# ระบบประมวลเหตุการณ์เพื่อการจัดการสื่อการเรียนอิเล็กทรอนิกส์แบบปรับตัว

# AN ADAPTIVE EVENT MANAGEMENT SYSTEM FOR E-LEARNING CONTENT HANDLING


นิลมิต นิลาศ

NILAMIT NILAS


วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2550

# ระบบประมวลเหตุการณ์เพื่อการจัดการสื่อการเรียนอิเล็กทรอนิกส์แบบปรับตัว

# AN ADAPTIVE EVENT MANAGEMENT SYSTEM FOR E-LEARNING CONTENT HANDLING

นิลมิต นิลาศ

NILAMIT NILAS

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2550

# AN ADAPTIVE EVENT MANAGEMENT SYSTEM FOR E-LEARNING CONTENT HANDLING

NILAMIT NILAS

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

MASTER OF ENGINEERING IN COMPUTER ENGINEERING

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2007

COPYRIGHT 2007

SCHOOL GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

| | |
|---|---|
| **หัวข้อวิทยานิพนธ์** | ระบบประมวลเหตุการณ์เพื่อการจัดการสื่อการเรียนอิเล็กทรอนิกส์แบบปรับตัว |
| **นักศึกษา** | นายนิลมิต นิลาศ |
| **รหัสประจำตัว** | 45061212 |
| **ปริญญา** | วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต |
| **สาขาวิชา** | วิศวกรรมคอมพิวเตอร์ |
| **พ.ศ.** | 2550 |
| **อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์** | รศ.สมศักดิ์ มิตะถา |

# บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอเทคนิคการนำเสนอเนื้อหาบนระบบ E-Learning ด้วยการใช้เทคนิคของ Allen's Interval Temporal Logic ร่วมด้วยการให้น้ำหนักของเวลาและผลการทดสอบโดยมีการแบ่งออกเป็น 3 ระดับ ได้แก่ระดับติดตามเนื้อหาได้ปกติ Accustomed State (AS) ระดับที่ติดตามเนื้อได้บางส่วน Eccentric State (ES) และระดับที่ติดตามเนื้อหาได้ยากหรือ Irregular State (IS) ซึ่งการแยกแยะใช้การคำนวณน้ำหนักจากช่วงเวลาที่ใช้กับเนื้อหาแต่ละส่วนและขึ้นกับผู้สร้างเนื้อหาระบุไว้ในระบบ ร่วมถึงการทดสอบความรู้เพื่อให้น้ำหนักแล้วนำไปคำนวณ โดยพิจารณาผลของน้ำหนักจากสมการฟังก์ชั่นการถ่ายโอนพนุนาม ทำให้สามารถตัดสินใจได้ว่าควรให้บริการเนื้อหาใดแก่ผู้ใช้เพราะผู้ใช้ถูกประเมินว่าอยู่ระดับใด ผลการทดลองพบว่าผู้ใช้ของมีความพึงพอใจในระบบการจัดการสื่อการเรียนอิเล็กทรอนิกส์แบบปรับตัวที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นเฉลี่ยประมาณ 75 เปอร์เซนต์ พอใจกับระบบการนำเสนอเนื้อหาแบบตามลำดับปกติเฉลี่ยประมาณ 11 เปอร์เซนต์ และอีก 12 เปอร์เซนต์ ไม่แน่ใจ

| | |
|---|---|
| **Thesis title** | AN ADAPTIVE EVENT MANAGEMENT SYSTEM FOR E-LEARNING CONTENT HANDLING |
| **Student** | Mr. Nilamit Nilas |
| **Student ID.** | 45061212 |
| **Degree** | Master of Engineering |
| **Program** | Computer Engineering |
| **Year** | 2007 |
| **Thesis Advisor** | Assoc.Prof. Somsak Mitatha |

## ABSTRACT

The thesis proposes a content handling technique for an E-learning system based on the interval temporal logic combined with the weighted learning time and performance evaluation mark. The system categories learning states into 3 levels: the normal situation that user could easily follow the content as "accustomed state (AS)", the unusual situation that user has some difficulty to follow the content as "eccentric state (ES)", and the most complex situation that user has the most intricacy to follow the content as "irregular state (IS)". The system will present the most suitable learning module to the user according to the study objective and the current learning state. The system analyzes the activation from the time consuming and compares to the user elapse time on the specification topic. The learning module could be varied from a simple plain data to complicate information including questions and drills. The content adaptation depends on the user profile, the course settling time, and the activation level. The determined-weight is calculated from a discrete time rational polynomial function. The consideration state comes from the weighted value for the specific content. The experimental average results show approximately 75 percents of the users satisfied with this system, 11 percents preferred the sequential content without adaptation, and 12 percents are ambiguous.

# กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์สมศักดิ์ มิตะถา ที่ได้ให้คำแนะนำและคำปรึกษาในการทำวิทยานิพนธ์เล่มนี้มาโดยตลอด รวมทั้งอาจารย์ในภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ทุกท่านที่ได้ให้ความรู้และคำปรึกษาเพื่อใช้ในการทำวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณในความอนุเคราะห์ของท่านเป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ ทั้งในและนอกห้องปฏิบัติการที่คอยให้ความอนุเคราะห์และสนับสนุนในด้านต่างๆ มาโดยตลอด

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ผู้ให้กำเนิดและให้โอกาสทางการศึกษามาโดยตลอด รวมทั้งท่านผู้ที่ให้กำลังใจทุกๆ ท่านด้วย

ด้วยความขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

นิลมิต นิลาศ

# สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... II

กิตติกรรมประกาศ ..... III

สารบัญ ..... IV

สารบัญตาราง ..... VII

สารบัญรูป ..... VIII

บทที่ 1 บทนำ ..... 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา ..... 1

1.2 การรับรู้และการเรียนรู้ ..... 3

1.2.1 กระบวนการเรียนรู้จากการแก้ปัญหา ..... 3

1.2.2 กระบวนการปรับเปลี่ยนก่อเกิดการเรียนรู้ ..... 4

1.2.3 กระบวนการขัดแย้งก่อเกิดการเรียนรู้ ..... 5

1.3 ความทรงจำและความเข้าใจรวมถึงการประมวลผล ..... 6

1.4 ปัญหาการพัฒนาระบบการศึกษาโดยสื่ออิเล็กทรอนิกส์ให้มีประสิทธิภาพ ..... 7

1.5 วัตถุประสงค์การศึกษาและความมุ่งหมาย ..... 8

1.6 สมมติฐานของการศึกษา ..... 9

1.7 ทฤษฎีหรือแนวคิดในงานวิจัยและขอบเขต ..... 9

1.8 ขั้นตอนการศึกษา ..... 11

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ..... 12

2.1 การเรียนรู้และอัตรกริยาระหว่างมนุษย์และคอมพิวเตอร์ ..... 12

2.2 ส่วนประสานต่อผู้ใช้และการปรับตัว ..... 16

2.3 พื้นฐานเชิงเวลา ..... 18

2.3.1 พฤติกรรมทั่วไปของเหตุและเวลา ..... 18

2.3.2 การประยุกต์ใช้งานในอดีตและปัจจุบัน ..... 19

2.4 สถานะบนตรรกศาสตร์เชิงเวลา ..... 21

2.4.1 รูปแบบในการพิจารณาเวลา ..... 22

2.5 ความสัมพันธ์ของตรรกศาสตร์เชิงเวลา ..... 23

# สารบัญ (ต่อ)

หน้า


2.5.1 หลักการของช่วงเวลาและฐานจุด ..... 23
2.5.2 แนวคิดทฤษฎีตรรกศาสตร์เชิงเวลา ..... 24
2.5.3 การแพร่กระจายตามเงื่อนไขบังคับ ..... 25
2.5.4 โครงสร้างทั่วไปของโดเมนเชิงเวลา ..... 26
2.5.5 ทฤษฎีของความสัมพันธ์ 13 สถานะ ..... 27
2.6 ฟังก์ชั่นถ่ายโอนพนุหนาม ..... 30
2.7 อีเลิร์นนิ่ง ..... 31
2.7.1 โครงสร้างของอีเลิร์นนิ่ง ..... 32
2.7.2 โครงสร้างของเนื้อหาและการทำงาน ..... 33
2.8 สรุป ..... 40

บทที่ 3 การออกแบบระบบการนำเสนอเนื้อหา ..... 41
3.1 โครงสร้างระบบการนำเสนอเนื้อหา ..... 41
3.1.1 ลำดับที่เรียงตามขั้นตอน ..... 42
3.1.2 การเรียงข้อมูลตามความเหมาะสมของเหตุการณ์ ..... 43
3.1.3 การประสานของเนื้อหา ..... 43
3.2 โครงสร้างระบบปรับการนำเสนอ ..... 45
3.2.1 การตรวจสอบสถานะและแบ่งระดับ ..... 45
3.2.2 น้ำหนักที่ใช้ในระบบ ..... 48
3.3 กระบวนการของระบบปรับการนำเสนอ ..... 53
3.3.1 ขั้นตอนการทำงานของระบบนำเสนอ ..... 53
3.3.2 รูปแบบเปลือกการปรับการนำเสนอ ..... 53
3.3.3 รูปแบบเทมเพล็ตโครงร่างที่นำเสนอ ..... 55

บทที่ 4 การทดลองและผลการวิจัย ..... 57
4.1 รูปแบบในการนำเสนอ ..... 57
4.1.1 รูปแบบหน้าที่ปรากฏบนจอภาพ ..... 57
4.1.2 รูปแบบข้อมูลที่ใช้ทดลอง ..... 58

# สารบัญ (ต่อ)

หน้า


4.1.3 การเลือกใช้เส้นทาง 62

4.1.4 การเลือกหน่วยเรียนและกลุ่มทดสอบ 63

4.1.5 การกำหนดกลุ่มทดสอบ 64

4.1.6 ลำดับความต่อเนื่องกิจกรรม 66

4.2 การประเมินระบบและผลความก้าวหน้าของผู้เรียน 67

4.2.1 ผลจากการทดสอบ 70

บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ 72

5.1 สรุปผล 72

5.1.1 สรุปการเตรียมการเพื่อทดสอบ 73

5.1.2 สรุปผลการทดลอง 73

5.2 ข้อเสนอแนะ 73

5.2.1 แนวทางในการพัฒนา 74

เอกสารอ้างอิง 75

ภาคผนวก 77

ภาคผนวก ก. 78

ภาคผนวก ข. 80

ภาคผนวก ค. 86

ประวัติผู้เขียน 97

# สารบัญตาราง


ตารางที่ หน้า

2.1 สภาวะความสัมพันธ์ของตรรกเชิงเวลา ..... 27

3.1 น้ำหนักของความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ถูกใช้ไปและเวลาที่ถูกกำหนด ..... 49

3.2 ผลการคำนวณหาน้ำหนักจากข้อมูลบนตารางที่ 3.1 โดย $k$=0.8 ..... 51

3.3 ค่าของน้ำหนักที่ได้โดยที่ $k$=0.5 ..... 52

3.4 ค่าของ NA เมื่อกำหนดค่า $k$>0.5 $k$=1 และ $k$=0.5 ..... 54

3.5 การกำหนดระดับการนำเสนอเนื้อหา ..... 54

4.1 สรุปตารางข้อมูลแบบสอบถามด้านเนื้อหา ..... 70

4.2 สรุปตารางข้อมูลแบบสอบถามด้านระบบการแนะนำเนื้อหาเพิ่มเติม ..... 71

4.3 สรุปตารางข้อมูลแบบสอบถามด้านระบบตัวช่วยเหลือ ..... 71

4.4 แสดงผลการวิเคราะห์ผลสำรวจความพึงพอใจของระบบการจัดการสื่อการเรียนอิเล็กทรอนิกส์แบบปรับตัวที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นกับระบบการนำเสนอเนื้อหาแบบตามลำดับปกติ ..... 71

# สารบัญรูป


รูปที่ หน้า

2.1 การท่องจำที่ผันความทรงจำระยะสั้นสู่ระยะยาว ..... 14

2.2 ความสามารถเรียกคืนข้อมูลจากความทรงจำที่ลดลงเมื่อเวลานานขึ้น ..... 14

2.3 หน่วยประมวลผลของมนุษย์กับเวลาในการตอบสนอง ..... 15

2.4 Seeheim model ..... 17

2.5 โครงสร้าง UIMS ของ Hudson ..... 17

2.6 โครงสร้างทั่วไปแบบปรับตัวโดยปริยาย ..... 18

2.7 ผังการทำงานและการปรับเปลี่ยนตามแผน ..... 20

2.8 สถานะของสวิทช์ ON-OFF ที่เวลา $T_1$ ..... 21

2.9 ช่วงเวลาที่เกิดระหว่างลำดับของเหตุการณ์ ..... 23

2.10 สถานะเงื่อนไขบังคับบนฐานจุด ..... 25

2.11 การเพิ่มเหตุการณ์ $e_v1 < e_v4$ และ $e_v4 < e_v2$ ..... 26

2.12 ช่วงระหว่าง E1 ที่คาบเกี่ยวกับ E2 และเสมือนกับแบบฐานจุดเวลา ..... 26

2.13 ผังแบบ PERT ในช่วงเวลาการทำกำแพงและหน้าต่าง ..... 29

2.14 การประมาณค่าที่เป็นไปได้ของเวลาเริ่มต้นของแต่ละงาน ..... 29

2.15 โครงข่ายที่คำนวณเวลาที่เป็นไปได้ในการทำงานแต่ละส่วน ..... 29

2.16 ลำดับของน้ำหนักจากฟังก์ชั่นถ่ายโอนพนุนาม ..... 31

2.17 Content Aggregation Model ใน SCORM ..... 34

2.18 โครงสร้างของหน่วยเรียนกับ SCO ของ SCORM ..... 34

2.19 โครงสร้างของ API ใน SCORM ..... 35

2.20 กฎสำหรับกำหนดเส้นทางของ SCORM ..... 37

2.21 ผังของสามัตถิยะของการซ่อมบำรุง ..... 39

3.1 การเชื่อมโยงแบบตามลำดับและตามความเหมาะสมแต่มีทิศทางสู่เป้าหมาย ..... 42

3.2 ตัวอย่างพฤติกรรมในการรับรู้ข้อมูลทางสายตา ..... 43

3.3 เหตุการณ์ความสัมพันธ์ของช่วงเวลาหนึ่งตอนเนื้อหา ..... 44

3.4 การตรวจสอบสถานะและใช้ระดับเป็นตัวช่วยในการเลือกเนื้อหา ..... 45

3.5 กรณีเนื้อหาต่อเนื่องปกติ ..... 46

3.6 กรณีผู้ใช้งานบริบทที่เวลาไม่เท่ากัน ..... 47

# สารบัญรูป (ต่อ)


| รูปที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 3.7 | ช่วงเวลาในการนำเสนอบริบทที่ทำให้เกิดภาวะของ H1 | 53 |
| 3.8 | การสนองตอบระหว่างกันของ Client และ Server Application | 55 |
| 3.9 | หน้าตาโครงร่างของการนำเสนอ | 55 |
| 3.10 | การเพิ่มเติมตัวช่วยและตัวให้คำชี้แนะเพื่อขยายความให้ผู้ใช้เข้าใจข้อมูล | 56 |
| 4.1 | ตัวอย่างรูปแบบใช้สอยเนื้อที่ส่วนใหญ่ของหน้าจอภาพ | 57 |
| 4.2 | ตัวอย่างรูปแบบแบ่งสองส่วนด้านซ้ายด้านขวาและด้านบนล่าง | 58 |
| 4.3 | ตัวอย่างแบบแบ่งสามส่วน | 58 |
| 4.4 | Activity Tree ของ Module | 58 |
| 4.5 | ต้นไม้กิจกรรมของวิชาวงจรไฟฟ้าเบื้องต้น | 59 |
| 4.6 | ต้นไม้กิจกรรมของการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสตรง | 59 |
| 4.7 | ต้นไม้กิจกรรมของการประเมินโมดูลพื้นฐานที่สร้างขึ้น | 60 |
| 4.8 | ความสัมพันธ์ของเนื้อหาจากพื้นฐาน | 61 |
| 4.9 | ความสัมพันธ์เนื้อหาสู่วงจรที่ซับซ้อนขึ้น | 61 |
| 4.10 | เงื่อนไขเส้นทางที่เกิดจากกฎเส้นทางเรียน | 62 |
| 4.11 | แบบการไหลที่มีข้อบังคับในการเลือกเส้นทาง | 64 |
| 4.12 | ลำดับหัวเรื่องของเนื้อหาการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสตรง | 65 |
| 4.13 | การไหลแบบปกติของเนื้อหา | 66 |
| 4.14 | ผลการทดสอบได้ค่าเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในแต่ละหัวข้อ | 68 |
| 4.15 | การทดสอบระบบประเมินผลแบบ 4 ตัวเลือก | 69 |
| 4.16 | กราฟแสดงผลการใช้เวลาเฉลี่ยในการทดสอบบทเรียน | 70 |
| 4.17 | กราฟแสดงค่าเฉลี่ยเวลาคำนวณผลลัพธ์แบบทดสอบ | 70 |

# บทที่ 1
# บทนำ

## 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันการที่จะดำรงชีวิตได้ปกติสุขแตกต่างจากอดีตอย่างมากเพราะวิวัฒนาการต่างๆ ที่เปลี่ยนไปค่อนข้างรวดเร็วกว่าอดีตและมีผลต่อสภาพการดำรงชีวิต ดังนั้นการเรียนรู้สิ่งรอบตัวเป็นสิ่งจำเป็นต่อชีวิตเนื่องจากในระบบการศึกษานั้น มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคม และเพื่อสนองนโยบายของรัฐบาลในการพัฒนาระบบสื่อการเรียนรู้เพื่อเพิ่มศักยภาพทางด้านการศึกษาในด้านการเรียนรู้บนสื่ออิเล็กทรอนิกส์ จึงได้นำแนวทางนี้มาเป็นประเด็นในงานวิจัยเพื่อการพัฒนาระบบรองรับการใช้งานของสื่อบนเครือข่ายคอมพิวเตอร์ ปัจจุบันเนื่องจากมีจำนวนนักศึกษาต่อห้องเรียนเพิ่มขึ้นมากกว่าแต่ก่อน อีกทั้งนักศึกษาบางคนอาจรู้สึกอึดอัดในการตอบคำถามที่ผู้สอนถามในห้องเรียนรวมถึงความเป็นส่วนตัว และถ้าตอบไม่ได้ก็จะเสียความรู้สึกที่ดีในการศึกษาวิชานั้น ทั้งสามารถแบ่งเบาภาระของผู้สอนเพื่อให้ผู้สอนมีเวลาในการพัฒนาความรู้ หรือรูปแบบวิธีการนำเสนอข้อมูลใหม่ๆ แก่นักศึกษาเพื่อยกระดับความสนใจหรือทำให้เกิดกระตุ้นความสนใจในการเรียนมากขึ้น ซึ่งเป็นอีกทางเลือกของสถาบันการศึกษา อีกทั้งซอฟแวร์ในปัจจุบันส่วนใหญ่มีราคาแพง ทั้งยังมีความเป็นแบบอินเตอร์แอกทีปกับผู้ใช้งานน้อย จึงต้องการวิจัยพัฒนาให้ได้ระบบที่จะนำเสนอสื่อการสอนผ่านทางเครือข่ายคอมพิวเตอร์ ตอบ สนองต่อการใช้งานของผู้เรียน ให้เสมือนเรียนในห้องเรียนกับอาจารย์ผู้สอนให้มากที่สุดมาใช้เพื่อการนี้โดยถือเอาแบบการเรียนการสอนปกติในชั้นเรียนเป็นหลักซึ่งเป็นที่มาของการศึกษาวิจัยในครั้งนี้

ในระบบการเรียนรู้ไม่ว่าจะเป็นการศึกษาเต็มรูปแบบภายในรั้วสถาบันการศึกษาหรือการศึกษาด้วยตนเอง รวมทั้งการศึกษาที่ใช้เทคโนโลยีเข้าช่วยในการเรียน หรือที่รู้จักกันในนามของ E-Learning Web-Based Training (WBT) Web-Based Instruction (WBI) หรือ E-Education และอีกหลายๆ ชื่อที่เรียกขานกันในวงการศึกษา พิจารณาถึงความเป็นจริง เมื่อเข้าสู่ระบบการทำงานก็ยังต้องศึกษาเรียนรู้สิ่งต่างๆ ในอาชีพการงานของตนเองเพื่อให้ก้าวทันต่อเหตุการณ์ รวมถึงองค์ความรู้ที่ใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตรอบด้าน หรือการเปลี่ยนแปลงของนวัตกรรมที่เพิ่มสีสันชีวิตในหลากหลายรูปแบบ โดยเฉพาะในสื่ออิเล็กทรอนิกส์ทำให้มีคำกล่าวที่ว่า Life Long Learning ($L^3$) หรือการเรียนรู้ตลอดชีวิต แต่การจะเกิดการเรียนรู้ที่ดีต้องมีสื่อของข้อมูลที่มีคุณภาพ ร่วมกับข้อมูลที่มีคุณภาพที่มาพร้อมสื่อหรือตัวกลางนั้น พัฒนาการด้านการติดต่อสื่อสารก้าวหน้า ทำให้การส่งข้อมูลเป็นไปด้วยความสะดวกและรวดเร็ว การลดภาระค่าใช้จ่ายในการศึกษา ก็เป็นอีกหนึ่งประเด็นที่ผู้เรียน และผู้ให้บริการทางการศึกษาต้องคำนึงถึงอย่างมาก ถ้าพิจารณาถึงความ

สะดวกสบายในการเข้าถึงข้อมูลที่จะศึกษา ก็นับเป็นจุดที่น่าสนใจยิ่งในระบบการเรียนปกติที่ผู้เรียนมีการตอบสนองต่อการเรียนการสอนของอาจารย์ ซึ่งการสนองตอบนี้เกิดจากกระบวนการรับรู้ข้อมูลทางสายตาที่มองเพื่อเก็บข้อมูลภาพหรือตัวอักษร หูที่ฟังเพื่อเก็บข้อมูลเสียง กระบวนการเรียนในห้องเรียน เมื่ออาจารย์ซักถามอาจตอบปัญหาได้หรือไม่ได้แล้วแต่ความเข้าใจและความยากของคำถาม หรือการสังเคราะห์ข้อมูลจากระบบประสาทที่กล่าว บางครั้งเขินอายเพื่อนร่วมชั้นถ้าไม่สามารถตอบคำถามได้ เป็นปัญหาหนึ่งทางจิตวิทยาการศึกษา ปัญหาพื้นฐานเหล่านี้ทำให้การเรียนรู้ผ่านสื่ออิเล็กทรอนิกส์ด้วยตนเอง เป็นทางเลือกที่เพิ่มเข้ามา และที่กำลังถูกพัฒนาอย่างมากเพราะสามารถตอบสนองได้รวดเร็วทุกที่ ทุกเวลา (Every time, every where) ชดเชยส่วนที่ขาดหายไปในระบบการเรียนในห้องเรียนทำให้สนองความพอใจของผู้ใช้บริการ และสามารถเตรียมการได้เป็นอย่างดี ก่อนที่จะปล่อยเนื้อหาออกสู่ภายนอกหรือใช้จริง สิ่งที่รับรู้ทางโสตประสาทของมนุษย์ทำให้มนุษย์ได้รับข้อมูลที่จะถูกประมวลด้วยสมอง (Cortex) และอีกหลายส่วน ก่อเกิดเป็นความรู้ขึ้น ปัจจุบัน E-Learning มีหลายวิธีการในการนำข้อมูลส่งผ่านดังเช่น การนำข้อมูลไปทำเป็นแฟ้มข้อมูลจำพวก .PDF .TXT .DOC .PPT .WAV .MP3 .DJVU และอื่นๆ อีกหลายแบบที่ผู้เรียนสามารถเปิดอ่านดูหรือรับฟังเสียงหรือทั้งดูและฟังไปพร้อมกัน ซึ่งกระบวนการเรียนดัดแปลงวิธีจากที่ใช้เรียนปกติทั่วไปเพราะมนุษย์ทุกรูปนามมีประสาทรับรู้ที่มีคุณภาพ เนื่องจากข้อมูลมีมิติทั้งทางกว้างและลึกทำให้บางครั้งผู้เรียนไม่เข้าใจหรือติดขัดในบางท่อนของเนื้อหา ถ้าอยู่ในห้องเรียนสามารถเรียนถามจากอาจารย์ผู้สอนได้ แต่ในสถานการณ์ที่จำกัดถ้าเกิดสงสัยเราสามารถสืบหาข้อมูลจากตำราที่เกี่ยวข้อง หรือบนอินเตอร์เน็ตได้ แม้ว่าจะมีระบบที่ผู้เรียนสามารถสอบถามผู้สอนผ่านทางเครือข่ายคอมพิวเตอร์หรือโทรศัพท์พูดคุยก็ไม่สะดวกทั้งสองฝ่าย ดังนั้นการนำเสนอข้อมูลสนองความต้องการ ในการศึกษาหาวิธีการแก้ไขปัญหาที่เกิดและพัฒนาตัวประมวลจากเหตุการณ์เพื่อจัดการสื่อช่วยให้ผู้เรียนสามารถติดตามเนื้อหาได้

แต่การเรียนเป็นศาสตร์และศิลป์ ที่ผู้เรียนกับผู้สอนต้องช่วยกันรังสรรค์ดุจงานศิลปะ ภาครัฐก็มีนโยบายผลักดันให้เกิดการพัฒนาด้านการเรียนการสอนบนเครือข่ายคอมพิวเตอร์ การใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีสมัยใหม่รวมกับวิธีการจัดการเนื้อหาของระบบเช่นมาตรฐานแบบ Sharable Content Object Reference Model (SCORM)[19] ที่ถูกพัฒนาขึ้นโดยกลุ่มของ Advanced Distributed Learning (ADL) เป็นแนวทางเพื่อหาทางปรับปรุงพัฒนาระบบที่สามารถรองรับการเรียนที่คล้ายกับในชั้นเรียนที่ผู้เรียนสามารถรับการสนองตอบจากผู้สอน แต่ปัจจัยหนึ่งที่สำคัญคือการเรียนรู้จะเกิดต้องมีการประสานส่วนหลักๆ คือผู้เรียน ผู้สอนและสื่อกลางรวมถึงความตั้งใจจริง แม้ว่าไม่สามารถแก้ปัญหาได้ครบถ้วนหรือเทียบกับในการเรียนรูปแบบดังเดิมก็ตาม แต่สามารถช่วยเสริมในสิ่งที่ด้อยให้ดีขึ้นในบางส่วนได้ อีกทั้งในปัจจุบันมีเทคนิควิธีการในการนำเสนอข้อมูลหลากหลายวิธีก็จริงแต่ก็ยังต้องมีการพัฒนาให้มีคุณภาพดีขึ้นอีก โดยเฉพาะวิธีในการนำข้อมูลออกมาเพื่อสนอง

ความต้องการของผู้เรียน เพื่อสนับสนุนนโยบายของรัฐและก้าวทันต่อการเปลี่ยนแปลงทางด้านการศึกษาของโลก

## 1.2 การรับรู้และการเรียนรู้

การเรียนรู้และความรู้มาเคียงคู่กัน ด้านหนึ่งความรู้เป็นผลพวงจากการศึกษา อีกด้านหนึ่งข้อมูลที่ให้ความรู้เป็นอินพุตหนึ่งในกระบวนการเรียนรู้ ทักษะใหม่จะถูกสร้างจากฐานความรู้เดิมที่มีเมื่อนึกถึงการทำงานสักอย่างรอบๆ ตัว เช่นการทำอาหาร การเรียนคณิตศาสตร์ นักวิทยาศาสตร์ด้านปริชาน (Cognitive scientists)[3] ได้มีคำเรียกขานหลายๆ แบบในการเรียนรู้เช่น โดเมนความรู้ (Domain knowledge) ความรู้ลำดับก่อนหน้า (Prior knowledge) อยู่ในกลุ่มความรู้เชิงประกาศ (Declarative knowledge) ขณะที่ด้านทักษะปริชาน (Cognitive skill) วิธีการแก้ปัญหา (Problem solving method) กฎการตัดสินใจ (Decision rule) กระบวนงานทางจิต (Mental procedures) อยู่ในกลุ่มของความรู้เชิงดำเนินการ (Procedural knowledge)

ความรู้เชิงดำเนินการ (Procedural knowledge) เป็นการบัญญัติและใช้เฉพาะที่กำหนด สัมพันธ์ระหว่างเป้าหมาย สถานะ และ ปฏิบัติการที่เกิดตามมา ตัวอย่างเช่น ความรู้เชิงดำเนินการในวิธีการทางคณิตศาสตร์ในอัลกอลิทึม วิธีซ่อมแซมวงจรอิเล็กทรอนิกส์ การดำเนินการเชื่อมต่อของโมเลกุลเป็นต้น ด้านความรู้เชิงประกาศ (Declarative knowledge) เช่นกฎของดาร์วินการปรับปรุงพันธุศาสตร์ หน้าที่ของความรู้เชิงประกาศเป็นการควบคุมปฏิบัติการ การเรียนรู้เกิดขึ้นระหว่างการหาทางแก้ปัญหา เพื่อหาทางประยุกต์ตามสภาพงานแวดล้อมที่ปรากฏ กระบวนการเรียนรู้เป็นตัวกระตุ้นระหว่างผลลัพธ์กับขั้นตอนในการแก้ปัญหาและความรู้ลำดับก่อนหน้าโดยมีหลักแยกได้ 3 มุมมองได้แก่

- กระบวนการเรียนรู้จากการแก้ปัญหา
- กระบวนการปรับเปลี่ยนก่อเกิดการเรียนรู้
- กระบวนการขัดแย้งก่อเกิดการเรียนรู้

ซึ่งแต่ละส่วนนั้นก็จะเกิดขึ้นเป็นปกติในสภาพแวดล้อมจริงของชีวิตดังรายละเอียดต่อไป

### 1.2.1 กระบวนการเรียนรู้จากการแก้ปัญหา

ช่วงการปฏิบัติงานระหว่างการเผชิญปัญหาที่เกิดขึ้นต่อหน้าผู้ปฏิบัติ และผู้ปฏิบัติยังไม่รู้วิธีการแก้ปัญหานั้นได้ แต่ต้องไปกระทำการแก้ปัญหา ในทางปฏิบัติการแก้ปัญหาเป็นการทำความเข้าใจปัญหาและการได้มาซึ่งทักษะในการวิเคราะห์ปัญหา รวมถึงการก้าวไปยังขั้นตอนการแก้ไขปัญหาเกิดเป็นผลร่วมกันเพื่อได้ผลลัพธ์สำหรับใช้แก้ไขปัญหางานที่อาจเกิดในอนาคต ผู้คนมีวิธีแก้ปัญหาที่ไม่คุ้นเคยด้วยวิธีอ่อนด้อยหรือเปราะบางในความรู้ที่มี (Weak method) แม้จะมีข้อมูลเพียงน้อยนิดเกี่ยวกับงานนั้นๆ ที่ต้องทำ มนุษย์ที่อยู่ในสถานการณ์ที่เปราะบางในขอบเขตความรู้ที่จำกัดทำให้ไม่

สามารถที่จะรับรองว่า อาจเกิดปฏิกิริยาตอบสนองถูกต้องต่อเงื่อนไขเสมอไป ความรู้ลำดับก่อนหน้าที่ไม่เหมาะสมกับปัญหาที่เผชิญหรือความไม่เข้าใจ (Misconception) ทำให้รบกวนผลสัมฤทธิ์ที่จะเกิด นั้นหมายถึงมนุษย์สามารถประยุกต์ความรู้กับปัญหา โดยมีความรู้หรือข้อมูลน้อยสุด (Minimum of information) เกี่ยวกับสภาพงานรอบๆ โดยทั่วไปมนุษย์จะใช้สิ่งที่รู้แล้วให้เป็นประโยชน์และเป็นฐานความรู้ในองค์ประกอบที่ซับซ้อนเพื่อสร้างผลสัมฤทธิ์ เกิดกลยุทธ์ที่เชี่ยวชาญคือระหว่างวิธีเปราะบางและวิธีการขั้นตอนที่กำหนดขึ้นมา (Algorithms) โดยสามารถแนะแนวทางด้วยการสร้างข้อจำกัดโดยไม่คำนึงถึงสิ่งอื่นๆ มากนัก เกิดศักยภาพตอบ สนองต่อเงื่อนไขทางบวก วิธีการที่กล่าวนี้เป็นวิธีเฉพาะภาระงานที่เรียกว่า Task-specific methods แนวคิดในการเรียนคือปรับปรุงตามสภาพแวดล้อมอาจมีผลทั้งทางด้านบวกและด้านลบ ทั้งนี้ขึ้นกับสิ่งกระตุ้นที่จะทำให้เกิดการสนองตอบและสามารถทำได้ในหลายลักษณะ ดังเช่น Fechner–Weber law ที่รู้จักกันในแวดวงจิตวิทยาได้แสดงไว้ว่าถ้ามีความแรงของสิ่งกระตุ้นภายนอก (External excitation) ที่เกิดจากการรับรู้ของมนุษย์ ก็จะทำให้เกิดแรงตอบสนองต่อความรู้สึก (Response of sense) ที่ได้รับจากสิ่งกระตุ้นด้วยข้อกำหนดที่มีขอบเขตหรือเรียกว่า Search space ดังนั้นจึงต้องมีแนวทางตามหลักวิชาที่จะถ่ายทอดสู่ผู้ศึกษาสามารถรับรู้สื่อทางแสง สี ที่เป็นภาพและเสียงเพื่อให้เข้าใจปัญหาและวิธีแก้ไขที่เหมาะสมรวมถึงการออกแบบระบบที่ฉลาด ความรู้เชิงดำเนินการ (Procedural knowledge) ซึ่งมีการเจาะจงชัดเจนหรือการบรรยายที่มีเป้าหมาย รวมถึงสถานะ และจากการปฏิบัติดังตัวอย่างการซ่อมวงจรอิเล็กทรอนิกส์สามารถอธิบายด้วยการสังเกตจากการดูด้วยตาสูดดมกลิ่นฟังเสียงที่เกิดข้อมูลจากเครื่องมือวัดและวางแผน

ส่วนวิธีเปราะบางเป็นรูปแบบทั่วไปที่ไม่มีประสิทธิภาพ หน้าที่ของวิธีเปราะบางในระหว่างการฝึกฝนไม่ช่วยให้แก้ปัญหางานต่างๆได้สำเร็จ เพียงแค่เป็นการมองพฤติกรรมปัญหาของงานทั่วๆ ไปพฤติกรรมต่องานเป็นตัวสร้างฐานความรู้หรือการค้นหาสภาพแวดล้อมหรือองค์ประกอบของงานนั้นๆ ที่ใกล้เคียงกับปัญหาที่เผชิญอยู่เพื่อก่อเกิดเป็นทักษะปริชาน ดังนั้นวิธีเปราะบางเพียงเป็นจุดเริ่มในการเรียนรู้เพื่อก้าวเข้าสู่ส่วนการแก้ไขปัญหา

