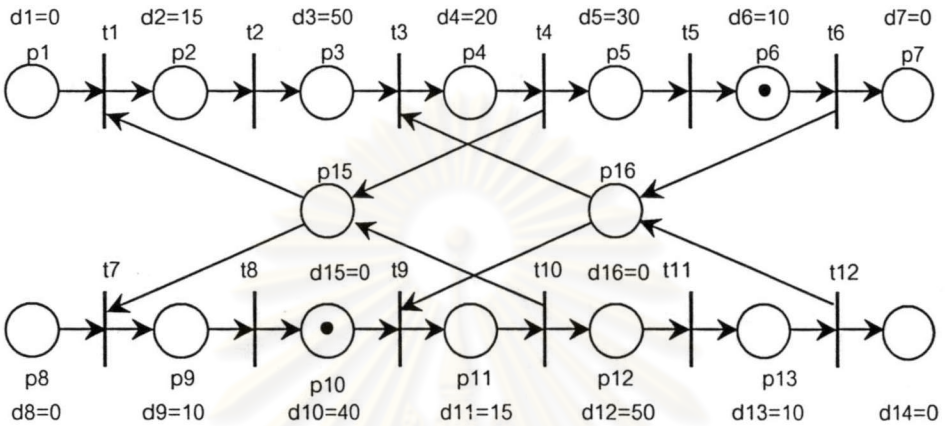
รูปที่ 5.20 เพทริเน็ตหลังจากยิงทรานสิชัน t_4 และ t_7

จากนั้นเมื่อเวลา t = 95 ทรานสิชัน t_8 จะอีนาเบิลและหลังจากถูกยิงจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงมาร์กกิง คือ $M_5 = [0000100001000000]^T$ แล้วทรานสิชัน t_9 จะยังไม่อีนาเบิลจนกระทั่งเวลาผ่านไปเป็นเวลา 40 นาที แสดงได้ดังรูป



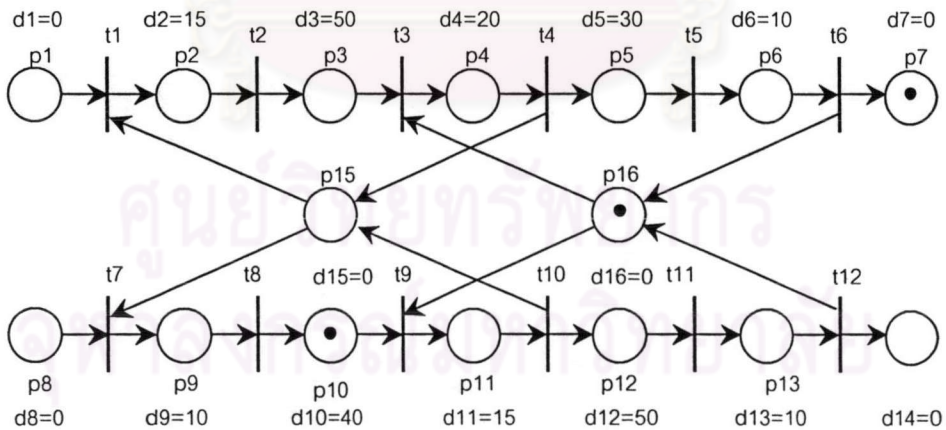
รูปที่ 5.21 เพทริเน็ตหลังจากยิงทรานสิชัน t_8

จากนั้นเมื่อเวลา t = 115 ทรานสิชัน t_5 จะอีนาเบิลและหลังจากถูกยิงทรานสิชันจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงมาร์กกิง $M_6 = [0000010001000000]^T$ โดยทรานสิชัน t_6 จะยังไม่อีนาเบิลจนกระทั่งเวลาผ่านไปเป็นเวลา 10 นาที คือเวลาที่ t เท่ากับ 125 แสดงได้ดังรูป



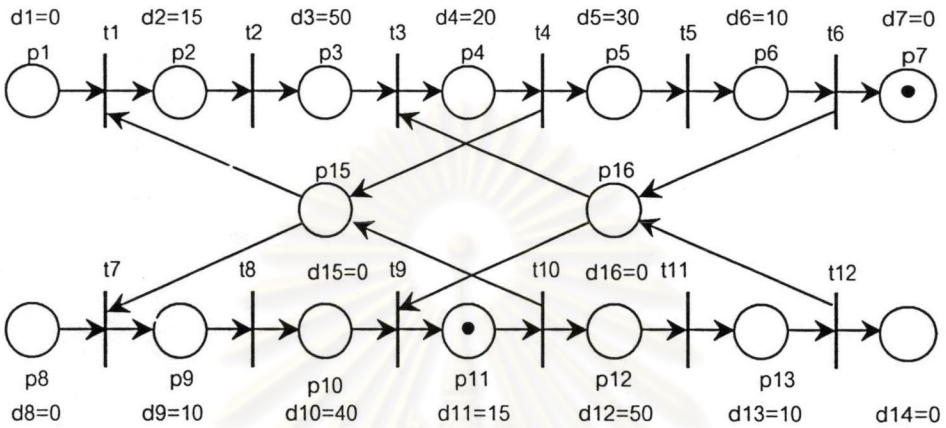
รูปที่ 5.22 เพทริเน็ตหลังจากยิงทรานสิชัน t_5

จากนั้นเมื่อเวลา t = 125 ทรานสิชัน t_6 จะอีนาเบิลและหลังจากถูกยิงทรานสิชันจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงมาร์กกิง $M_7 = [0000001001000001]^T$ แสดงได้ดังรูป



