บทที่ 3

การปรับปรุงแผนภาพสเตทชาร์ทสำหรับแสดงพฤติกรรมของวัตถุพร้อมทำงาน

เนื้อหาในบทนี้แสดงปัญหาของแผนภาพสเตทชาร์ทที่ไม่สามารถใช้แสดงพฤติกรรมของวัตถุพร้อมทำงานได้และเสนอวิธีการปรับปรุงแผนภาพสเตทชาร์ทให้สามารถใช้แสดงพฤติกรรมของวัตถุพร้อมทำงานดังต่อไปนี้

3.1 สัญลักษณ์สำหรับเหตุการณ์การเปลี่ยนค่าของตัวแปรพร้อมทำงาน

การเปลี่ยนแปลงค่าของตัวแปรพร้อมทำงานเป็นการเริ่มต้นการทำงานของ กฎการเปลี่ยนแปลงและสมการกำหนดค่า แต่แผนภาพสเตทชาร์ทไม่สามารถแสดงพฤติกรรมทั้งสองแบบนี้ได้เนื่องจากไม่มีสัญลักษณ์สำหรับใช้แสดงเหตุการณ์การเปลี่ยนแปลงค่าของตัวแปรพร้อมทำงาน ยูเอ็มแอลได้กำหนดประเภทของเหตุการณ์และสัญลักษณ์ของเหตุการณ์ไว้ 4 ประเภท ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ประเภทและสัญลักษณ์ของเหตุการณ์

ประเภทของเหตุการณ์	สัญลักษณ์
เหตุการณ์ประเภทเรียกการทำงาน	**operation name**(argument-list)$_{opt}$
เหตุการณ์ประเภทสัญญาณ	**signal name**(argument-list)$_{opt}$
เหตุการณ์ประเภทการเปลี่ยนแปลง	**when**(Boolean expression)
เหตุการณ์ประเภทเวลา	**after**(time)

สัญลักษณ์ของเหตุการณ์ที่แสดงในตารางไม่สามารถใช้ได้กับเหตุการณ์การเปลี่ยนค่าของตัวแปรพร้อมทำงานเนื่องจาก

1) สัญลักษณ์ของเหตุการณ์ประเภทเรียกการทำงานและสัญลักษณ์ของเหตุการณ์ประเภทสัญญาณเป็นการระบุด้วยชื่อของการทำงานของวัตถุและชื่อของสัญญาณที่ส่งมายังวัตถุตามลำดับ ซึ่งไม่ใช่การระบุชื่อของตัวแปรพร้อมทำงาน ดังนั้นสัญลักษณ์ของเหตุการณ์ทั้งสองประเภทนี้จึงไม่สามารถแสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงค่าของตัวแปรพร้อมทำงานได้

2) สัญลักษณ์ของเหตุการณ์ประเภทการเปลี่ยนแปลงเป็นการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของค่าจากประโยคบูลีนไม่ใช่การเปลี่ยนแปลงของค่าจากตัวแปร ซึ่งเหตุการณ์ประเภทการเปลี่ยนแปลงจะเกิดขึ้นเมื่อค่าของประโยคบูลีนเปลี่ยนจากเท็จเป็นจริงแต่เหตุการณ์การเปลี่ยนค่าของตัวแปรพร้อมทำงานเกิดขึ้นเมื่อตัวแปรพร้อมทำงานมีการเปลี่ยนแปลงค่า

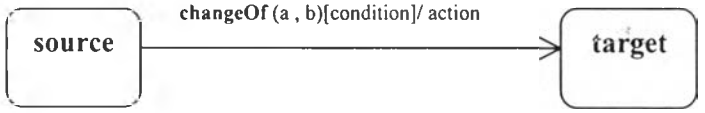
3) สัญลักษณ์ของเหตุการณ์ประเภทเวลาใช้แสดงถึงเหตุการณ์ที่จะเกิดหลังจากผ่านเวลาที่กำหนดไปแล้วซึ่งไม่มีความเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนค่าของตัวแปรพร้อมทำงาน

เพื่อแก้ปัญหาการไม่มีสัญลักษณ์สำหรับใช้แสดงเหตุการณ์การเปลี่ยนค่าของตัวแปรพร้อมทำงาน จึงทำการกำหนดสัญลักษณ์ใหม่เพื่อใช้เป็นสัญลักษณ์ของเหตุการณ์การเปลี่ยนค่าของตัวแปรพร้อมทำงาน ดังนี้รูปที่ 3.1