1.2.2 กระบวนการปรับเปลี่ยนก่อเกิดการเรียนรู้

วิธีเปราะบางต้องมีกระบวนการฝึกฝนเพื่อให้เกิดทักษะเฉพาะด้าน คือการเรียนรู้ที่จะปรับตัวแต่กระบวนการปรับตัวไม่สามารถกระทำได้ตลอด เพราะสภาพแวดล้อมของงานมีโครงสร้างที่ซับซ้อนและบางอย่างเป็นข้อจำกัด (Constraint) ดังนั้นการปรับเปลี่ยนอาจไม่เหมาะเพราะความซับซ้อนขององค์ประกอบงาน กลยุทธ์ความเชี่ยวชาญจึงอยู่ระหว่างวิธีเปราะบางและข้อกำหนดดำเนินการ (Task specification) ดังนั้นแนวคิดลำดับขั้นการเรียนรู้จึงเป็นการรับรู้ทั่วไป (Common sense) และความเจาะจงของปัญหานั้น ส่วนใหญ่จะมีปัญหาแทรกซ้อนจึงมีลักษณะเป็น NP-Complete กลายเป็นการเสริมวิธีการเฉพาะภาระงาน (Task-specific methods)

แนวคิดในการเรียนคือปรับตัวตามสภาพแวดล้อม (Adaptation to the environment) สามารถนำมาสร้างขึ้นได้หลากหลายรูปแบบดังเช่น งานของ Piaget เกี่ยวกับความรู้ด้านชีววิทยาในช่วงปี 1971 หรืองานของ Anderson เรื่องการปรับคุณลักษณะของความคิดในปี 1990 เนื่องจากเป็นการประสมประสานทางด้านจิตวิทยา ซึ่งอธิบายในวิธีรูปแบบ (Formal method) ได้ยาก เกิดความวกวน จึงต้องอาศัยขอบเขต (Search space) เพื่อการปรับตัว (Adaptation) ดังนั้นกลยุทธ์การค้นหาเส้นทางจากจุดเริ่มไปยังเป้าหมายที่ดีต้องสามารถไปถึงเป้าหมายได้ในคราวเดียวแต่ในทางปฏิบัติอาจพบว่าไม่สามารถกระทำได้ทุกกรณี เช่น เริ่มเดินทางจากจังหวัดนนทบุรีบริเวณท่าน้ำปากเกร็ด ซึ่งอยู่ในเขตปริมณฑลไปยังวัดโพธิ์ที่ท่าเตียนในเขตกรุงเทพมหานครฯ ชั้นใน กระทำได้ทั้งทางบกและทางน้ำ ข้อพิจารณาในการจอดรับ-ส่งผู้โดยสารถ้าการแวะจอดของรถโดยสารประจำทางกับเรือด่วนเจ้าพระยาแล้วเรือด่วนมีจำนวนครั้งในการแวะจอดน้อยกว่ารถโดยสาร แต่ถ้าคำนึงถึงระยะทางทางบกและทางน้ำจะมีความแตกต่างกัน โดยมีเงื่อนไขขึ้นกับช่วงเวลาที่จะเดินทางเป็นตัวแปรหลักในการตัดสินใจเนื่องจากการจราจรหนาแน่นในบางครั้งเป็นต้น

1.2.3 กระบวนการขัดแย้งก่อเกิดการเรียนรู้

มนุษย์แก้ไขปัญหาอาจเกิดข้อผิดพลาดมากมาย ซึ่งจะแตกต่างกันไป มนุษย์แก้ไขปัญหาได้โดยไม่มีข้อผิดพลาดหรือมีข้อผิดพลาดน้อยจะถูกเรียกกันว่าผู้เชี่ยวชาญ (Expertise) ฉะนั้นกระบวนการเปราะบางทำให้เกิดข้อผิดพลาด จึงทำให้เกิดทักษะการเรียนรู้เฉพาะในงานนั้นๆ และเมื่อมีประสบการณ์มากพอก็จะลดความผิดพลาดลงหรือไม่ก็เกิดทักษะใหม่ ทำให้เป็นผู้เชี่ยวชาญ องค์ประกอบย่อยในการลดข้อผิดพลาดมีสองประการได้แก่ การตรวจหาข้อผิดพลาดและการแก้ไขข้อผิดพลาด

ผู้ที่ศึกษาเรียนรู้สามารถหาจุดผิดพลาดด้วยวิธีการของตนเอง เช่น จากการสังเกตสภาพแวดล้อมและผลกระทบที่มี การเฝ้าดูตัวเอง หรือได้รับการบอกกล่าวถึงจุดบกพร่องจากผู้อื่นหรือคนรอบข้าง บางงานจะปรากฏข้อผิดพลาดให้เห็นชัดเจน เมื่อระบบงานหนึ่งในโรงงานทำงานผิดพลาด คนที่อยู่ใกล้สวิทช์เห็นปุ่มสวิทช์สีเขียวอยู่ข้างสวิทช์สีแดงและสวิทช์สีแดงอยู่ในตำแหน่งถูกกด ถ้าคนผู้นั้นยังกดปุ่มสีแดงอีกก็แสดงว่าเกิดการตัดสินใจผิด เพราะสวิทช์สีแดงอยู่ในตำแหน่งถูกกดอยู่แล้วสวิทช์ที่ควรถูกกดควรเป็นสวิทช์สีเขียวเป็นต้น แต่ในทางปฏิบัติความเป็นจริงสวิทช์ฉุกเฉินที่ใช้งานเป็นสีแดง และสวิทช์ที่ ใช้เปิดเครื่องจักรให้ทำงานจะเป็นสีเขียว ในสภาพดังกล่าวการเรียนรู้จะเกิดจากข้อผิดพลาด และข้อสรุปของความรู้ลำดับก่อนหน้า (Prior knowledge) ความสมบูรณ์ของกระบวนการเรียนรู้ก็เป็นสาเหตุจากความรู้ที่อาจขัดแย้งกัน ถ้าไม่มีข้อมูลที่จะทำให้ความรู้ที่มีสมบูรณ์เพียงพอ จึงบอกว่าการแก้ไขปัญหานั้นอยู่บนโดเมนหรือขอบเขต (Domain constraint) และความเป็นจริงหรือถูกต้องของวิธีการแก้ปัญหาในสภาพงานนั้นๆ (Task environments) การบ่งชี้ข้อผิดพลาดเกิดจากการสรุปข้อมูลความรู้ใหม่ที่แตกต่างจากความรู้ลำดับก่อนหน้า ในลักษณะการ

รับข้อมูลผ่านทางประสาทตาอาจผิดพลาดได้จากเหตุของภาพลวงตา (Illusion) ซึ่งอาจเกิดจากลายเส้นของภาพ หรือสีสัน (Hue) ที่ปรากฏบนภาพนั้นๆ ดังนั้นผู้เรียนที่ดีต้องมีการตรวจสอบว่าถูกต้องหรือไม่ ยิ่งมีความรู้มากความน่าจะเป็น (Probability) ที่เกิดกับการตรวจสอบก็ยิ่งสามารถชี้ได้ชัดเจนยิ่งขึ้น การแยกแยะและกำหนดข้อบังคับที่เหมาะสมตามสภาพแวดล้อม และข้อผิดพลาดที่เกิดกลายเป็นวิสัยสามารถจิต (Mentality) ที่จะหลบหลีกจุดบกพร่องที่อาจเกิดในอนาคต หลักการที่ปรากฏกับสิ่งที่ผิดพลาดบนกระบวนการเรียนรู้ว่าสิ่งที่เหมาะสมหรือถูกต้องคืออะไร ก่ อเป็นโดเมนความรู้ (Domain knowledge) ตามกฎของ Thorndyke's Law of Effect การเปลี่ยนของปริชานจะถูกกระตุ้นซ้ำแล้วซ้ำอีกจากข้อมูลที่ได้รับ ดังนั้นความรู้ก็จะถูกผสมประสานอย่างต่อเนื่องเป็นฐานความรู้ในการทำนายเหตุการณ์และมีกฎที่จะปรับเปลี่ยนเมื่อทำนายผิดพลาด (Revising task procedure)

## 1.3 ความทรงจำและความเข้าใจรวมถึงการประมวลผล

ในรายละเอียดของกลไกสมรรถนะ (Performance mechanism) รวมถึงความรู้เชิงดำเนินการ (Procedural knowledge) การนำเสนอความรู้เชิงประกาศ (Declarative knowledge) และกลไกการตรวจสอบข้อผิดพลาดและแก้ไขข้อผิดพลาดสามารถเรียกโดยรวมว่า Heuristic search (HS) หรือการค้นหาวิธีแก้ปัญหาแบบสามัญสำนึก จะประมวลในโครงสร้างหน่วยความจำมนุษย์ที่มีโมเดลความรู้ในการตอบสนองการเรียนรู้จากการมองภาพ การฟังเสียง ซึ่งอยู่ในส่วนของหน่วยความจำใช้งาน (Working memory) บนส่วนความรู้เชิงดำเนินการและการตอบสนองจากทักษะที่มีก่อนหน้าหรือความรู้ลำดับก่อนหน้าที่อยู่บนส่วนที่เรียกว่าความรู้จำระยะยาว Long-term memory (LTM) คือพื้นที่ปัญหาบนขอบเขตการสืบค้นบนความรู้จำทำงานเริ่มจากสถานะเริ่มต้น (Initial state) ไปจนถึงบรรลุเป้าหมายที่วางไว้ (Final state) ในทุกรอบการทำงานร่วมกันระหว่างปัญหา และวิธีแก้ไขในทางจิตวิทยาของมนุษย์ จะสนองตอบความไม่แน่นอนโดยการคิดผ่านปฏิกิริยาตอบสนองทางเลือกอื่นๆ (Alternative interaction) เพื่อเลือกว่าทำอะไรต่อไปบนสมมติฐานของระบบ โดยมีตัวความรู้เชิงดำเนินการเป็นตัวควบคุมการปฏิบัติ ระหว่าง Description และ Prescription ทำให้ข้อจำกัดสามารถตีความได้ทั้งสองลักษณะ

ระดับของสมรรถภาพที่เกิดต่อเวลาในการศึกษาเรียนรู้ เป็นตัวทำให้เกิดกราฟการเรียนรู้ (Learning curve) จำนวนของปัญหาที่ถูกแก้ไขได้สมบูรณ์จะเป็นตัวชี้วัด อัตราความเร็วจะมีมากเมื่อเริ่มต้นและจะลดลงอย่างรวดเร็ว กราฟการเรียนรู้นี้ถูกศึกษาอย่างกว้างขวางในรอบ 30 ปีที่ผ่านมา ในสถานการณ์ที่ย่ำแย่เกิดการกระตุ้นความขัดแย้งปริชาน (Cognitive conflict) ก็จะไม่มีผลเปลี่ยนแปลงกราฟการเรียนรู้ไป การประยุกต์ความรู้ต้องกระทำได้บนหลากหลายสถานการณ์ รายงานการวิจัยหลายชิ้นบ่งชี้ว่า การถ่ายทอดความรู้เชิงดำเนินการมีน้อยมาก หรือแทบไม่มีถ้ามี

ความแตกต่างของปัญหาที่เรียกว่า Isomorphic problems เช่น การอบรมในงาน อ ไม่มีผลทางปฏิบัติในการทำงาน ฮ เพราะตัวงานแตกต่างกันและกฎเกณฑ์ก็แตกต่างกันลักษณะที่เกิดเป็นความยุ่งยากที่ท้าทายในแบบ Puzzling ความแตกต่างของรูปแบบก็จะเกิดการเลือกงาน (Selection task) จากที่ Gelman ศึกษา ได้บ่งไว้ว่าเด็กจะนับสิ่งของได้ถูกต้องเมื่อมีการเรียนรู้การนับแต่จะนับตามลำดับ (Ordered counting) เมื่อมีการระบุตัวเลขบนสิ่งของเรียกว่า Constrained counting และเด็กก็จะสร้างลำดับของความรู้ขึ้นจากการเรียนรู้นั้นอย่างรวดเร็ว

ในมนุษย์หรือสัตว์โลกยังไม่สามารถอธิบายได้อย่างชัดเจนในเรื่องการเรียนรู้ภาษา แต่ความสามารถในการรู้จำมีในสัตว์โลกทั้งหลายมากบ้างน้อยบ้างแตกต่างกันไป การเรียนรู้ของมนุษย์เริ่มจากธรรมชาติ จากนั้นจึงมีการเรียนรู้จากผู้สอน ที่มีรูปแบบแตกต่างกันอาจไม่ได้เกิดด้วยการรับรู้ข้อมูลจากการสอนโดยตรงแต่เป็นไปโดยอ้อม หน้าที่ปริชาน (Cognitive function) เป็นสิ่งที่เกิดกับกระบวนการประมวลข้อมูลของวิสัยสามารถของจิต (Mental information processing) แต่การที่จะสามารถรับรู้ได้ว่าผู้ใช้งานระบบมีการทำงานของจิต จะอยู่ในภาวะของผลทางจิตวิทยาที่เกิดกับการศึกษาปัญหาโดยสามัญสำนึกที่มีทำให้มีสถานะสองแบบ คือการศึกษาแบบส่วนย่อยที่ Meyers-Briggs ได้เสนอแนะไว้และแบบใช้ความรู้สึกช่วยในการคิดอีกทั้งโยงใยไปถึงอารมณ์ร่วมที่เกิดและมีผลอย่างมากในการสร้างฐานความรู้ที่ดี จากที่ Kolb ได้แสดงวงรอบการเรียนรู้ไว้ เรียกกันว่า Kolb's Learning Style ประกอบด้วยสี่ส่วนได้แก่ ประสบการณ์ที่เกิดจากความรู้สึกที่สนใจและสนองตอบกับสิ่งที่พบเจอ ผลจากการสังเกตด้วยประสาทตาและหู การจิตนาการและคิดหรือวิเคราะห์ตามปัญหาที่พบเจอทำให้เกิดการเรียนรู้และการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นขณะทำงานแก้ปัญหา นั้นอยู่เป็นภาวะผลักดันจากผลลัพธ์ที่ได้กระทำจากองค์ประกอบที่กล่าว มีการพัฒนาคอมพิวเตอร์ ช่วยในการเรียนรู้ Computer Assisted Learning (CAL) ลักษณะที่ว่านี้หมายรวมถึง Computer-Based Training (CBT) ทำให้สามารถประยุกต์ใช้ทฤษฎีการเรียนรู้เสริมเข้าไปด้วย เป็นผลกับการเรียนรู้ที่เกิดกับสมองทั้งซีกซ้าย และซีกขวาร่วมกันเพราะรูปลักษณะของภาพและเสียงของเนื้อหาที่รับรู้โดยโสตประสาทตามติดด้วยการประมวลของสมองจากสิ่งที่รับรู้ เพราะมีทั้งส่วนของศิลปะและการคำนวณ

## 1.4 ปัญหาการพัฒนาระบบการศึกษาโดยสื่ออิเล็กทรอนิกส์ให้มีประสิทธิภาพ

ระบบของ SCORM ที่เป็นมาตรฐานในวงการ E-learning ก็ยังมีจุดที่น่าสนใจหลายประการเช่น การไหลของเนื้อหาที่มีลักษณะเหมือนกับการอ่านหนังสือเรียนทั่วไปในระบบการศึกษา โดยใช้สื่ออิเล็กทรอนิกส์ก็จะมีรูปแบบลักษณะดังที่กล่าวเช่น ระบบที่เป็น Intelligent Tutorial System [24] หรือ Web-Based Training เป็นต้น

การรับรู้ถึงการเปลี่ยนแปลง และการเกิดความกดดันจากผลของการเปลี่ยนแปลงนั้นมีทั้งข้อดีและข้อเสีย ในส่วนที่ดีคือได้รับข้อมูลอะไรที่แปลกใหม่จะเกิดข้อยุ่งยากในการปฏิบัติเนื่องจากเป็นสิ่งใหม่ทำให้ไม่คล่องตัวเป็นต้น หรืออาจไม่ได้รับการสนองตอบเท่าที่ควร ดังนั้นจึงเป็นการมองในสองมุมมองที่แตกต่าง แต่ในทางการบริหารที่คำนึงถึงด้านจิตวิทยาในการเรียนรู้นั้นการเข้ารับการอบรมแม้จะเป็นตัวช่วยในการพัฒนาคน โดยหลักแล้วการเรียนรู้ต้องมาจากจิตสำนึกภายใน ดังนั้นการเรียนรู้ด้วยตนเอง จึงเป็นสิ่งที่ควรทำให้เกิดขึ้นในองค์กรเป็นอย่างยิ่ง เพราะสามารถพัฒนาได้ผลอย่างจริงจัง ทั้งนี้เพราะผู้เรียนต้องการความรู้นั้นไปพัฒนางานของตนเองเป็นพื้นฐานทำให้เกิดความมุ่งมั่นที่จะศึกษา ซึ่งจากในอดีตการเรียนรู้เริ่มจากการกระทำผิดเป็นจุดเริ่มของการเรียนรู้ที่จะทำให้ถูกต้องที่รู้จักกันในคำว่าลองผิดลองถูก (Trial and Error) หรือการศึกษางานหนึ่งอย่างโดยมีข้อมูลน้อยสุดอย่างจำกัด (Minimum of information) บนฐานความรู้ที่มีขอบเขตก็จะสั่งสมให้เป็นฐานความรู้ ที่มีข้อมูลเพิ่มขึ้นหรือมากขึ้นตามลำดับหรือขอบเขตกว้างขึ้นและลึกขึ้น เนื่องจากมีตัวแปรในระบบหลากหลายที่ทำให้ผู้เรียนเกิดทักษะที่จะลดข้อผิดพลาดในการแก้ไขปัญหา บนสมมติฐานความรู้ที่ทำให้ผู้เรียนมีความระมัดระวังในสิ่งที่จะเป็นข้อผิดพลาด ดังนั้นการเรียนรู้จึงเป็นการเรียนรู้เหตุการณ์ที่จะทำให้ลดข้อผิดพลาด บนสมมติฐาน 3 ประการคือ

- ความต่อเนื่องของข้อผิดพลาดจะสามารถเพิ่มสมรรถภาพของระบบ เมื่อข้อผิดพลาดถูกแก้ไขทำให้เส้นทางสืบค้นลดลง (Narrowing search space)
- เมื่อผู้เรียนทำผิดพลาดมาก เพราะความจำกัดของพื้นฐานความรู้ของผู้เรียนกับงานถ้าเปลี่ยนสถานะเข้าสู่สภาวะที่แก้ไขจำนวนความผิดพลาดต่อปัญหาก็จะลดลง
- การลองผิดลองถูกต่อเหตุการณ์ที่เกิดก็จะลดลง

การวางแผนการสอนที่ดีหรือมี Pedagogic/Didactic ที่ดีจะส่งผลให้ความผิดพลาดที่เกิดลดลงได้หรือมีน้อยมากๆ ดังนั้นหลักสูตรจึงเป็นจุดเริ่มของกระบวนการเรียนรู้ที่ถูกวางแผนล่วงหน้าและเวลาที่ถูกใช้ในหน่วยเรียนนั้น แต่การเรียนรู้ตามข้อแนะนำของ American Society for Training and Development (ASTD) ให้เวลาในการศึกษาเพียง 15 นาทีต่อหน่วยย่อย ซึ่งนับว่าค่อนข้างน้อยทั้งนี้เนื่องจากเวลาที่คนสนใจจะมีในระยะที่จำกัด ซึ่งเป็นข้อจำกัดอย่างหนึ่งของเนื้อหาที่จะนำเสนอต้องไม่มากเกินไปในแต่ละหน่วยเรียน จึงต้องนำมาทำเป็นหน่วยเรียนย่อยๆ

## 1.5 วัตถุประสงค์การศึกษาและความมุ่งหมาย

วัตถุประสงค์เพื่อศึกษาพัฒนาระบบการจัดการเนื้อหา วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มุ่งหวังเพื่อศึกษาและพัฒนาระบบประมวลเหตุการณ์เพื่อการจัดการสื่อการเรียนอิเล็กทรอนิกส์แบบปรับตัว

ความมุ่งหมายของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เพื่อที่จะส่งผ่านข้อมูลที่เหมาะสมบนการออกแบบความต้องการของข้อมูลผ่านจากผู้มีประสบการณ์ เพื่อถ่ายทอดข้อมูลนั้นให้ กับผู้รับ ในสถานะที่

เหมาะสมแก่เวลาเพื่อให้ผู้เรียนที่ติดตามเนื้อหาได้ไม่สมบูรณ์ สามารถเปลี่ยนสถานะกลับมาอยู่ในสภาพที่สามารถติดตามเนื้อหาได้ โดยผสมประสานระหว่างเทคนิคของ Allen's Interval Temporal Logic ร่วมกับเทคนิคการให้น้ำหนัก (Weighted technique) ที่ทำให้สามารถสร้างการตัดสินใจ เพื่อนำเสนอเนื้อหาที่เหมาะสมกับสถานะให้กับผู้ที่ต้องการรับข้อมูลของเนื้อหานั้นๆ ทำให้เกิดการปรับเปลี่ยนสถานะของผู้ศึกษาเมื่อสามารถติดตามเนื้อหาได้ ทำให้สมรรถนะในระบบการศึกษาเพื่อเรียนรู้เฉพาะในด้านนั้นๆ ดีขึ้นโดยจะมีการจัดระดับไว้สามสถานะภาพ เพื่อเป็นต้นแบบระบบการนำเสนอเนื้อหาที่ปรับตามสภาพของผู้เรียน ทำให้เกิดการเรียนรู้ได้แม้ไม่มีผู้สอนหน้าชั้นเรียนเหมือนดังแบบเดิม แต่ใช้วิธีนำเสนอเนื้อหาเพื่อการเรียนการสอนแทนการสอนโดยอาจารย์ผู้สอนจริง โดยใช้การจัดการบนระบบการปรับพื่อนำเสนอเนื้อหาช่วยเหลือผู้เรียนแทน ผู้เรียนที่เรียนจากระบบประมวลเหตุการณ์ เพื่อการจัดการสื่อการเรียนอิเล็กทรอนิกส์แบบปรับตัวที่พัฒนาขึ้นนี้มีความพึงพอใจมากกว่าการจัดสื่อการเรียนแบบปกติ

## 1.6 สมมติฐานของการศึกษา

จากสมมติฐานดังกล่าว ลักษณะโดยทั่วไปของ SCORM ในการจัดการเนื้อหาเพื่อส่งถึงผู้ใช้ศึกษาเป็นลักษณะตามลำดับ (Sequencing) เป็นการจัดการแบบต่อเนื่องของเนื้อหาที่เรียกว่าเป็นแบบ Sequential flow พฤติกรรมการเรียน เช่น การอ่านหนังสือหรือการติดตามข้อมูลที่เป็นลำดับ แต่ถ้าข้อมูลนั้นมีรายละเอียดมากพอก็จะเป็นแหล่งข้อมูลที่สมบูรณ์ แต่เนื่องจากในการศึกษาทางด้านช่างเทคนิคมีรายละเอียดมาก ดังนั้นการสร้างความรู้จำเป็นต้องมีความรู้ลำดับก่อนหน้า (Prior knowledge) ที่มากพอเพื่อเป็นฐานความรู้ที่จะเกิดใหม่แต่จากเหตุของรายละเอียดที่มีมากทำให้บางส่วนอาจขาดหายไปหรือยากในการเรียกคืนความรู้จาก Long-term memory หรือ LTM มายังส่วนของ Short-term memory หรือ STM ที่มีการทำงานของความจำ Working memory ได้ในระยะเวลาที่จำกัด การมีส่วนจัดการเสมือนผู้ช่วยเหลือในการนำเสนอข้อมูลที่ขาดหายไปบางส่วนเป็นสิ่งจำเป็นและมีคุณค่าต่อผู้เรียนอย่างยิ่ง เพื่อสร้างการกระตุ้นต่อฐานความรู้เดิมเพิ่มความแม่นยำในการตัดสินใจแก้ไขปัญหาที่พบเจอ ดังนั้นการจัดการนี้เป็นทางเลือกหนึ่งในการแก้ไขปัญหาบนพื้นฐานของระบบ Sequencing ที่ใช้กันโดยทั่วไป

## 1.7 ทฤษฎีหรือแนวคิดที่ใช้ในการวิจัยและขอบเขต

การเรียนรู้ของนักศึกษาในห้องเรียนนั้นมีข้อจำกัดในเรื่องเวลาที่อาจารย์สอน หรือถ่ายทอดความรู้อีกทั้งผู้เรียนมีจำนวนต่อห้องเรียนมากกว่าแต่ก่อนทำให้การศึกษาและถ่ายทอดไม่เต็มที่ อีกทั้งระบบโปรแกรมที่มีในท้องตลาดมีราคาแพง และยังเป็นแบบที่ไม่ติดตามความก้าว หน้าของ

ผู้เรียน ในขณะที่เรียนส่วนหนึ่ง และเป็นแบบติดตามความก้าวหน้าของผู้เรียนในขณะเรียนอีกส่วนหนึ่ง แต่ระบบที่มีในท้องตลาดจะประเมินผู้เรียนเมื่อสิ้นสุดหน่วยเรียนของแต่ละบทเรียน ซึ่งระบบที่จะทำการศึกษาวิจัยนี้เ ป็นระบบที่ติดตามความก้าวหน้าของผู้เรียนจากเวลาที่ผู้เรียนใช้ศึกษาและเกณฑ์การทดสอบนำมาประมวลเป็นน้ำหนัก และนำเสนอเนื้อหาที่คัดสรรแล้วว่าสอดคล้องและเสริมกับสภาวะของผู้เรียน ในขณะใช้งานระบบศึกษาเรียนรู้ตามน้ำหนักและการแบ่งแยกระดับโดยมีองค์ประกอบในการศึกษาวิจัยดังนี้

- ระบบแยกสภาวะของผู้เรียนสามระดับได้แก่ ระดับสภาวะการติดตามเนื้อหาปกติ หรือ Accustomed state ระดับสภาวะการติดตามเนื้อหาได้โดยมีตัวช่วยเหลือหรือ Helper บนภาวะที่เป็น Eccentric state และระดับสภาวะการติดตามเนื้อหาได้ลำบากโดยต้องมีตัวขยายความเพิ่มเติมหรือ Suggestion บนภาวะที่เป็น Irregular state
- ระบบมีการเก็บบันทึกสภาวะของผู้เรียนหรือ User profile จากข้อมูลเวลาที่ใช้กับตัวเนื้อหาและคะแนนในการทดสอบเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการวิเคราะห์สภาวะผู้เรียน
- ระบบใช้ Allen's Interval Temporal logic เป็นตัวจักรในกับภาวะเหตุการณ์เนื่องจากมีทั้งสิ้น 13 สภาวะที่คำนึงถึงช่วงเวลาที่เกิดของเหตุการณ์และสนับสนุนต่อการนำเสนอข้อมูลเนื้อหาที่แบ่งแยกตามสภาวะของผู้เรียนและการนำเสนอข้อมูลสู่ผู้เรียน
- ระบบมีการวัดและจัดน้ำหนักกับความก้าวหน้าของผู้เรียนหรือ Weight of progression โดยใช้ภาวะต่อเนื่อง Consequence จากเหตุตามภาวะก่อนหน้าหรือ Antecedent

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้นำเสนอวิธีการประมาณค่า เพื่อกำหนดน้ำหนักเป็นตัวตัดสินใจร่วม กับการกำหนดน้ำหนักของเวลาที่ใช้ไปในระบบ เพื่อนำเนื้อหาตามที่ได้วางแผนไว้นำเสนอออกไป จากเนื้อหาที่ถูกจัดเก็บโดยการจัดการเนื้อหา (Content Management) อาศัยหลักการของ Interval-based ของ Allen ที่รวมความเป็น Point-based โดยอาศัยภาวะเหตุการณ์ที่เกิดเป็น event ที่ไปกระตุ้นระบบให้ทำงานนำเสนอเนื้อหาตามบทเรียนที่ออกแบบไว้หรือ Content สู่ผู้เรียนในรูปแบบบนระบบ e-Learning บนเครือข่ายคอมพิวเตอร์ โดยมีองค์ประกอบเสริมในเรื่องตัวช่วย (Helper) ข้อมูลช่วยนี้จะทำให้ส่วนประกอบ (Components) ของระบบมีการเสริมกันยิ่งขึ้นและทำให้ผู้ศึกษาสามารถติดตามเนื้อหาได้ราบรื่นโดยอาศัยสภาวะ Start Before Overlap Begin Meet Equal Finish ของเนื้อหาแต่ละส่วนที่มาเป็นองค์ประกอบกัน ให้แสดงเนื้อหาไปในแบบที่วางแผนไว้ล่วงหน้าโดยมีน้ำหนักที่ได้จากสมการ Discrete Time Polynomial Transfer Function ที่สัมพันธ์กับน้ำหนักของเวลา t ที่ผู้ใช้งานใช้เวลาไปกับองค์ประกอบนั้นๆ

## 1.8 ขั้นตอนของการศึกษา

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้แบ่งเนื้อหาออกเป็น 5 บทด้วยกันคือ

บทที่ 1 กล่าวถึงความเป็นมาของงานวิจัย การรับรู้และการเรียนรู้ วิธีการเรียนที่เกิดขึ้นบนพื้นฐานของปัญหา ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ สมมติฐาน ทฤษฎีที่ใช้ ขอบเขตของการวิจัย และขั้นตอนการศึกษา

บทที่ 2 กล่าวถึงทฤษฎีพื้นฐานที่ใช้ในการวิจัย และพื้นฐานของระบบการตอบสนองของความรู้จำแบบระยะสั้นและแบบระยะยาว เทคนิคของการพิจารณาปัญหาของช่วงเวลาของเหตุกาณ์ (Interval-based and Point-based) พื้นฐานของระบบช่วงเวลาของเหตุการณ์ ทฤษฎีของ Allen's Interval

บทที่ 3 กล่าวถึงวิธีการนำทฤษฎีของ Allen มาผสมผสานกับสมการน้ำหนักที่สามารถทำการ Normalized เวลาที่ใช้ในแต่ละช่วงของเนื้อหา และการคำนวณตารางน้ำหนักที่ใช้งานในระบบการนำเสนอเนื้อหานี้เพื่อนำไปหาค่าสมรรถนะ

บทที่ 4 กล่าวถึงการหาค่าสมรรถนะของระบบ พารามิเตอร์ที่ใช้และผลที่ได้จากการทดลองระบบ แสดงให้เห็นวิธีการที่นำเสนอนั้นสามารถช่วยต่อการสนองตอบต่อผู้เรียนได้

บทที่ 5 กล่าวถึงบทสรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

# บทที่ 2
# ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การเรียนรู้ของมนุษย์ในมุมมองของการสร้างฐานความรู้จากประสบการณ์กับการจำแนกปัญหาและหาทางแก้ปัญหาต้องอยู่บนพื้นฐานความเข้าใจกระบวนการที่เกิดเป็นจุดเริ่ม จากนั้นจึงจะทำการวิเคราะห์แยกแยะปัญหาเพื่อวางแผน และทำการแก้ไขปัญหาตามแผนที่วางไว้หรือปรับเปลี่ยนแผนการให้เหมาะกับปัญหาที่มีการเปลี่ยนแปลงไปตามสถานการณ์ อีกแง่มุมหนึ่งคือกระบวนการที่ทำให้มนุษย์เปลี่ยนความคิด เปลี่ยนแปลงพฤติกรรม มนุษย์สามารถเรียนรู้ได้จากการอ่าน การสัมผัส การรับฟัง และการใช้เทคโนโลยีร่วมเพื่อช่วยในการเรียนรู้ รวมทั้งบรรยายกาศที่จะสร้างให้เกิดความรู้สึกที่ดีต่อการเรียนรู้ ในแวดวงการศึกษารู้จักกันเป็นอย่างดีกับผลการศึกษาของ Bloom ตามทฤษฎีที่เรียกว่า Bloom's Taxonomy แยกการเรียนรู้ออกเป็น 6 ระดับได้แก่ ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ การวิเคราะห์ การสังเคราะห์ และการประเมินค่า ส่วน Bruno สรุปทฤษฎีการเรียนรู้ว่าเป็นการหล่อหลอมจากประสบการณ์ที่ได้รับ โดยผู้เรียนต้องมีความรับผิดชอบต่อหน้าที่ในการเรียนบนสภาพแวดล้อมที่เป็นจริง นักการศึกษาอีกท่านคือ Tylor ได้เสนอว่าการเรียนรู้ต้องมีลำดับขั้นจากพื้นฐานที่ง่ายเข้าสู่สิ่งที่สลับซับซ้อนหรือยากขึ้น จึงต้องมีความต่อเนื่องของการฝึกฝนสร้างประสบการณ์ และการบูรณาการความคิด โดยมีแบบแผนที่กำเนิดจากผลของการสะสมประสบการณ์จากอัตรกริยา (Interaction) ระหว่างผู้เรียนกับสภาพแวดล้อมที่ทำให้เกิดประสบการณ์ ดังนั้นระหว่างเด็กและผู้ใหญ่จึงแตกต่างกันหรือแม้กระทั่งระหว่างเด็กด้วยกัน หรือกลุ่มผู้ใหญ่ด้วยกันก็ยังมีความแตกต่างกัน

## 2.1 การเรียนรู้และอัตรกริยาระหว่างมนุษย์กับคอมพิวเตอร์

โดยธรรมชาติของมนุษย์และสัตว์จะเกิดการเรียนรู้สิ่งต่างๆ รอบตัวตลอดเวลาแต่การเรียนรู้นั้นจะประสบผลสำเร็จก็ต่อเมื่อ สามารถนำความรู้นั้นไปใช้คลี่คลายปัญหาที่เหมาะสมทั้งนี้ขึ้นกับพื้นฐานความรู้ที่มีวิธีการคิดที่เกิดจากประสบการณ์ ผู้ที่ไม่เคยมีประสบการณ์ในบางเรื่องก็สามารถเรียนรู้จากผู้ที่มีประสบการณ์ในเรื่องนั้นได้ และเลียนแบบวิธีการแก้ปัญหาจากผู้มีประสบการณ์ได้ในส่วนหนึ่งแต่อาจไม่ครบถ้วนสมบูรณ์ เนื่องจากภาวะการณ์ของสภาพแวด ล้อมที่แตกต่างกันและบูรณาการจากประสบการณ์ที่สะสมมาของตัวเองอีกส่วนหนึ่ง พฤติกรรมการเกิดอัตรกริยาระหว่างผู้มีประสบการณ์และผู้ที่รับประสบการณ์ จึงต้องมีรูปแบบและสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมเอื้ออำนวยการศึกษาระหว่างกัน แม้จะมีสิ่งที่ไม่พึงประสงค์เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการเรียนรู้ (Disturbing) ผู้ถ่ายทอดประสบการณ์จำเป็นต้องเลือกรูปแบบในการถ่ายทอดแก่ผู้รับการถ่ายทอดที่