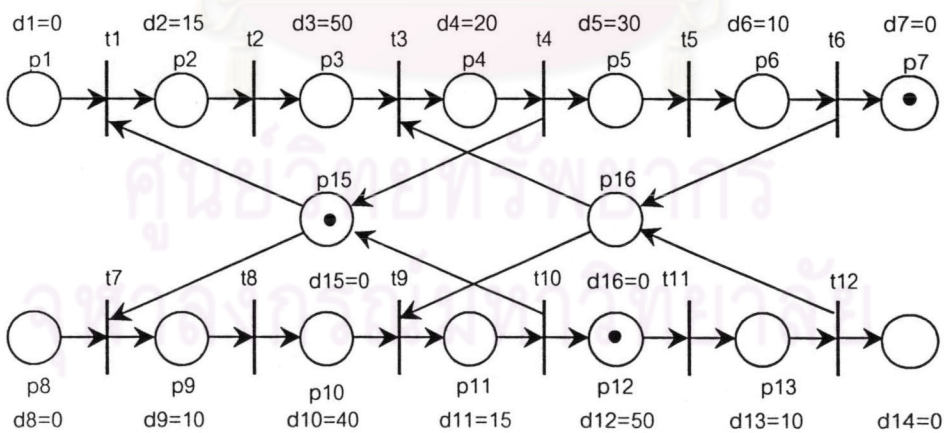
รูปที่ 5.23 เพทริเน็ตหลังจากยิงทรานสิชัน t_6

จากนั้นเมื่อเวลา t = 135 ทรานสิชัน t_9 จะอีนาเบิลและหลังจากถูกยิงทรานสิชันจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงมาร์กกิง $M_8 = [0000001000100000]^T$ แล้วทรานสิชัน t_{10} จะยังไม่อีนาเบิลจนกระทั่งเวลาผ่านไปเป็นเวลา 15 นาที คือเวลาที่ t เท่ากับ 150 แสดงได้ดังรูป



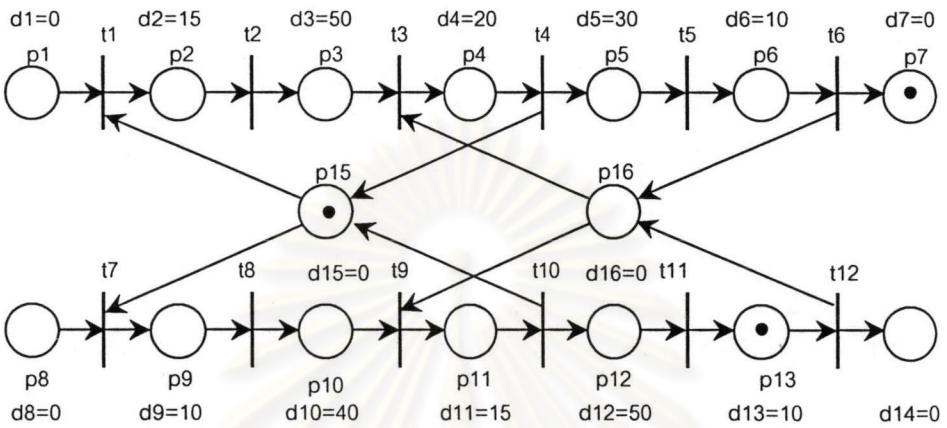
รูปที่ 5.24 เพทริเน็ตหลังจากยิงทรานสิชัน t_9

จากนั้นเมื่อเวลา t = 150 ทรานสิชัน t_{10} จะอีนาเบิลและหลังจากถูกยิงทรานสิชันจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงมาร์กกิง $M_9 = [0000001000010010]^T$ แล้วทรานสิชัน t_{11} จะยังไม่อีนาเบิลจนกระทั่งเวลาผ่านไปเป็นเวลา 50 นาที แสดงได้ดังรูป



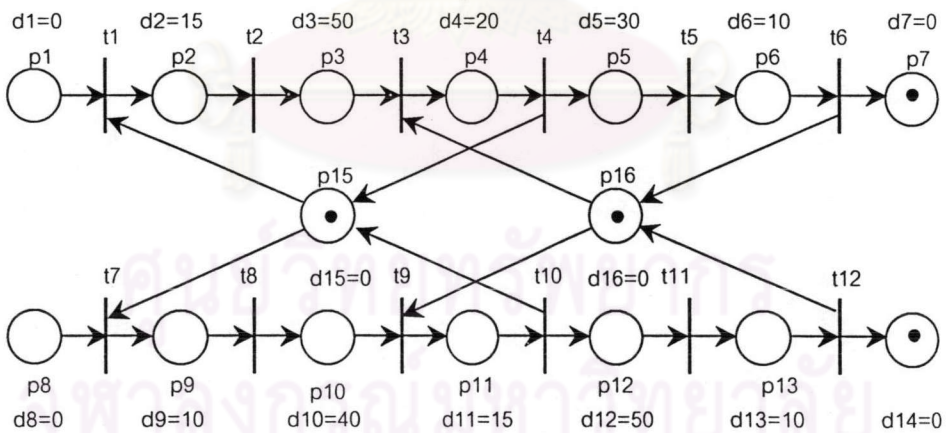
รูปที่ 5.25 เพทริเน็ตหลังจากยิงทรานสิชัน t_{10}

จากนั้นเมื่อเวลา t = 200 ทรานสิชัน t_{11} จะอีนาเบิลและหลังจากถูกยิงทรานสิชันจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงมาร์กกิง $M_{10} = [0000001000001010]^T$ แล้วทรานสิชัน t_{12} จะยังไม่อีนาเบิลจนกระทั่งเวลาผ่านไปเป็นเวลา 10 นาที แสดงได้ดังรูป



รูปที่ 5.26 เพทริเน็ตหลังจากยิงทรานสิชัน t_{11}

จากนั้นเมื่อเวลา t = 210 ทรานสิชัน t_{12} จะอีนาเบิลและหลังจากถูกยิงทรานสิชันจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงมาร์กกิง $M_{11} = [0000001000000111]^T$ แสดงได้ดังรูป