สัญลักษณ์	**changeOf**(av_1,av_2,…,av_n)
คำอธิบาย	av_1,av_2,…,av_n คือ รายการของตัวแปรพร้อมทำงานที่ถูกกำหนดให้เป็นตัวเริ่มต้นการทำงานของกฎการเปลี่ยนแปลงหรือสมการกำหนดค่า เหตุการณ์จะเกิดขึ้นเมื่อตัวแปรพร้อมทำงานตัวใดตัวหนึ่งที่กำหนดในสัญลักษณ์มีการเปลี่ยนแปลงค่า
ปัญหาที่แก้ไข	สัญลักษณ์นี้สามารถใช้แสดงเหตุการณ์การเปลี่ยนค่าของตัวแปรพร้อมทำงานได้ ดังนั้นจึงสามารถแสดงกฎการเปลี่ยนแปลงและสมการกำหนดค่าในรูปของการเปลี่ยนแปลงในแผนภาพสเตทชาร์ทได้

รูปที่ 3.1 สัญลักษณ์ของเหตุการณ์การเปลี่ยนค่าของตัวแปรพร้อมทำงาน

ตัวอย่างในรูปที่ 3.2 เป็นตัวอย่างของแผนภาพสเตทชาร์ทที่ใช้สัญลักษณ์ของเหตุการณ์การเปลี่ยนค่าของตัวแปรพร้อมทำงาน ซึ่งเหตุการณ์จะเกิดขึ้นเมื่อค่าของตัวแปรพร้อมทำงาน a หรือ b ถูกเปลี่ยนค่า เมื่อเหตุการณ์เกิดขึ้นเงื่อนไขจะถูกตรวจสอบถ้าเงื่อนไขเป็นจริงการเปลี่ยนแปลงจะเกิดขึ้นโดยทำการประมวลผลการกระทำและเปลี่ยนจากสถานะตั้งต้นไปยังสถานะเป้าหมาย



รูปที่ 3.2 การกำหนดสัญลักษณ์ changeOf ในข้อความการเปลี่ยนแปลง

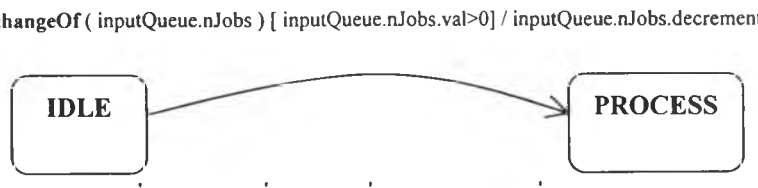
การเปลี่ยนค่าของตัวแปรพร้อมทำงานใช้เป็นตัวเริ่มต้นการทำงานของกฎการเปลี่ยนแปลงและสมการกำหนดค่า ดังนั้นพฤติกรรมทั้งสองแบบนี้จะต้องถูกแสดงในรูปแบบของการเปลี่ยนแปลงในแผนภาพสเตทชาร์ท สัญลักษณ์ "changeOf" จะต้องระบุในข้อความการเปลี่ยนแปลงเพื่อแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรพร้อมทำงานกับการเปลี่ยนแปลงที่จะเกิดขึ้นเมื่อมีการเปลี่ยนค่าของตัวแปรพร้อมทำงาน ดังตัวอย่างของกฎการเปลี่ยนแปลงและสมการกำหนดค่าต่อไปนี้

1) ตัวอย่างของกฎการเปลี่ยนแปลงของตัวประมวลผลในระบบแถวคอยซึ่งมีเงื่อนไขและการกระทำดังต่อไปนี้

เงื่อนไข เมื่อสถานะเป็น IDLE และ แถวคอยนำเข้ามีจำนวนงานมากกว่าศูนย์

การกระทำ ลดจำนวนงานของแถวคอยลงหนึ่ง แล้วเปลี่ยนสถานะเป็น PROCESS

กำหนดให้ตัวเริ่มต้นการทำงานคือ ตัวแปรพร้อมทำงาน nJobs ซึ่งเป็นตัวแปรพร้อมทำงานของแถวคอย เมื่อตัวแปรพร้อมทำงานนี้เปลี่ยนค่าจะเป็นการกระตุ้นให้ตัวประมวลผลทำงาน สามารถแสดงกฎการเปลี่ยนแปลงนี้ในแผนภาพสเตทชาร์ทได้ดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 การเปลี่ยนแปลงที่มาจากกฎการเปลี่ยนแปลง

2) ตัวอย่างสมการกำหนดค่าของแอนเกตซึ่งทำหน้าที่ตรวจสอบตรรกะของสัญญาณที่เข้ามายังขาทั้งสองข้างของแอนเกต (input1 และ input2) แล้วให้ผลลัพธ์ (output) ซึ่งมีค่าเป็นจริงหรือเท็จ โดยกำหนดประโยคการคำนวณและตัวแปรรับค่า ดังนี้