เหมาะแก่สถานการณ์ แนวคิดในการแก้ปัญหาที่ซับซ้อนและเป็นที่ยอมรับและถูกกล่าวถึงบ่อยๆ ในการเรียนรู้ทางแก้ปัญหาด้านคณิตศาสตร์คือ G. Polya ได้เสนอ[1]ไว้คือ

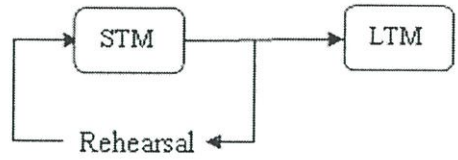
- ทำความเข้าใจกับปัญหา
- หาข้อมูลที่สัมพันธ์กับปัญหาเพื่อวางแผนการแก้ไข
- แก้ไขปัญหาตามแผนการที่วางไว้อย่างเป็นขั้นตอน
- ตรวจสอบผลที่ได้รับว่าถูกต้อง

การเรียนรู้จะเกิดต่อเนื่องตลอดเมื่อมีการนำความรู้นั้นไปใช้ให้เกิดประโยชน์ หมายถึงการเพิ่มพูนประสบการณ์เช่นการแก้โจทย์ปัญหาเชิงคณิตศาสตร์ในแบบฉบับของ Pappus ที่เรียกว่าวิธีแก้ปัญหาแบบ Working backwards ดังปรากฏใน[1]เรื่องปัญหาการตวงปริมาณน้ำจากแม่น้ำเมื่อมีภาชนะ 2 ถัง ถัง ก บรรจุน้ำได้ปริมาตร 9 หน่วย ถัง ข บรรจุน้ำได้ปริมาตร 4 หน่วย ต้องการตวงน้ำให้ได้ปริมาตร 6 หน่วย นับว่าเป็นการย้อนกระบวนการที่น่าสนใจยิ่งหรือปัญหาการข้ามแม่น้ำด้วยเรือที่รองรับผู้โดยสารได้จำกัด โดยคนเมืองกับผู้เผยแผ่ศาสนากับคนป่ากินคนโดยสาร เพราะถ้าจัดสรรการโดยสารเรือไม่ดีหนึ่งในคนเมืองก็จะถูกคนป่ากิน ดังนั้นวิธีการแก้ปัญหาต้องมีการสังเคราะห์จากประสบการณ์และต้องประเมินสถานการณ์หรือผลลัพธ์เพื่อป้องกันความผิดพลาด

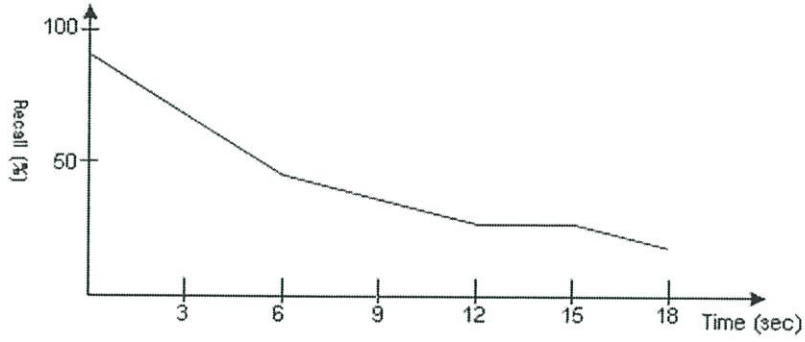
วิสัยสามารถของจิต (Mentality) เป็นส่วนในการรับรู้บริบท(Context) เช่น ข้อความ รูปภาพเป็นต้น มีองค์ประกอบที่เรียกว่าความทรงจำและเป็นความสามารถในการจัดเก็บข้อมูลรายละเอียดของการรับรู้ เช่น การเรียนรู้ต่างๆ ได้เฉพาะในระยะเวลาช่วงหนึ่งซึ่งจากการศึกษาของนักจิตวิทยาพบว่าการรับรู้ข้อมูลของมนุษย์ผ่านระบบโสตประสาทตาและหู จะประกอบด้วยความสามารถของการจดจำทั้งในระยะสั้นและระยะยาวประกอบกันเสมอ โดยที่ความทรงจำในระยะยาวจะขึ้นกับความสามารถในการเรียกคืนความทรงจำ (Recall) ได้มากน้อยเพียงใด ดังนั้นความทรงจำของมนุษย์จึงสามารถจำแนกเป็นส่วนหลักอยู่ 2 ประเภท[2] อันประกอบด้วยความทรงจำแบบระยะยาว Long-term memory (LTM) และความทรงจำแบบระยะสั้น Short-term memory (STM) ความทรงจำแบบระยะยาว (LTM) เกิดจากการถ่ายทอดข้อมูลจากความทรงจำระยะสั้น (STM) ไปจัดเก็บในความทรงจำระยะยาว กระบวนการนี้ถ้าจะทำให้ความทรงจำระยะยาวสามารถจดจำได้นานขึ้นต้องมีการทบทวนโดยการท่องจำข้อมูล (Rehearsal)ที่จะจดจำหลายๆ ครั้งดังรูปที่ 2.1 จะทำให้ความสามารถในการจดจำรายละเอียดของเหตุการณ์ข้อมูลได้เป็นระยะเวลานานขึ้น

ยกตัวอย่างเช่น เมื่อมีการจดจำเรื่องบางอย่างไว้ในหน่วยความจำเมื่อเวลาผ่านไปช่วงหนึ่ง และเรียกคืนข้อมูลที่รับรู้ไปแล้วนั้นจะสามารถเรียกคืนความทรงจำได้ประมาณ 48 เปอร์เซ็นต์ของเรื่องราวหรือเหตุการณ์ และมีการลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อเวลาผ่านไปนานขึ้น เมื่อเกิดการเรียกคืนข้อมูลทันทีจะสามารถเรียกคืนความทรงจำได้มากถึง 98 เปอร์เซ็นต์ ในการเรียกคืนข้อมูลหรือเหตุการณ์ทันทีจะเรียกจากความทรงจำระยะสั้นที่กำลังทำงานอยู่ (Working memory) การเรียกคืน

ข้อมูลทันทีจะมีค่าเฉลี่ยของเวลาเรียกคืนอยู่ที่ประมาณ 1.31 วินาที และถ้ามีการหน่วงเวลาออกไปก็จะใช้เวลาในการเรียกคืนความทรงจำมากขึ้นเป็น 1.96 วินาที




**รูปที่ 2.1** การท่องจำที่ผันความทรงจำระยะสั้นสู่ระยะยาว[2]

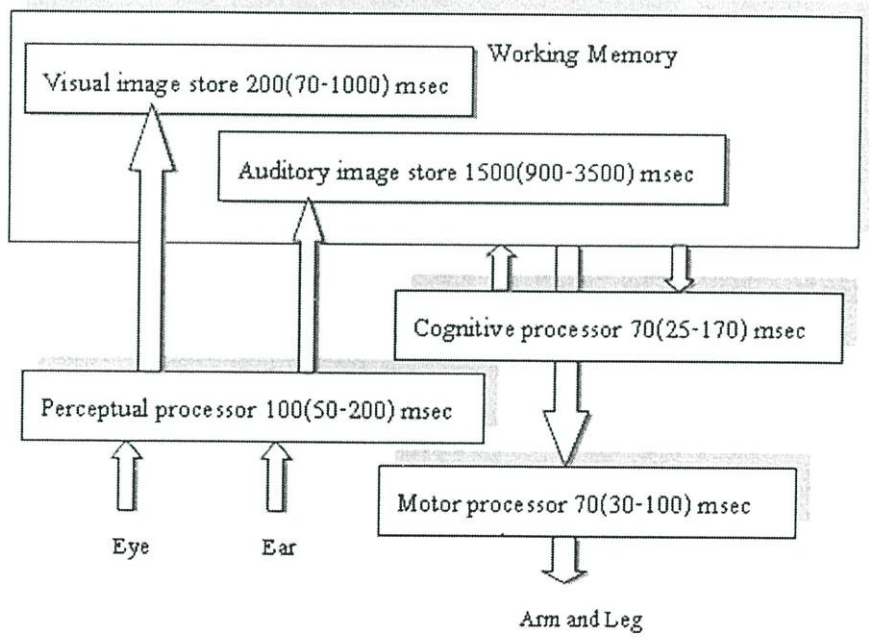



**รูปที่ 2.2** ความสามารถเรียกคืนข้อมูลจากความทรงจำที่ลดลงเมื่อเวลานานขึ้น[2]

เงื่อนไขการประวิงเวลาจะเกิดกับการเรียกคืนความทรงจำจากส่วนความทรงจำระยะยาว จากการวิจัยของ Anderson ได้นำเสนอเวลาในการเรียกคืนความทรงจำจากความทรงจำระยะยาวไปยังหน่วยความจำใช้งานหรือ Working memory ใช้เวลาประมาณ 0.65 วินาที ส่วนของหน่วยความจำใช้งานนี้เป็นส่วนเดียวกันกับความทรงจำระยะสั้นแต่จะทำงานอยู่ที่เรียกว่า Active ถ้าความทรงจำระยะสั้นไม่มีการประมวลผลจะเรียกว่าอยู่ในสภาวะ Inactive ซึ่งจะเป็นช่วงๆ โดย Murdock ได้ศึกษาในการจดจำตัวเลขสุ่ม 3 ตัวโดยไม่มีการท่องจำเลยผลปรากฏว่าเมื่อเวลาผ่านไป 9 วินาทีความทรงจำจะสามารถเรียกข้อมูลกลับได้ถูกต้องเพียงประมาณ 1 ใน 3 ตัว ดังรูปที่ 2.2 เป็นไปตามกฎของ Thorndike ข้อที่ 1 “The Law of Exercise” [2] คือการทำอะไรซ้ำๆ เป็นการทบทวนความทรงจำในตัวและความสนใจหรือกระตือลือร้นอันเกิดจากกฎข้อที่ 2 “The Law of Effect” คือการให้รางวัลเพื่อสร้างแรงจูงใจซึ่งมีข้อเสียบางประการ การแผ่การกระตุ้นกับการรับรู้ที่เกิดกับวัตถุ (Object) สองวัตถุ โดยเมื่อได้พบหรือรับรู้วัตถุหนึ่งที่ได้เรียนรู้มาแล้ว จะทำให้เรียกคืนความทรงจำถึงวัตถุอีกอันหนึ่งได้ กระบวนการจะใช้เวลาในการประมวลความสัมพันธ์หน่วงไปตามความสัมพันธ์ของหน่วยความจำสาระ (Human associative memory) ประมาณ 50-350 มิลลิวินาที และการคงอยู่ของข้อมูลเมื่อเวลาผ่านไปไม่ถึงครึ่งวันก็หดหายไปกว่าครึ่งหนึ่ง ระยะเวลาผ่านไปสองวัน การคงอยู่ของข้อมูลจะเหลือไม่ถึงหนึ่งในสี่ของช่วงเวลาเริ่มต้นที่รับรู้ข้อมูลเข้าสู่ความทรง

จำครั้งแรก ลักษณะเช่นนี้ทำให้มนุษย์มีความสนใจและตั้งใจจดจ่ออยู่ประมาณ 20 นาที [3] หลังจากนั้นความสนใจจะลดลงเรื่อยๆและการเรียกคืนข้อมูลจากหน่วยความจำจะใช้เวลามากขึ้นตามลำดับ เพื่อให้จดจำได้แม่นยำจึงต้องต้องมีการทบทวนบ่อยๆ

อัตรกริยาของระบบประสาทมนุษย์ จากผลการศึกษาของ[2][4] ต้องมีการกระตุ้นการรับรู้จากประสาทหูเพื่อส่งข้อมูลในการประมวลเสียงใช้เวลาประมาณ 100 มิลลิวินาที ส่วนการเก็บภาพที่รับรู้เข้าไปในความทรงจำจะใช้เวลาประมาณ 200 มิลลิวินาที การเก็บลักษณะรูปแบบของเสียงใช้เวลาประมาณ 1500 มิลลิวินาที ส่วนการประมวลผลปริชาน (Cognition) ใช้เวลาประมาณ 70 มิลลิวินาทีโดยเฉลี่ยและบังคับระบบบังคับกล้ามเนื้อเคลื่อนที่ใช้ประมาณ 70 มิลลิวินาที ดังรูปที่ 2.3 สิ่งที่เกิดนี้จะปรากฏบนมันสมองในส่วนของ Cortex ที่ J. Hawkins บ่งชี้ไว้ว่าหนาเพียงแผ่นใบนามบัตรวางซ้อนกัน 6 แผ่นที่รับรู้และสังเคราะห์ภาษาที่เข้าใจได้ด้วย Wernicke's area และมี Broca's area สำหรับการผลิตเสียงพูดต่างๆ รวมทั้ง Visual cortex ที่รับข้อมูลภาพและวิเคราะห์เพื่อส่งต่อไปบังคับการเคลื่อนที่ของร่างกายหรือปาก ด้วย Motor cortex ซึ่งจัดเป็นสิ่งมหัศจรรย์ของโลกนั้นคือสมองมนุษย์




**รูปที่ 2.3** หน่วยประมวลผลของมนุษย์กับเวลาในการตอบสนอง(ปรับจาก[4])

การเชื่อมต่อกันอยู่และทำงานร่วมกันเป็นแบบสถานะที่อุบัติขึ้นเรียกว่า Action เป็นผลของกฎเกณฑ์หรือขั้นตอนในการแก้ไขปัญหาที่รู้ว่าเงื่อนไขแบบไหน จะเหมาะสมที่จะประยุกต์ใช้ตามระดับขีดความสามารถ หรือทักษะที่มีเป็นพื้นฐานกับปัญหาแต่ละประเด็นตามวิธีการแก้ปัญหาตามศึกษาสำนึก (Heuristic search) [5] เริ่มจากสภาวะเบื้องต้นของเป้าหมายการค้นหาไปถึง

กระบวนการในแบบวัฏจักรการดำเนินการหรือ Operating cycle [3] บนฐานของเวลาในการทำงานเพื่อแก้ปัญหานั้นใช้เป็นตัววัดตามจำนวนและความซับซ้อนของปัญหาที่แก้ไข ความเร็วในการประมวลปัญหาถูกปรับปรุงให้เร็วเมื่อเริ่มต้นและช้าลงเมื่อใกล้สิ้นสุดกระบวนการ การหาวิธีการที่เหมาะสมเพื่อแก้ปัญหาขึ้นกับภารกิจที่แตกต่างกันตามประเด็นของปัญหา ซึ่งเป็นลำดับตามขั้นตอนเหตุการณ์ที่มาจากการเรียนรู้ที่เกิด จากที่กล่าวมาแล้วระบบการตอบสนองของมนุษย์มีผลต่อการแก้ปัญหาและโยงไปถึงผลลัพธ์ เช่นการทำงานที่มีองค์ประกอบจากระบบส่วนการสั่งการของกล้ามเนื้อจากการพิมพ์หนังสือ โดยมีส่วนประกอบของตัวแปรแทนด้วย $k$ การเล็งจุดแทนด้วย $p$ การคืนสู่จุดเริ่มต้นแทนด้วย $h$ การวาดเขียนแทนด้วย $d$ ตัวดำเนินการทางจิตแทนด้วย $m$ และการตอบสนองแทนด้วย $r$ รวมตัวแปรเหล่านี้เกิดเป็นสมการ (2.1)[2] เพราะฉะนั้นผลที่ได้เท่ากับเวลาที่มีการใช้ไปของกระบวนการดำเนินการคือ

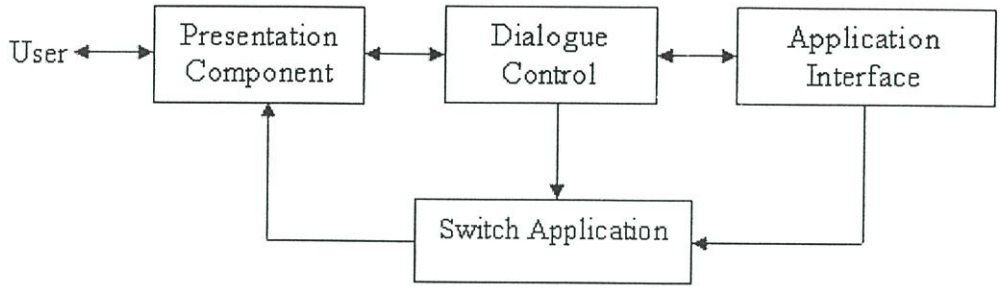
$$T = Tk + Tp + Th + Td + Tm + Tr \tag{2.1}$$

โดย $T$ เป็นเวลาที่ใช้ในการทำงานชิ้นหนึ่งสำเร็จ

## 2.2 ส่วนประสานต่อผู้ใช้และการปรับตัว

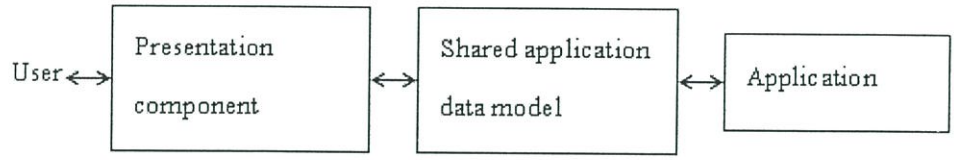
ส่วนประกอบของโมเดลระหว่างจัดการส่วนประสานต่อผู้ใช้ บนแนวคิดแยกส่วนตามหน้าที่ของระบบการตอบสนอง โดยทั่วไปแล้วจะรู้จักในนามระบบการจัดการ User Interface Management System (UIMS) [6] และมีโมเดลที่แยกออกเป็น 3 ส่วนองค์ประกอบหลักอันได้แก่ ส่วนการนำเสนอ ส่วนควบคุมหรือจัดการบทโต้ตอบ และส่วนประสานต่อผู้ใช้ จากผู้ใช้งานผ่านกล่องการนำเสนอซึ่งจะรับและส่งข้อมูลผ่านตัวควบคุมและส่งผ่านข้อมูลและรับผ่านส่วนควบคุมที่เชื่อมต่อกับตัวเชื่อมประสานประยุกต์ ลักษณะนี้ได้ถูกนำเสนอเป็นต้นแบบอันหนึ่งเรียกว่า Seeheim model [7] ดังแสดงในรูปที่ 2.4 โดยแต่ละส่วนจะเชื่อมโยงรับข้อมูลซึ่งกันและกันด้วยโทเค็นเพื่อปรับการนำเสนอไปยังผู้ใช้ตามโปรแกรมประยุกต์ ซึ่งการปรับตัวตามพจนานุกรมของ Merriam-Webster ว่า "adjustment to environmental conditions" นั้นหมายถึงปรับตามเงื่อนไขสภาพแวดล้อม

การแปรเปลี่ยนเพื่อสนองตอบต่อผู้ใช้เป็นสิ่งสำคัญที่ต้องคำนึงถึงเป็นอย่างมาก ดังนั้นจึงต้องมีตัวชี้วัดในเรื่องของเป้าหมายตามความเร็วการตอบสนองของผู้ใช้ที่ถูกต้อง[6] ทำให้ลดข้อผิดพลาดจากน้ำหนักวัตถุประสงค์ (Objective metric) และส่งผลต่ออัตราผิดพลาดที่เกิดและทำให้การเข้าถึงเป้าหมายไม่บรรลุตามวัตถุประสงค์ทั้งหมด การหน่วง (Decay) จากการตีความของผู้ใช้งานที่อินพุตซึ่งขึ้นกับประเภทของข้อมูลหรือแหล่งหรือลำดับของข้อมูล



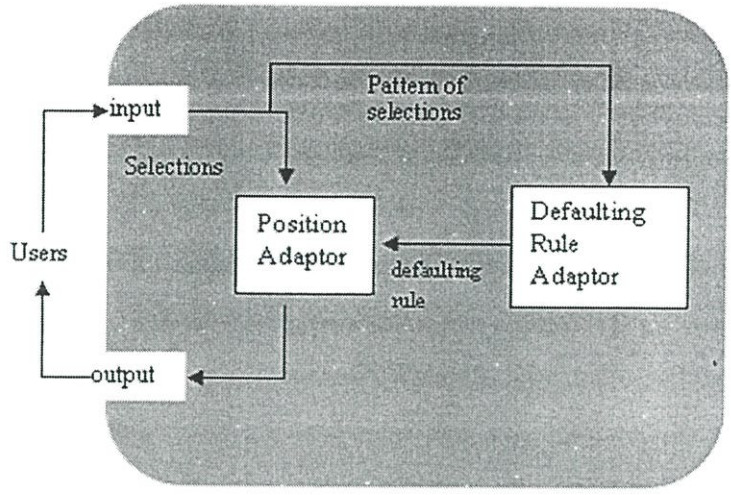

**รูปที่ 2.4** Seeheim model[2]

การชี้แนะที่เกิดจากพฤติกรรมของผู้ใช้ส่งผลเกี่ยวเนื่องกับเอาพุตไปยังผู้ใช้งาน และรับข้อมูลจากผู้ใช้งานระบบ การทำให้เกิดผลได้จริงในกระบวนการนั้นหมายถึงสมรรถนะของการปรับตัวและแตกต่างกันแล้วแต่โมเดลของแต่ละระบบที่มีขีดความสามารถเด่นในแต่ละด้าน แทบทุกระบบจะแยกส่วนเชื่อมประสานต่อผู้ใช้ออกไป และสุดท้ายเป็นตัววัดซึ่งทั่วไปจะรับผลต่อผู้ใช้ถึงจะไม่สามารถชี้ชัดเจนแต่เชื่อว่าเป็นตัวแปรที่มีผลกระทบ เช่นคำสั่งที่ยาวเกินไปเป็นต้น การศึกษาของ Schneiderman เน้นปฏิกริยาทางกายภาพของการลากและชี้จุดเป็นหลัก จากจุดนี้ทำให้ Hudson ดัดแปลงโมเดลโดยเปลี่ยนตัวตัวควบคุมไปเป็นตัวใช้ข้อมูลรวมกัน




**รูปที่ 2.5** โครงสร้าง UIMS ของ Hudson

การจัดสรรระบบเป็นระดับของการทำงานที่แบ่งออกเป็นสองส่วนใหญ่ คือส่วนการควบคุมและส่วนการปรับตัว ส่วนแรกถือว่าเป็นส่วนระดับล่างกว่าในการควบคุมการติดต่อกับส่วนเชื่อมประสาน เพื่อให้บรรลุตามวิธีการส่วนการปรับตัวเป็นส่วนที่รับและส่งผลไปยังผู้ใช้ทำให้เกิดการรับรู้ได้ โดยขึ้นกับระดับรายละเอียดของงานและเวลา เช่นหน้าตาของเมนูเป็นลักษณะของต้นไม้เพื่อให้ง่ายต่อการเลือกปุ่มกดหรือมีโอกาสที่จะเลือกกดผิดให้น้อยที่สุด รวมถึงขนาดตัวอักษรข้อความที่ใช้สื่อความหมายตามวิธีการหรือรูปแบบที่ออกแบบไว้พิจารณา จากโครงสร้างทั่วไปแบบการปรับตัวโดยปริยายในรูปที่ 2.6 กฎเกณฑ์ที่ใช้ในการประมวลเหตุที่จะเกิดตามมานั้นจะขึ้นกับเหตุในอดีต การปรับตัวขึ้นกับความถี่ในการเลือกป้อนอินพุตที่มีหลายอินพุตและการเลือกในขณะปัจจุบันนั้นๆ การตอบสนองจะขึ้นกับกฎโดยปริยายที่มีอยู่ ตามผังการปรับตัวที่ขึ้นกับภาวะการณ์การโต้ตอบของผู้ใช้




**รูปที่ 2.6** โครงสร้างทั่วไปแบบปรับตัวโดยปริยาย[6]

## 2.3 พื้นฐานเชิงเวลา

2.3.1 พฤติกรรมทั่วไปของเหตุและเวลา

การกระทำแต่ละอย่างที่เกิดขึ้นในโลกนี้ ล้วนแล้วแต่มีการบันทึกเหตุการณ์ที่เกิดไว้ซึ่งอยู่ในรูปของวันที่ เดือน ปี ถ้าเป็นเหตุการณ์ที่มีรายละเอียดก็จะบันทึกเวลาในการเกิดเหตุการณ์ด้วย [8] ดังนั้นแต่ละอย่างจะสัมพันธ์กับเวลาซึ่งเป็นอีกมิติหนึ่งทางฟิสิกส์ เช่นวันที่ 14 ตุลาคมของปีพุทธศักราช 2547 เป็นวันถือศีลกินเจซึ่งเขียนในรูป (14/10/2547) ซึ่งกำหนดวันที่เดือนและปีแต่ถ้ากล่าวถึงวันขึ้นปีใหม่ของปี 2547 หรือ (01/01/2547 01 00 00 01) ขยายความได้ว่าเป็นวันที่ 1 เดือนมกราคม ปีพุทธศักราช 2547 เวลา ศูนย์นาฬิกากลางคืน ศูนย์นาที หนึ่งวินาที ที่ข้ามปีมาเป็นวันใหม่วันแรกของปี ซึ่งเรียกว่า Dating schemas จะเป็นการบันทึกเวลาที่ตายตัวคือไม่มีการเปลี่ยนแปลงอีก เพราะเหตุการณ์ผ่านไปแล้ว ณ ปัจจุบัน ถ้าสมมติว่าวันที่ 16 เดือนมกราคม พุทธศักราช 2547 นับจากวันแรกของปีเป็น (16/01/2547 16 10 05 55) กล่าวได้ว่าเป็นวันที่ 16 ของปี เวลา สิบนาฬิกาห้านาที ห้าสิบห้าวินาที ซึ่งเป็นช่วงเวลาระหว่างเหตุการณ์ที่สองเหตุการณ์เกิดขึ้นคือวันที่หนึ่งเดือนมกราคมและวันที่สิบหกเดือนมกราคมในปีเดียวกัน การศึกษาค้นคว้านี้เกิดจากยุค Archemedis จนถึงปัจจุบัน ปรากฏการณ์เหล่านี้ทำให้มีการค้นคว้าทฤษฎีในการเปลี่ยนสภาวะหรือสถานะที่ใช้คุณสมบัติของเวลามานำเสนอเช่นของ McDermott ได้พัฒนาองค์ความรู้เกี่ยวกับเวลาที่กำกับเหตุการณ์นี้เพิ่มเติมในปี 1982 โดยมีสภาวะเป็นเหตุการณ์ ณ จุดหนึ่งที่สัมพันธ์ในแกนของเวลา ตัวอย่างการแสดงสถานะของเหตุการณ์เช่นการชงชาซึ่งสามารถเขียนเป็นขบวนการได้ 10 ลำดับเริ่มจาก[13]

State S1: ล้างเครื่องชงชา ขณะที่ตำแหน่งสวิทช์ “OFF” และไม่มีน้ำและถุงชาอยู่ภายใน

State S2: สวิทช์อยู่ในตำแหน่ง “OFF” และเติมน้ำที่ยังไม่เดือดและยังไม่มีถุงชาอยู่ภายใน

State S3: ต่อแหล่งจ่ายไฟเลื่อนตำแหน่งสวิทช์ที่ “ON” น้ำยังไม่เดือดและยังไม่ได้ใส่ถุงชา

State S4: ที่ตำแหน่งสวิทช์ “ON” และน้ำเดือดและยังไม่ได้ใส่ถุงชา

State S5: ที่ตำแหน่งสวิทช์ “ON" และน้ำเดือดและใส่ถุงชาในเครื่องชง

State S6: สวิทช์ “OFF” แต่น้ำเดือดมีถุงชาแช่อยู่

State S7: สวิทช์ “OFF” และถุงชาในน้ำเดือดพร้อมให้บริการ

State S8: สวิทช์ “OFF” และน้ำเปลี่ยนสภาวะเป็นเย็นลงทั้งที่มีถุงชาอยู่

State S9: ที่ตำแหน่งสวิทช์ “ON” น้ำยังไม่เดือดแต่มีถุงชาอยู่

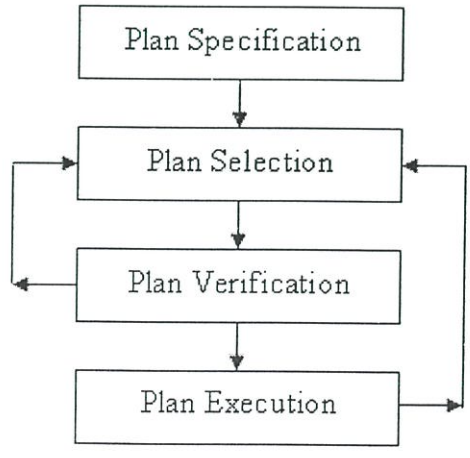
State S10: เครื่องชงชาน้ำแห้งสวิทช์ “OFF” มีถุงชาอยู่แต่ไม่มีน้ำอยู่ภายใน

เห็นว่าทุกเหตุการณ์ที่เกิดแต่ละสถานะมีช่วงเวลาเป็นส่วนๆ ในแต่ละช่วงบางอย่างเกิดพร้อมกันบางอย่างเกิดก่อนบางอย่างเกิดคาบเกี่ยวกัน สถานะที่เกิดก่อนหน้าทำให้เกิดบางสถานะที่เกิดติดตามมาเป็นเหตุการณ์ก่อนหลังเป็นต้น โดยมีเวลากำกับอยู่ทำให้เราสามารถแยกแยะเหตุที่เกิดก่อนหลังหรือจะเกิดขึ้นในอนาคตอันใกล้ได้เป็นต้น

2.3.2 การประยุกต์ใช้งานในอดีตและปัจจุบัน

ในอดีตได้มีการนำ Temporal Logic ไปใช้กับลิฟต์เพื่อจัดลำดับการทำงานและการตัดสินใจในการเคลื่อนที่ของตัวลิฟต์ในงานของกระทรวงกลาโหมด้านทหารอากาศสหรัฐอเมริกา โดย W.G. Wood [10] ในช่วงปี 1989 เพราะลิฟต์ใช้บริการสำหรับอาคารหลายชั้นโดยใช้ตัวกระตุ้นจากปุ่มกดและเซ็นเซอร์เพื่อตอบสนองความคาดหวังของผู้ใช้บริการ แต่ก็ขึ้นกับสถิติของการใช้งานหรือการหยุดในแต่ละช่วงเวลาโดยมีแผนไว้ล่วงหน้าเช่น ช่วงเช้าตัวห้องโดยสารควรอยู่ที่ชั้น G หรือชั้นระดับกับพื้นดินเพื่อรอบริการผู้ใช้งานที่ต้องขึ้นลิฟต์ไปยังชั้นต่างๆ ของตัวอาคารและช่วงกลางวันควรไปหยุดรอในชั้นของอาคารที่มีร้านอาหารบริการอยู่ เพื่อให้ผู้ใช้พักรับประทานอาหารและกลับสู่ห้องทำงานตามชั้นของอาคารได้อย่างรวดเร็ว ในกระบวนการของลิฟต์ของ Wood จะคำนึงถึงข้อกำหนดของระบบในเรื่องความปลอดภัย เช่นทิศทางการขึ้นลงที่แสดงด้วยสัญญาณไฟลูกศรและไม่แสดงแสงไฟถ้าไม่ถูกกด การคงอยู่ของสถานะที่ถูกเลือกให้ปฏิบัติงานเช่นแสงไฟแสดงการกดเลือกชั้น เมื่อปล่อยปุ่มกดจนกระทั่งห้องโดยสารไปหยุดยังตำแหน่งชั้นตามหมายเลขชั้นที่ถูกกดและความเสมอภาคในการกำหนดความต้องการ เช่นการกดปุ่มพร้อมกันแต่เลือกชั้นที่แตกต่างกันอยู่คนละทิศทางกับการเคลื่อนที่ของห้องโดยสาร ส่วนทางด้านการแพทย์ก็มีการใช้ทฤษฎีของ Temporal Logic โดย Augusto ดังที่ถูกอ้างในงาน [2] ได้แสดงให้เห็นความสำคัญที่ประยุกต์ในงานด้าน Medical Informatics เพื่อความเหมาะสมในการประมวลของระบบพลวัตของอดีตและอนาคต

ของการรักษาผู้ป่วยจากการแพร่กระจายของโรคและอาการ ด้วย Instant-based view และ Period-based approach กรณีนี้บางครั้งเรียกว่า Periods หรือ Interval ในการแสดง Durative Temporal Reference โดยคำนึงถึงสามองค์ประกอบคือ Interval Period ทั้ง Interval และ Period ทั้งคู่พร้อมกัน โดยเฉพาะความสัมพันธ์ที่ทางการแพทย์ไม่สามารถบอกเวลาเริ่มต้นหรือสิ้นสุดที่ชัดเจนได้ เรียกว่า Semi-intervals เช่นผู้ป่วยบอกต่อแพทย์ว่าเกิดอาการปวดหัวเมื่อวานบ่ายๆ เป็นต้น ที่มีเหตุการณ์ Event และการสนองตอบหรือ Action เกิดที่เวลาใดเวลาหนึ่งที่ระบุได้โดยอาศัยการจับกลุ่มของ Allen และ Ferguson เพื่อใช้บ่งชี้เหตุที่เกิดด้วยตัวกระตุ้นจาก Event ที่เรียกว่าการ Triggered ทางการแพทย์สำคัญอย่างยิ่งยวดในการประมวลในลักษณะ Time-oriented decision support ในภาวะที่เกิดกับความถูกต้องของข้อมูลเช่นอาการของโรคที่เปลี่ยนแปลงตามเวลาส่วนหนึ่ง (จากลักษณะร่างกายของผู้ป่วยเช่นความแข็งแรง ระยะในการเกิดอาการเป็นต้น) และแผนการรักษาตามอาการหรือตามเวลาที่เรียกว่า Temporal data maintenance ที่เกี่ยวเนื่องกับข้อมูลที่ถูกเก็บไว้ที่สัมพันธ์กับเวลา การวางแผนจะมีการปรับแผนตลอดเวลาเพื่อให้ไปถึงเป้าหมายที่วางไว้ การทำนายสิ่งที่จะเกิดในอนาคตเป็นสิ่งจำเป็นบนพื้นฐานข้อมูลที่เป็นจริง ฉะนั้นเวลาในการทำงานตามแผนก็อาจเปลี่ยนแปลงตามความเหมาะสม เพื่อให้แผนการบรรลุตามวัตถุประสงค์ของงานและให้เป็นไปอย่างอัตโนมัติมากที่สุดอาจยกตัวอย่างในเรื่องการแข่งขันฟุตบอล จะเห็นว่าเวลาเป็นข้อกำหนดที่สำคัญกรรมการอาจมีการต่อเวลาการแข่งขันให้กับนักเตะทั้งสองทีมก็เป็นได้ ทั้งนี้ขึ้นกับความเหมาะสมของเหตุการณ์ แต่ภาวะการณ์อาจแตกต่างไปเช่นผู้แข่งขันบางรายบาดเจ็บทำให้เสียเวลาหรือดินฟ้าอากาศไม่เป็นใจมีพายุฝนอย่างหนักทำให้ต้องหยุดพักการแข่งขัน หรืออาจเนื่องจากสาเหตุอื่นๆ อีกมากมายก็เป็นได้ ดังนั้นแผนการต้องมีการปรับตัวตามทั้งนี้จะมีขอบเขตของเวลาตามมาตรฐานการแข่งขันฟุตบอลเป็นเกณฑ์ซึ่งเป็นเหตุการณ์จริงที่เกิดขึ้นเป็นประจำ แต่ถ้ามองใน