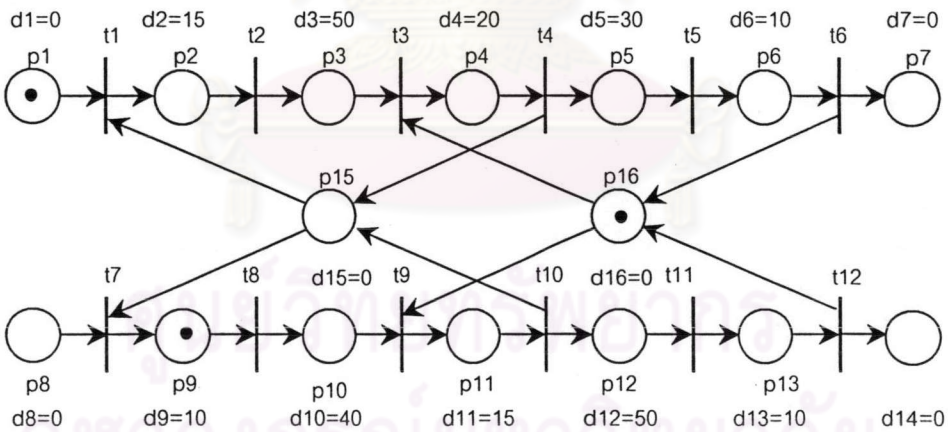
รูปที่ 5.27 เพทริเน็ตหลังจากยิงทรานสิชัน t_{12}

เมื่อยิงทรานสิชัน t_{12} แล้วจะหยุดการยิงทรานสิชันเนื่องจากมาร์กกิงของเพทริเน็ตตรงกับมาร์กกิงสุดท้ายคือ $M_{end} = [0000001000000111]^T$ แสดงว่าสิ้นสุดการทำงานในส่วนการยิงชุดทราน - สิชัน t_1

จากที่ผ่านมาเป็นการแสดงการยิงทรานสิชัน t_1 ก่อน แต่ถ้ายิงทรานสิชัน t_7 จะทำให้ได้มาร์กกิงหลังจากยิงทรานสิชัน คือ

$$M_1 = \begin{bmatrix}1\\0\\0\\0\\0\\0\\1\\0\\0\\0\\0\\0\\0\\0\\1\\1\end{bmatrix} + \begin{bmatrix}-1&1&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&-1&0\\0&-1&1&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0\\0&0&-1&1&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&-1\\0&0&0&-1&1&0&0&0&0&0&0&0&0&0&1&0\\0&0&0&0&-1&1&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0\\0&0&0&0&0&-1&1&0&0&0&0&0&0&0&0&1\\0&0&0&0&0&0&0&-1&1&0&0&0&0&0&-1&0\\0&0&0&0&0&0&0&0&-1&1&0&0&0&0&0&0\\0&0&0&0&0&0&0&0&0&-1&1&0&0&0&0&-1\\0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&-1&1&0&0&1&0\\0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&-1&1&0&0&0\\0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&-1&1&0&1\end{bmatrix}^T \begin{bmatrix}0\\1\\0\\0\\0\\0\\0\\0\\0\\0\\0\\0\\0\\0\\0\\0\end{bmatrix} = \begin{bmatrix}1\\0\\0\\0\\0\\0\\0\\0\\1\\0\\0\\0\\0\\0\\0\\1\end{bmatrix}$$

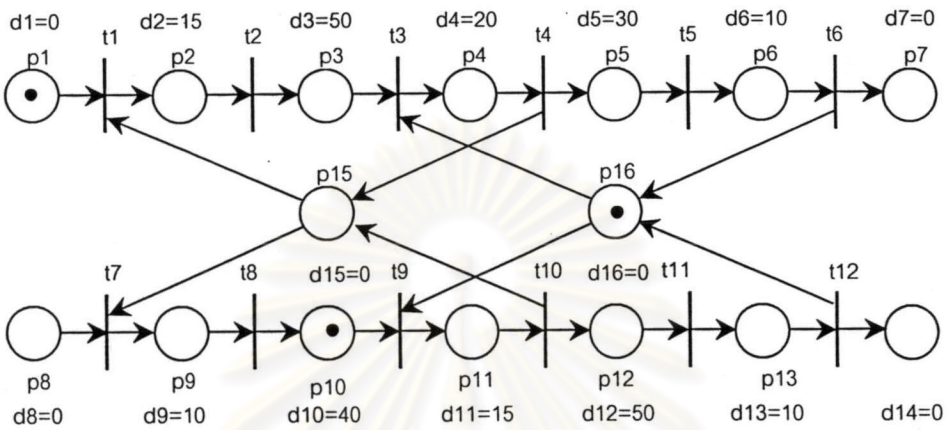
แสดงโดยใช้รูปได้ดังนี้



รูปที่ 5.28 เพทริเน็ตหลังจากยิงทรานสิชัน t_7

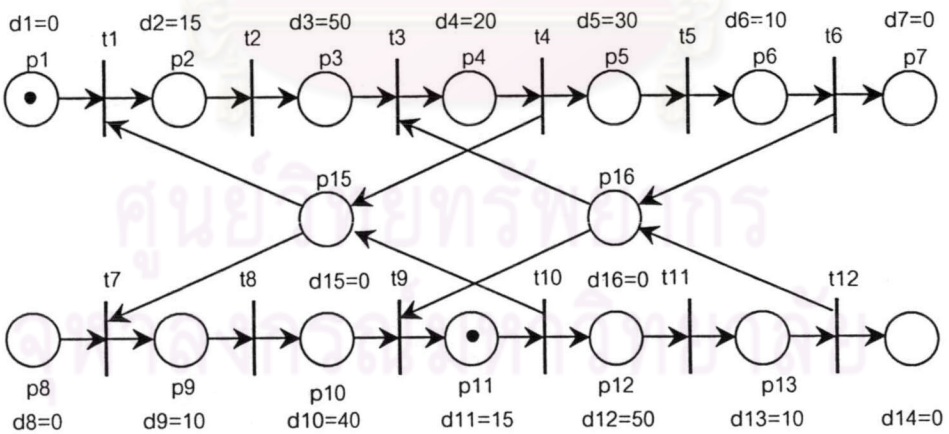
และเมื่อทำการยิงทรานซิชันต่อไปจนกระทั่งได้มาร์กกิงสุดท้ายแสดงได้ดังรูป