ประโยคการคำนวณ input1 && input2

ตัวแปรรับค่า output

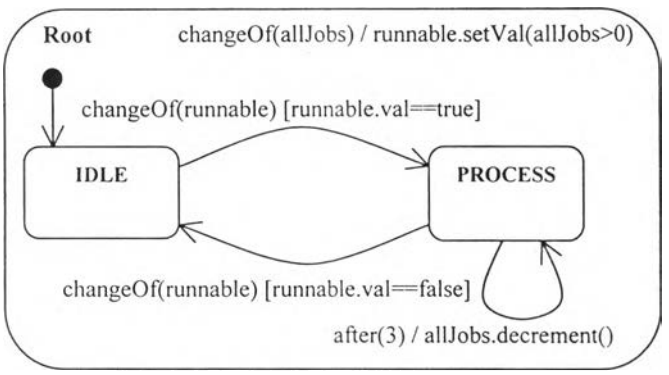
กำหนดให้ตัวเริ่มต้นการทำงานคือ ตัวแปรพร้อมทำงาน input1 และตัวแปรพร้อมทำงาน input2 ซึ่งเป็นตัวแปรพร้อมทำงานของส่วนนำเข้าของแอนเกต เมื่อตัวแปรพร้อมทำงานตัวใดตัวหนึ่งเปลี่ยนค่าจะทำให้ประโยคการคำนวณถูกประมวลผล ผลลัพธ์ที่ได้จะมีค่าเป็น 'จริง' หรือ 'เท็จ' แล้วกำหนดให้กับตัวแปร output ซึ่งเป็นตัวแปรรับค่าต่อไป เมื่อกำหนดให้สมการกำหนดค่านี้อยู่ในรูปของประโยคการเปลี่ยนแปลงจะแสดงได้ดังนี้ "**changeOf**(input1,input2) /output = (input1.val && input2.val)"

ตัวอย่างของแผนภาพสเตทชาร์ทที่แสดงในรูปที่ 3.4 เป็นแผนภาพสเตทชาร์ทที่แสดงพฤติกรรมของเครื่องประมวลผลซึ่งทำหน้าที่ประมวลผลงานที่ได้รับจากวัตถุอื่นที่ส่งมา เครื่องประมวลผลมีสถานะ 2 สถานะคือ 'นิ่ง' (IDLE) และ 'ประมวลผล' (PROCESS) ในครั้งแรกสถานะของเครื่องประมวลผลจะเป็น 'นิ่ง' เมื่อมีงานเข้ามายังเครื่องประมวลผลจะเปลี่ยนสถานะเป็น 'ประมวลผล' โดยในขณะที่อยู่ในสถานะ 'ประมวลผล' จะทำการลดจำนวนงานลง 1 งานในทุกๆ 1 หน่วยเวลา ถ้าเมื่อใดที่จำนวนงานในเครื่องประมวลผลเป็นศูนย์เครื่องประมวลผลจะเปลี่ยนสถานะกลับไปยังสถานะ 'นิ่ง' ตัวแปรพร้อมทำงาน allJobs เป็นค่าของจำนวนงานในปัจจุบันที่อยู่ในเครื่องประมวลผลซึ่งจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อวัตถุอื่นส่งงานมายังเครื่องประมวลผล และตัวแปรพร้อมทำงาน runnable เป็นตัวตัดสินสถานะให้กับเครื่องประมวลผลโดยมีเงื่อนไขดังนี้

- ถ้าค่าของตัวแปร runnable เปลี่ยนเป็น 'จริง' ให้เปลี่ยนสถานะเป็น 'ประมวลผล'
- ถ้าค่าของตัวแปร runnable เปลี่ยนเป็น 'เท็จ' ให้เปลี่ยนสถานะเป็น 'นิ่ง'

จากรูปที่ 3.4 จะเห็นว่าสถานะนิ่งและสถานะประมวลผลถูกกำหนดให้เป็นสถานะย่อยของสถานะราก (Root state) ซึ่งสถานะรากคือสถานะประกอบชนิดหนึ่งที่อยู่ในระดับสูงที่สุดในโครงสร้างระดับชั้นของสถานะและในแผนภาพสเตทชาร์ทหนึ่งจะมีสถานะรากได้เพียงหนึ่งเดียวเท่านั้น [7] การกำหนดให้มีสถานะรากนั้นเพื่อใช้สถานะรากเป็นสถานะสำหรับระบุการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นได้ในทุกๆ สถานะ เช่นการเปลี่ยนแปลง "changeOf(allJobs) / runnable = (allJobs>0)" ซึ่งถูกกำหนดให้เป็นการเปลี่ยนแปลงภายในของสถานะราก การเปลี่ยนแปลงนี้สามารถเกิดขึ้นได้ที่สถานะนิ่งและประมวลผล