รูปที่ 2.7 ผังการทำงานและการปรับเปลี่ยนตามแผน

แง่อุปกรณ์หุ่นยนต์นักเตะบอลก็จะมีเหตุการณ์ที่แตกต่างออกไปบ้าง แต่โดยหลักการแล้วก็จะมีการชนกัน การล้ม ซึ่งการวางแผนของหุ่นยนต์ต้องมีการปรับตามภาวะการณ์ที่เกิดเช่นกัน เช่นถ้าผู้เล่นตัวหนึ่งล้ม ผู้เล่นอีกตัวที่อยู่ใกล้เคียงก็ต้องเข้าต่อสู้หรือประชิดลูกฟุตบอลแทนตัวที่ล้มจนกว่าตัวเล่นที่ล้มจะสามารถกลับขึ้นมายืนสู้ต่อไป หรืออาจมีมากกว่าหนึ่งตัวผู้เล่นที่อยู่ใกล้ต้องเข้าต่อสู้แทนตามแต่แผนการที่วางไว้ แบบทั่วไปที่พบเห็นได้เป็นการเลือกปรับแผนและตรวจสอบแผนอีกครั้ง ดังรูปที่ 2.7 เมื่อการทำงานล้มเหลว

## 2.4 สถานะบนตรรกศาสตร์เชิงเวลา

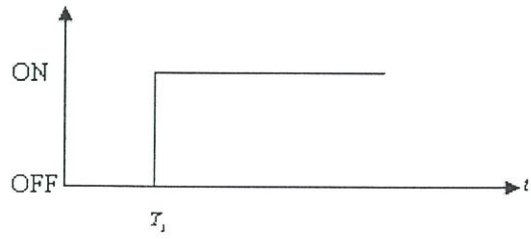
ตรรกศาสตร์เชิงเวลานำเสนอ โดยมีเวลาเป็ นตัวกำกับหรือในเชิงเวลามีคุณลักษณะที่สำคัญดังนี้ [9]

- การนำเสนอต้องอนุญาตให้ความสำคัญของรายละเอียดเวลาน้อย แต่จะเน้นถึงความสัมพันธ์ ของเหตุการณ์หรือ Relative เป็นหลัก เช่นภาวะ X before Y หมายถึงมีเหตุการณ์ X เกิดและจบเหตุการณ์ก่อนที่ Y จะเกิดขึ้น

- การนำเสนอต้องอนุญาตให้เกิดภาวะที่ไม่แน่นอน เช่น ความสัมพันธ์เชิงเวลาในสองเหตุการณ์อาจไม่สามารถบ่งบอกได้ชัดเจนแต่จะมีข้อบังคับว่าสัมพันธ์กันอย่างไร

- การนำเสนอต้องอนุญาตให้ปรับเปลี่ยนได้ตามความเหมาะสม เช่น การกล่าวถึงเวลาอาจคำนึงเฉพาะว่าเกิดมากี่วันแล้วหรือกี่ปีแล้ว แต่ถ้าในกลุ่มของนักคอมพิวเตอร์อาจกล่าวถึงว่าเกิดขึ้นมาแล้วกี่ครั้งในล้านของวินาที หรือหนึ่งในร้อยล้านของวินาที

- การนำเสนอต้องคำนึงถึงความเป็นจริงเช่น การจอดรถ ถ้ามีการจอดรถในพื้นที่ที่กำหนดเวลาจอด เช่นมีป้ายบอกว่าจอดได้ในช่วงเวลา 01:00 นาฬิกาถึง 06:00 นาฬิกา แต่เจ้าของรถเมื่อไปถึงที่จอดรถเวลา 06:30 นาฬิกา รถคันนั้นอาจไม่จอดอยู่ในตำแหน่งเดิมเนื่องจากหลายสาเหตุเช่น เพราะถูกตำรวจลากไปจอดที่สถานีตำรวจเพื่อเปรียบเทียบปรับ หรื ออาจถูกขโมยไปแล้ว หรือเกิดอุบัติเหตุกับตัวรถเจ้าหน้าที่จึงนำออกไปจากสถานที่จอดเป็นต้น เหตุผลที่นำเสนอนี้เพื่อบอกถึงความเป็นอะตอมมิคของเวลาขณะนั้น




**รูปที่ 2.8** สถานะของสวิทช์ ON-OFF ที่เวลา $T_1$

จากตัวอย่างก่อนหน้าถ้าเราเปิด-ปิดสวิทช์ไฟของเครื่องชงชาตามผังเวลาในรูปที่ 2.8 แสดงให้เห็นถึงสภาวะของสวิทช์ว่า OFF ก่อนเวลา $T_i$ และ ON ที่เวลาจาก $T_i$ ซึ่งเป็นการบ่งชี้จุดของเวลาที่ $T_i$ เมื่อพิจารณาที่เส้นตั้งฉากที่ $T_i$ จะระบุว่าสวิทช์ทั้ง ON หรือ OFF ไม่สามารถระบุได้ชัดเจนและยุ่งยากมากในแง่ของ Semantic ของตรรกศาสตร์เชิงเวลา แต่สามารถใช้ช่วงเวลา (Interval) ที่เกิดการเปลี่ยนแปลง เพราะช่วงของเหตุการณ์จะมีจุดจบของมัน (End-point) ซึ่งเป็นการมองในมุมของฐานเวลา (Time-base) บนฐานจุด (Point-base) ของ McDermott ทำให้ถูกพัฒนาได้สิ่งที่เรียกว่า Temporal Interval

2.4.1 รูปแบบในการพิจารณาเวลา

การพิจารณาเวลาแบ่งเป็นสองส่วนหลักๆ ได้แก่ Implicit time และ Explicit time ในการประมวลโดยรวมของทั้งสองส่วนเรียกว่า Temporal reasoning method โดยที่ Implicit time จะเน้นการพิจารณาที่ขึ้นกับเวลาหรือ Time-dependent เมื่อเวลาเปลี่ยนมีอะไรเกิดขึ้นตามมา ส่วน Explicit time จะเป็นอิสระต่อทุกสิ่งที่เกิดขึ้น ดังมีรายละเอียดคือ Implicit time model ขึ้นกับเหตุการณ์ของ event และ action ที่เปลี่ยนแปลงเช่นการเปลี่ยนแปลงเกิดในอดีตและอาจเกิดเปลี่ยนในอนาคต ซึ่งนำเสนอโดย McCarthy และ Hayes ได้ถูกนำมาใช้เป็นพื้นฐานของการนำเสนอด้าน Temporal representation และมีการพัฒนาการออกไปหลากหลายและซับซ้อนขึ้นในปัจจุบัน โดยนิยมใช้ในเรื่องการวางแผน และเรื่องการกำหนดตารางทำงานซึ่งขึ้นกับเวลาของแผนงานที่เป็นลำดับก่อนหลังนั้นๆ ที่เรียกว่า Situations บนจุดของเวลาหรือ Time point แบบไม่ต่อเนื่องที่เป็นช่วงๆ ตามลำดับกันไป มีสามส่วนได้แก่ เกิดการกระทำตามสถานการณ์และเป้าหมาย โดยมี Fluent เป็นตัวกำหนดความสัมพันธ์บนสถานการณ์นั้นๆ กล่าวได้ว่าเป็นตัวอธิบายสถานการณ์นั้น ส่วน Explicit time model อยู่บนเส้นของเวลาที่มีทั้งความเป็น Point-based และหรือ Interval-based ดังการแสดงปฏิทินซึ่งมีปี เดือน วัน และเวลา ในความเป็น Point-based พิจารณาเฉพาะจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุด ถ้ามีเฉพาะจุดเริ่มก็มีเฉพาะระยะเวลาจากจุดเริ่มขณะนั้นแต่ไม่สามารถบอกช่วงเวลาทั้งหมดได้เพราะยังไม่มีจุดสิ้นสุด เวลาของเหตุการณ์เป็น Duration ที่เกิดแต่ถ้าเหตุการณ์สิ้นสุดก็จะได้ Interval ของเหตุการณ์นั้นขึ้นเช่นในงานของ B. Bruce สามารถพบเห็นทั่วไปกับการประยุกต์ใช้ทางด้านฟิสิกส์หรือทางด้านฐานข้อมูล จากที่กล่าวเนื่องจากข้อจำกัดของจุดของเวลาในบางประการที่เกิดคาบเกี่ยวกันจึงมีการพิจารณาช่วงของเหตุการณ์หรือเรียกว่า Interval-based ด้วยเวลาที่เกิดเหตุการณ์ก่อนต้องมีเวลาที่อยู่ก่อนหน้าเหตุการณ์ที่เกิดตามมา หรือจุดของเวลาแรกต้องน้อยกว่าจุดของเวลาที่สองที่อยู่ถัดไปทำให้เกิดเป็น Interval ขึ้น ดังที่กล่าวเห็นได้ว่าทั้งความเป็นจุดเวลาและช่วงเวลาเป็นสิ่งจำเป็นที่ต้องพิจารณาร่วมกันในบางครั้ง

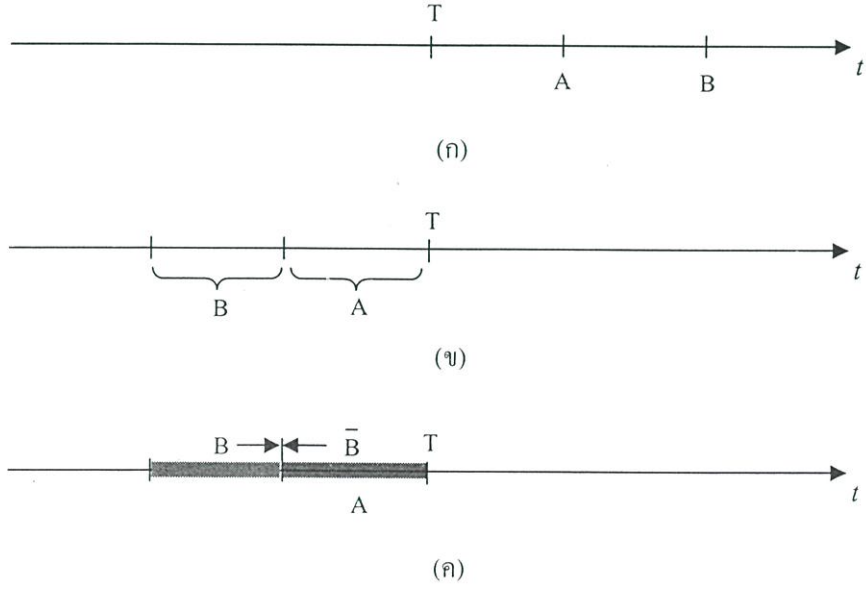
การพิจารณาข้อจำกัดบางอย่างนั้นมีในสองลักษณะคือ Qualitative ซึ่งมีใน Allen's Interval ส่วนลักษณะของ Quantitative มีการสัมพันธ์ในความเป็นจุดเวลา และยังมีลักษณะพิเศษอีกคือนำ

ภาวะทั้งคู่มารวมเพื่อประโยชน์ใช้สอยของช่วงเวลาและฐานเวลาที่เป็นจุดเวลา ส่วนความละเอียดในเวลาที่พิจารณานั้นเราจะคำนึงถึงเวลาโดยประมาณเป็นหลัก ดังนั้นจะไม่ขอกล่าวรายละเอียดของช่องเวลาเล็กๆ ที่อาจมีขึ้น เช่นการโยกสวิทช์ ON-OFF ของกาต้มน้ำชาเพราะโดยความเป็นจริงช่วงที่หน้าสัมผัสของสวิทช์ก็ใช้เวลาในการเคลื่อนตัวของหน้าสัมผัส เพื่อเชื่อมให้กระแสไฟฟ้าเดินทางผ่าน ถ้าเราพิจารณาจากจุดบนโดเมนที่มีขอบเขตจำกัดของ $t$ คือ $\{i_1, \ldots, i_n\}$ เมื่อ $n \geq 1$ และ $t \in i_1 \vee \ldots \vee t \in i_n$ อีกด้านหนึ่งของจุดเวลาสองจุด $t_1$ และ $t_2$ จะได้ $t_2 - t_1 \in i_1 \vee \ldots \vee t_2 - t_1 \in i_n$

## 2.5 ความสัมพันธ์ของตรรกศาสตร์เชิงเวลา

2.5.1 หลักการของช่วงเวลาและฐานจุด

พื้นฐานองค์ประกอบจากส่วนของจุดเริ่ม (Start point) ของการนับเวลาหรือจับเวลา และจุดสิ้นสุด (Stop point) ในรูปของ ฐานจุด เนื่องจากมีจุดเริ่มและสิ้นสุดจึงเกิดระยะเวลาหรือช่วงเวลาขึ้นในรูปของ Interval สิ่งที่ปรากฏ ณ เวลาใดๆ นี้จึงเป็นเหตุการณ์หรือ Event ขึ้น เมื่อพิจารณาจากลักษณะของ Point-based แสดงในรูปที่ 2.9(ก) เห็นได้ว่าจุด T เป็นจุดอ้างอิงของเวลาใด ๆ บนแกน $t$ จุด A อยู่ถัดไปจากจุด T และเกิดก่อนจุด B หรือใน 2.9(ข) ที่จุด A เกิดหลังจากจุด B ตามแกนเวลา แต่ที่ตำแหน่งดังกล่าวไม่ใช่จุดเริ่มต้น ดังนั้นจุด B ที่ปรากฏจึงเป็นตำแหน่งใดๆ ที่อยู่บนช่วงของ B ดังใน 2.9(ค) ถ้า B สิ้นสุดและเป็นจุดเริ่มของ A กล่าวได้ว่าเหตุการณ์ในช่วงนั้นแสดงว่า $A = \overline{B}$ บนแกนเวลา $t$ ซึ่งบ่งบอกความเป็น Interval หรือช่วงเวลาที่เกิดของสองลำดับเหตุการณ์




**รูปที่ 2.9** ช่วงเวลาที่เกิดระหว่างลำดับของเหตุการณ์(ปรับปรุงจาก[11])

2.5.2 แนวคิดทฤษฎีตรรกศาสตร์เชิงเวลา[8]

ภาวะ Event หรือเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นทุกเหตุการณ์ถูกแยกแยะได้ด้วยเวลาดังที่ได้นำเสนอในหัวข้อ 2.4 และ 2.5.1 ด้วยเวลาที่เกิดเหตุการณ์ ณ วันนั้นๆ ซึ่งเป็นเหตุผลที่ลงตัวเหมือนเราเดินไปยังตู้ ATM เพื่อเบิกเงิน ข้อมูลที่ได้จาก Transaction จะระบุวัน-เวลาและจำนวนเงินเป็นต้นเพื่อบันทึกลงบนฐานข้อมูล ณ วัน-เวลานั้นๆ ซึ่งเป็นการนำเสนอในรูป Date-based representation ขณะช่วงที่เกิดเหตุการณ์นั้นจะมีช่วงในการรอคอยการกดปุ่ม จนกระทั่งรอรับเงินและบัตรรวมถึงเอกสารซึ่งเกิดจากการรอตัวเครื่องประมวลผล รอกา รรับส่งข้อมูลบนเครือข่าย และรอการตอบรับกลับมาจากเครือข่ายคอมพิวเตอร์ซึ่งใช้เวลาหรือ Duration ของเวลาระหว่างเหตุการณ์ เมื่อเกิดเตุการณ์ $e_v1$ และ $e_v2$ ตามลำดับ แต่ถ้ามีสภาวะที่เกิดขึ้นระหว่าง $e_v1$ และ $e_v2$ เราสามารถบ่งชี้ด้วยวิธีการพื้นฐาน บนค่าเฉลี่ยที่ไม่สามารถระบุได้อย่างชัดเจนดังนี้

$$\frac{Time(e_V 1) + Time(e_V 2)}{2} \tag{2.2}$$

ภาวะที่เกิด สามารถพิจารณาในรูปเซตของเหตุการณ์บนค่าเฉลี่ยที่ปรากฏที่ไม่สามารถระบุได้อย่างชัดเจนระหว่าง Duration นั้นและบางเหตุการณ์ที่เกิดต่อเนื่องไปนั้นอาจมีเหตุการณ์ใหม่เกิดขึ้นซึ่งอาจสัมพันธ์หรือไม่มีความสัมพันธ์กับเหตุการณ์อื่นใดก็เป็นได้ ถ้าช่วงเวลาของเหตุการณ์ถูกกำหนดให้เกิดขึ้นก่อนหน้าและเกิดขึ้นหลังสุดในเวลา โดยพิจารณาเป็นคู่ $(e_v, l_a)$ โดยที่

$e_v$ : เหตุการณ์ที่เป็นไปได้ที่เกิดก่อนหน้า

$l_a$ : เหตุการณ์ที่เป็นไปได้ที่เกิดหลังสุด

การเปรียบเทียบทางตรรกศาสตร์เชิงเวลาระหว่างช่วงเหตุการณ์โดยให้สองเหตุการณ์กับเวลาคือ $(e_v1, l_a1)$ และ $(e_v2, l_a2)$ ดังนั้นเราจะได้การเปรียบเทียบเวลาที่เกิดเหตุการณ์คือ

If $l_a1 < e_v2$ then Event_1 happens before Event_2

If $l_a2 < e_v1$ then Event_2 happens before Event_1

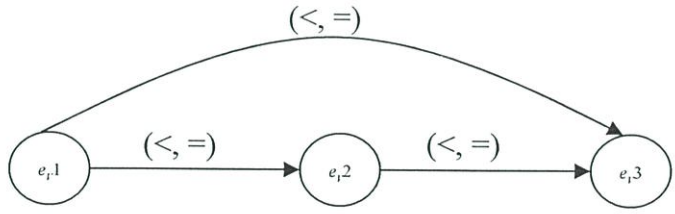
ตัวอย่าง ถ้าเหตุการณ์ 1 เกิดก่อนเหตุการณ์ 2 เราสามารถรู้ได้ว่าระหว่างเหตุการณ์อย่างน้อยสุดคือ $(e_v2 - l_a1)$ ช่วงเวลาเหตุการณ์มากสุดคือ $(l_a2 - e_v1)$

2.5.3 การแพร่กระจายตามเงื่อนไขบังคับ

เมื่อพิจารณาจากงานด้าน AI การกำหนดระบบ Temporal Reasoning Systems จะใช้เทคนิคของ Constraint propagation ระบบนี้ใช้กราฟเป็นตัวนำเสนอซึ่งจะเชื่อมโยงด้วยเวลาระหว่างเส้นโค้งที่เชื่อมต่อกับจุดที่เป็นไปได้หรือ Possible temporal relationships ระหว่างเวลา โดยให้ความสัมพันธ์ระหว่างสองเวลาของเหตุการณ์คือ <, > และ = ซึ่งแทนการเกิดเหตุการณ์ก่อนหน้า เกิดหลัง หรือพร้อมกันตามลำดับร่วมถึงเส้นโค้งที่โยงระหว่างจุด $e_V1$ และ $e_V2$ แทนด้วย <, = เพื่อนำเสนอความจริงที่ว่า

$$e_V1 < e_V2$$
$$\text{หรือ } e_V1 = e_V2 \tag{2.3}$$

และจะไม่มีทางที่จะเกิดภาวะ <, =, > บนระหว่างเส้นโค้งเดียวกันแม้ว่ามีโอกาสที่จะเกิดภาวะดังกล่าวได้แต่บางสภาวะไม่สามารถเกิดพร้อมกันได้ เช่น (<. >) จากข้อจำกัดของ Transitivity ในทางปฏิบัติเรารู้ว่าถ้า $e_V1 < e_V2$ และ $e_V2 < e_V3$ $e_V1$ ต้องเกิดก่อน $e_V3$ กล่าวได้ว่าเกิด $e_V1$ ก่อนหรือพร้อมกับ $e_V2$ และ $e_V2$ เกิดก่อนหรือพร้อมกับ $e_V3$ ดังนั้น $e_V1$ ต้องเกิดก่อนหรือพร้อมกับ $e_V3$ ดังในรูปที่ 2.10

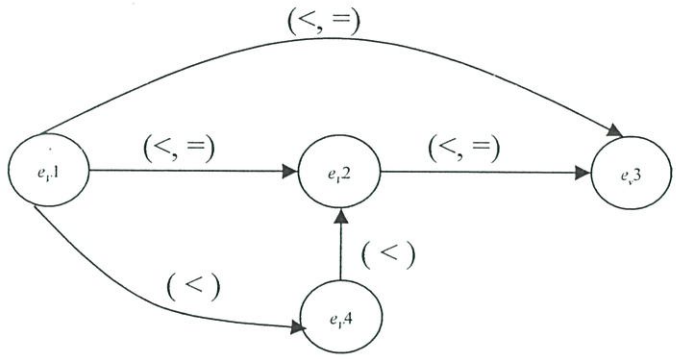



**รูปที่ 2.10** กราฟเงื่อนไขบังคับบนฐานจุด[8]

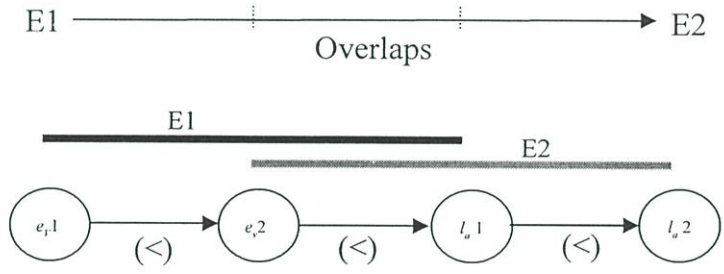
ถ้าเกิดเหตุการณ์ $e_V4$ ขึ้นระหว่างเหตุการณ์ $e_V1 < e_V4 < e_V2$ จะเป็นการเกิดภาวะข้อจำกัดของ Transitivity ขึ้นที่ $e_V1 < e_V2$ ฉะนั้นเส้นโค้งที่เชื่อมระหว่าง $e_V1$ และ $e_V2$ ต้องมีการปรับปรุงใหม่จึงจะสามารถใช้ Transitivity ได้ใหม่จะได้ $e_V1 < e_V2 <= e_V3$ โดยให้ $e_V1 < e_V3$ ดังแสดงในรูปที่ 2.11 จะเห็นว่าเพิ่มความซับซ้อนขึ้น โดยให้เหตุการณ์ดำเนินชั่วขณะ Instantaneous กรณีนี้จะแทนช่วงเวลาหรือ Interval ของจุดเริ่มและสิ้นสุดเหตุการณ์เป็นคู่

พิจารณาจากตัวอย่างที่ว่า เหตุการณ์เกิดขึ้นระหว่างช่วง E1(=($e_V1$, $l_a$ 1)) และ $e_V2$ เกิดขึ้นช่วง E2(=($e_V2$, $l_a$ 2)) ดังนั้นเราจะได้ความสัมพันธ์ดังนี้ E1 before E2 โดยพิจารณาจากจุดคือ $l_a$ 1 < $e_V2$ กรณีที่ซับซ้อนยิ่งขึ้นได้แก่การเกิดการซ้อนทับ Overlap คือ E1 overlap E2 ซึ่งแสดง

ความสัมพันธ์ได้เป็น $e_V1 < e_V2 \wedge e_V2 < l_a 1 \wedge l_a 1 < l_a 2$ ดังรูปที่ 2.12 ซึ่งเป็นแนวคิดที่ถูกพัฒนาและนำเสนอโดย Allen และยังสามารถกำหนดในลักษณะที่กลับจากภาวะปกติหรือ reversing order จะได้ after met เป็นต้น จุดเชื่อมนี้กล่าวได้ว่า $l_a 1 < e_V2$ หรือ $l_a 2 < e_V1$




**รูปที่ 2.11** การเพิ่มเหตุการณ์ $e_V1 < e_V4$ และ $e_V4 < e_V2$ [8]




**รูปที่ 2.12** ช่วงระหว่าง E1 ที่คาบเกี่ยวกับ E2 และเสมือนกับแบบฐานจุดเวลา[8]

2.5.4 โครงสร้างทั่วไปของโดเมนเชิงเวลา

แนวคิดพื้นฐานจากอดีตการแปลสูตรทางตรรกศาสตร์ออกมามีได้มากกว่า ถูกกับผิดหรือที่แทนด้วย "T" กับ "F" ตามลำดับ พิจารณาจากเหตุการณ์ที่เกิดและลำดับของเหตุการณ์[11] ทำให้ได้เป็นชุดของข้อมูลที่นำเสนอในรูปเซต เสมือนกับโลกของข้อมูลที่เป็นชุดข้อมูล อาศัยความสัมพันธ์ที่เกิดที่เรียกว่า Precedence Relation และแสดงด้วย < จะได้โครงสร้างในขอบเขตพื้นฐานตรรกศาสตร์เชิงเวลาบางกรณีได้ดังนี้[11 ]

| | | |
|---|---|---|
| Transitivity | $\forall x \forall y \forall z \; x<y \wedge y<z \Rightarrow x<z$ | (2.4) |
| Nonreflexivity | $\forall x \; \neg x<x$ | (2.5) |
| Linearity | $\forall x \forall y \; x<y \vee z<x \Rightarrow y<z \vee y=z \vee z<y$ | (2.6) |
| Left linearity | $\forall x \forall y \forall z \; y<x \wedge z<x \Rightarrow y<z \vee y=z \vee z<y$ | (2.7) |

Right linearity $\forall x \forall y \forall z \; x<y \wedge x<z \Rightarrow y<z \vee y=z \vee z<y$ (2.8)

2.5.5 ทฤษฎีของความสัมพันธ์ 13 สถานะ

ทฤษฎีนี้เป็นการนำเสนอเวลาและเหตุการณ์ที่เกิดบนช่วงเวลาหรือ Interval ซึ่งประกอบได้เป็นเซตของความสัมพันธ์ของเหตุการณ์ระหว่างสองเหตุการณ์ดังนี้ Before Equal During Start Meet Overlap Finish และมีส่วนกลับที่ตรงข้ามเป็น Reversing Order ซึ่งยกเว้นเฉพาะ Equal ที่ทั้งสภาวะโดยทางตรงและสภาวะตรงข้ามมีความเท่ากัน จึงถือเป็นหนึ่งเดียวทำให้ได้สภาวะที่เกิดรวมทั้งสิ้น 13 สภาวะซึ่งมีส่วนคล้าย ๆ กับทฤษฎีของ McDermott โดยที่ Allen ได้นำเสนอคุณสมบัติของการยึด (hold) ระหว่างช่วงเวลา (interval) เพิ่มเติมขึ้น ในรายละเอียดของสถานะความสัมพันธ์แสดงในตารางที่ 2.1

**ตารางที่ 2.1** สภาวะความสัมพันธ์ของตรรกเชิงเวลา [8]

| ความสัมพันธ์ (Relation) | *สภาวะบนคาบเวลา*(t)* |
|---|---|
| Starts | |
| Overlap | |
| Before | |
| Meets | |
| During | |
| Equals | |
| Finishes | |

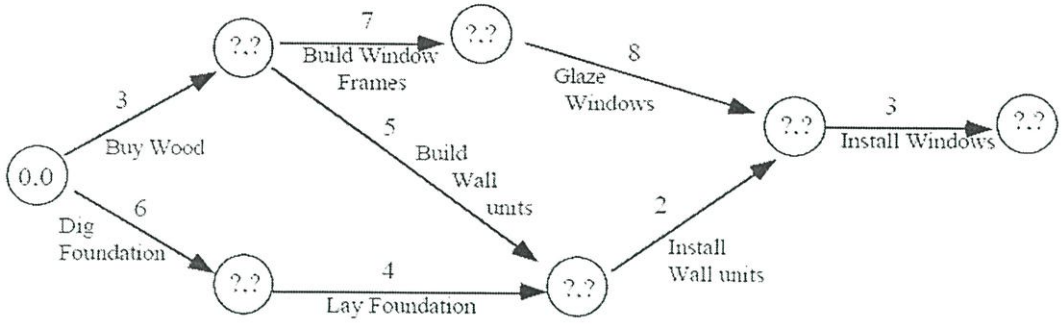
* ▭ : E1, ▬ : E2 ทั้งคู่เป็นเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นและสัมพันธ์กัน

- Starts เป็นภาวะการเกิดเหตุการณ์การ E1 และ E2 พร้อมกันแต่ไม่สิ้นสุดพร้อมกัน
- Overlap เป็นภาวะของเหตุการณ์ E1 เกิดและยังไม่สิ้นสุดแล้วมี E2 เกิดขึ้น
- Before เป็นภาวะของเหตุการณ์ E1 เกิดและสิ้นสุดก่อนที่ E2 จะเกิดขึ้นมา
- Meets เป็นภาวะของเหตุการณ์ E1 สิ้นสุดและเกิดเหตุการณ์ E2 เกิดต่อเนื่อง

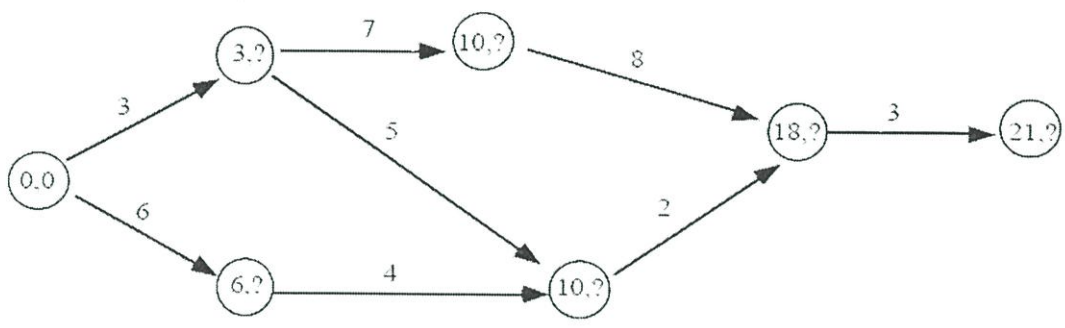
- During เป็นภาวะที่เหตุการณ์ E1 เกิดและดำเนินอยู่โดยมี E2 เกิดก่อนและสิ้นสุดหลัง E1
- Equals เป็นภาวะที่เหตุการณ์ E1 เกิดพร้อมกับ E2 และสิ้นสุดพร้อมกัน
- Finishes เป็นภาวะที่เหตุกาณ์ E1 และ E2 สิ้นสุดพร้อมกันแต่ไม่ได้เกิดขึ้นพร้อมกัน

จากสภาวะที่แสดงมี 7 สภาวะความสัมพันธ์ในทางกลับกันก็จะมีสภาวะของ E2 เป็นจุดเริ่มและตามด้วยเหตุการณ์ของ E1 ซึ่งตรงข้ามกันอีก 7 สภาวะหรืออีกเท่าหนึ่งแต่เนื่องจากสภาวะของ Equals นั้นเหมือนกันทุกประการจึงนับรวมความสัมพันธ์ทั้งหมดเป็น 13 สภาวะแต่สภาวะที่เกิดนี้มีความสัมพันธ์ระหว่างสภาวะด้วยกันหลายเหตุการณ์เช่น Starts ถ้าเหตุการณ์ E1 และ E2 เกิดพร้อมกันแต่อาจไม่ได้จบลงพร้อมกันก็จะเกิดเป็นภาวะของ During ขึ้นระหว่างเหตุการณ์ทั้งสอง กรณีเหตุการณ์ทั้งสองไม่ได้เกิดพร้อมกัน แต่จบพร้อมกัน Finishes ก็มีสภาวะเป็น During เช่นกัน ถ้าเหตุการณ์ทั้งสองจบลงพร้อมกันก็มีสภาวะเป็น Equals ความสัมพันธ์ซึ่งจะใช้เป็นหลักเกณฑ์ในการนำเสนอข้อมูลเนื้อหาในงานนี้เช่นการนำเสนอรูปภาพ การนำเสนอข้อความ และการนำเสนอคำถามแก่ผู้เรียนในระบบเป็นต้น