เมื่อโทเค็นเคลื่อนที่เข้าไปที่เพลส p_9 แล้วทรานสิชัน t_8 จะยังไม่อีนาเบิลจนกระทั่งเวลาผ่านไปเป็นเวลา 10 นาที ทรานสิชัน t_2 จะอีนาเบิลที่เวลา t=10 จากนั้นเมื่อทรานสิชัน t_8 อีนาเบิลและถูกยิงจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงมาร์กกิง $M_1 = [10000000010000001]^T$ แสดงได้ดังรูป



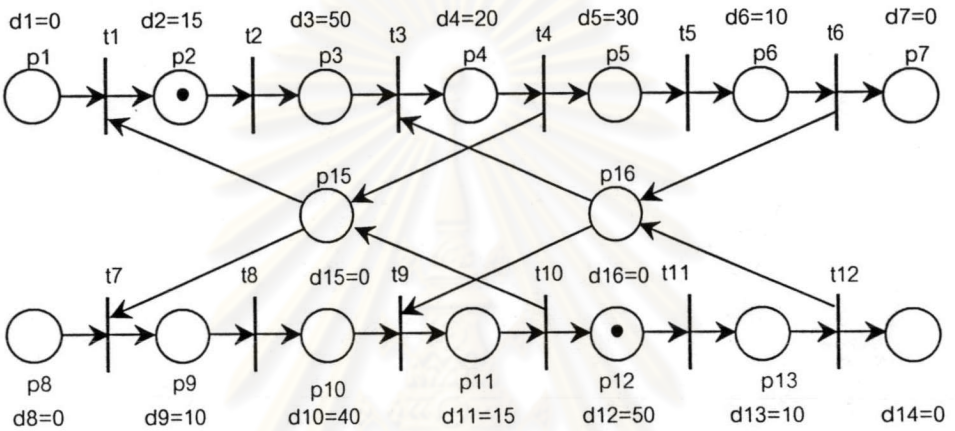
รูปที่ 5.29 เพทริเน็ตหลังจากยิงทรานสิชัน t_8

เมื่อโทเค็นเคลื่อนที่เข้าไปที่เพลส p_{10} แล้วทรานสิชัน t_9 จะยังไม่อีนาเบิลจนกระทั่งเวลาผ่านไปเป็นเวลา 40 นาที ทรานสิชัน t_9 จะอีนาเบิลที่เวลา t=50 จากนั้นเมื่อทรานสิชัน t_9 อีนาเบิลและถูกยิงจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงมาร์กกิง $M_2 = [10000000001000000]^T$ แสดงได้ดังรูป



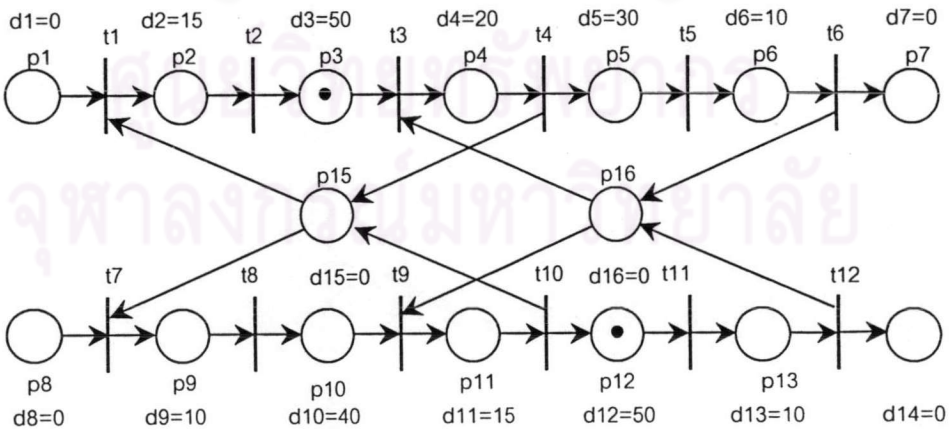
รูปที่ 5.30 เพทริเน็ตหลังจากยิงทรานสิชัน t_9

เมื่อโทเค็นเคลื่อนที่เข้าไปที่เพลส p_{11} แล้วทรานสิชัน t_{10} จะยังไม่อีนาเบิลจนกระทั่งเวลาผ่านไปเป็นเวลา 15 นาที ทรานสิชัน t_{10} จะอีนาเบิลที่เวลา t=65 จากนั้นเมื่อทรานสิชัน t_{10} อีนาเบิลและถูกยิงจะทำให้มีโทเค็นปรากฏที่เพลส p_{15} ซึ่งเป็นเพลสที่แสดงความพร้อมในการทำงานของยูนิตที่ 1 ทำให้สามารถยิงทรานสิชัน t_1 ต่อเนื่องกันได้ทันที โดยทรานสิชัน t_{11} จะอีนาเบิลครั้งต่อไปที่เวลา t = 115 และทรานสิชัน t_2 จะอีนาเบิลครั้งต่อไปที่เวลา t = 80 หรือกล่าวได้ว่าเป็นการทำงานแบบพร้อมกัน การเปลี่ยนแปลงมาร์กกิง $M_3 = [0100000000010000]^T$ แสดงได้ดังรูป