เนื่องจากตัวแปรพร้อมทำงาน allJobs เปลี่ยนค่าโดยวัตถุอื่นที่ส่งงานมายังเครื่องประมวลผล ซึ่งสามารถเปลี่ยนค่าของตัวแปรพร้อมทำงาน allJobs ได้ที่ทั้งสองสถานะ การเปลี่ยนแปลงนี้เป็นการเปลี่ยนแปลงของสมการกำหนดค่าโดยมีประโยคการคำนวณคือ "allJobs>0" และตัวแปรรับค่าคือ runnable สำหรับตัวแปรพร้อมทำงานที่เป็นตัวเริ่มต้นการทำงานของสมการกำหนดค่านี้คือ ตัวแปรพร้อมทำงาน allJobs เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงค่าของตัวแปร allJobs การเปลี่ยนแปลงนี้จะถูกกระตุ้นให้เกิดขึ้นแล้วประมวลผลประโยคการคำนวณ ถ้าค่าของตัวแปร allJobs มากกว่าศูนย์ผลการคำนวณจะมีค่าเป็น 'จริง' และถ้าค่าของตัวแปร allJobs เท่ากับศูนย์ผลการคำนวณจะมีค่าเป็น 'เท็จ'



รูปที่ 3.4 แผนภาพสเตทชาร์ทที่แสดงพฤติกรรมของเครื่องประมวลผล

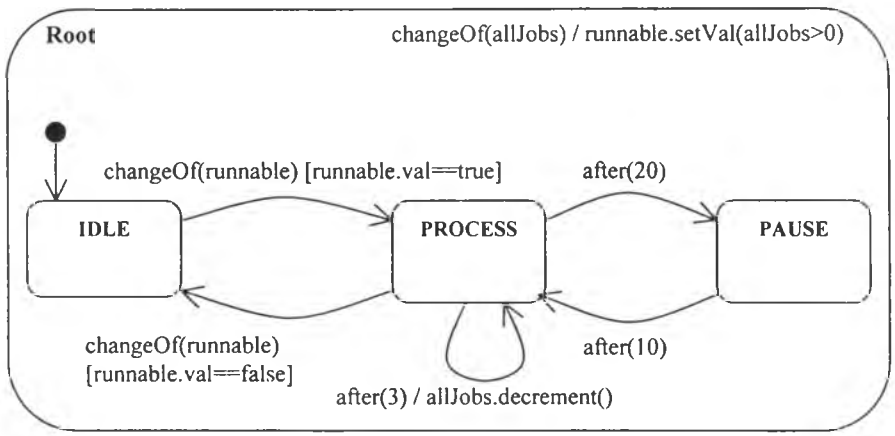
3.2 การเพิ่มเติมสัญลักษณ์ของเหตุการณ์ประเภทเวลา

เหตุการณ์ในอนาคตคือเหตุการณ์ที่ถูกกำหนดให้เกิดขึ้นหลังจากผ่านช่วงเวลาหนึ่งไปแล้ว สัญลักษณ์ของเหตุการณ์ประเภทเวลาถูกใช้เป็นสัญลักษณ์สำหรับแสดงเหตุการณ์ในอนาคตเพราะสามารถแสดงให้ทราบถึงช่วงเวลาในการถ่วงการเกิดของเหตุการณ์ได้ สัญลักษณ์ของเหตุการณ์ประเภทเวลาที่กำหนดในยูเอ็มแอลคือ '**after**(time)' ซึ่งจะต้องมีการระบุช่วงเวลาเพื่อถ่วงการเกิดของเหตุการณ์ การดำเนินของเวลาจะถูกกระตุ้นให้เริ่มต้นโดยเหตุการณ์ของการเข้าสู่สถานะ ดังตัวอย่างของแผนภาพสเตทชาร์ทในรูปที่ 3.4 มีการเปลี่ยนแปลงที่ระบุด้วย "after(3)/allJob.decrement()" ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงที่ระบุด้วยสัญลักษณ์ของเหตุการณ์ประเภทเวลาและมีสถานะประมวลผลเป็นสถานะตั้งต้นของการเปลี่ยนแปลงนี้ ดังนั้นเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงเข้ามายังสถานะประมวลผลจะมีการกระตุ้นให้เกิดการดำเนินของเวลา เมื่อเวลาได้ดำเนินไปครบตามที่กำหนดไว้คือ 3 หน่วยเวลาจึงเกิดเหตุการณ์ในอนาคตขึ้น แต่เหตุการณ์ในอนาคตจะถูกยกเลิกถ้ามีเหตุการณ์ของการออกจากสถานะเกิดขึ้นก่อนถึงเวลาที่กำหนด ตัวอย่างเช่นเกิดการเปลี่ยนแปลงออกจากสถานะประมวลผลไปยังสถานะนิ่งก่อนเวลาดำเนินไปครบ 3 หน่วยเวลาจะทำให้เหตุการณ์ในอนาคตที่จะเกิดขึ้นถูกยกเลิก ดังนั้นสัญลักษณ์ของเหตุการณ์ประเภทเวลาในปัจจุบันจึงขึ้นอยู่กับเหตุการณ์ของการเข้าสู่สถานะและเหตุการณ์ของการออกจากสถานะ