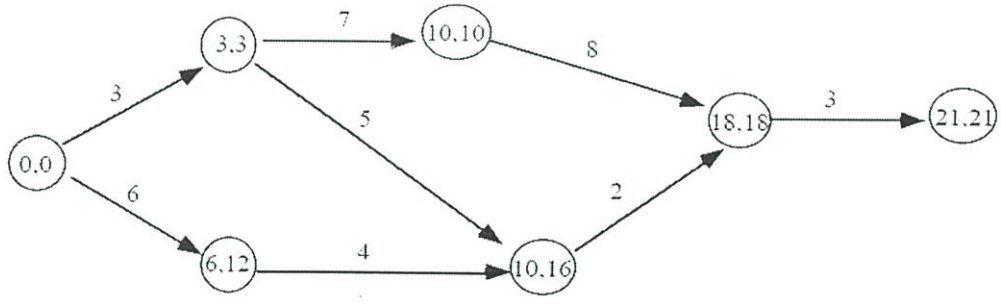
ช่วงเวลาของความสัมพันธ์ของเหตุการณ์เริ่มจากโนด (0,0) จากการประมาณค่าของแต่ละจุดที่เชื่อมต่อกันก็จะได้ค่าเริ่มต้นของแต่โนด จากตัวอย่างดังรูปที่ 2.13 เป็นแผนผังการสร้างกำแพงและหน้าต่างของบ้านหลังเล็กๆ โดยมีการขุดเพื่อวางตำแหน่งของกำแพงและการซื้อไม้เพื่อทำกรอบหน้าต่าง การทำตัวหน้าต่างการสร้างกำแพงการติดตั้งหน้าต่างตามลำดับ ซึ่งต้องใช้เวลาในการทำดังแสดงเป็นตัวเลขในตำแหน่งของเส้นเชื่อมโยง ดังรูปที่ 2.14 จะเห็นได้ว่าจากจุดเริ่มต้นไปที่ (3,?) ค่าที่สามารถเป็นไปได้จากจุดเริ่ม หลังจากประเมินความเป็นไปได้ในการทำงานก็จะได้ตัวเลขของเวลากำกับบนเส้นโยง ดังนั้นโนดก่อนหน้าส่งผลให้กับโนดถัดไปดังจะเห็นได้ว่าตัวเลขของโนดถัดไปอย่างน้อยสุดก็ต้องเท่ากับหรือมากกว่าโนดก่อนหน้าเสมอ ค่าของช่วงเวลาของแต่ละเส้นทางก็มีค่า แตกต่างกันไป แต่ต้องมากกว่าโนดเริ่มต้น ดังแสดงในรูปที่ 2.15 เมื่อประมวลสถานะที่เกิดแล้ว แต่เนื่องจากถูกบังคับโดยแผนที่กำหนดไว้ก็ต้องให้แล้วเสร็จสิ้นตามกำหนด ซึ่งเป็นข้อจำกัดในกรณีมีการเพิ่มเติมโนดหรือเพิ่มเส้นทางใหม่ จะต้องมีการประมวลงานใหม่ซึ่งยุ่งยากจึงถือเป็นข้อจำกัดที่ต้องมีกฎเกณฑ์เฉพาะบังคับ จากข้อมูลที่ผ่านมา ถ้าเราใช้เวลาเพื่อซื้อไม้จากจุดเริ่มต้นปกติใช้เวลา 3 หน่วย และใช้เวลาในการขุดทำฐานราก 6 หน่วย แต่โดยความเป็นจริงเนื่องจากประเมินผิวดินพลาดไปทำให้ใช้เวลาขุดนานขึ้นเป็น 12 หน่วย ดังนั้นการประเมินการวางฐานรากที่ 4 หน่วย จึงทำให้เมื่อเสร็จสิ้นงานทำฐานรากใช้เวลาโดยรวมเป็น 16 หน่วย ได้ตัวเลขบนเส้นทางด้านล่างของรูปที่ 2.15 จาก (0,0) ไปโนด (6,12) และโนด (10,16) จากเหตุผลนี้เป็นเหตุให้ค่าตัวเลขด้านขวาในแต่ละโนดมีค่าเท่ากับด้านซ้ายบ้างและไม่เท่ากันบ้าง และผลสุดท้ายต้องการจัดการกับเวลาให้ลงตัวก็จะเป็นการบังคับโดยปริยายว่าช่วงของเส้นเชื่อมโยงจึงต้องมีการชดเชยกันไป เป็นส่วนหนึ่งที่ Allen มีการนำเสนอการ Hold ขึ้นเพื่อชี้ให้เห็นว่าบางช่วงต้องมีการยึดสถานะและเกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้นขณะนั้นๆ




**รูปที่ 2.13** ผังแบบ PERT ในช่วงเวลาการทำกำแพงและหน้าต่าง [8]




**รูปที่ 2. 14** การประมาณค่าที่เป็นไปได้ของเวลาเริ่มต้นของแต่ละงาน [8]




**รูปที่ 2.15** โครงข่ายที่คำนวณเวลาที่เป็นไปได้ในการทำงานแต่ละส่วน [8]

ลำดับของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นนั้นต้องมีการกำหนดภาวะให้เหมาะแก่เวลาที่ควรจะเป็นจึงจำต้องมีการรับข้อมูลอินพุตมาประมวลเพื่อใช้เป็นตัวชี้วัดอย่างหนึ่งในงานนี้จากข้อมูลก่อนหน้าที่เกิด

## 2.6 ฟังก์ชั่นถ่ายโอนพหุนาม

เนื่องจากวิธีการของลำดับเหตุการณ์ที่วางแผน พื่อนำมาประยุกต์ใช้ในงานปรับตัวเนื้อหาต้องมีการกำหนดน้ำหนักจึงได้นำวิธีการเพื่อสร้างน้ำหนัก ตามวิธีของฟังก์ชั่นถ่ายโอนพหุนาม[14] ตามหลักแนวคิดของการทำน้ำหนักนี้มาจากการเอาสภาวะของโครงข่ายแบบผ่านหมด (Allpass network) ซึ่งจะสามารถตอบสนองได้ตลอดช่วงของความถี่ที่เกิดดังสมการที่ 2.9

$$|H(\Omega)|^2 = 1 \quad \text{สำหรับทุกค่าของ } \Omega \tag{2.9}$$

ค่ากำลังสองของค่าสัมบูรณ์ของฟังก์ชั่นถ่ายโอนเป็นหนึ่งของทุกค่าที่เกิดในช่วงจาก 0 ถึง $\pi$ ของ $\Omega$ ที่เป็นคาบเวลา รูปแบบทั่วไปของฟังก์ชั่นถ่ายโอนสัดส่วน สามารถเขียนในแบบของเลขยกกำลังของ z ที่เป็นค่าบวกได้ดังนี้[23]

$$H(z) = \frac{b_M z^M + \ldots + b_1 z + b_0}{z^N + a_{N-1} z^{N-1} + \ldots + a_1 z + a_0} \tag{2.10}$$

และสามารถจัดให้อยู่ในรูปของเลขยกกำลังที่ติดลบได้ดังนี้

$$H(z) = \frac{b_M z^{M-N} + \ldots + b_1 z^{-N+1} + b_0 z^{-N}}{1 + a_{N-1} z^{-1} + \ldots + a_1 z^{-N+1} + a_0 z^{-N}} \tag{2.11}$$

จากฟังก์ชั่นถ่ายโอนในสมการ(2.10 และ (2.11) เขียนในเชิงความสัมพันธ์ทั่วไประหว่างฟังก์ชั่นโครงข่ายแบบผ่านหมดของ N(z) และ D(z) จะได้

$$N(z) = z^{-n} D(z^{-1}) \tag{2.12}$$

ที่ N(z) และ D(z) มีลำดับ (Orde-r) เท่ากันและลำดับของสัมประสิทธิ์เป็นลักษณะย้อนกลับดัง ตัวอย่างเช่น

$$D(z) = 1 + 2z^{-1} + 3z^{-2} + 4z^{-3} + 5z^{-4} \tag{2.13}$$

จะได้

$$D(z^{-1}) = 1 + 2z + 3z^2 + 4z^3 + 5z^4 \tag{2.14}$$

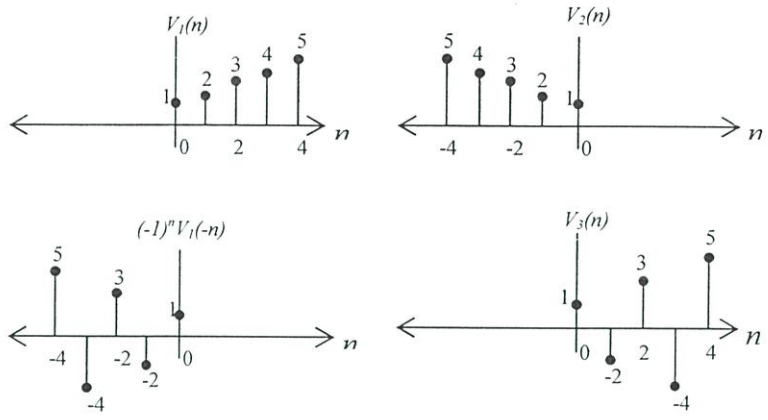
และ

$$N(z) = z^{-4} D(z^{-1}) = 5 + 4z^{-1} + 3z^{-2} + 2z^{-3} + z^{-4} \tag{2.15}$$

เมื่อแทนค่าได้

$$H(z) = \frac{5 + 4z^{-1} + 3z^{-2} 2z^{-3} + z^{-4}}{1 + 2z^{-1} + 3z^{-2} + 4z^{-3} + 5z^{-4}} \tag{2.16}$$

และนำค่าที่ได้มาพล็อตเป็นกราฟดังรูปที่ 2.16




**รูปที่ 2.16** ลำดับของน้ำหนักจากฟังก์ชั่นถ่ายโอนพหุนาม

และสามารถนำมาเขียนสมการที่อยู่ในรูปทั่วไปได้คือ

$$H(z) = \frac{a_0 + a_1 z^{-1} + \ldots + a_{N-1} z^{-N+1} + z^{-N}}{1 + a_{N-1} z^{-1} + \ldots + a_1 z^{-N+1} + a_0 z^{-N}} \tag{2.17}$$

จากสมการที่ได้เป็นต้นแบบของวิธีการให้น้ำหนักของระบบนี้ร่วมด้วยส่วนหนึ่งในการกำหนดลำดับเหตุการณ์ที่ใช้เวลาอ้างอิงและคะแนนจากแบบทดสอบซึ่งจะกล่าวถึงในบทต่อไป

## 2.7 อีเลิร์นนิ่ง (E-Learning)

กระบวนการนี้ให้บริการการเรียนการสอนผ่านระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ ทำให้ผู้เรียนเข้าถึงบทเรียนได้จากทุกที่ ทุกเวลาหรือทุกโอกาส ความสำคัญของระบบ E-Learning คือสร้างบทเรียนที่มีคุณภาพที่เหมาะสมสำหรับการเรียนรู้ด้วยตนเอง การใช้เทคโนโลยีมาช่วยในระบบการเรียนนี้ทำให้มีค่าใช้จ่ายต่ำและเปิดโอกาสกว้างขึ้นสำหรับผู้สนใจ จึงเหมาะอย่างยิ่งในการใช้เพื่อการอบรมเพิ่มพูนความรู้ ทบทวนความรู้ความจำ หรือการเรียนเพื่อรับประกาศนียบัตรหรือใบประกาศ อย่างไรก็ดีประสิทธิภาพในการเรียนผู้สอนจะต้องรู้วิธีการสร้างเนื้อหาที่เหมาะสม ถูกต้อง และเข้ากับพฤติกรรมการเรียน เพื่อเพิ่มขีดความสามารถตามหลักของ Training transformation ในทุกองค์กรภาคส่วนที่จะต้องมีการพัฒนาบุคลากรอย่างต่อเนื่อง ทรัพยากรมนุษย์เป็นต้นทุนที่มีค่ามากที่สุดขององค์กร กระบวนการแบบเดิมของสื่อจะเป็นแบบ Power-point หรือ E-book ซึ่งเป็นรูปแบบของ Passive learning ส่วนรูปแบบที่เป็นแบบ Active learning จะใช้เทคนิคเชิงปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนกับบทเรียนด้วยการทบทวน การทวนสอบ โดยเฉพาะมาตรฐาน SCORM 2004 (Sharable Content Object Reference Model) ของปี 2547 เวอร์ชั่น 1.3 ซึ่งเป็นแบบ Sequencing ของ

เส้นทางเรียน ปกติเราไม่สามารถสร้างเส้นทางเรียนตามขีดความสามารถของผู้เรียน ผู้สอนต้องมีการควบคุมชั้นเรียนโดยถ้าเรียนแล้วสอบไม่ผ่านก็ต้องเรียนใหม่จนสอบผ่าน ทดสอบก่อนเรียนได้ครั้งเดียวถ้าสอบผ่านให้ผ่านบทเรียนนั้น หรือเลือกเรียนเฉพาะบางบทเรียน ลำดับการเรียนเนื้อหาจะซับซ้อนและยากขึ้นเป็นลำดับ เรียนตามผังที่กำหนดหรือตามจุดประสงค์ที่วางแผนไว้ เรียนได้ตามชอบ เรียนแล้วไม่ให้เรียนซ้ำอีก ถ้าสามารถตอบสนองผู้เรียนได้ตามความต้องการของผู้เรียนการเรียนของเขาก็จะไม่ยากเกินที่จะติดตามเนื้อหา เส้นทางการเรียนนี้เป็นแบบ Adaptive Learning

2.7.1 องค์ประกอบของอีเลิร์นนิ่ง

กระบวนการนี้มีส่วนหลักที่สำคัญอยู่ 6 ส่วนได้แก่

- เครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้งาน
- เครือข่ายคอมพิวเตอร์มี Server เพื่อจัดเก็บเนื้อหาและตัวโปรแกรม
- ซอฟต์แวร์จัดการบริหารระบบการเรียน
- เนื้อหาบทเรียน
- กลุ่มผู้ใช้งานระบบ ได้แก่ผู้ดูแลระบบ ผู้สร้างเนื้อหาหรือผู้สอน และผู้เรียน

ระบบโปรแกรมจัดการ E-Learning ที่เรียกว่า LMS (Learning Management System) แบ่งตามมาตรฐานเป็นสองอย่างคือ Non-SCORM LMS เป็นระบบที่ไม่อิงกับมาตรฐาน SCORM ส่วนแบบ SCORM LMS เป็นระบบที่อิงกับมาตรฐาน SCORM ส่วนในประเทศไทยมีการใช้หลากหลายประเภทดังนี้[19] Non-SCORM LMS SCORM LMS Open Source SCORM และแบบที่ไม่มีการรับรองเช่น Oracle OLM, IBM LMS หรือแบบที่มีการรับรอง NOLP LMS 3.0 ข้อกำหนด 5 อย่างของ SCORM อันได้แก่

- สามารถนำไปใช้งานได้อีก Reusability
- สามารถเข้าถึงได้ Accessibility
- สามารถเป็นองค์ประกอบร่วมกัน Interoperability
- สามารถมีความยืดหยุ่น Durability
- สามารถทำได้อย่างเป็นขั้นตอน Affordability

ตามมาตรฐานตัวนี้เองจะไม่กำหนดการออกแบบบทเรียนและหน้าที่ หรือวิธีเรียนใดจะเหมาะสมหรือเรียนแล้วเกิดความรู้เพียงใด แต่จะกำหนดการจัดการบริหารบทเรียนให้สอดคล้องโดยตัวเนื้อหาหรือ E-Learning object อยู่บนระบบใดก็ได้ที่ได้มาตรฐาน SCORM ซึ่งทำให้สามารถแบ่งปันใช้สอยกันได้ทำให้ลดต้นทุนค่าใช้จ่ายในการผลิตบทเรียนหรือชิ้นเรียนนั้นๆ ส่วนตัวหลักคือ LMS ที่ว่าแบ่งหน้าที่ได้ประมาณ 7 ส่วนอันได้แก่ เนื้อหา ห้องเรียน การจัดการเรียน ผู้ใช้งานระบบ การติดต่อสื่อสาร การประเมินผล การรายงานผลและติดตามผลการเรียน แต่ทั้งนี้ต้องมีเนื้อหาที่เหมาะสมใน Content Model ที่เป็นชิ้น Object โดยเริ่มจาก Asset ที่เป็น Digital asset มี

ข้อมูลเป็น HTML Webpage Text JPEG BMP Javascript MPEG FLASH MP3 เป็นต้น เป็นหน้าของเนื้อหาบนหน้าจอโดยมี API (Application Program Interface) เมื่อนำ Asset มาห่อหุ้มก็กลายเป็น SCO (Sharable Content Object) และสามารถสื่อสารกันบน SCORM LMS ได้โดยใช้ผ่านตัว SCO ไม่ใช้ตัว Asset โดยตรง แต่ถ้าเป็น LMS ทั่วไปสามารถใช้ Asset โดยตรง มาตรฐาน SCORM นี้ถูกรับรองโดยหน่วยงาน ADL (Advanced Distributed Learning) ที่ได้รับการสนับสนุนจากกระทรวงกลาโหมสหรัฐอเมริกา

2.7.2 โครงสร้างของเนื้อหาและการทำงาน

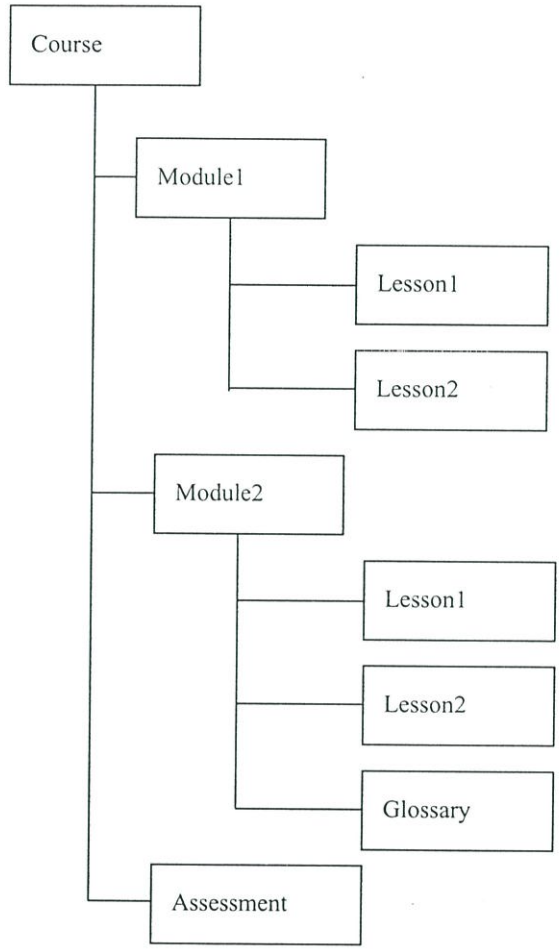
การรวมกันของเนื้อหาจะสัมพันธ์กันเป็นโมดูล บท และหลักสูตร ใหญ่เล็กขึ้นกับการวางแผนสร้างเป็นโมเดลดังรูปที่ 2.17 ในการรวมกันเป็นโมดูลเมื่อระบบเรียกใช้งานจากผู้ใช้จะใช้ Metadata กำกับในทุกๆ ส่วนเพื่อการจัดเก็บและการใช้งานโดยไม่จำเป็นที่ทุกส่วนของบทเรียนต้องเป็น SCO ตัว Metadata มี 67 ฟิลด์การใช้งานขึ้นกับความเหมาะสมแต่ละองค์กรเองเป็นผู้กำหนดเช่นความยาก ยากมาก ง่าย ง่ายมากหรือปานกลางของบทเรียน ผู้จัดทำเนื้อหา ตัวจ่ายเนื้อหา ผู้ออกแบบเนื้อหา เป็นต้น โดยแบ่งออกเป็น โครงสร้าง หน้าที่ และ ระดับความยากง่ายตามลำดับตามปัจจัยดังนี้

- ลักษณะเป็นระบบแคตตาล็อก
- มาตรฐาน IEEE Learning Object Metadata Standard
- ใช้ร่วมกับ Content Aggregation Organization Activity SCO Asset
- ใช้ทำ Content Packaging

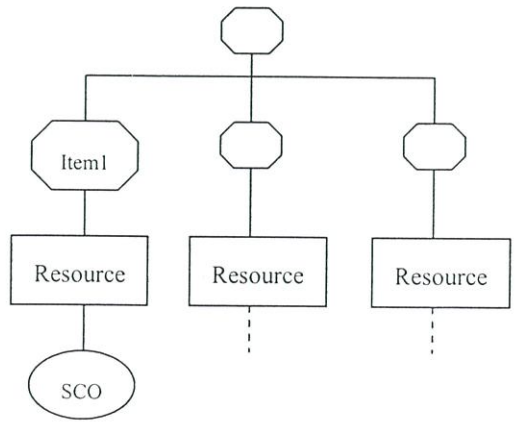
ปัจจัยที่กล่าวก็เพื่อทำให้ระบบมีความเป็น Interoperability ตามแบบของ SCORM ที่มีการหีบห่อเนื้อหาในส่วนของเอกสารบทเรียน โครงสร้างชนิดข้อมูลที่ใช้มีแบบเป็น XML ส่วนข้อมูลที่เก็บในรูปแฟ้มข้อมูลเป็น Asset มีการจัดลำดับการเรียนหรือไม่จัดลำดับก็ได้เช่นการสอบก่อนหรือหลังจากเรียนลำดับของเนื้อหาหรือที่เป็นแบบ Adaptive Sequencing ปรับตามความก้าวหน้าหรือผลการเรียน ด้วยการติดต่อสื่อสารกับบทเรียนผ่าน RTE (Run Time Environment) ตามมาตรฐานของ IEEE CMI (Institute of Electrical and Electronics Engineering Computer Managed Instruction) ที่เป็นแนวทางสำหรับ Interoperability V 3.4 ในส่วนของ RTE จะมีในเรื่องของการเรียกใช้เนื้อหาในบทเรียน ส่วนการเชื่อมต่อระหว่างชิ้นเนื้อหากับระบบด้วย API โมเดลข้อมูลที่ใช้งานร่วมกันด้วยการเรียกใช้ผ่าน LMS กับ SCO ส่วนของ RTE เป็นส่วนที่ซับซ้อนเพราะการจัดการบริหารมีหลากหลายเงื่อนไขจากการเรียนของผู้เรียนและระบบต้องติดตามความก้าวหน้า โดยระบบจะมีโครงสร้างบทเรียนเป็นต้นไม้โดยมีโปรโตคอลในการสื่อสารกันมี Href ที่บอกถึง address ของ resource ในรูปของ URL (Uniform Resource Locator) เช่น www.3c.org เมื่อมีการเรียนจะเกิดภาวะ

- เริ่มศึกษา

- บริหารการศึกษาของ Session
- การสื่อสารระหว่างมีการศึกษา
- การเลือกเนื้อหาศึกษา
- สิ้นสุดการศึกษา




**รูปที่ 2.17** Content Aggregation Model ใน SCORM

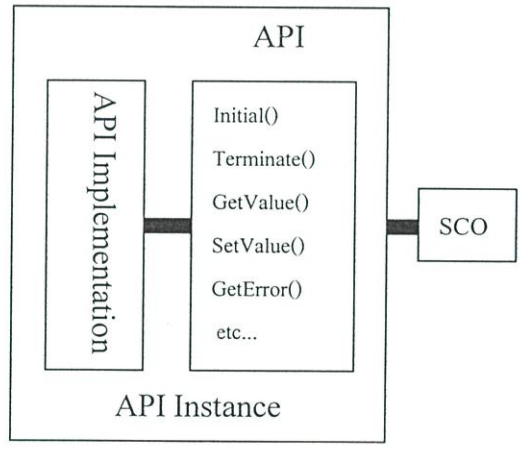



**รูปที่ 2.18** โครงสร้างของหน่วยเรียนกับ SCO ของ SCORM

ในระบบบางสิ่งมาตรฐานไม่ได้ระบุว่าต้องมีการทำ เช่นข้อมูลในการศึกษาว่าผู้เรียนมีการเรียนๆ หยุดเป็นช่วงๆ หรือความต่อเนื่องของการศึกษาดังนั้นอาจเก็บหรือไม่เก็บข้อมูลนี้ก็ได้ขึ้นกับผู้ออกแบบ แต่ทั้งนี้ API ต้องมีฟังก์ชั่นประกอบดังนี้

- การเปิด-ปิดการสื่อสารกับ LMS
- การถ่ายเทจัดเก็บข้อมูล
- การดูข้อมูลที่สถานภาพผิดปกติเพื่อช่วยการจัดการ

โดยมีการจัดการแบ่งได้เป็น 3 กลุ่มคือ การจัดการเรื่องของ Session ในส่วนการเริ่มต้น Initialize และ Terminate การรับส่งข้อมูล และการจัดการกับเหตุผิดปกติโดยมีรายละเอียดของ API ดังแสดงในรูปที่ 2.19




**รูปที่ 2.19** โครงสร้างของ API ใน SCORM

การจัดกลุ่มต้องมีการเริ่มต้น initial และ terminate เมื่อสิ้นสุดและมีกลุ่มการรับส่งข้อมูลปกติและที่ไม่ปกติ และมี Run-time data model เพื่อตรวจสอบว่าผู้เรียนเดินทางตามเส้นทางที่วางไว้ถึงหน่วยใดแล้วรวมถึงสภาพอื่นๆ โดยมีรูปแบบเป็น Data model elements ที่ส่งผ่านในกลุ่มของการรวบรวมข้อมูลที่ต้องมีปฏิสัมพันธ์กันดังที่กล่าว การเรียกชิ้นเรียนหรือ Learning object นั้นต้องคำนึงภาวะในขณะทำงานอันได้แก่

- กิจกรรมการเรียนทำให้ได้ข้อมูล
- ผลการทดสอบ
- ศึกษาไปแล้วมากน้อยเท่าใด
- ความต้องการไปยังหน้าถัดไปของผู้เรียน
- มีการศึกษาซ้ำหน่วยเรียนเดิมหรือไม่
- ศึกษาครบตลอดหน่วยเรียน เป็นต้น

เพราะข้อมูลเหล่านี้เกิดขณะผู้ใช้งานระบบบนเส้นทางที่ปรับค่า ซึ่งขึ้นกับความตั้งใจของผู้ออกแบบเนื้อหานั้นที่อยู่ใน Content package ส่วน Sequencing ก็จะเคลื่อนตามเนื้อหาที่วางแผนไว้ การตรวจสอบเงื่อนไขต่างๆ ในบทเรียนเทียบกับผลสอบที่ได้จากขณะเรียนเพื่อการสรุปอาจมีผลสรุปดังนี้

- ศึกษาบทเรียนนั้นซ้ำจนกว่าจะผ่าน
- บทเรียนใดเคยศึกษาแล้วไม่ให้กลับไปศึกษาอีก
- สอบ Pretest ได้เพียงครั้งเดียว
- ให้หน่วยเรียนหรือหัวข้อยากขึ้นเป็นลำดับ
- ให้ศึกษาตามใจชอบหรือตามแบบที่กำหนด

สิ่งที่นำเสนอนี้เป็นการสร้าง Learning activity เพื่อให้ผู้ที่ศึกษาได้รับประสบการณ์และเตรียมกิจกรรมต่อๆ ไปให้กับผู้ที่ศึกษาตามวัตถุประสงค์ของหน่วยความรู้นั้นๆ ดังผังของ Content aggregation นั้นคือบ่อเกิดของเนื้อหาที่จะสร้างประสบการณ์ที่ว่าให้กับผู้เรียน ลำดับของเนื้อหาต้องมีการสร้างกฎมาควบคุมหรือที่เรียกว่า Sequencing rule ในรูปแบบ If {เงื่อนไข} then {การกระทำที่เกิดตามมา} เพื่อบังคับให้ผู้เรียนเกิดมีเส้นทางเรียนขึ้นและผลสำเร็จของผู้เรียนที่ถูกวัดด้วยการสอบดังกฎสำหรับกำหนดเส้นทางในรูปที่ 2.20

จากโครงสร้างของ SCORM เห็นได้ว่าสามารถยึดถือเป็นต้นแบบที่ดีในการบริหารจัดการเนื้อหาแต่การเข้าสู่ความเป็นมาตรฐาน SCORM ก็ค่อนข้างมีรายละเอียดมากพอควร หัวใจของระบบ คือต้องมีข้อมูลเนื้อหาที่ถูกจัดสรรให้ครอบคลุมตามวัตถุประสงค์ของหน่วยเรียนเหมาะสม [18] ดังที่ปรากฏนี้เป็นส่วนหนึ่งในการพัฒนาองค์ความรู้ในการตรวจซ่อมวงจรอิเล็กทรอนิกส์จำต้องรู้จักการทำงานของอุปกรณ์ที่ใช้ในวงจรแสดงเป็นผังดังรูปที่ 2.21 โดยการแบ่งออกเป็นหลายกลุ่มและมีส่วนที่เน้นเป็นหลักได้แก่

- การวิเคราะห์หาจุดที่เสียบนอุปกรณ์ (Diagnose faults)
- การถอดประกอบชิ้นส่วนที่เสียออกและแทนด้วยอุปกรณ์ที่ดี (Assemble and dismantle)
- การใช้อุปกรณ์ชิ้นส่วนเพื่อการซ่อมบำรุง (Maintain equipment using discrete components)
- การติดตั้งและอุปกรณ์ที่ถูกต้องและแม่นยำของขาและตำแหน่ง (Install and commission circuits)
- การวิเคราะห์หาจุดที่เสียบนอุปกรณ์ (Diagnose faults)
- การถอดประกอบชิ้นส่วนที่เสียออกและแทนด้วยอุปกรณ์ที่ดี (Assemble and dismantle)

- การใช้อุปกรณ์ชิ้นส่วนเพื่อการซ่อมบำรุง (Maintain equipment using discrete components
- การติดตั้งและอุปกรณ์ที่ถูกต้องและแม่นยำของขาและตำแหน่ง (Install and commission circuits)

If (not)

{

| Conditions | |
|---|---|
| Attempted | Objective Measure Known |
| Objective Status Known | Objective Measure Greater Than |
| Satisfied | Objective Measure Less Than |
| Activity Progress Known | Always |
| Completed | Attempt Limit Exceeded |

} Then

{

| Precondition Actions |
|---|
| Skip |
| Disabled |
| Hidden From Choice |
| Stop Forward Traversal |

| Exit Actions |
|---|
| Exit |

| Postcondition Actions |
|---|
| Exit Parent |
| Retry |
| Retry All |
| Continue |
| Previous |
| |
| |

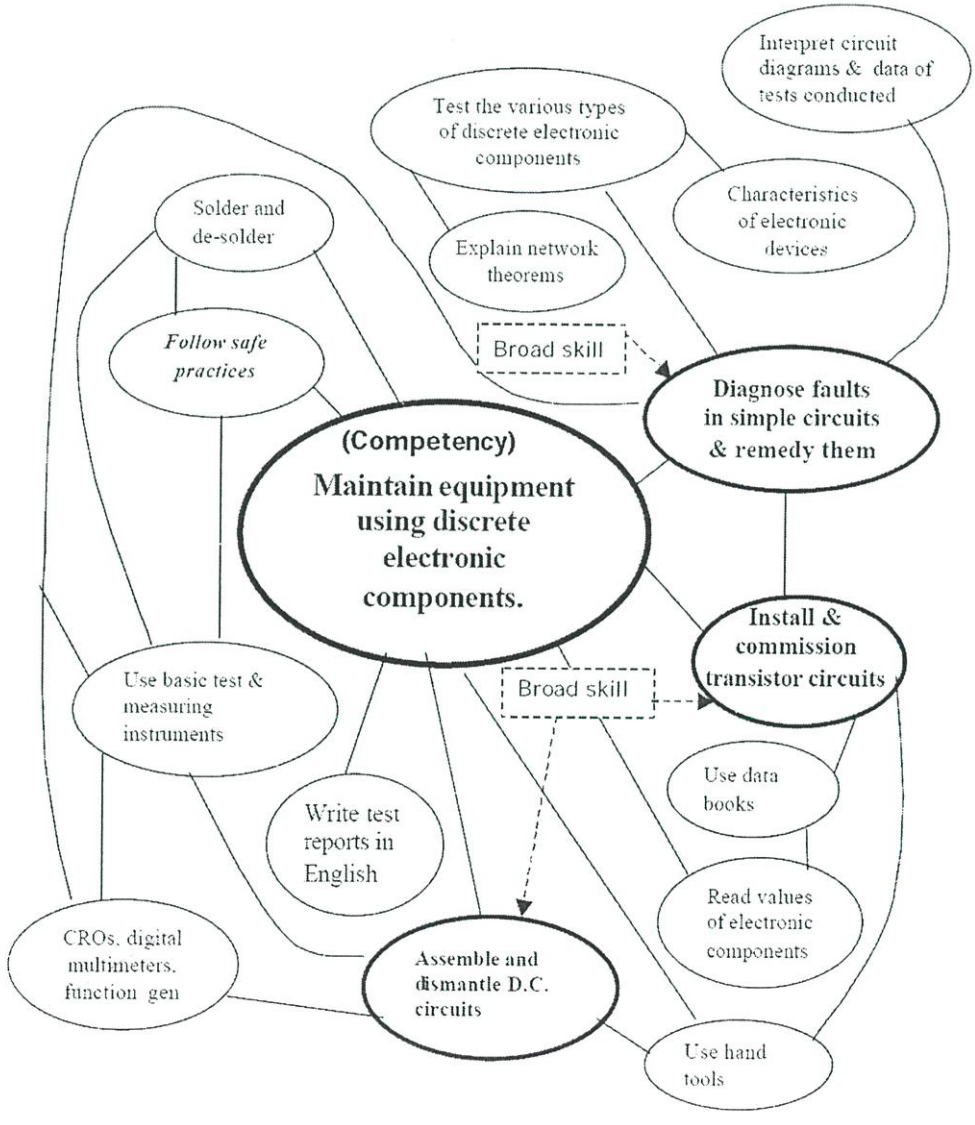
}

**รูปที่ 2.20** กฎสำหรับกำหนดเส้นทางของ SCORM

แต่ละส่วนที่กล่าวเป็นแต่ละ Item สาขาของโครงสร้างต้นไม้ ถ้ามองจากพื้นฐานส่วนของใบไม้มายังรากของต้นไม้ ในกลุ่มของการวิเคราะห์หาจุดที่เสียของอุปกรณ์ ส่วนของ SCO เป็นเนื้อหาของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แต่ละตัวในเรื่องของคุณลักษณะสมบัติ กราฟแสดงการทำงานของ