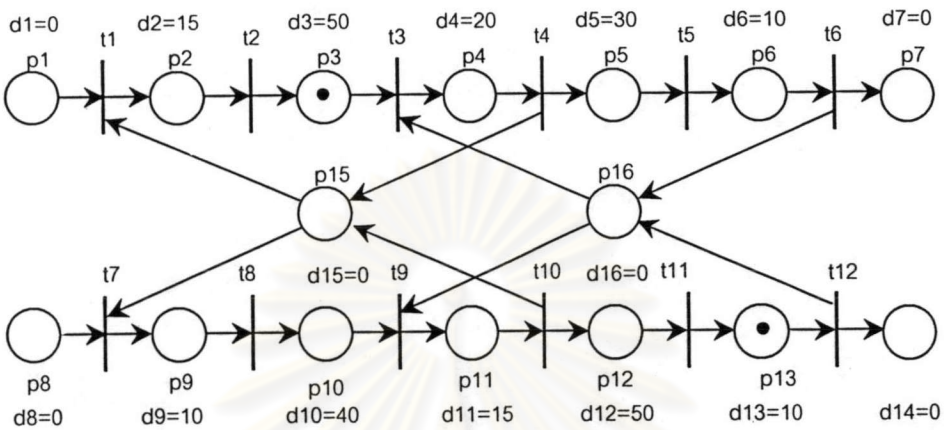
รูปที่ 5.31 เพทริเน็ตหลังจากยิงทรานสิชัน t_{10} และ t_1

จากนั้นเมื่อเวลา t = 80 ทรานสิชัน t_2 จะอีนาเบิล และหลังจากถูกยิงจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงมาร์กกิง $M_4 = [0010000000010000]^T$ ทรานสิชัน t_3 จะอีนาเบิลที่เวลา t=130 แสดงได้ดังรูป



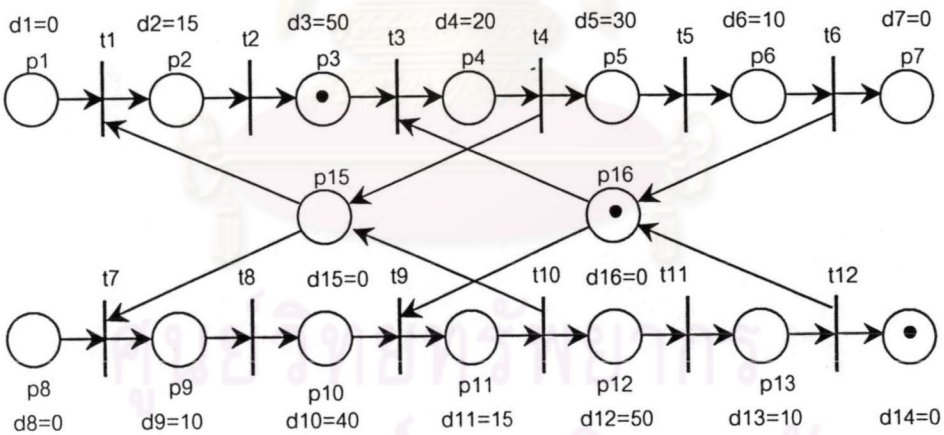
รูปที่ 5.32 เพทริเน็ตหลังจากยิงทรานสิชัน t_2

จากนั้นเมื่อเวลา t = 115 ทรานสิชัน t_{11} จะอีนาเบิลและหลังจากถูกยิงจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงมาร์กกิง $M_4 = [0010000000001000]^T$ ทรานสิชัน t_{12} จะอีนาเบิลที่เวลา t=125 แสดงได้ดังรูป



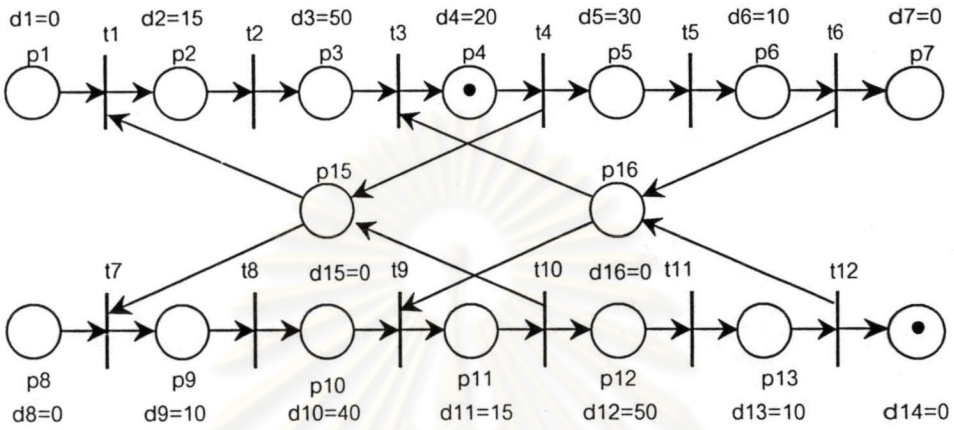
รูปที่ 5.33 เพทริเน็ตหลังจากยิงทรานสิชัน t_{11}

จากนั้นเมื่อเวลา t = 125 ทรานสิชัน t_{12} จะอีนาเบิลและหลังจากถูกยิงจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงมาร์กกิง $M_5 = [0010000000000101]^T$ แสดงได้ดังรูป