สัญลักษณ์ในปัจจุบันของเหตุการณ์ประเภทเวลาไม่สามารถใช้แสดงเหตุการณ์ในอนาคตของวัตถุพร้อมทำงานได้อย่างสมบูรณ์เพราะมีบางกรณีที่การเริ่มต้นของเหตุการณ์ในอนาคตและการยกเลิกของเหตุการณ์ในอนาคตไม่ต้องการให้ขึ้นอยู่กับเหตุการณ์การเข้าสู่สถานะและเหตุการณ์การออกจาก

ขอขอบคุณ ... จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สถานะ ดังตัวอย่างของแผนภาพสเตทชาร์ทในรูปที่ 3.5 ซึ่งเพิ่มเติมจากรูปที่ 3.4 โดยกำหนดให้เครื่องประมวลผลเปลี่ยนสถานะไปเป็น "พัก" (PAUSE) เมื่อทำการประมวลผลต่อเนื่องเป็นเวลา 20 หน่วยเวลา เหตุการณ์ในอนาคตซึ่งจะเกิดขึ้นในอีก 20 หน่วยเวลาหลังจากเข้าสู่สถานะประมวลผลถูกแสดงด้วยสัญลักษณ์ของเหตุการณ์ประเภทเวลาเป็น '**after**(20)' จากแผนภาพสเตทชาร์ทที่ปรากฏจะเห็นว่าเหตุการณ์ในอนาคตซึ่งจะเกิดขึ้นในอีก 20 หน่วยเวลาจะถูกยกเลิกและเริ่มต้นใหม่ทุกๆ 3 หน่วยเวลาโดยเหตุการณ์ของการออกจากสถานะและเหตุการณ์ของการเข้าสู่สถานะ ซึ่งเกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงที่ระบุด้วย '**after**(3)'



รูปที่ 3.5 ปัญหาของแผนภาพสเตทชาร์ทที่ใช้สัญลักษณ์ของเหตุการณ์ประเภทเวลา

แนวคิดในการแก้ปัญหาคือปรับปรุงให้สัญลักษณ์ของเหตุการณ์ประเภทเวลาสามารถระบุตัวเริ่มต้น (Trigger) และตัวยกเลิก (Remover) ของเหตุการณ์ในอนาคตได้ โดยให้ระบุเจาะจงที่การเปลี่ยนแปลงที่ต้องการให้เป็นตัวเริ่มต้นหรือเป็นตัวยกเลิกของเหตุการณ์ในอนาคตแทนเหตุการณ์การเข้าสู่สถานะและเหตุการณ์การออกจากสถานะ ดังนั้นเพื่อให้สามารถอ้างอิงไปยังการเปลี่ยนแปลงที่จะกำหนดให้เป็นตัวเริ่มต้นและตัวยกเลิกของเหตุการณ์ในอนาคตได้จึงทำการปรับปรุงรูปแบบของข้อความการเปลี่ยนแปลงโดยการเพิ่มเติมส่วนของชื่อการเปลี่ยนแปลง (Transition name) เพื่อใช้อ้างอิงถึงการเปลี่ยนแปลงนั้น ชื่อการเปลี่ยนแปลงถูกกำหนดให้เป็นส่วนหนึ่งในข้อความการเปลี่ยนแปลงโดยกำหนดให้ระบุที่ส่วนต้นของข้อความและตามด้วยเครื่องหมาย ':' ดังรูปแบบต่อไปนี้

$$\mathbf{name}_{opt}\text{: event [condition] / action}$$

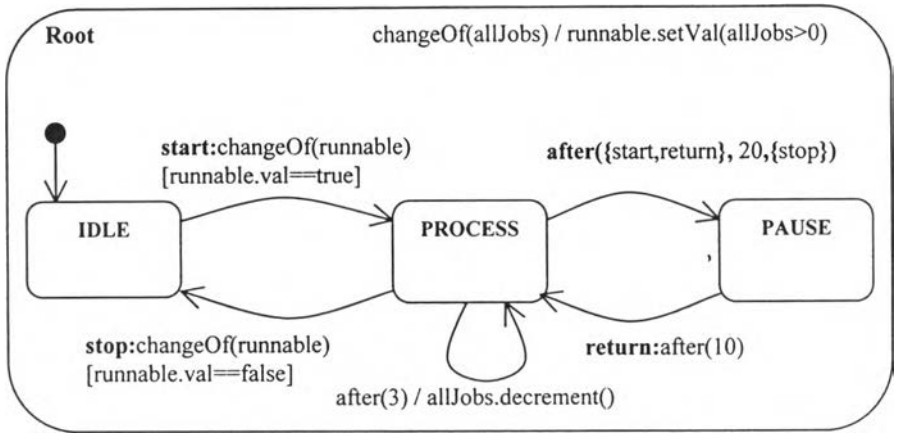
ชื่อการเปลี่ยนแปลงใช้สำหรับอ้างอิงถึงการเปลี่ยนแปลงที่แสดงในแผนภาพสเตทชาร์ท ดังนั้นชื่อการเปลี่ยนแปลงนี้จะต้องกำหนดโดยไม่ซ้ำกันเพื่อไม่ให้เกิดความสับสนในการอ้างอิงถึง ชื่อการเปลี่ยนแปลงจะถูกอ้างอิงเฉพาะที่ระบุในสัญลักษณ์ของเหตุการณ์ประเภทเวลาเท่านั้น ดังนั้นจึงกำหนดให้ชื่อของการเปลี่ยนแปลงเป็นตัวเลือก (Optional) ซึ่งไม่จำเป็นต้องกำหนดให้กับทุกการเปลี่ยนแปลงแต่ควรกำหนดให้กับการเปลี่ยนแปลงที่เกี่ยวข้องกับเหตุการณ์ประเภทเวลาเท่านั้น สำหรับสัญลักษณ์ของเหตุการณ์ประเภทเวลาที่ถูกเพิ่มเติมแสดงในรูปที่ 3.6