อุปกรณ์นั้นๆ โครงข่ายวงจรไฟฟ้าที่อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แต่ละตัวเชื่อมต่อกันและมีผลต่อการทำงานของวงจรในแต่ละส่วน เมื่อนำมารวมเป็นกลุ่มของเนื้อหาหรือ Resource ของ Item ที่ถูกสร้างขึ้นมาใช้งานในระบบที่แสดงเป็นผังรูปไข่ปกติ ส่วนเนื้อหาของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แต่ละตัวที่จำเป็นต้องเรียนรู้นั้นยังไม่ครบองค์ประกอบ เพราะขาดความเข้าใจวงจรจากผังวงจรจึงต้องมีการเรียนรู้ในเรื่องการอ่านผังวงจร ซึ่งประกอบด้วยสัญลักษณ์หลากหลายแบบตามมาตรฐานที่ใช้งานกันโยงรวมไปถึงชื่อเรียกสัญลักษณ์ที่แตกต่างกันแต่ละอัน สิ่งเหล่านี้เป็นส่วนของ SCO ที่รวมอยู่เป็นแหล่งข้อมูล Resource ของระบบ SCORM ขึ้นกับผู้สร้างเนื้อหาที่ต้องทำหน้าที่วางแผนและรวมแต่ละ SCO ให้เข้ากันได้อย่างเหมาะสมอย่างไร แต่ก็ยังไม่ครบถ้วนในเรื่องฐานความรู้ที่ต้องใช้งานเพราะต้องประกอบจากองค์ความรู้ด้านอื่นอีกเช่น การใช้เครื่องวัดเพื่อตรวจสอบซึ่งเกี่ยวเนื่องกับส่วนอื่นๆ ในผังสามัตถิยะในรูปที่ 2.21 จึงจะเกิดเป็นทักษะในการตรวจซ่อมวงจรอิเล็กทรอนิกส์บนโครงสร้างของ SCORM ตัวอย่าง การทดสอบอุปกรณ์เพื่อหาจุดเสีย ผู้เรียนต้องเรียนรู้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แต่ละตัวจากแหล่งข้อมูล Resource เมื่อเข้าใจการทำงานของอุปกรณ์แต่ละตัวแล้วจึงจะสามารถแยกแยะได้ว่าคุณลักษณะแบบใดที่สามารถบ่งชี้ว่ายังทำงานได้ปกติ นอกเหนือจากนั้นจะเป็นอุปกรณ์ที่บกพร่องหรือขาดคุณสมบัติที่นำมาใช้งาน ดังนั้นเมื่อทำการซ่อมตามหลักวิชาและเงื่อนไขการทำงาน ในทางปฏิบัติผู้ทำ หน้าที่ซ่อมแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ต้องรู้จักใช้เครื่องมือวัดในการตรวจสอบ ทั้งนี้เพราะขณะปฏิบัติงานต้องมีการตรวจสอบความถูกต้องของสัญญาณไฟฟ้าเพื่อการทวนสอบ และขอบเขตตามข้อกำหนดทางไฟฟ้าของอุปกรณ์ หรือวงจรย่อยแต่ละส่วนควบคู่ไปกับการใช้เครื่องมือช่างหลายชนิดในการแก้ไขแต่ละจุด ตามสภาพแวดล้อมแตกต่างกันไปตามงานหรืออุปกรณ์ประกอบบางชิ้นต้องทดสอบว่าทำงานได้จริงและถูกต้องเหมาะแก่การใช้งานในหน้าที่นั้นๆ ก็ต้องอาศัยการวัดทางไฟฟ้าสิ่งทีกล่าวถือว่าเป็น SCO ที่เป็นแหล่งข้อมูลรวมของแต่ละ Item ก่อนจบกระบวนการต้องมีการเขียนรายงานการซ่อมบำรุงไว้เป็นประวัติอีกด้วย ซึ่งนับเป็นการใช้ความรู้ที่นอกเนื้อจากที่ปรากฏในผังสามัตถิยะ คือ ส่วนของการใช้ภาษาไทยเพื่อแต่งประโยคในรายงานการซ่อมบำรุง ดังนั้นการทำงานนี้ต้องอาศัยความชำนาญในแต่ละส่วนเป็นองค์ประกอบซึ่งกันและกันเป็นอย่างดี เช่นการบัดกรีต้องมีความรู้ในอุปกรณ์การบัดกรีการใช้งานอุปกรณ์บัดกรีแต่ละอย่างเช่นหัวแรงที่เหมาะกับงานในเรื่องอุณหภูมิ ลักษณะปลายหัวที่ใช้ในการส่งผ่านความร้อนไปยังจุดบัดกรี กรณีจุดบัดกรีมีขาอุปกรณ์ใหญ่ มุมของการวางตำแหน่งปลายหัวบัดกรีของเครื่องมือบัดกรี หรือจุดบัดกรีที่มีขาอุปกรณ์เล็ก หรือมีขาอุปกรณ์จำนวนมากอยู่ใกล้กันก็ต้องรู้จักใช้ปลายหัวบัดกรีลักษณะเฉพาะที่เหมาะสมกับกิจกรรมนั้นๆ รวมไปถึงความสะอาดในการบัดกรีความแข็งแรงของรอยบัดกรีที่เป็นจุดต่อ ซึ่งบางครั้งผู้ปฏิบัติงานมองข้ามและส่งผลให้เกิดภาวะการณ์ทำงานของวงจรไม่มีเสถียรภาพ เพราะอาจส่งผลต่อการนำไฟฟ้าที่จุดบัดกรีหรือมีปัญหาหรือสัญญาณรบกวนเพิ่มขึ้นในระบบก็เป็นได้หรือการขาดการเน้นยำในเนื้อหาในกรณีที่เนื้อหามีมากเกินไป แต่ทั้งนี้การปฏิบัติที่เหมาะกับงานต้องเรียนรู้ตามทฤษฎีในเบื้องต้นให้เข้าใจ แล้วจะนำไปสู่ขั้นตอนการปฏิบัติ

จริงได้โดยง่าย เป็นดังที่นำเสนอก่อนหน้านี้ในเรื่องการศึกษาโครงข่ายไฟฟ้าว่า ต้องมีความรู้พื้นฐานของอุปกรณ์ที่ดีจึงจะสามารถวิเคราะห์หาค่าต่างๆ ในวงจรได้อย่างแม่นยำ เพราะลักษณะเฉพาะของอุปกรณ์พื้นฐานที่อยู่ในกลุ่มเดียวกัน ยังมีความแตกต่างในการนำไปใช้ ยกตัวอย่างเช่น ตัวความต้านทานมีค่าความต้านทานเท่ากันแต่ขนาดในการรองรับกระแสไฟฟ้าได้แตกต่างกัน หรือการปรากฏข้อมูลที่ข้างตัวอุปกณ์ที่ใช้สีแทนในการแสดงค่าความต้านทานและค่าความคลาดเคลื่อนของตัวต้านทาน ส่วนอีกตัวใช้ตัวเลขและตัวอักษรเพื่อแสดงค่าคุณสมบัติพื้นฐานไว้ข้างตัวอุปกรณ์เช่นกัน เห็นได้ว่าองค์ความรู้นั้นประกอบขึ้นจากหลากหลายมิติขององค์ความรู้ย่อย การทำรายละเอียดเนื้อหาก็ต้องมองถึงความจำเป็นในการทำความเข้าใจแต่ละส่วนที่เกี่ยวข้อง




**รูปที่ 2.21** ผังของสามัตถิยะของการซ่อมบำรุง(Competency Map)[18]

## 2.8 สรุป

หลักการตรรกศาสตร์เชิงเวลาของ Allen มีลักษณะเด่นที่สรุปออกมาใน 13 รูปแบบในตารางที่ 2.1 ดังที่กล่าวไว้ ซึ่งสะดวกในการนำไปประยุกต์ใช้งานดังแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเหตุการณ์ A และ B ในรูปที่ 2.9 โดยเอา A เป็นหลักเห็นได้ว่าการเกิดเหตุการณ์ก่อนหลังเป็นเฟรมของเวลาที่ Allen ได้จัดสรรให้เกิดความสัมพันธ์กันตามแกนเวลาเหมาะในการนำไปประยุกต์ในการจัดกำหนดการ แต่เทคนิคทางตรรกศาสตร์เชิงเวลามีหลากหลายวิธี [13] ดังเช่นจะพบเห็นใน การวิเคราะห์เสียง ภาษา หรือภาพ การทวนสอบการทำงานของโปรแกรม และการสร้างเป็นข้อกำหนดของการโปรแกรมตัวอย่างในอดีตที่น่าสนใจในการประยุกต์ตรรกศาสตร์เชิงเวลา กำหนดเงื่อนไขของการทำงานของโปรแกรม เช่นการควบคุมการเคลื่อนที่ของลิฟต์ [10] การเก็บบันทึกข้อมูลก่อนหลังเป็นต้น การนำเสนอนี้เพื่อประยุกต์กับส่วนของเนื้อหาซึ่งอิงกับมาตรฐานบางอย่างของ SCORM[20] และรวมกับวิธีการให้น้ำหนักด้วยวิธีฟังก์ชั่นพหุนามที่แปรเป็นน้ำหนักที่ใช้เพื่อการตัดสินใจในระบบนี้ เป็นงานที่ท้ายทายและมีรายละเอียดที่ต้องทำให้เกิดความสัมพันธ์กันเป็นอย่างดี โดยอาศัยช่วง Interval ของแต่ละเหตุการณ์มาลำดับตามวิธีการที่กล่าวเพื่อกำหนดเวลาที่เหมาะสมและสร้างแบบทดสอบ

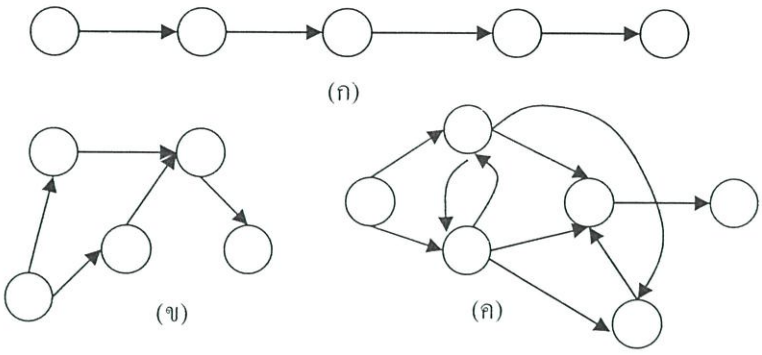
# บทที่ 3
# การออกแบบระบบการนำเสนอเนื้อหา

การนำเนื้อหามานำเสนอนั้นมีหลากหลายวิธีการในชั้นเรียน แต่เงื่อนไขในทางปฏิบัติที่พบกันบ่อย ๆ คือเมื่อนำเสนอเนื้อหาแล้วต้องมีการทวนสอบ การติดตามเนื้อหาและความเข้าใจ โดยส่วนใหญ่จากประสบการณ์ของผู้วิจัยและข้อมูลจากผู้ที่อยู่ในวงการศึกษาได้ข้อสรุปว่า การนำเสนอส่วนใหญ่จะนำเสนอด้วยแผ่นใส อีกส่วนหนึ่งจะใช้เครื่องฉายสื่ออิเล็กทรอนิกส์และในการทวนสอบจะใช้วิธีการถามตอบโดยแยกได้เป็น เจาะจงตัวบุคคลหรือระบุชื่อนักเรียนหรือถามโดยไม่เจาะจงคือถามทั้งห้องว่ามีผู้ที่สนใจและติดตามเนื้อหาได้หรือไม่ในลักษณะสุ่ม ซึ่งเป็นวิธีการที่นิยมใช้กันในหมู่ผู้สอนอย่างมากเพราะสะดวกและอาศัยการสังเกตจากผู้สอนเป็นหลัก แม้จะไม่ประสบผลมากนัก เนื่องจากทุกวันนี้มีจำนวนนักเรียนนักศึกษามากต่ออาจารย์ผู้สอนที่ไม่ได้สัดส่วนตามข้อกำหนดของกระทรวงศึกษาธิการ อีกทั้งผู้สอนมีภาระงานอื่นๆ ที่นอกเหนือจากงานสอนทำให้มีเวลากับผู้เรียนลดลง ดังนั้นการนำเสนอวิธีการปรับเนื้อหาให้เหมาะกับพัฒนาการของผู้เรียนจึงเป็นสิ่งที่จำเป็นที่จะทำให้ผู้เรียนสามารถศึกษาค้นคว้าพัฒนาตนเองได้ และรัฐบาลเองมีนโยบายในระดับชาติต่อการพัฒนาสื่ออิเล็กทรอนิกส์ เพื่อให้ผู้เรียนได้ติดตามเนื้อหาได้สะดวกในทุกขณะ

ข้อมูลเนื้อหาโดยหลักแบ่งออกเป็นสามองค์ประกอบคือ เนื้อหาที่เป็นข้อความ เนื้อหาที่เป็นภาพนิ่งเนื้อหาที่เป็นวีดิทัศน์หรือภาพเคลื่อนไหว

## 3.1 โครงสร้างระบบการนำเสนอเนื้อหา

การนำเสนอเนื้อหานี้ได้จัดแบ่งส่วนของเนื้อหาออกเป็นสองส่วนคือ ส่วนเนื้อหาหลัก (Main content) ส่วนเนื้อหาเสริมหรือสนับสนุน (Suggestion content) เพื่อช่วยเหลือแนะนำผู้ที่ศึกษา และได้จัดแบ่งระดับความก้าวหน้าไว้เป็นสามสถานะคือ สถานะที่สามารถเรียนเนื้อหาได้ปกติ AS (Accustomed state) สถานะเรียนเนื้อหาได้บางส่วน ES (Eccentric state) นั้นคือยังสามารถที่จะเรียนได้แต่อยู่ในระดับไม่ราบรื่น ส่วนอีกสถานะถือว่ายากในการเรียนตามเนื้อหานั้น IS (Irregular state) โดยอาศัยคะแนนในการทำแบบทดสอบย่อยหรือ Quiz กับระยะเวลาที่ใช้ในการศึกษาเนื้อหานั้นนำมาหาน้ำหนักเพื่อแยกแยะสถานะของผู้เรียนการจำแนกดังกล่าวเพื่อจะได้สร้างระบบนำเสนอเนื้อหาที่สอดคล้องกับแนวคิดการเรียนรู้จาก[1] โดยอาศัยพื้นฐานการเชื่อมโยงจากโครงข่ายกราฟโดยมีเส้นทางเชื่อมโยงหลักเป็นแกน และมีเส้นทางเชื่อมโยงรองเป็นองค์ประกอบเสริมในเนื้อหาโดยยึดหลักการจับกลุ่มการเปลี่ยนแปลง การเปรียบเทียบ และทิศทางเข้าสู่เป้าหมายตามวัตถุประสงค์ของบทเรียน และปรับให้สามารถสร้างการเชื่อมต่อพื้นฐานได้ดังนี้




**รูปที่ 3.1** การเชื่อมโยงแบบตามลำดับและตามความเหมาะสมแต่มีทิศทางสู่เป้าหมาย

การเชื่อมโยงนี้เป็นความสัมพันธ์ตามลำดับของเนื้อหาทั้งยังมีการซ้อนทับ (Cascade) ของบริบท (Context) เช่นในวิชาโครงข่ายไฟฟ้าเบื้องต้นต้องรู้ถึงการเชื่อมต่อวงจรแบบอนุกรมและแบบขนาน ดังนั้นเรื่องที่ต่อเนื่องกันไปคือวงจรที่ผสมกันระหว่างแบบอนุกรมและแบบขนานและต้องมีพื้นฐานก่อนหน้าพอควร เป็นความจำเป็นที่ต้องเข้าใจเรื่องทั้งสองเป็นเบื้องต้นก่อนที่จะไปศึกษาวงจรแบบผสมซึ่งเป็นความต่อเนื่องของบริบท การปรับเนื้อหาจากบริบทหนึ่งไปอีกบริบทหนึ่งต้องเป็นไปตามลำดับของเนื้อหา

3.1.1 ลำดับที่เรียงตามขั้นตอน

ลักษณะเรียงลำดับกันเป็นปกติตามความสำคัญของลำดับเนื้อหา เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์การเรียน ดังรูปที่ 3.1 (ก) นั้นคือผู้เรียนศึกษาตามลำดับเสมือนเปิดหนังสืออ่านแต่ละบทไปตามลำดับดังเช่นหน้ากระดาษของหนังสือแต่ละหน้าเป็นสมาชิกของ $W$ เราสามารถแทนด้วยสมการ (3.1)

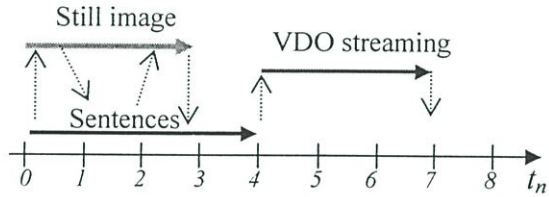
$$W = \{w1, w2, w3, w4, ..., wn\} \tag{3.1}$$

เมื่อ $wn$ เป็นข้อมูลที่ถูกนำเสนอเรียงตามลำดับโดยที่ $n$ เป็นหน้าสุดท้ายของหนังสือ ตามลำดับเนื้อหาตามวัตถุประสงค์ของบทเรียนหรือหน่วยเรียนนั้นของหนังสือ เหตุการณ์ทั้งหมดไม่ได้เกิดพร้อมกันเพราะผู้อ่านต้องดูทีละหน้าของแต่ละเล่ม โดยเกิดต่างช่วงเวลาตามลำดับไม่ซ้อนทับกัน (Non-overlap) โดยความเป็นจริงเหตุการณ์บางอย่างอาจเกิดพร้อมกัน (Meet) หรือคาบเกี่ยวกัน (Overlap) เช่นการอ่านหนังสือพิมพ์ภาษาอังกฤษแล้วไม่เข้าใจศัพท์ ขณะที่อ่านผู้อ่านอาจมีการเปิดพจนานุกรมเพื่อแปลในขณะนั้น หรือเหตุการณ์หนึ่งเกิดและยังไม่จบสิ้นก็มีเหตุการณ์สองเกิด (During) และอาจสิ้นสุดพร้อมกัน (Finish) เป็นต้น ดังนั้นการเรียงลำดับตามขั้นตอนของข้อมูลจึงเป็นปัจจัยพื้นฐานของการนำเสนอข้อมูล ส่วนรูปที่ 3.1 (ข) และ(ค) นั้นมีการแยกเส้นทางเดิน

มากกว่าหนึ่งเส้นทางดังกล่าวก็จะมีทางเลือกมากขึ้น แต่ทั้งนี้ก็ขึ้นกับองค์ประกอบอย่างอื่นด้วยเช่น การทำแบบฝึกหัดวงจรไฟฟ้าที่เป็นวงจรผสมต้องมีความรู้สองส่วนเป็นหลัก คือวงจรอนุกรมและวงจรขนานซึ่งสามารถศึกษาอันใดก่อนก็ได้แต่ต้องผ่านทั้งสองเรื่องจึงจะแก้ปัญหาโจทย์ได้

3.1.2 การเรียงข้อมูลตามความเหมาะสมของเหตุการณ์

การเรียงในลักษณะนี้จะคำนึงถึงความเหมาะสมเป็นหลัก ดังนั้นผู้จัดเรียงข้อมูลจำเป็นต้องมีประสบการณ์เพียงพอ ผู้เรียนอาจเรียนรู้วงจรแบบขนานก่อนหรืออาจเรียนรู้วงจรแบบอนุกรมก่อน แต่ทั้งนี้ต้องผ่านการเรียนรู้ทั้งคู่เสร็จสิ้นก่อนจึงจะเข้าสู่เนื้อหาของวงจรแบบผสม ฉะนั้นจะเป็นการบังคับโดยปริยายว่าการเรียนวงจรแบบผสมต้องเกิดหลังการเรียนรู้วงจรแบบอนุกรมและแบบขนาน ในเนื้อหาก็มีการผสมผสานระหว่างข้อความ ภาพ หรือภาพยนตร์การปรากฏของแต่ละส่วนเป็นรายละเอียดเฉพาะของเนื้อหานั้น แต่โดยพฤติกรรมของมนุษย์ปกติสิ่งที่เราสามารถรับรู้โดยหลักๆ จะมาจากประสาทตาและหู โดยรายละเอียดของเนื้อหาก็จะมีข้อความที่ต้องศึกษามาควบคู่กับภาพแทนคำบรรยาย แต่เมื่อเราสัมผัสจากระบบรับความรู้สึกนั้นคือสายตาที่มอง จะไม่สามารถมองภาพและอ่านข้อความบรรยายในหนังสือบนหน้ากระดาษเดียวกันในขณะเวลาเดียวกันได้ และขณะที่ชมภาพยนตร์ก็จะละสายตาไปดูสิ่งอื่นไม่ได้ เพราะถ้าไม่ให้ความสนใจกับเรื่องราวที่ดำเนินอยู่ก็จะทำให้ขาดความต่อเนื่องของข้อมูลที่ได้รับไป การกระทำสิ่งใดก็ต้องมีใจจดจ่อมีสมาธิเป็นที่ตั้ง โดยมีลูกศรล่างสุดแสดงแทนข้อความที่ปรากฏพร้อมภาพนิ่งดังรูปที่ 3.2



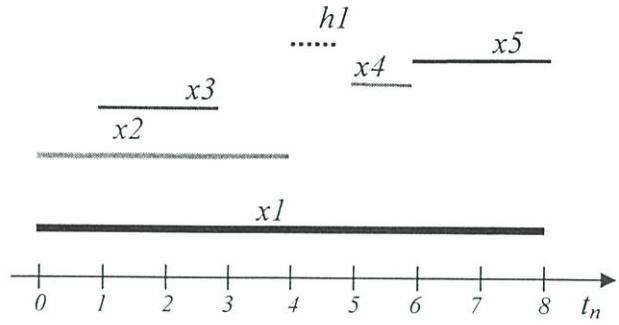

**รูปที่ 3.2** ตัวอย่างพฤติกรรมในการรับรู้ข้อมูลทางสายตา

ดังนั้นการเคลื่อนสายตา เพื่ออ่านข้อความสลับกับดูภาพนิ่งจึงเป็นสิ่งปกติทำให้มีการยึดสถานะ (Hold)

3.1.3 การประสานของเนื้อหา

เนื้อหาโดยส่วนใหญ่ที่พบเจอในรูปแบบอิเล็กทรอนิกส์สามารถแยกเป็นองค์ประกอบหลักสามส่วนดังนี้

1. ข้อความเนื้อหา
2. ข้อความเนื้อหาและภาพนิ่ง
3. ภาพเคลื่อนไหวหรือภาพยนตร์




**รูปที่ 3.3** เหตุการณ์ความสัมพันธ์ของช่วงเวลาหนึ่งตอนเนื้อหา

โดยให้เหตุการณ์ที่เกิดประกอบด้วย ความสัมพันธ์ในการนำเสนอข้อมูลไม่เกินสองข้อมูลในขณะเวลาเดียวกันตามรูปที่ 3.3 ได้ตามตรรกศาสตร์เชิงเวลาของ Allen โดยสมมติเหตุการณ์ที่จะเกิดตามนี้คือ

*x1* : ช่วงเวลาในการศึกษาหนึ่งตอนเนื้อหา

*x2* : ช่วงเวลาในการอ่านข้อความเนื้อหา

*x3* : ช่วงเวลาในการดูภาพนิ่ง

*x4* : ช่วงเวลาในการดูภาพยนตร์หรือภาพเคลื่อนไหว

*x5* : ช่วงเวลาในการทดสอบเพื่อประเมินผลการเรียน

และแทนความสัมพันธ์ก่อนหลังของช่วงเวลาที่เกิดเหตุการณ์ด้วย "<" และแสดงความเกี่ยวพันของเหตุการณ์ในลักษณะของการ Union กันด้วย "$\subseteq$" โดยให้ "*X*" มีสมาชิกประกอบด้วย

$$X = \{x1,x2,x3,x4,x5\} \tag{3.2}$$

$$< = \{(x2,x4),(x3,x4),(x4,x5)\} \tag{3.3}$$

$$\subseteq = \{(x1,x2),(x1,x3),(x1,x4),(x1,x5)\ (x2,x3)\} \tag{3.4}$$

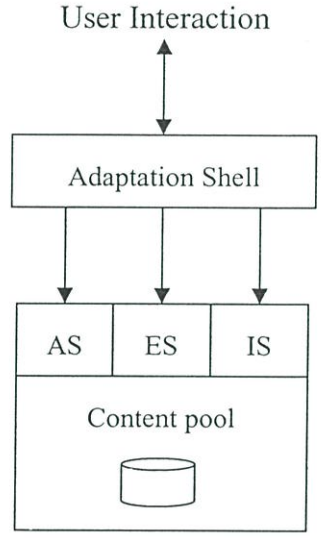
ซึ่งช่วงเวลา Interval ของเฟรมคือ $(X,<,\subseteq)$ จากข้อมูลที่กำหนดไว้ในเบื้องต้นก่อนหน้าสามารถนำมาเขียนเป็นผังเหตุการณ์ตัวอย่างได้ดังรูปที่ 3.3 โดยพิจารณาจาก *x2, x3,* และ *h1* ในระบบปกติจะไม่เกิดเหตุการณ์ *h1* ยกเว้นว่าผู้เรียนอยู่ในระดับ ES เห็นได้ว่าผู้เรียนอ่านข้อมูลจากเนื้อหาเริ่มต้นไปช่วงหนึ่งก่อนแล้วจึงพิจารณาดูภาพหรือช่วงเวลาของ *x3* และบางขณะก็ยังไปอ่านข้อมูลสลับกันไปมาเหตุการณ์นี้เป็นการ Hold เกิดในภาวะ During(*x2, x3)* ถ้าช่วงเวลาที่ใช้ศึกษานานกว่าปกติก็จะถือว่าผู้เรียนไม่มีความก้าวหน้าเท่าที่ควร ท้ายสุดเป็นการประเมินความก้าวหน้าของเนื้อหาที่จะเป็นตัวชี้วัดว่า ผู้เรียนอยู่ในระดับใดของระบบ แต่เหตุการณ์เหล่านี้จะแปรเปลี่ยนไปตามความเหมาะสมของเนื้อหา และสามารถเปลี่ยนให้อยู่ในรูปตามสมการที่ (3.5) โดยที่จะไม่

มีโอกาสที่ *h1* จะเกิดซ้อนทับ Overlap แทนด้วย O พร้อมกับ *x5* โดยที่ *h1* จะเกิดระหว่างช่วงการเกิดของ *x2* ภาวะการเกิดนี้ต้องมีตัวตรวจสอบเพื่อให้เกิดการทำงานที่ถูกต้องนั้นคือระบบตรวจสอบในรูปที่ 3.4

$$(\forall x2)(\forall x3) \quad ((x2 \subseteq x3) \vee (\exists h1)((x2 \subseteq h1) \wedge \neg O(h1, x5))) \tag{3.5}$$

## 3.2 โครงสร้างระบบปรับการนำเสนอ

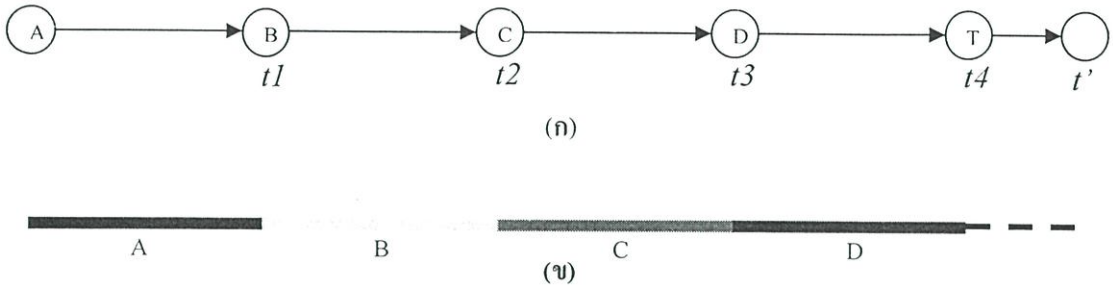
3.2.1 การตรวจสอบสถานะและแบ่งระดับ




**รูปที่ 3.4** การตรวจสอบสถานะและใช้ระดับเป็นตัวช่วยในการเลือกเนื้อหา

ตัวชี้วัดสถานะจะยึดถือเรื่องของเวลาที่ใช้ในการศึกษาของผู้เรียนเป็นหลัก และรวมถึงผลการประเมินจากแต่ละส่วนของเนื้อหา จัดระดับว่าจะนำเสนอเนื้อหาให้ในสถานะของผู้ศึกษาในระดับใดจากระดับ AS, ES, และ IS จากนั้นก็จะนำเนื้อหาในระดับนั้นเสนอออกไปให้จากกลุ่มเนื้อหาที่มีกระบวนการดังกล่าวในที่นี้เรียกว่าเป็น Adaptation shell พื้นฐานจะอาศัยมาตรฐานเกณฑ์ผ่านที่ 50 เปอร์เซ็นต์ ของตัวทดสอบหรือตัวประเมินเป็นหลัก นั่นคือถ้าเวลาที่ใช้อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดและผลประเมินของตัวทดสอบผ่านครึ่งหนึ่งก็จะถือว่าผ่านหรือระดับ AS แต่ถ้าใช้เวลามากกว่ากำหนดแต่ประเมินผ่านเกณฑ์ก็จะถือว่าอยู่ในระดับ ES และถ้าใช้เวลามากกว่าที่กำหนดและไม่ผ่านการประเมินจะถือว่าอยู่ในระดับ IS

กรณีบริบท(Context) ต่อเนื่องกันไปปกติจาก A B C D ไปถึง T โดยให้ T คือการทดสอบเพื่อประเมินหรือ Quiz ของเนื้อหาในหัวข้อนั้นๆ และใช้เวลาไป $t'$ เมื่อสิ้นสุด T และเริ่มสถานะของหัวเรื่องถัดไป มีสถานะเป็นไปดังนี้




**รูปที่ 3.5** กรณีเนื้อหาต่อเนื่องปกติ

$$(A,t1) \rightarrow (B,t2) \rightarrow (C,t3) \rightarrow (D,t4) \rightarrow (T,t') \tag{3.6}$$

และมีกระบวนการดังนี้

| | |
|---|---|
| A begin | ภาวะเหตุการณ์ A B C D และ T |
| If interval A finish Then B begin | เหตุการณ์ A เริ่มต้นขึ้น |
| If interval B finish Then C begin | ถ้าช่วงของ A สิ้นสุด เริ่ม B |
| If interval C finish Then D begin | ถ้าช่วงของ B สิ้นสุด เริ่ม C |
| If interval D finish Then T begin | ถ้าช่วงของ C สิ้นสุด เริ่ม D |
| EndIf | ถ้าช่วงของ D สิ้นสุด เริ่ม T |

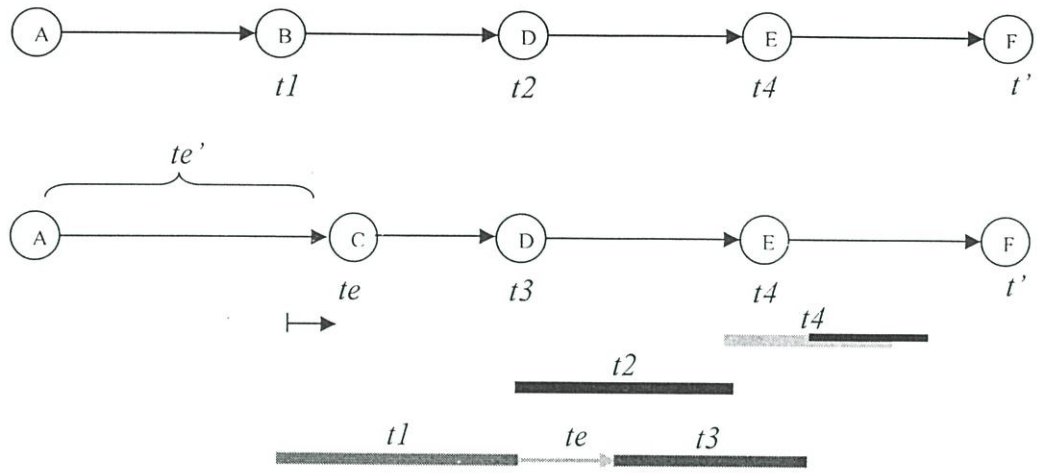
กรณีแรก เขียนอยู่ในรูปของสภาวะการเกิดก่อนหลังโดยมีเวลา $tx$ เป็นตัวแปรตามลำดับของเวลาเมื่อ x มีค่าเป็น 1,2,3, …,nได้ดังนี้ meet(A,B), meet(B,C), meet(C,D), และ meet(D,T)เพราะ A เกิดขึ้นก่อนแล้วตามด้วยเหตุการณ์ B ตามลำดับจนถึง T โดยตลอดของ Session ใช้เวลาทั้งหมด S ดังนั้นจากสมการ (3.6)นั้นคือลำดับที่เกิดอธิบายด้วย "<" คือ

$$A < B < C < D < T \tag{3.7}$$

โดยมี S = $t1+t2+t3+t4+t'+...$

และมีเงื่อนไข $(A,t1) \wedge (B,t2) \wedge (C,t3) \wedge (D,t4) \wedge (T,t')$ (3.8)

กรณีบริบทที่ผู้ใช้งานใช้เวลามากน้อยต่างกันจาก A แต่สามารถแยกไป B หรือ C ได้ฉะนั้น




**รูปที่ 3.6** กรณีผู้ใช้งานบริบทที่มีเวลาไม่เท่ากัน

ในกระบวนการนี้จะเป็นไปสองแบบคือ

$$(A,t1) \rightarrow (B,t2) \rightarrow (D,t4) \rightarrow (E,t') \tag{3.9}$$

$$(A,te) \rightarrow (C,t3) \rightarrow (D,t4) \rightarrow (E,t') \tag{3.10}$$

และเป็นการเกิดภาวะ Meet โดยมีค่า *te* คือเวลาที่ผู้เรียนใช้เพิ่มขึ้นจากเดิมเป็นตัวแยกให้เกิดสภาวะอีกแบบดังนั้นในกรณีนี้จึงมีช่วงของ Session ที่ใช้เวลาเริ่มต้น t1 รวมอยู่ในเวลาที่ใช้ไปทั้งหมดเป็น $S = t1+t2+t4+ t'+...$ สำหรับสมการ (3.9) และกรณีที่ใช้เวลาเริ่มต้นยาวขึ้นเป็น $t1+te=te'$ จะได้เวลาทั้งหมดเป็น $S' = te'+ t3 + t4 + t'+...$ สำหรับสมการที่ (3.10) และช่วงของเหตุการณ์แสดงได้ดังนี้

$$A < B < D < E \text{ หรือ } A < C < D < E \tag{3.11}$$

โดยมีเงื่อนไข

$$(A,t1) \wedge (B,t2) \wedge (D,t4) \wedge (E,t') \tag{3.12}$$

$$(A,te') \wedge (C,t3) \wedge (D,t4) \wedge (E,t') \tag{3.13}$$

เงื่อนไขที่เกิดบน A จะเป็นภาวะที่ขึ้นอยู่กับ *te* ดังนั้นสภาวะของ D จึงมีโอกาสเกิดต่อเนื่องจาก B กรณีที่ *te*=0 หรือต่อเนื่องจาก C กรณีที่ $te > 0$ ซึ่งขึ้นกับสภาวะที่เกิดก่อนหน้า