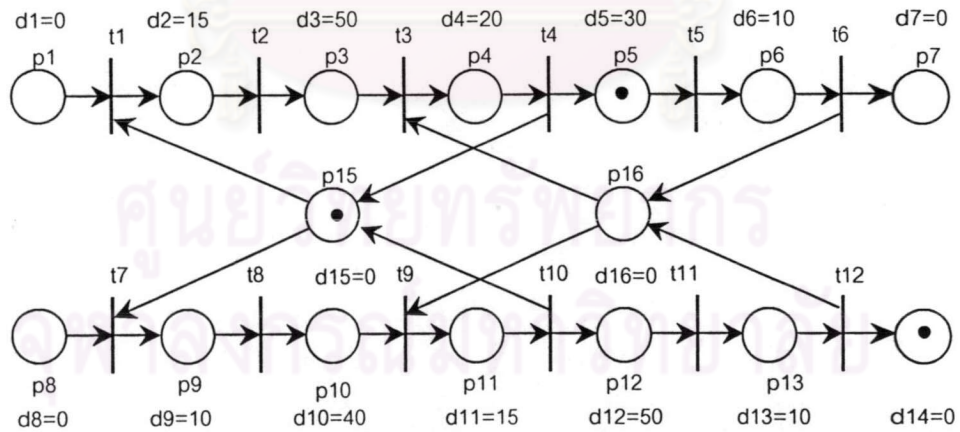
รูปที่ 5.34 เพทริเน็ตหลังจากยิงทรานสิชัน t_{12}

จากนั้นเมื่อเวลา t = 130 ทรานสิชัน t_3 จะอีนาเบิลและหลังจากถูกยิงจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงมาร์กกิง $M_6 = [0001000000000100]^T$ ทรานสิชัน t_4 จะอีนาเบิลที่เวลา t=150 แสดงได้ดังรูป



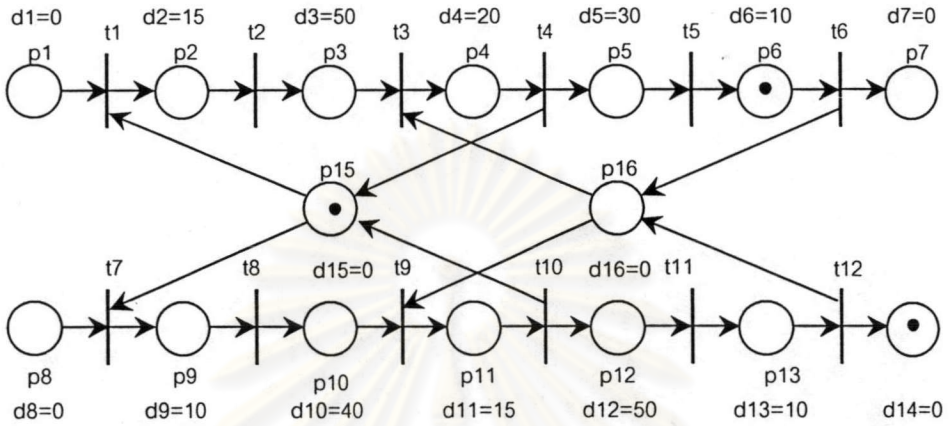
รูปที่ 5.35 เพทริเน็ตหลังจากยิงทรานสิชัน t_3

จากนั้นเมื่อเวลา t = 150 ทรานสิชัน t_4 จะอีนาเบิลและหลังจากถูกยิงจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงมาร์กกิง $M_7 = [0000100000000110]^T$ ทรานสิชัน t_5 จะอีนาเบิลที่เวลา t=180 แสดงได้ดังรูป



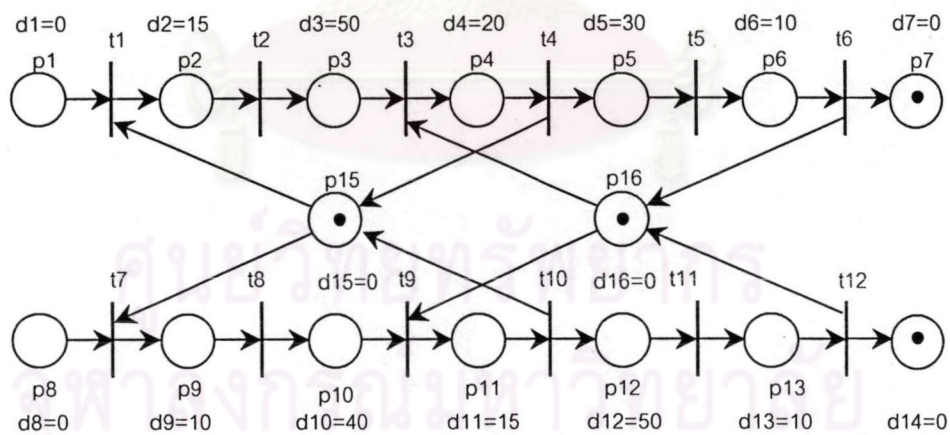
รูปที่ 5.36 เพทริเน็ตหลังจากยิงทรานสิชัน t_4

จากนั้นเมื่อเวลา t = 180 ทรานสิชัน t_5 จะอีนาเบิลและหลังจากถูกยิงจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงมาร์กกิง $M_8 = [0000010000000110]^T$ ทรานสิชัน t_6 จะอีนาเบิลที่เวลา t=190 แสดงได้ดังรูป