สัญลักษณ์	**after**($\{t_1,t_2,\ldots,t_n\}_{opt}$, d ,$\{r_1,r_2,\ldots,r_n\}_{opt}$)
คำอธิบาย	$\{t_1,t_2,\ldots,t_n\}$ คือเซตของการเปลี่ยนแปลงที่เป็นตัวเริ่มต้น สมาชิกในเซตคือชื่อของการเปลี่ยนแปลงที่เป็นตัวเริ่มต้นของเหตุการณ์ในอนาคต $\{r_1,r_2,\ldots,r_n\}$ คือเซตของการเปลี่ยนแปลงที่เป็นตัวยกเลิก สมาชิกในเซตคือชื่อของการเปลี่ยนแปลงที่เป็นตัวยกเลิกการเกิดเหตุการณ์ในอนาคต d คือเวลาหน่วง ซึ่งการดำเนินของเวลาจะเริ่มต้นเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงใดๆ ที่ระบุในเซตของการเปลี่ยนแปลงที่เป็นตัวเริ่มต้นเกิดขึ้นแล้วสิ้นสุดลง และเหตุการณ์ในอนาคตจะถูกยกเลิกเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงใดๆ ที่ระบุในเซตของการเปลี่ยนแปลงที่เป็นตัวยกเลิกเกิดขึ้นแล้วสิ้นสุดลง
ปัญหาที่แก้ไข	สัญลักษณ์ของเหตุการณ์ประเภทเวลาที่ทำการเพิ่มเติมนี้มีความยืดหยุ่นต่อการใช้แสดงเหตุการณ์ในอนาคตมากขึ้น เพราะนอกจากใช้เหตุการณ์การเข้าสู่สถานะและเหตุการณ์การออกจากสถานะเป็นตัวเริ่มต้นและยกเลิกเหตุการณ์ในอนาคตแล้วยังสามารถระบุอย่างเจาะจงได้ว่า การเปลี่ยนแปลงใดในแผนภาพสเตทชาร์ทที่เป็นตัวเริ่มต้นหรือตัวยกเลิกของเหตุการณ์ในอนาคต

รูปที่ 3.6 สัญลักษณ์ของเหตุการณ์ประเภทเวลาที่ถูกเพิ่มเติม

เซตของการเปลี่ยนแปลงที่เป็นตัวเริ่มต้นและเซตของการเปลี่ยนแปลงที่เป็นตัวยกเลิกถูกกำหนดให้เป็นตัวเลือกสำหรับระบุในสัญลักษณ์ เพราะบางกรณีที่การกำหนดให้เหตุการณ์การเข้าสู่สถานะเป็นตัวเริ่มต้นของเหตุการณ์ในอนาคตและเหตุการณ์การออกจากสถานะเป็นตัวยกเลิกของเหตุการณ์ในอนาคตยังคงมีความเหมาะสม ตัวอย่างเช่นการเปลี่ยนแปลงที่ระบุด้วย "after(3)/ allJobs.decrement()" ในรูปที่ 3.5 ซึ่งไม่มีการระบุเซตของการเปลี่ยนแปลงที่เป็นตัวเริ่มต้นไว้ในสัญลักษณ์จึงหมายถึงเหตุการณ์ในอนาคตนี้ถูกทำให้เริ่มต้นโดยเหตุการณ์การเข้าสู่สถานะและไม่มีการระบุเซตของการเปลี่ยนแปลงที่เป็นตัวยกเลิกไว้ในสัญลักษณ์จึงหมายถึงเหตุการณ์ในอนาคตนี้ถูกทำให้ยกเลิกโดยเหตุการณ์การเข้าสู่สถานะเช่นเดิม