A begin

If interval A finish and t is less than or equal to t1 Then B begin

If interval B finish Then D begin

If interval D finish Then E begin

EndIf

EndIf

Else C begin

If interval C finish Then D begin

If interval D finish Then E begin

EndIf

EndIf

EndIf

3.2.2 น้ำหนักที่ใช้ในระบบ

น้ำหนักในการนำเสนอแบ่งเป็นสองส่วนใหญ่ คือส่วนของค่าประเมินผลจากแบบทดสอบและแบบประเมินผลท้ายหน่วยเรียน และเวลาที่ใช้ในการศึกษาว่ามากน้อยเท่าใด นำมาทำเป็นค่าน้ำหนัก โดยค่าน้ำหนักการประเมินผลจากแบบทดสอบ จะพิจารณาโดยยึดที่ครึ่งหนึ่งของทั้งหมดหรืออยู่ในช่วง 50% - 100% ของทั้งหมดและรวมกับค่าน้ำหนักของเวลาในการใช้งานระบบเชื่อมต่อกับผู้ใช้แบบปรับตัว[6] ซึ่งปรับมาใช้ในการให้น้ำหนักการนำเสนอเนื้อหาของระบบนี้ และได้เพิ่มเติมการคิดน้ำหนักเวลาจากการกำหนดเวลาของผู้ออกแบบหน่วยเรียน โดยประมาณจากประสบการณ์ของผู้สร้างตัวเนื้อหา (Educational designer) โดยมีสมการดังนี้

$$Td = Ts - Te \tag{3.14}$$

*Td*: Deviation time

*Te*: Elapse time

*Ts*: Settling time

ทำให้มีกรณีความแตกต่างของค่าเวลาอยู่ 3 กรณีคือ กรณีค่า *Te* เท่ากับ *Ts* หรือ $Td = 0$ บ่งชี้ว่าไม่มีการเบี่ยงเบนเกินกว่าที่ตั้งค่าไว้ซึ่งถือว่าการใช้เวลาอยู่ที่ 100% พอดี และ *Te* น้อยกว่า *Ts* หรือ *Td* มีค่าเป็นบวกบ่งชี้ว่าใช้เวลาน้อยกว่าที่กำหนดต่ำกว่า 100% ต้องดูผลการประเมินประกอบ และกรณีสุดท้ายคือ *Te* มากกว่า *Ts* หรือ *Td* มีค่าติดลบกรณีนี้ยิ่งติดลบมากยิ่งใช้เวลามากกว่าที่กำหนดไว้มาก จากกรณีผลลัพธ์ดังกล่าวนำมาแทนค่าในสมการที่(3.14) แสดงค่าตัวอย่างกรณีเวลาถูกกำหนดไว้ที่ 5 นาที และผู้ใช้งานใช้เวลาในการศึกษารายละเอียดมากและน้อยกว่า 5 นาที ในรายละเอียดได้แสดงบางส่วนให้เห็นดังในตารางที่ 3.1

**ตารางที่ 3.1** น้ำหนักของความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ถูกใช้ไปและเวลาที่ถูกกำหนด

| Elapse Time(นาที) | Settling Time(นาที) | *Td* |
|---|---|---|
| 1 | 5 | 4 |
| 2 | 5 | 3 |
| 3 | 5 | 2 |
| 4 | 5 | 1 |
| 5 | 5 | 0 |
| 6 | 5 | -1 |
| 7 | 5 | -2 |
| 10 | 5 | -5 |
| 12 | 5 | -7 |
| 15 | 5 | -10 |

จากตารางที่ 3.1 ในรายละเอียดของช่อง *Td* จะมีค่าที่น่าสนใจคือถ้าการใช้เวลาของผู้ใช้งานระบบเกินกว่าเวลาที่กำหนดไว้ 1 นาทีหรือ *Td* = -1 มีค่ามากกว่าเวลาที่ตั้งไว้ 120% ของเวลาที่กำหนด นั้นคือใช้เวลามากกว่าปกติไป 20% ของเวลาที่กำหนดไว้ ถ้าพิจารณาที่เวลา 7 นาทีและมากกว่า 2 นาทีหรือค่า *Td* = *-2* หรือกรณีใช้เวลาไป 10 นาทีคิดเป็นสองเท่าของเวลาที่ตั้งไว้นั้นคือ 200% นั้นคือค่า *Td* = -5 ซึ่งสามารถนำมาเป็นเงื่อนไขในการตรวจสอบระยะเวลาที่ใช้ว่ามากกว่าเท่าไรได้ด้วยและแสดงค่าบางค่าบนสีพื้นดังในตารางที่ 3.1 ส่วนค่าของช่อง *Td* ที่เป็นผลต่างของเวลาที่กำหนดและเวลาที่ถูกใช้ไปและนำไปแทนค่าเป็นค่า *NV* เพื่อใช้แทนค่า ในส่วนของการหาน้ำหนัก ได้ประยุกต์ใช้สมการที่ (3.15)[6] ซึ่งมีองค์ประกอบของค่าในสมการคือ

$$NA = \frac{OA + (k * NV)}{1 + k} \qquad ;0\langle k\langle 1 \tag{3.15}$$

*NA*: New Average

*OA*: Old Average

*NV*: New Value

จากสมการเป็นการรวมค่าของค่าเดิมเข้ากับค่าใหม่โดยมีค่า k เป็นตัวสร้างค่าเฉลี่ยของน้ำหนักจากค่าเฉลี่ยเดิมกับค่าใหม่ที่ได้ ก็จะได้น้ำหนักที่รวมกันเป็นอนุกรม การหาค่าเพื่อกำหนดน้ำหนักนั้นยังมีรายละเอียดขององค์ประกอบที่สำคัญได้แก่ การเอาเวลาที่ใช้ในแต่ละบริบทมาใช้ในการกำหนดน้ำหนักจาก *NV* โดยกำหนดให้

$$NV = Td \tag{3.16}$$

เช่นการนำเสนอข้อมูลบนหน้าจอใช้เวลาไป 5 นาที มีค่าเริ่มต้น $OA = 0$ กำหนดให้ $k = 0.9$ และแทนค่าในสมการที่ (3.15) จะได้ผลลัพธ์คือ

$$NA = \frac{0 + (0.9 * 0)}{1 + 0.9} \tag{3.17}$$

$$\therefore NA = 0 \tag{3.18}$$

จากตารางที่ 3.2 เราก็สามารถแยกแยะความแตกต่างที่มีน้ำหนักของเวลาได้ โดยส่วนคะแนนของแบบทดสอบมีขอบเขตที่เพื่อนำไปแทนในค่า $k$ ซึ่งเป็นสัมประสิทธิ์ในการสร้างน้ำหนักของระบบ โดยปกติแล้ว $k$ จะน้อยกว่าหนึ่ง ถ้า $k$=1 ค่าของ *NV* จะเท่าเดิมในการคูณกัน เห็นได้ว่าค่าที่ใช้เวลาเท่ากับเวลาที่ตั้งค่าไว้จะมีค่าน้อยกว่า 1

maximum of range = 100%, normalized = 1

minimum of range = 50%, normalized = 0.5

ดังนั้นถ้าทำได้เต็มก็จะมีค่า normalized = 1 แล้วนำมาแทนค่าในสมการที่ (3.15) ซึ่งจะได้ค่า *NA* ตามสมการในช่องสุดท้าย

**ตารางที่ 3.2** ผลการคำนวณหาน้ำหนักจากข้อมูลบนตารางที่ 3.1 โดย $k$=0.8

| Elapse Time | Settling Time | *NV* | *k* | *k*NV* | 1+*k* | *NA* |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 5 | 4 | 0.8 | 3.2 | 1.8 | 1.777 |
| 2 | 5 | 3 | 0.8 | 2.4 | 1.8 | 2.321 |
| 3 | 5 | 2 | 0.8 | 1.6 | 1.8 | 2.178 |
| 4 | 5 | 1 | 0.8 | 0.8 | 1.8 | 1.654 |
| 5 | 5 | 0 | 0.8 | 0 | 1.8 | 0.919 |
| 6 | 5 | -1 | 0.8 | -0.8 | 1.8 | 0.066 |
| 7 | 5 | -2 | 0.8 | -1.6 | 1.8 | -0.852 |
| 8 | 5 | -3 | 0.8 | -2.4 | 1.8 | -1.806 |
| 9 | 5 | -4 | 0.8 | -3.2 | 1.8 | -2.781 |
| 10 | 5 | -5 | 0.8 | -4 | 1.8 | -3.767 |
| 11 | 5 | -6 | 0.8 | -4.8 | 1.8 | -4.759 |
| 12 | 5 | -7 | 0.8 | -5.6 | 1.8 | -5.755 |
| 13 | 5 | -8 | 0.8 | -6.4 | 1.8 | -6.753 |
| 14 | 5 | -9 | 0.8 | -7.2 | 1.8 | -7.751 |
| 15 | 5 | -10 | 0.8 | -8 | 1.8 | -8.751 |

**ตารางที่ 3.3** ค่าของน้ำหนักที่ได้โดยที่ $k$=0.5

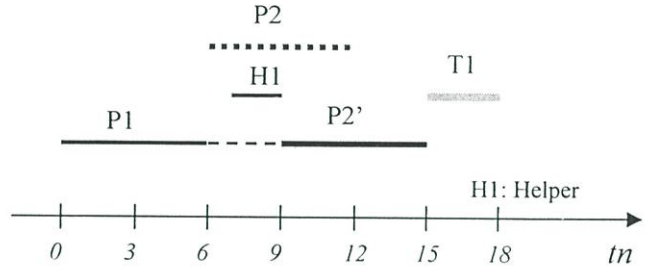
| Elapse Time | Settling Time | *NV* | *k* | *OA* | *k*NV* | 1+*k* | *NA* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 5 | 4 | 0.5 | 0 | 2 | 1.5 | 1.333333 |
| 2 | 5 | 3 | 0.5 | 1.333333 | 1.5 | 1.5 | 1.888889 |
| 3 | 5 | 2 | 0.5 | 1.888889 | 1 | 1.5 | 1.925926 |
| 4 | 5 | 1 | 0.5 | 1.925926 | 0.5 | 1.5 | 1.617284 |
| 5 | 5 | 0 | 0.5 | 1.617284 | 0 | 1.5 | 1.078189 |
| 6 | 5 | -1 | 0.5 | 1.078189 | -0.5 | 1.5 | 0.38546 |
| 7 | 5 | -2 | 0.5 | 0.38546 | -1 | 1.5 | -0.40969 |
| 8 | 5 | -3 | 0.5 | -0.40969 | -1.5 | 1.5 | -1.27313 |
| 9 | 5 | -4 | 0.5 | -1.27313 | -2 | 1.5 | -2.18209 |
| 10 | 5 | -5 | 0.5 | -2.18209 | -2.5 | 1.5 | -3.12139 |
| 11 | 5 | -6 | 0.5 | -3.12139 | -3 | 1.5 | -4.08093 |
| 12 | 5 | -7 | 0.5 | -4.08093 | -3.5 | 1.5 | -5.05395 |
| 13 | 5 | -8 | 0.5 | -5.05395 | -4 | 1.5 | -6.03597 |
| 14 | 5 | -9 | 0.5 | -6.03597 | -4.5 | 1.5 | -7.02398 |
| 15 | 5 | -10 | 0.5 | -7.02398 | -5 | 1.5 | -8.01599 |

กรณีค่าของช่องสุดท้ายหรือ *NA* จะมีค่าประมาณน้อยกว่า 0.5 เมื่อเวลาที่ใช้เกินกว่าเวลาที่กำหนดเล็กน้อยหรืออยู่ในภาวะของ ES จากตารางกรณีใช้เวลาเกินกว่าเวลาที่กำหนดเป็นสองเท่าค่า *NA* ติดลบประมาณ -3.12 เมื่อ $k$=0.5 และมีค่าติดลบมากขึ้นเมื่อใช้เวลามากขึ้น กรณีค่าผลลัพธ์ติดลบและใช้เวลามากจะให้เป็นภาวะของ IS ส่วนกรณีใช้เวลาน้อยกว่าหรือเท่ากับเวลาที่กำหนดค่าที่ได้จะประมาณหนึ่งหรือมากกว่า ถ้าใช้พอดีค่าเวลาที่กำหนดจะได้เป็นศูนย์ จากกรณีตัวอย่างนี้มีข้อกำหนดว่า $k$ ต้องไม่น้อยกว่า 0.5

## 3.3 กระบวนการของระบบปรับการนำเสนอ

3.3.1 ขั้นตอนการทำงานของระบบนำเสนอ

องค์ประกอบจากแนวคิดว่าการนำเสนอบริบท ต้องมีภาวะการณ์อยู่หลายประการแต่ในตัวงานนี้ได้จำกัดในเรื่องการรับรู้ข้อมูลจากการคลิกเมาส์ และเวลาที่ถูกใช้ไปในการดูหรือ View ข้อมูลบนหน้าจอคอมพิวเตอร์และการใช้แบบทดสอบเลียนแบบการดูหนังสือ และมีแบบฝึกหัดท้ายบทที่ใช้กันอยู่โดยทั่วไปเป็นหลัก โดยมีช่วงเวลาบน Temporal Frame ดังแสดงในรูปที่ 3.7




**รูปที่ 3.7** ช่วงเวลาในการนำเสนอบริบทที่เกิดภาวะของ H1

ในภาพเป็นกระบวนการย่อยอันหนึ่งในการเปลี่ยนแปลงการนำเสนอเนื้อหา จากการพิจารณาค่าช่วงเวลาของหน้าข้อมูล P1 ที่เกินกว่าที่ตั้งไว้แสดงโดยเส้นประ นั้นคือเกิดการเหลื่อมหรือใช้เวลามากกว่าที่ควรระบบจึงมี H1 หรือตัวช่วยอธิบายเพิ่มเติมในการช่วยผู้ศึกษาให้ได้รับข้อมูลรายละเอียดเพิ่ม เพื่อจะได้ปรับการนำเสนอเพื่อให้ผู้เรียนสามารถติดตามได้ และเวลาที่เริ่มบน H1 และสิ้นสุดจะเป็นข้อมูลของระบบในการตัดสินใจว่าจะให้แสดงหน้าถัดไปเป็น P2' หรือถ้าเวลาที่ใช้ไม่เกินที่กำหนดระบบก็จะแสดงข้อมูล P2 และจบลงด้วยการทดสอบเพื่อประเมินผล จากผังในรูปที่ 3.7 ใช้เป็นตัวกำหนดเงื่อนไขเพื่อจะเขียนโปรแกรมให้ทำงานตามสภาวะที่ปรากฏ

3.3.2 รูปแบบเปลือกการปรับการนำเสนอ (Adaptive Shell)

เนื่องจากเราแบ่งแยกเป็นสถานะหลักอันได้แก่ ภาวะปกติที่ผู้เรียนสามารถติดตามเนื้อหาได้ปกติเรียกว่าสถานะ Accustomed state หรือ AS นั้นคือผู้เรียนสามารถเรียนและทำแบบทดสอบได้ผ่านเกือบทุกวัตถุประสงค์หลัก ส่วนภาวะที่ติดตามเนื้อหาได้ในบางส่วนนั้นได้แก่ใช้เวลามากกว่าที่กำหนด การทำแบบทดสอบไม่ผ่านประมาณหนึ่งในสี่ส่วนของจำนวนแบบทดสอบทั้งหมดจะจัดให้อยู่ในสถานะ Eccentric state หรือสภาวะ ES และใช้เวลามากกว่าที่กำหนดมากๆ และทำแบบทดสอบได้สองในสี่ส่วนแต่ต่ำกว่าหนึ่งในสี่ให้อยู่ในสถานะ Irregular state หรือ IS แสดงดังตารางที่ 3.4 และ 3.5 จากนั้นจึง Implement จากการวิเคราะห์หาน้ำหนักเพื่อนำเสนอเนื้อหา โดยจะเป็นไปตามแผนที่ใช้เพื่อปรับเส้นทางของเนื้อหาที่ถูกสร้างขึ้นบนลักษณะการติดต่อระหว่าง Client กับ Server แต่เนื่องจาก Web page ติดต่อกับ Server ในภาวะของ Stateless จึงต้องทำให้การสื่อสาร

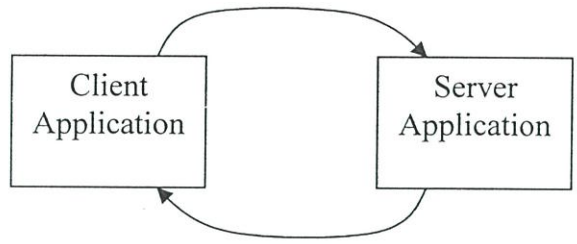
ที่เกิดขึ้นเป็นการติดต่อระหว่าง Client Application กับ Server Application เพราะว่าระบบต้องมีการโต้ตอบกันระหว่าง User และระบบ รวมถึงการที่ต้องมีการรับส่งข้อมูลที่จำเป็นตลอดเวลาทำให้มีข้อจำกัดหลายด้าน โดยเฉพาะในเรื่องของการใช้แถบความถี่ของระบบเครือข่ายอย่างมาก โดยมีโครงสร้างดังรูปที่ 3.8 ที่จะทำให้เกิดการตอบสนองได้ใกล้เคียงอุดมคติ กรณีถ้า $k$=0หรือ $k$<0.5 ไม่สามารถตอบแบบทดสอบให้ผ่านเกณฑ์ได้เลยจะถือว่าไม่ผ่านเกณฑ์ให้เริ่มต้นใหม่ และการต้องให้ค่าเริ่มต้นกับ $OA$=0.5 จึงจะเหมาะสมเพราะถ้าให้เป็นศูนย์เมื่อการใช้เวลา $Td$=0 ไม่สามารถหาค่า $NA$ ได้ และการแยกแยะน้ำหนักชี้ชัดได้ยากจึงกำหนดให้ $OA = |NA|$ ค่าเฉลี่ยใหม่จะเป็นค่าเดิมเมื่อจะหาค่าเฉลี่ยใหม่ของ $NA$ พิจารณาจากช่วงเวลาเป็น 20 ถึง 30 เปอร์เซ็นต์และจาก 30 เปอร์เซนต์ขึ้นไปตามลำดับในการตรวจสอบน้ำหนัก ดังตัวอย่างค่าที่แสดงถัดไป

**ตารางที่ 3.4** ค่าของ NA เมื่อกำหนดค่า $k$>0.5 $k$=1 และ $k$=0.5 (กรณี k<0.5 ถือว่าไม่ผ่านเกณฑ์)

| Elapse Time | Settling Time | *Td* | *k* | *NA* |
|---|---|---|---|---|
| 10 | 10 | 0 | 0.51 | 0.331126 |
| 12 | 10 | -2 | 0.51 | -0.45621 |
| 10 | 10 | 0 | 0.51 | 0.302125 |
| 11 | 10 | -1 | 0.51 | -0.13767 |
| 13 | 10 | -3 | 0.51 | -0.92208 |
| 5 | 5 | 0 | 0.5 | 0.614717 |
| 5 | 5 | 0 | 0.5 | 0.409811 |
| 8 | 5 | -3 | 0.5 | -0.72679 |
| 5 | 5 | 0 | 0.5 | 0.484528 |
| 5 | 5 | 0 | 0.5 | 0.323019 |
| 4 | 5 | 1 | 1 | 0.661509 |
| 6 | 5 | -1 | 1 | -0.16925 |
| 5 | 5 | 0 | 1 | 0.084623 |
| 13 | 10 | -3 | 1 | -1.17202 |

**ตารางที่ 3.5** การกำหนดระดับการนำเสนอเนื้อหา

| Initial OA=0.5 | AS($Td$>=0) | ES($Td$<0) | IS($Td$<0) |
|---|---|---|---|
| $k$<0.5 start-over | - | - | - |
| $k$=0.5 | - | -0.5<$NA$($Td$>≅$Ts$+ 20%) | $NA$<-0.5($Td$ >≅$Ts$+30%) |
| $k$>0.5 | $NA$>0 (at< ≅$Ts$) | -0.5<$NA$( $Td$ >≅ $Ts$+ 20%) | $NA$<-1 ($Td$ >≅$Ts$+30%) |

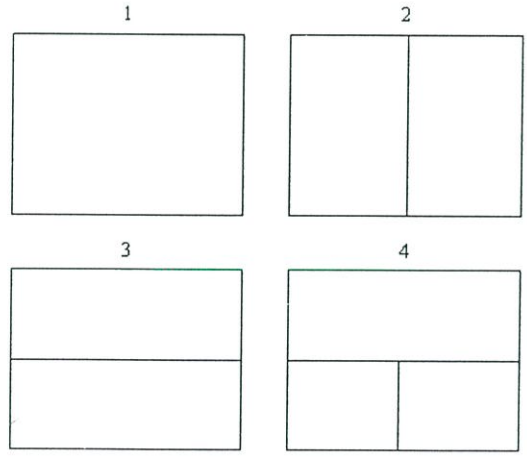



**รูปที่ 3.8** การสนองตอบระหว่างกันของ Client และ Server Application

การจัดการในเรื่องเวลาสำคัญอย่างยิ่งเมื่อเกิดการติดต่อกันจะต้องอ่านข้อมูลจาก Timer tags จาก Server มายัง Client เพื่อให้โปรแกรมฝั่ง Client สามารถ Track ตามเวลาที่กำหนดได้และคำนวณค่าตามสมการข้างต้นได้และต้องมีการตรวจสอบ Event ที่เกิดโดยแบ่งการทำงานเป็นสองแบบคือแบบปกติธรรมดาไม่มีการ Track ค่าต่างๆ และแบบที่มีการ Track ตามการ Track ตามยังแยกย่อยเป็นสองแบบคือ ใช้เวลาในการตัดสินสถานะ และใช้ทั้งเวลาและผลการทดสอบในการประเมินสถานะ ภาพของผู้ใช้งานโดยใช้เทคนิค Remoting

3.3.3 รูปแบบเทมเพล็ตโครงร่างที่นำเสนอ

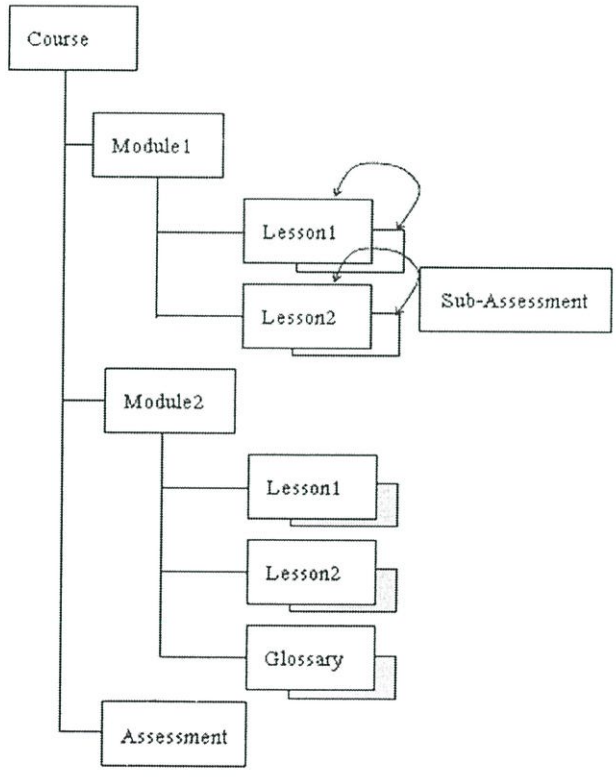
โครงร่างของระบบคำนึงถึงจุดสนใจบนหน้าจอเป็นหลักหรือ Fisheye view ของจอภาพที่จะนำเสนอข้อมูลโดยได้แบ่งเป็นสี่แบบดังนี้




**รูปที่ 3.9** หน้าตาโครงร่างของการนำเสนอ

โดยแบบที่ 1 แสดงการนำเสนอแบบใช้สอยเนื้อที่ส่วนใหญ่ของหน้าจอภาพดังรูปที่ 3.9 แบบที่ 2 และ 3 แสดงเทมเพล็ตการแบ่งหน้า จอภาพเป็นสองส่วน ได้แก่แบ่งแบบด้านซ้ายและด้านขวาของจอภาพ การแบ่งจอภาพเป็นสองส่วนตามแนวนอนตามลำดับ ส่วนแบบที่ 4 แบ่งให้มีพื้นที่บนและล่าง ส่วนตอนล่างแบ่งเป็นสองส่วนย่อยคือด้านซ้ายและด้านขวาของจอภาพ แต่ละแบบเพื่อให้

เหมาะกับแต่ละกรณี การวางแบบให้แยกตัวเนื้อหาแบบตัวอักษรและเนื้อหาที่เป็นภาพนิ่งที่จะบรรจุในด้านบนหรือด้านล่าง ด้านซ้ายหรือด้านขวาแต่ความเป็น Fisheye view จะลดลงเนื่องจากพื้นที่ถูกแบ่ง กรณีเทมเพล็ตอันสุดท้ายเป็นการแบ่งส่วนล่างเป็นสองส่วนย่อย ทำให้สามารถบรรจุข้อมูลที่แตกต่างกันได้เพิ่มอีกหนึ่งพื้นที่ใช้สอย จากนั้นนำเนื้อหาที่เหมาะสมบรรจุลงไปโดยลำดับตามเส้น Course path ที่มีลักษณะตามวิธีการของ SCORM ที่เป็นการเรียงลำดับเนื้อหาปกติ ในลักษณะที่คล้ายกันนี้ก็เนื่องด้วยโครงสร้างเนื้อหาเป็นรูปแบบตามแบบฉบับการวางแผนการศึกษา(Pedagogic) ซึ่งก็เหมือนต้นแบบ SCORM แต่ต้องเพิ่มเติมส่วนเสริมของระบบนี้โดยต้องเพิ่มรายละเอียดเนื้อหาในส่วนของตัวช่วยเหลือ และตัวแสดงคำชี้แนะรายละเอียดเพิ่มเติมในรูปที่ 3.10 และเส้นทางการเคลื่อนที่ของเนื้อหาก็จะสามารถกระโดดไปมาระหว่างเนื้อหาหลักและเนื้อหาเสริมได้ตลอด ทั้งนี้ขึ้นกับการประเมินจากเวลาและคะแนนการทำแบบทดสอบย่อย




**รูปที่ 3.10** การเพิ่มเติมตัวช่วยและตัวให้คำชี้แนะเพื่อขยายความให้ผู้ใช้เข้าใจข้อมูล

รูปแบบเส้นทางของเนื้อหา จากการเพิ่มรายละเอียดเข้าไปในระบบ มีผลกระทบในการทำให้ต้องสร้างรูปแบบเพื่อเป็นแนวทางในการเคลื่อนที่ของเนื้อหาหลักและเนื้อหาเสริม โดยพิจารณาจากเงื่อนไขสี่องค์ประกอบคือ เวลาที่ใช้ไปกับเนื้อหาส่วนนั้นกับเวลาที่ถูกตั้งจากผู้สร้างเนื้อหาหรือผู้สอน ผลจากตัวทดสอบที่นำคะแนนมาคำนวณน้ำหนัก ตามวิธีการที่ได้อธิบายซึ่งทำให้สามารถเปลี่ยนแปลงให้มีตัวช่วยเหลือและตัวแนะนำในการเรียนสู่ผู้เรียนได้ตามน้ำหนักที่ประเมิน

# บทที่ 4

# การทดลองและผลการวิจัย

การเตรียมการเพื่อทดสอบระบบนี้มีจุดหลักอยู่ที่การนำเสนอต่อผู้เรียน พื้นที่การนำเสนอตัวบริบทเพื่อให้ผู้รับข้อมูลสะดวกและเพื่อแยกแยะข้อมูลที่เหมาะสม ส่วนกลุ่มการทดลองนั้นได้สุ่มผู้ทดสอบระบบจากผู้เรียนที่มีพื้นฐานความรู้แตกต่างกันและเหมือนกันเพื่อทดสอบระบบ ในการทดลองนี้จำกัดโดยเน้นกับผู้เรียนเท่านั้น โดยมีรูปแบบในการนำเสนอและผลการทดลองดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

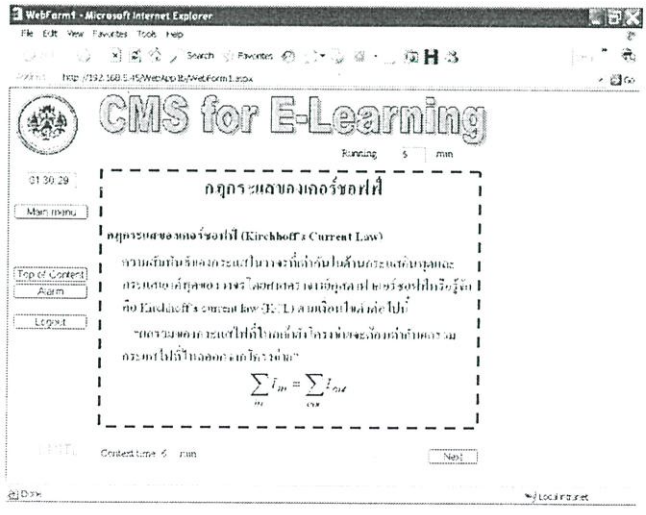
## 4.1 รูปแบบในการนำเสนอ

4.1.1 รูปแบบหน้าที่ปรากฏบนจอภาพ

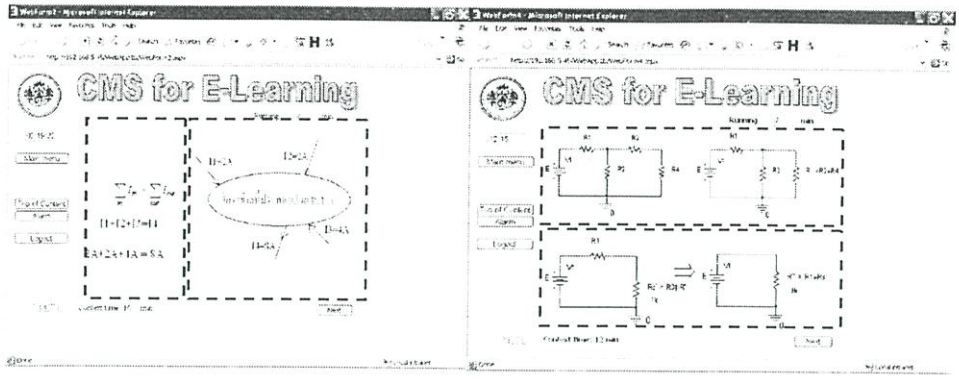
การทดลองระบบนี้ได้แบ่งเลย์เอาต์เป็นสามส่วนคือ ส่วนการทำงานของระบบที่จะนำข้อมูลเข้ารวมถึงเสนอข้อมูล ส่วนการประเมินผลและส่วนการเลย์เอาต์ที่จะเสนอบนหน้าจอหรือบน Webpage ซึ่งมีลักษณะการแบ่งหน้าจอภาพออกเป็นรูปลักษณะอันได้แก่

- แบบใช้สอยเนื้อที่ส่วนใหญ่ของหน้าจอภาพ
- แบบแบ่งหน้าเป็นสองส่วนประกอบด้วยด้านบนและด้านล่างของจอภาพ
- แบบแบ่งหน้าเป็นสองส่วนประกอบด้วยด้านซ้ายและขวา
- แบบสามส่วนประกอบด้วยด้านบนหนึ่งส่วนและด้านล่างซึ่งถูกแบ่งเป็นสองส่วน

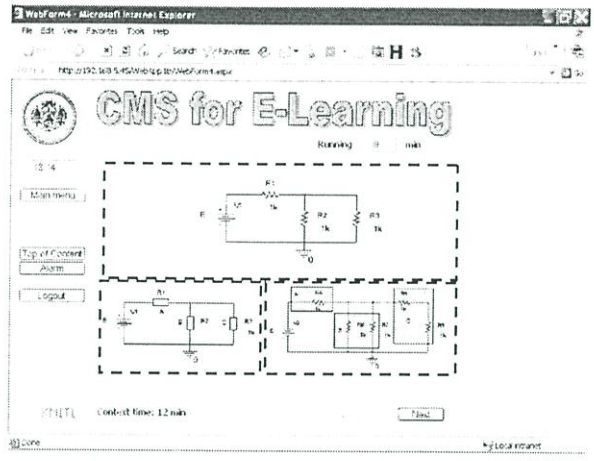
โดยมีลักษณะดังรูป




**รูปที่ 4.1** ตัวอย่างรูปแบบใช้สอยเนื้อที่ส่วนใหญ่ของหน้าจอภาพ



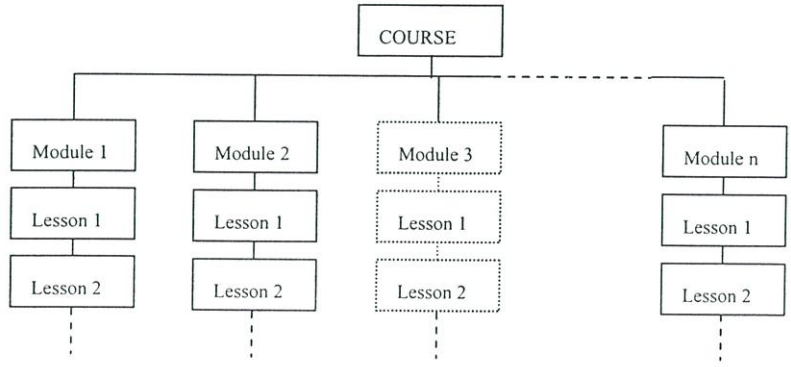

**รูปที่ 4.2** ตัวอย่างรูปแบบแบ่งสองส่วนด้านซ้ายด้านขวาและด้านบนล่าง



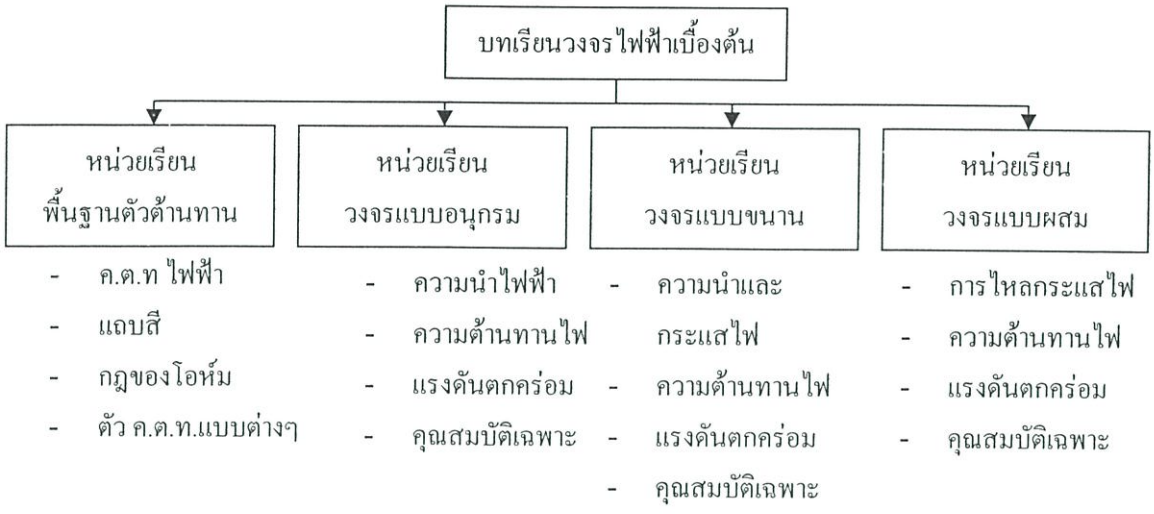

**รูปที่ 4.3** ตัวอย่างแบบแบ่งสามส่วน

4.1.2 รูปแบบข้อมูลที่ใช้ทดลอง

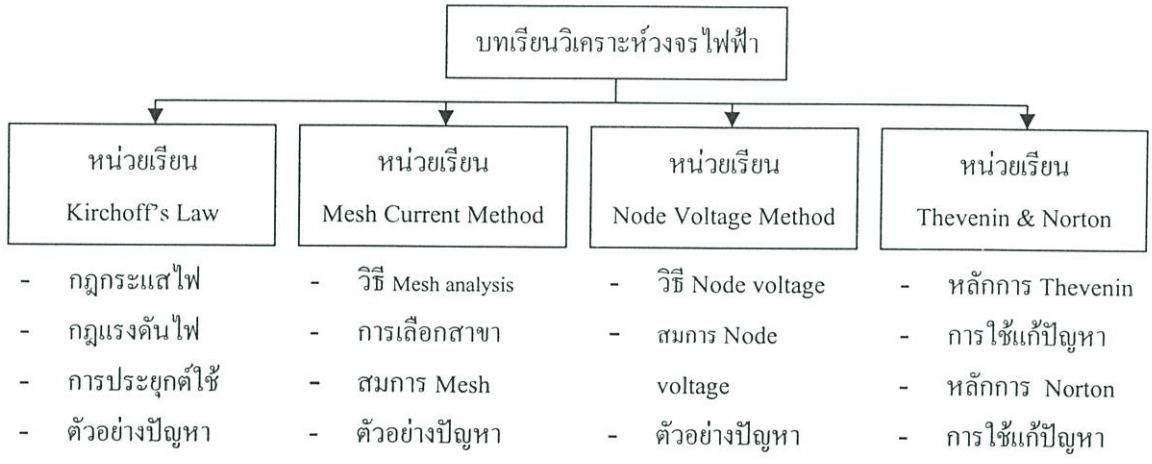
เนื่องจากการนำเสนอข้อมูลต่อผู้ศึกษา มีความเหมาะสมต่อรูปแบบของเนื้อหาที่แตกต่างกันฉะนั้น จึงจำเป็นอย่างยิ่งในการนำเสนอข้อมูล ตามลักษณะรายหน่วยวิชาดังต้นไม้กิจกรรม (Activity tree) ตามลำดับ (Sequencing) เนื้อหาตามรูปแบบในรูปที่ 4.4 แทนด้วยวิชาดังรูปที่ 4.5 และ 4.6 ตามลำดับ