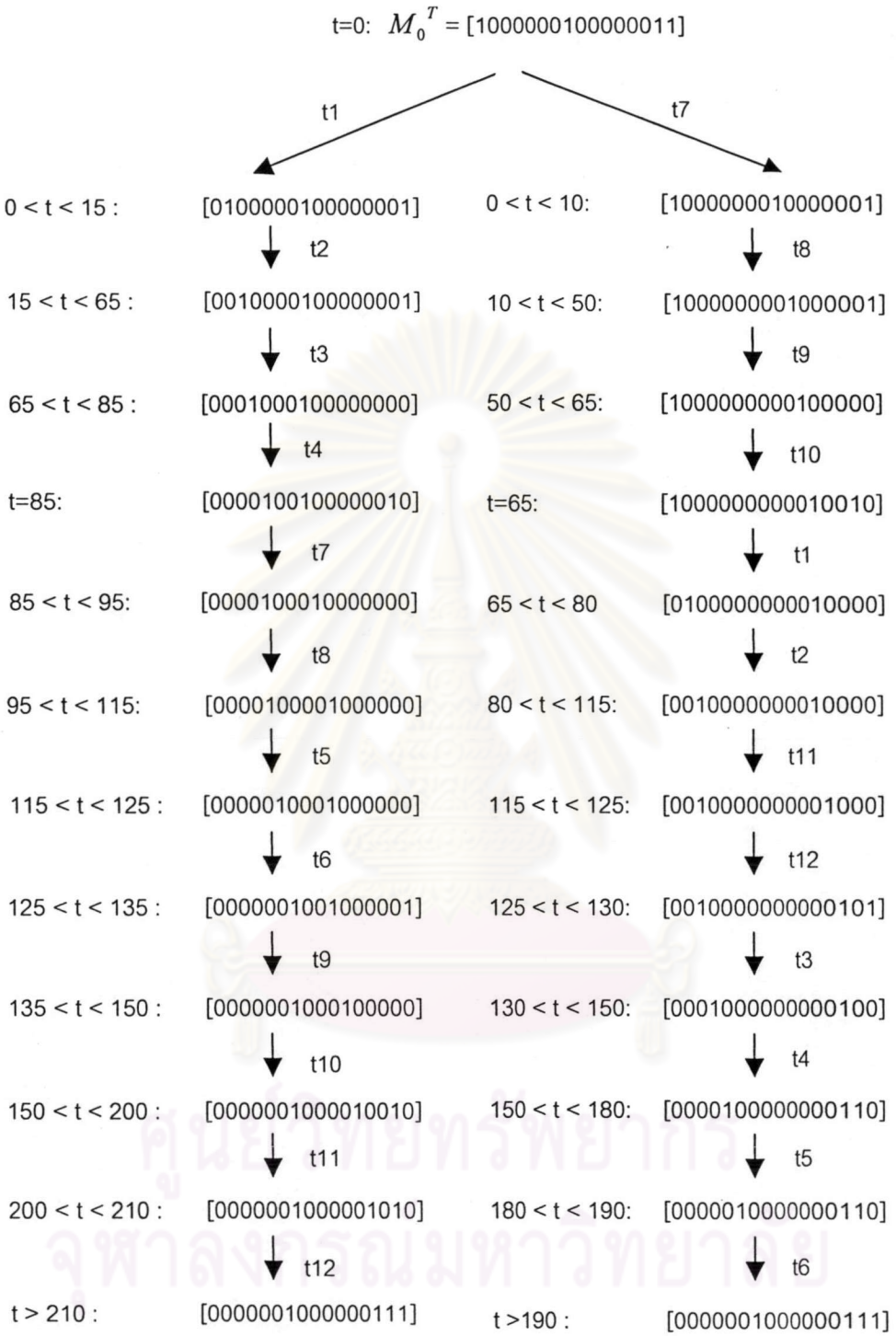
รูปที่ 5.37 เพทริเน็ตหลังจากยิงทรานสิชัน t_5

จากนั้นเมื่อเวลา t = 190 ทรานสิชัน t_6 จะอีนาเบิลและหลังจากถูกยิงจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงมาร์กกิง $M_9 = [0000001000000111]^T$ แสดงได้ดังรูป



รูปที่ 5.38 เพทริเน็ตหลังจากยิงทรานสิชัน t_6

เมื่อยิงทรานสิชัน t_6 แล้วจะหยุดการยิงทรานสิชันเนื่องจากมาร์กกิงของเพทริเน็ตตรงกับมาร์กกิงสุดท้ายคือ $M_{end} = [0000001000000111]^T$ แสดงว่าสิ้นสุดการทำงานในส่วนการยิงชุดของทรานสิชัน t_7



รูปที่ 5.39 รีชเอบิลิตีทรี

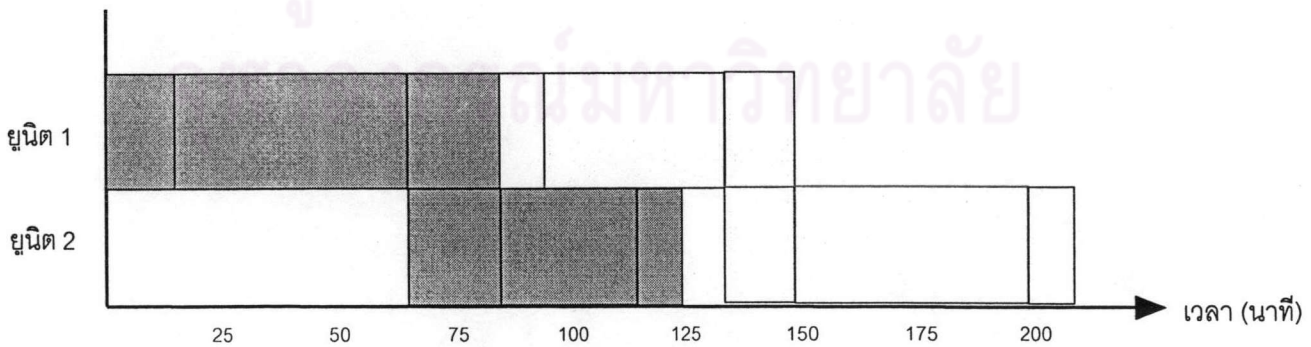
จากรูปที่ 5.17 เราสามารถลำดับการยิงทรานสิชันได้สองชุด คือ ชุดที่หนึ่งคือ ลำดับ t_1, t_2, t_3, t_4, t_7, t_8, t_5, t_6, t_9, t_{10}, t_{11}, t_{12} ซึ่งใช้เวลาในการผลิตทั้งหมด 210 นาทีและชุดที่สองคือ ลำดับ t_7, t_8, t_9, t_{10}, t_1, t_2, t_{11}, t_{12}, t_3, t_4, t_5, t_6 ซึ่งใช้เวลาในการผลิตทั้งหมด 190 นาที