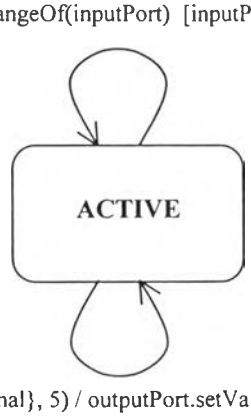
ปัญหาของสัญลักษณ์ของเหตุการณ์ประเภทเวลาของแผนภาพสเตทชาร์ทในรูปที่ 3.5 สามารถแก้ไขได้โดยการใช้สัญลักษณ์ของเหตุการณ์ประเภทเวลาที่เพิ่มเติมนี้แทนสัญลักษณ์เดิม ดังตัวอย่างที่แสดงในรูปที่ 3.7 ซึ่งเหตุการณ์ที่จะเกิดขึ้นในอีก 20 หน่วยเวลาข้างหน้า ถูกแสดงด้วยสัญลักษณ์ของเหตุการณ์ประเภทเวลาที่ถูกเพิ่มเติมเป็น 'after({start, return},20,{stop})' จึงหมายถึงเหตุการณ์ในอนาคตนี้ถูกทำให้เริ่มต้นเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลง 'start' หรือ 'return' เท่านั้นและเหตุการณ์ในอนาคตนี้จะถูกยกเลิกเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลง 'stop' เท่านั้น ดังนั้นเหตุการณ์การเข้าสู่สถานะและเหตุการณ์การออกจากสถานะที่เกิดขึ้นโดยการเปลี่ยนแปลงที่ระบุด้วยสัญลักษณ์ '**after**(3)' จึงไม่มีผลใดๆ กับเหตุการณ์ในอนาคตนี้



รูปที่ 3.7 การแก้ปัญหาของแผนภาพสเตทชาร์ทด้วยสัญลักษณ์ของเหตุการณ์ประเภทเวลาที่ถูกเพิ่มเติม

3.2 สัญลักษณ์ของการกระทำในอนาคต

การกระทำที่ระบุในข้อความการเปลี่ยนแปลงจะถูกประมวลผลเมื่อการเปลี่ยนแปลงนั้นเกิดขึ้น แต่การกระทำของวัตถุพร้อมทำงานที่เป็นการเรียกฟังก์ชันล่วงหน้าและการกำหนดค่าล่วงหน้าเป็นการกระทำที่ไม่ถูกประมวลผลในทันทีแต่จะถูกประมวลหลังจากผ่านเวลาหน่วงที่กำหนดไปแล้ว ดังนั้นการเรียกฟังก์ชันล่วงหน้าและการกำหนดค่าล่วงหน้าจึงถือว่าเป็นการกระทำในอนาคต (Future action) แผนภาพสเตทชาร์ทไม่สามารถแสดงการกระทำในอนาคตได้เพราะแผนภาพสเตทชาร์ทไม่มีสัญลักษณ์ที่ใช้แสดงการกระทำในอนาคต ถึงแม้ว่าจะทดแทนได้ด้วยวิธีกำหนดการกระทำนี้ในการเปลี่ยนแปลงที่กำหนดด้วยเหตุการณ์ประเภทเวลาเพื่อถ่วงเวลาในการประมวลผล ดังตัวอย่างของแผนภาพสเตทชาร์ทในรูปที่ 3.8 ซึ่งเป็นการแสดงพฤติกรรมของเครื่องทวนสัญญาณ (Repeater) ในระบบเครือข่าย เครื่องทวนสัญญาณทำหน้าที่รับสัญญาณเมื่อมีสัญญาณเข้ามาที่ช่องนำเข้าสัญญาณ (Input port) หลังจากเวลาผ่านไป 5 หน่วยเวลาไปแล้ว จึงทำการกำหนดค่าของสัญญาณที่รับเข้ามาให้กับช่องส่งออกสัญญาณ (Output port) แผนภาพสเตทชาร์ทในรูปที่ 3.8 นี้ ต้องใช้การเปลี่ยนแปลงถึง 2 การเปลี่ยนแปลงในการแสดงการประมวลผลการกระทำให้เกิดขึ้นในอนาคตเพียงประโยคเดียว



รูปที่ 3.8 การใช้เหตุการณ์ประเภทเวลาเพื่อหน่วงการประมวลผลการกระทำ

การกำหนดให้มีสัญลักษณ์สำหรับใช้แสดงการกระทำในอนาคตจะทำให้มีความสะดวกมากยิ่งขึ้น เพราะสามารถใช้สัญลักษณ์แสดงการประมวลผลการกระทำในอนาคตได้ในทันทีโดยไม่ต้องอาศัยเหตุการณ์ประเภทเวลาในการหน่วงเวลา สัญลักษณ์ของการกระทำในอนาคตที่กำหนดให้กับวัตถุพร้อมทำงานคือ สัญลักษณ์สำหรับการเรียกฟังก์ชันล่วงหน้า และสัญลักษณ์สำหรับการกำหนดค่าล่วงหน้า เป็นดังนี้