จากการวิเคราะห์แบบจำลองเพทริเน็ตของกระบวนการแบบแบตช์ 2 ยูนิต 2 ผลิตภัณฑ์ สามารถสรุปการจัดลำดับการยิงทรานสิชันชุดแรกได้ดังนี้

เวลา	สภาวะ
0-15	ใส่วัตถุดิบแบตช์ที่ 1 ลงในยูนิต 1
15-65	ดำเนินการผลิตแบตช์ที่ 1 อยู่ในยูนิต 1
65-85	ใส่วัตถุดิบแบตช์ที่ 1 ลงในยูนิต 2
85-95	ใส่วัตถุดิบแบตช์ที่ 2 ลงในยูนิต 1
85-115	ดำเนินการผลิตแบตช์ที่ 1 อยู่ในยูนิต 2
95-135	ดำเนินการผลิตแบตช์ที่ 2 อยู่ในยูนิต 1
115-125	ปล่อยวัตถุดิบแบตช์ที่ 1 ออก
135-150	ใส่วัตถุดิบแบตช์ที่ 2 ลงในยูนิต 2
150-200	ดำเนินการผลิตแบตช์ที่ 2 อยู่ในยูนิต 2
200-210	ปล่อยวัตถุดิบแบตช์ที่ 2 ออก

ตารางที่ 5.5 ตารางสภาวะของกระบวนการในการผลิตแบตช์ที่ 1 ก่อน

ซึ่งเมื่อเขียนแผนภาพแกนท์แสดงได้ดังรูป



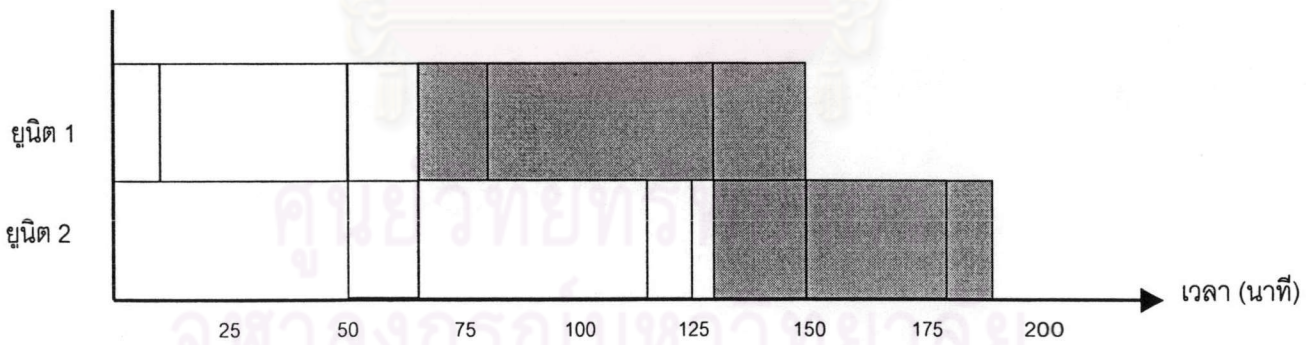
รูปที่ 5.40 แกนท์ชาร์ตของการผลิตแบตช์ที่ 1 ก่อน

จากลำดับการยิงทรานสิชันชุดที่สองสรุปได้ดังนี้

เวลา	สภาวะ
0-10	ใส่วัตถุดิบแบตช์ที่ 2 ลงในยูนิต 1
10-50	ดำเนินการผลิตแบตช์ที่ 2 อยู่ในยูนิต 1
50-65	ใส่วัตถุดิบแบตช์ที่ 1 ลงในยูนิต 2
65-80	ใส่วัตถุดิบแบตช์ที่ 2 ลงในยูนิต 1
65-115	ดำเนินการผลิตแบตช์ที่ 2 อยู่ในยูนิต 2
80-130	ดำเนินการผลิตแบตช์ที่ 1 อยู่ในยูนิต 2
115-125	ปล่อยวัตถุดิบแบตช์ที่ 2 ออก
130-150	ใส่วัตถุดิบแบตช์ที่ 1 ลงในยูนิต 2
150-180	ดำเนินการผลิตแบตช์ที่ 1 อยู่ในยูนิต 2
180-190	ปล่อยวัตถุดิบแบตช์ที่ 1 ออก

ตารางที่ 5.6 ตารางสภาวะของกระบวนการในการผลิตแบตช์ที่ 2 ก่อน

ซึ่งเมื่อเขียนแผนภาพแกนท์แสดงได้ดังรูป



รูปที่ 5.41 แกนท์ชาร์ตของการผลิตแบตช์ที่ 2 ก่อน

จากการยิงทรานสิชันทั้งสองกรณีเห็นว่าสามารถยิงทรานสิชันจนถึงมาร์กกิงสุดท้ายได้ทั้งสองกรณีแต่เวลาในการทำงานของเพทริเน็ตนั้นต่างกัน โดยการยิงทรานสิชัน t_1 ก่อนใช้เวลาในการทำงานรวมเท่ากับ 210 นาที แต่การยิงทรานสิชัน t_7 ก่อนใช้เวลาในการทำงานรวมเพียง 190 นาที เท่านั้น ดังนั้นการพิจารณาแบบจำลองเพทริเน็ตทำให้สามารถพิจารณาการเวลาที่ใช้ในการทำงานได้ ซึ่งสามารถนำข้อมูลดังกล่าวมาช่วยในการจัดลำดับการผลิตได้