สัญลักษณ์	**FCall**(d, function)
คำอธิบาย	d คือ เวลาหน่วง function คือ ฟังก์ชันสมาชิกที่ถูกเรียก โดยฟังก์ชันสมาชิกนี้จะถูกประมวลผลเมื่อผ่านเวลาหน่วงที่กำหนดไปแล้ว
ปัญหาที่แก้ไข	สัญลักษณ์นี้สามารถใช้แสดงการกระทำซึ่งเป็นการเรียกฟังก์ชันล่วงหน้าได้

รูปที่ 3.9 สัญลักษณ์สำหรับการเรียกฟังก์ชันล่วงหน้า

สัญลักษณ์	**FAssign**(d, variable, value)
คำอธิบาย	d คือ เวลาหน่วง variable คือ ตัวแปรสำหรับรับค่า value คือ ค่าที่กำหนด ตัวแปรสำหรับรับค่าจะถูกกำหนดค่าด้วยค่าที่กำหนดเมื่อผ่านเวลาหน่วงที่กำหนดไปแล้ว
ปัญหาที่แก้ไข	สัญลักษณ์นี้สามารถใช้แสดงการกระทำซึ่งเป็นการกำหนดค่าล่วงหน้าได้

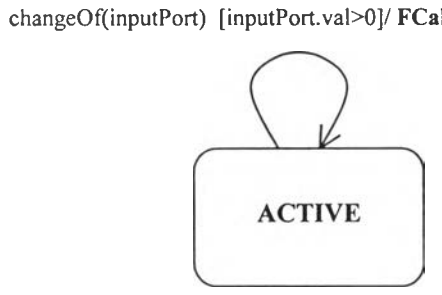
รูปที่ 3.10 สัญลักษณ์สำหรับการกำหนดค่าล่วงหน้า

สัญลักษณ์ของการกระทำในอนาคตทั้งสองจะต้องระบุในส่วนการกระทำของข้อความการเปลี่ยนแปลงดังตัวอย่างของแผนภาพสเตทชาร์ทในรูปที่ 3.11 ซึ่งเป็นการแสดงพฤติกรรมของเครื่องทวนสัญญาณโดยใช้สัญลักษณ์ของการกำหนดค่าล่วงหน้าในการแสดงถึงการประมวลผลการกระทำในอนาคตแทนการหน่วงเวลาด้วยเหตุการณ์ประเภทเวลา ซึ่งจะเห็นได้ว่าแผนภาพสเตทชาร์ทในรูปที่ 3.11 สามารถแสดงถึงการกระทำในอนาคตได้ทันทีด้วยการเปลี่ยนแปลงเดียว

changeOf(inputPort) [inputPort.val>0]/ **FAssign**(5, outputPort, inputPort.val)

รูปที่ 3.11 การใช้สัญลักษณ์ของการกำหนดค่าล่วงหน้า

ในกรณีที่การกระทำในอนาคตไม่ได้มีแค่เพียงการกำหนดค่า ผู้ออกแบบสามารถกำหนดให้การกระทำต่างๆ เกิดขึ้นในอนาคตได้โดยการกำหนดการกระทำเหล่านั้นไว้ภายในฟังก์ชัน แล้วทำการเรียกฟังก์ชันนั้นด้วยการเรียกฟังก์ชันล่วงหน้า ดังตัวอย่างในรูปที่ 3.12 แสดงตัวอย่างการใช้สัญลักษณ์การเรียกฟังก์ชันล่วงหน้าเพื่อทำการเรียกฟังก์ชัน "processOutport()" ของเครื่องทวนสัญญาณให้ทำการประมวลผลหลังจากผ่าน 5 หน่วยเวลาไปแล้ว



รูปที่ 3.12 การใช้สัญลักษณ์ของการเรียกฟังก์ชันล่วงหน้า

สัญลักษณ์ที่ทำการเพิ่มเติมให้กับแผนภาพสเตทชาร์ทสามารถสรุปได้ดังนี้

1) สัญลักษณ์สำหรับเหตุการณ์การเปลี่ยนค่าของตัวแปรพร้อมทำงาน
2) สัญลักษณ์ของเหตุการณ์ประเภทเวลาที่ถูกเพิ่มเติม
3) สัญลักษณ์ของการกระทำในอนาคตได้แก่ การเรียกฟังก์ชันล่วงหน้าและการกำหนดค่าล่วงหน้า

สัญลักษณ์เหล่านี้ทำให้แผนภาพสเตทชาร์ทสามารถแสดงพฤติกรรมของวัตถุพร้อมทำงานได้อย่างถูกต้อง และสัญลักษณ์เหล่านี้จะถูกใช้เป็นข้อกำหนดในการพัฒนาบรรณาธิกรสำหรับสร้างแผนภาพสเตทชาร์ทต่อไป