**รูปที่ 4.4** Activity Tree ของ Module




**รูปที่ 4.5** ต้นไม้กิจกรรมของวิชาวงจรไฟฟ้าเบื้องต้น

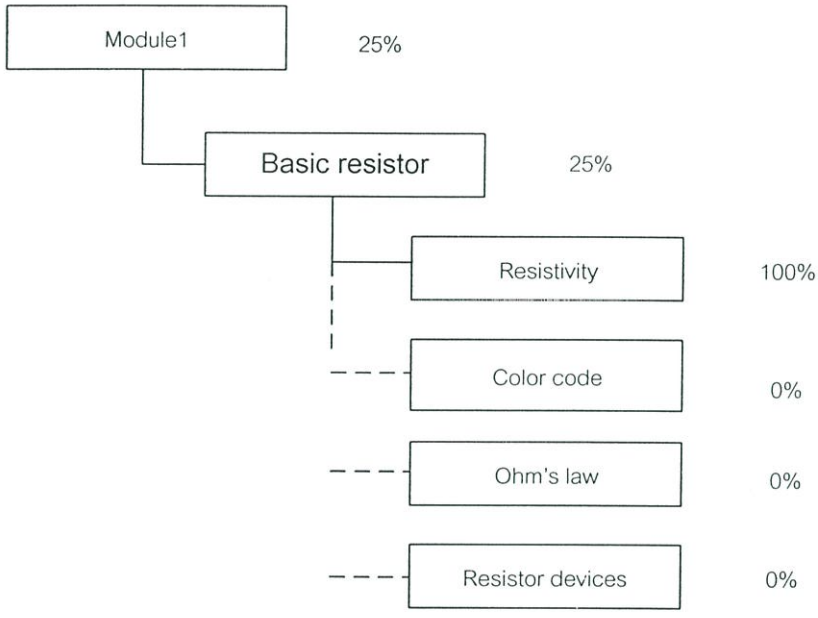



**รูปที่ 4.6** ต้นไม้กิจกรรมของการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสตรง

แต่เนื่องจากวิชานี้เป็นพื้นฐานของทางด้านอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์ จึงมีความสำคัญและสามารถเชื่อมโยงถึงการวิเคราะห์การทำงานของวงจร อีกทั้งเรื่องการวิเคราะห์หาจุดเสียของวงจรในงานซ่อมบำรุงและเพื่อแสดงให้เห็นจึงใช้ลักษณะความสัมพันธ์ในเรื่องของ Schemas relationship ของวงจร โดยคำนึงถึงความสัมพันธ์ของลักษณะการเชื่อมต่อและพิจารณาเป็นส่วนหรือที่เรียกว่า Cluster ดังต้นไม้กิจกรรมของรูปที่ 4.5 และรูปที่ 4.6 เห็นได้ว่าได้ถูกแบ่งเป็นสี่กลุ่มในแต่ละกลุ่มก็จะมี Parent และ Child เช่น บทเรียนวงจรไฟฟ้าเบื้องต้นเป็น Parent และมีหน่วยเรียนต่างๆ เป็น Child ในส่วนของหน่วยเรียนก็มีหน่วยเรียนเป็น Parent ของกลุ่ม (Cluster) นั้นๆ เช่นความต้านทาน ก็จะมี Child เป็นการนำไฟฟ้า แถบสีเพื่อใช้อ่านค่ากฎของ Ohm เพื่อจะได้เข้าใจว่าการมีกระแสไฟไหลในวงจรทำให้เกิดแรงดันไฟตกคร่อม เมื่อเข้าสู่กิจกรรมนั้นๆ คืออยู่ที่ Leaf node เป็นการเดินเข้าสู่ส่วนใบของต้นไม้ เมื่อ

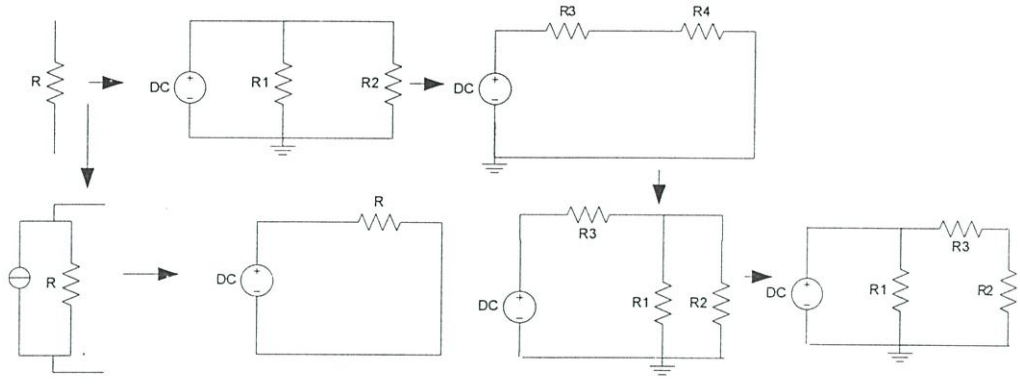
เกิด Active ขึ้นแสดงว่าถูกใช้งานอยู่จะเรียงลำดับของเนื้อหาย่อยตามตำแหน่ง Resource กิจกรรมอิงตามรูปแบบมาตรฐานของ IEEE Learning Object Metadata standard

เมื่อเริ่มเรียนจะเป็นความพยายามของผู้เรียนที่จะเรียนอย่างต่อเนื่องหรือเรียนๆ หยุดๆ เรียกว่าเป็นสภาวะ Learner attempt ส่วนอีกสภาวะคือ Learner session ที่ผู้ใช้งานระบบอยู่ซึ่งต้องมีการรับส่งข้อมูล



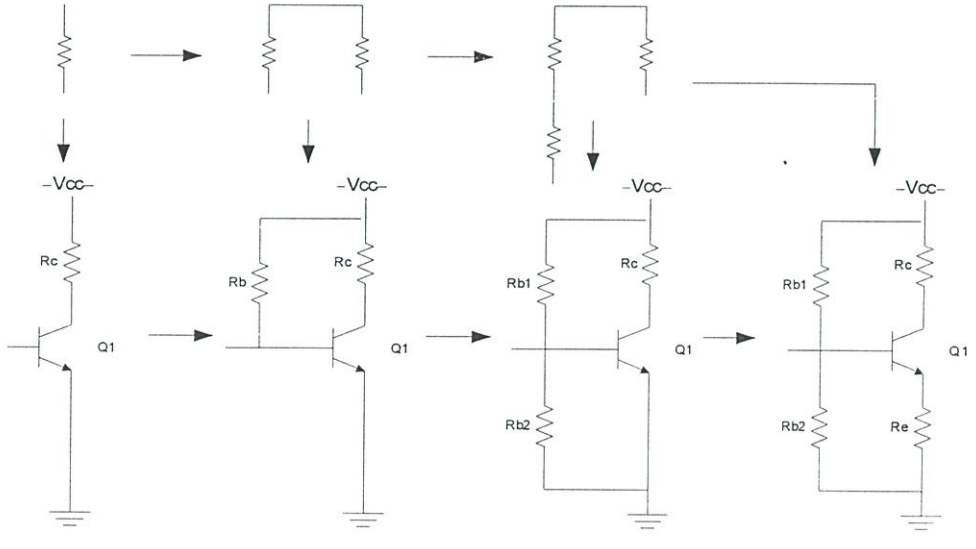

**รูปที่ 4.7** ต้นไม้กิจกรรมของการประเมินโมดูลพื้นฐานที่สร้างขึ้น

บนระบบประกอบด้วยการ Initialize() การ Terminate() GetValue() และ SetValue() เป็นต้น ตาม Learning objective โดยมีภาวะของการ Rollup ว่ากี่เปอร์เซ็นต์เพื่อตรวจสอบความก้าวหน้าของการใช้เนื้อหาในรูปที่ 4.7 เนื้อหาของโมดูลพื้นฐานความต้านทานมีหัวข้ออยู่ 4 หัวข้อเมื่อผ่านหัวข้อแรกไปแล้วก็จะมีผลการ Rollup ของหัวข้อนั้น 100% ส่งผลให้ทั้งโมดูลมีความก้าวหน้าไป 25% เช่นกัน ถ้าทำได้ครบทุกหัวข้อนั้นคือแต่ละหัวข้อมีค่าการ Rollup เฉลี่ยคือ 25% ถ้าผ่านทุกหัวข้อเมื่อรวมแล้วก็จะได้เป็น 100% ของโมดูล นั้นคือจบหน่วยเรียน จากความต้านทานและตัวต้านทานเมื่อนำมาใช้งานก็จะมีการเชื่อมต่อวงจรไฟฟ้าพื้นฐานสองแบบหลักคือต่อแบบขนานและแบบอนุกรม ทำให้กลายเป็นส่วนที่รวมทั้งสองแบบเข้าด้วยกันเรียกว่าการต่อแบบผสม เนื่องจากการคิดคำนวณที่เกี่ยวข้องกับกฎของโอห์มนั้น ต้องมีความเข้าใจในเรื่องของแหล่งจ่ายไฟทั้งกระแสและแรงดัน จึงจะมองเห็นภาพได้ชัดเจน รวมถึงความเข้าใจที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในกับโมดูลแบบวงจรอื่นๆ เช่นกันดังนี้




**รูปที่ 4.8** ความสัมพันธ์ของเนื้อหาจากพื้นฐาน

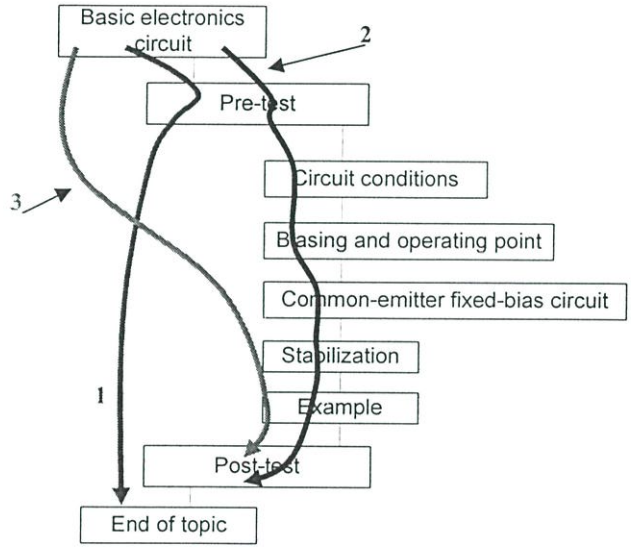
เช่นจากการทดลองเมื่อเนื้อหาอยู่ในเรื่องการคำนวณค่าความต้านทานแบบขนาน หรืออนุกรมถ้าใช้เวลามากกว่าปกติ(ES) ก็จะแสดงตัวช่วยในลักษณะการอธิบายเกี่ยวกับกฎของ Ohm และสูตรคำนวณในตัวช่วย (Helper) ถ้าตอบคำถามได้คะแนนต่ำและใช้เวลามากกว่าที่กำหนดเกินกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ ของเวลาที่กำหนดก็จะมีตัวแนะนำอธิบายเพิ่มเติม เกี่ยวกับวิธีคำนวณแบบขนาน และอนุกรมเพิ่มเติมให้เพื่อให้ผู้เรียนระลึกหรือเตือนถึงข้อมูลที่อาจหลงลืมไป แสดงถึงรายละเอียดขั้นตอนในเรื่องกฎการแยกไหลของกระแสไฟและการตกคร่อมของแรงดันไฟในวงจรแบบอนุกรมและวงจรแบบขนาน เพื่อทำให้ภาพชัดเจนขึ้นเสมือนการทวนข้อมูลก่อนหน้าที่ตกหล่นไปดังในรูปที่ 4.9 การประยุกต์วงจรพื้นฐานกับอุปกรณ์ไบโพล่าร์ทรานซิสเตอร์ทำให้เข้าใจการใช้งานและคำนวณวงจรร่วมกันกับอุปกรณ์แบบแอกตีฟในลักษณะแบบแยกองค์ประกอบทำให้ง่ายต่อการจดจำในระยะยาว




**รูปที่ 4.9** ความสัมพันธ์เนื้อหาสู่วงจรที่ซับซ้อนขึ้น

4.1.3 การเลือกใช้เส้นทาง (Choice Flow Action)

ทางเลือกในการเรียนสามารถเลือกได้โดยตรง เมื่อผู้เรียนต้องการเรียนบทเรียนใดหรือหัวข้อใดโดยใช้ปุ่ม Next และ Previous เพื่อเดินหน้าไปยังเนื้อหาใหม่หรือถอยหลังกลับไปดูสิ่งที่ผ่านมาแล้วได้ ในลักษณะนี้มีแบบทดสอบก่อน เพื่อยืนยันพื้นความรู้ที่มีว่าเพียงพอในการผ่านหัวข้อบางหัวข้อได้หรือใช้เงื่อนไขการทดสอบหลังจากเรียนรู้หัวข้อนั้นแล้วเพื่อยืนยันว่ามีความรู้อยู่ในระดับผ่านเกณฑ์ (ในที่นี้คิดที่ 50%) เช่นในงานนี้ถ้ามีการทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) แล้วผ่านเกณฑ์ในหัวข้อวงจรไฟฟ้าเบื้องต้นก็ไม่ต้องเข้าไปศึกษาในโมดูลดังกล่าว สามารถผ่านเข้าสู่หน่วยการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสตรงได้เลย




**รูปที่ 4.10** เงื่อนไขเส้นทางที่เกิดจากกฎเส้นทางเรียน

ลักษณะแบบเดียวกัน ก็สามารถผ่านเข้าศึกษาหน่วยเรียนเรื่องการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นได้เช่นกันดังแสดงให้เห็นการผ่านวัตถุประสงค์ (Objective) แต่ละหน่วยในรูปที่ 4.7 เพราะการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นใช้ความรู้พื้นฐานวงจรไฟฟ้าเบื้องต้นเป็นพื้นฐานความรู้ และในส่วนของการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสตรง ผู้เรียนสามารถเลือกที่จะศึกษาตัวใดก็ได้เป็นอิสระหลังจากศึกษากฎของ Kirchhoff's law แล้วเพราะเรื่อง Kirchhoff's law เป็นพื้นฐานในหลายวิธีของการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสตรงนี้ในระบบเส้นทาง (Flow path) สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.7 และจากรูปที่ 4.10 จะมีเส้นทางจากรูปประกอบด้วยเส้นทางหลักอยู่ 3 เส้นทางอันมีขอบเขตดังต่อไปนี้

รูปแบบที่ 1 คือทดสอบ Pre-test ผ่านทุกวัตถุประสงค์สามารถจบหัวข้อได้ทันทีโดยไม่ต้องศึกษาเพิ่มเติม

รูปแบบที่ 2 คือการทดสอบ Pre-test แต่ไม่ผ่านในทุกวัตถุประสงค์จะต้องศึกษาผ่านทุกวัตถุประสงค์ของหัวข้อและต้องผ่าน Post-test

รูปแบบที่ 3 คือเข้าศึกษาตามวัตถุประสงค์ที่สนใจและผ่านการทดสอบ Post-test ตามเนื้อหาที่ปรับตามในหัวข้อที่ได้เข้าศึกษา

รูปแบบที่ 4 เมื่อผ่านการทดสอบ Pre-test แล้วจะไม่สามารถทดสอบได้อีก

รูปแบบที่ 5 เมื่อผ่านการทดสอบ Pre-test แล้วจะผ่าน (Skip)ไปยังหน่วยเรียนถัดไป

รูปแบบที่ 6 Skip ถ้าเคยมีการเรียนผ่านหัวข้อนั้นมาก่อนหน้า

รูปแบบที่ 7 Skip ถ้าเคยเรียนผ่านบทเรียนนั้นมาก่อนหน้าให้ข้ามไปบทเรียนถัดไป

รูปแบบที่ 8 ไม่มีกฎใดๆ ใช้เงื่อนไข Else

4.1.4 การเลือกหน่วยเรียนและกลุ่มทดสอบ

กระบวนการที่กำหนดให้เกิดลำดับในการเข้าศึกษาและก่อให้เกิดการเลือกหัวข้อหรือหน่วยเรียนได้ตามมา ทำให้เกิดความอิสระของผู้เรียนว่าสนใจจะศึกษาหน่วยเรียนใดก่อนหลังตามโครงสร้างขอบเขตรูปแบบก่อนหน้านี้

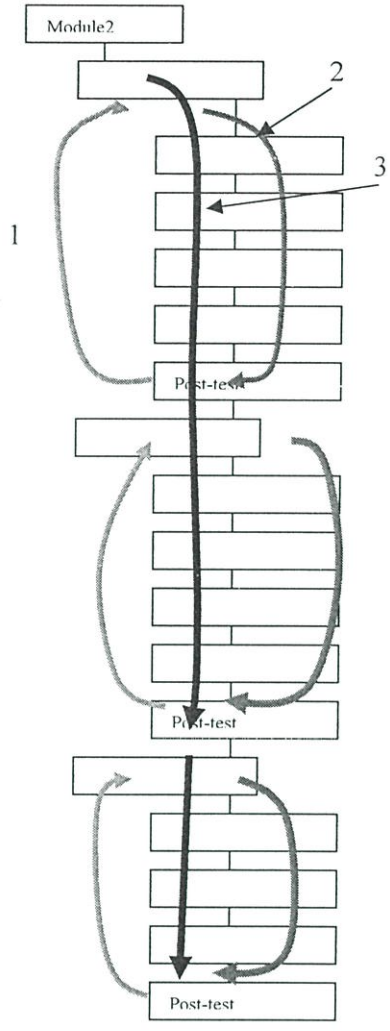
1. กรณีที่หนึ่งเมื่อศึกษาแต่ละหน่วยไม่ผ่าน Post-test จะต้องกลับไปศึกษาหน่วยนั้นใหม่

2. กรณีที่สองผ่านการ Post-test ของหน่วยแรกและผ่าน Post-test ของหน่วยสอง และศึกษาผ่านหน่วยสามและสามารถผ่าน Post-test ของหน่วยสาม

3. กรณีที่สามคือศึกษาผ่าน Post-test ของหน่วยแรกจากนั้นไปศึกษาหน่วยที่สามและผ่าน Post-test ของหน่วยที่สามถ้าไม่ผ่านก็ต้องกลับไปศึกษาหน่วยที่สามใหม่อีกครั้ง

ความเป็นเงื่อนไขข้อบังคับ (Conditional constraint) คือต้องมีการเรียนผ่านเนื้อหาที่เป็นเนื้อหาที่เกี่ยวโยงหรือเป็นพื้นฐานของหัวข้ออื่นๆ ดังรูปที่ 4.10 และรูปที่ 4.11 เห็นได้ว่า

การเลือกหน่วยเรียนด้วยการควบคุมผ่าน Navigation ด้วยปุ่ม Previous และ Next ของลำดับการไหลปกติที่ได้ทำการทดสอบแสดงดังรูปที่ 4.13



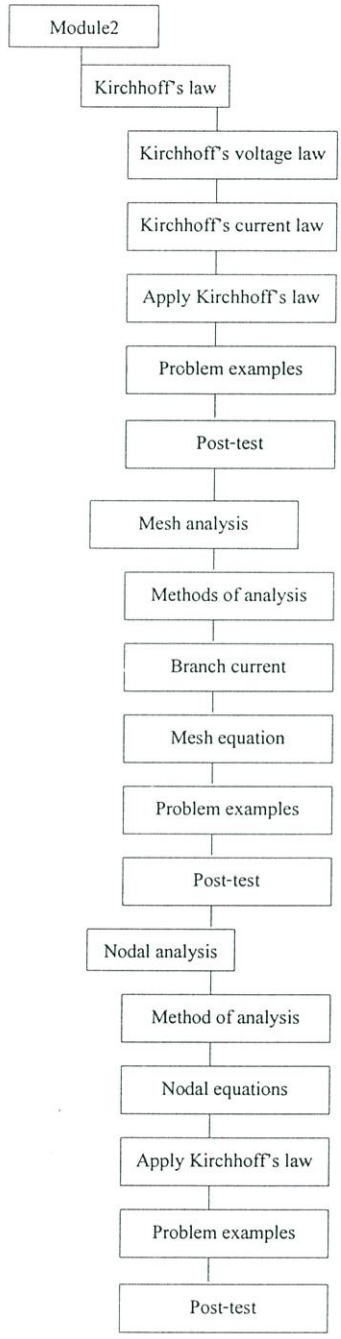

**รูปที่ 4.11** แบบการไหลที่มีข้อบังคับในการเลือกเส้นทาง

4.1.5 การกำหนดกลุ่มทดสอบ

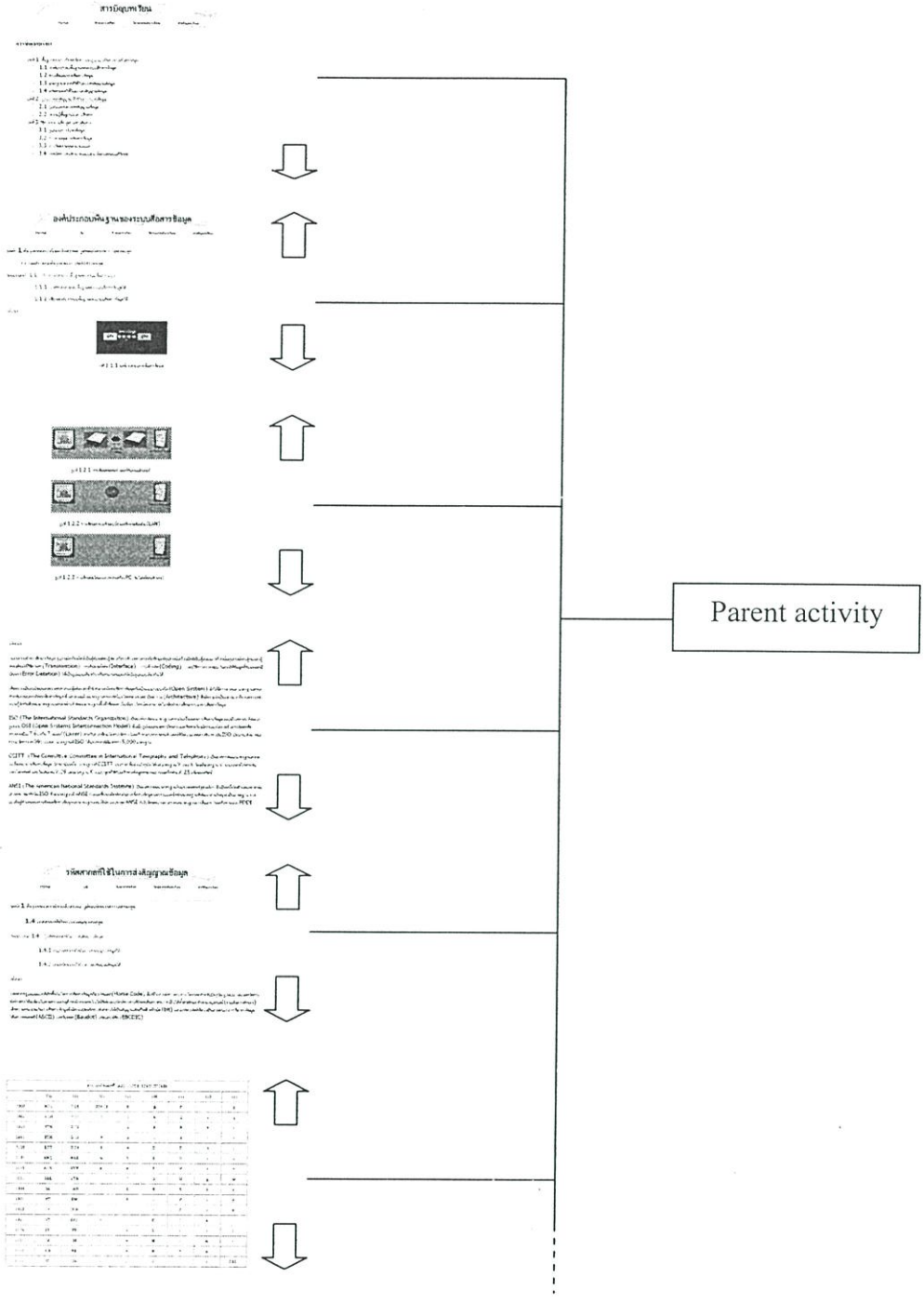
กลุ่มทดสอบที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักศึกษาแผนกเทคนิคคอมพิวเตอร์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตพระนครเหนือ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) หลักสูตร 2 ปี

การเลือกกลุ่มทดสอบคัดเลือกจากกลุ่มที่มีความรู้พื้นฐานดีมาก ความรู้พื้นฐานดี ความรู้พื้นฐานปานกลาง และความรู้พื้นฐานที่แทบไม่มีอยู่เลยหรือมีบางเล็กน้อยเพื่อทดสอบในสถานะที่แตกต่างกัน โดยคัดเลือกจากผลการเรียนเฉลี่ยที่ผ่านมาในอดีตจากชั้นเรียนปกติที่ผู้ทดสอบศึกษาอยู่ และการผลการทดสอบความรู้เบื้องต้นตามเนื้อหาหัวข้อที่จะให้ทดสอบ รวมถึงการสุ่ม (Random) ผู้ทดลองแบบคละกันระหว่างผู้ที่มีความรู้มากบ้างน้อยบ้างหรือไม่มี โดยไม่สนใจพื้นฐานความรู้ในเนื้อหาที่จะใช้ประเมินระบบ โดยทั้งหมดทุกกลุ่มทดสอบต้องฝึกใช้ระบบให้มีความเข้าใจการใช้งาน โดยอธิบายการใช้ระบบประมาณ 30 นาทีและให้ทดลองใช้กับเนื้อหาสมมติ (Dummy content) ด้วยการให้ทำซ้ำได้หลายครั้งจนทุกคนเข้าใจระบบ เพราะสมาชิกในกลุ่มทดสอบสามกลุ่มแรกจะใช้เป็นกลุ่มในการทดสอบรายละเอียด

เนื้อหา รวมถึงองค์ประกอบของเนื้อหาเช่น แสง สีของภาพ ข้อความลักษณะของตัวอักษร (Font and font size) รวมถึงขนาดและสี เพื่อปรับปรุงเนื้อหาในบางส่วนให้เหมาะสมยิ่งขึ้น




**รูปที่ 4.12** ลำดับหัวเรื่องของเนื้อหาการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสตรง




**รูปที่ 4.13** การไหลแบบปกติของเนื้อหา

4.1.6 ลำดับความต่อเนื่องตามกิจกรรม

การติดตามต้องมีการจัดเก็บข้อมูลที่จำเป็นอันได้แก่กิจกรรมที่เกิดตามวัตถุประสงค์นั้น คือเวลาที่ใช้ในกิจกรรมนั้นๆ การหยุดชงักของกิจกรรมเมื่อมีการเข้าศึกษา สถานะภาพว่ายังเป็นผู้เรียนอยู่หรือไม่ ตามต้นไม้กิจกรรมหรือการเกิดการท่องไปตามโนด ซึ่งขึ้นกับผู้ออกแบบเนื้อหาแต่โดยความเป็นจริง

แล้วถูกบังคับโดยมีเงื่อนไขจากฐานความรู้ที่เกิดขึ้นแก่ผู้เรียนเมื่อศึกษา เช่นตัวอย่างก่อนหน้าในเรื่องกฎของ Kirchhoff ที่ต้องรู้ก่อนเพราะวิธีการดังกล่าวต้องนำไปประยุกต์กับวิธีการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าเบื้องต้นอีกหลายวิธี ในการใช้งานกระบวนการจะเกิดจากลำดับต่อไปนี้

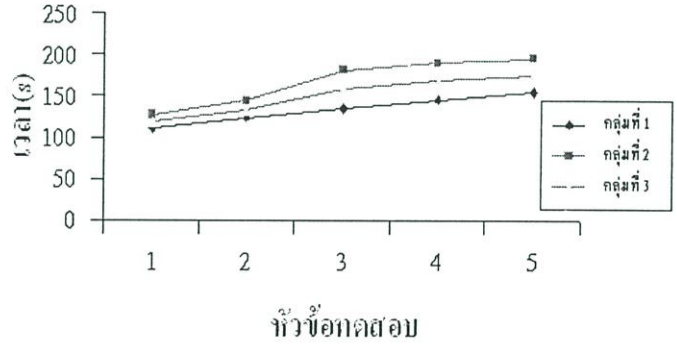
- ผู้ศึกษาทำการ Login เข้าสู่ระบบ
- ระบบทำการ Start และ Resume สถานะเดิม
- ส่วนควบคุมทำงานตามสถานะเดิม
- ต้นไม้กิจกรรมถูกติดตาม Tracking status
- ส่วนควบคุมส่งหน้าข้อมูลไปยังผู้เรียน
- ผู้ที่ศึกษาเริ่มศึกษาจากข้อมูลที่ได้รับ
- บันทึกเวลากรณีที่ระบบ Adaptive ไม่บันทึกเวลากรณีระบบ Non-adaptive
- ส่งหน้าช่วยเหลือกรณีกิจกรรมไม่ผ่านในเวลาที่ระบุกรณี Adaptive
- ส่งหน้าตรวจสอบความเข้าใจของผู้ที่ศึกษากรณี Adaptive
- ประเมินผู้เรียนใหม่เปลี่ยนรายละเอียดของหน้ากิจกรรมเนื้อหาใหม่ที่ต่างมุมมอง
- บันทึกสถานการณ์เปลี่ยนแปลงและตรวจสอบสถานะตามเงื่อนไขกฎเส้นทาง
- กรณีผู้เรียนต้องการหยุด โดยส่ง Termination request

## 4.2 การประเมินระบบและผลความก้าวหน้าของผู้เรียน

การประเมินความก้าวหน้าแบ่งเป็นสามองค์ประกอบได้แก่ การสร้างขั้นตอนการตอบสนองระหว่างผู้ใช้ระบบ Client และตัว Server ขั้นตอนคะแนนของการประเมินความก้าวหน้าระหว่างเรียนและการทดสอบหลังเรียน ขั้นตอนการตรวจสอบเวลาในการใช้งานระบบ จากการทดสอบกลุ่มย่อยกับตัวอย่าง 5 หัวข้อ ผลของการประเมินจากสามกลุ่มแรกจากกลุ่มทดสอบที่ได้แบ่งไว้ในหัวข้อ 4.1.4 เพื่อปรับระยะเวลาของเนื้อหาให้เหมาะสมในการศึกษาในหัวข้อเรื่อง เห็นได้ว่ากลุ่มที่มีความรู้พื้นฐานดีมากกลุ่มที่ 1 และดีคือกลุ่มที่ 2 จะทำเวลาได้ดีแม้เนื้อหาจะมีระดับความซับซ้อนเพิ่มขึ้นตามลำดับ ส่วนกลุ่มที่มีความรู้ปานกลางหรือกลุ่มที่ 3 จะใช้เวลามากกว่าดังรูปที่ 4.14 ทำให้ได้ระยะเวลาที่เหมาะสมต่อเนื้อหาที่ถูกนำมาปรับใช้กับเนื้อหาในระบบให้เหมาะสมขึ้น ทำให้สามารถชี้ได้ชัดเจนยิ่งขึ้นในหัวข้อถัดไปในการประเมินระบบต่อผลการเรียนของผู้เรียน โดยมีเนื้อหาที่ให้เวลาเท่ากันทุกหัวข้อคือ 3 นาที ส่วนกระบวนการทดสอบเพื่อประเมินในการทำข้อสอบเป็นแบบสี่ตัวเลือกแสดงในรูปที่ 4.15 ในหน้าถัดไป จากการทดสอบกับเนื้อหาจริงในการประเมินระบบเบื้องต้นนั้น กลุ่มที่เรียนแล้วเรียนซ้ำแต่ไม่ได้กระทำการเรียนซ้ำในทันทีจะใช้เวลาโดยเฉลี่ยลดลง ดังนั้นผู้ทดสอบบางคนอาจเกิดประสบการณ์ที่ทำให้ความรู้ก่อนหน้าเพิ่มขึ้นอีกหรือจากประสบการณ์ตรงจากเนื้อหาที่ได้พบขณะทดสอบเอง และจากชั้นเรียนปกติที่บางวิชาที่เรียนปกตินั้นมีเนื้อหาบางส่วนสนับสนุนฐานความรู้ที่เกิดใหม่ ทำให้เข้าใจเนื้อหา

ที่ใช้ทดสอบดีขึ้นกว่าเดิมที่จะเกิดการทำการศึกษาซ้ำ ดังนั้นจึงได้ผลเฉลี่ยเบี่ยงเบนเพิ่มในทางบวกขึ้นในการทดสอบครั้งที่สอง

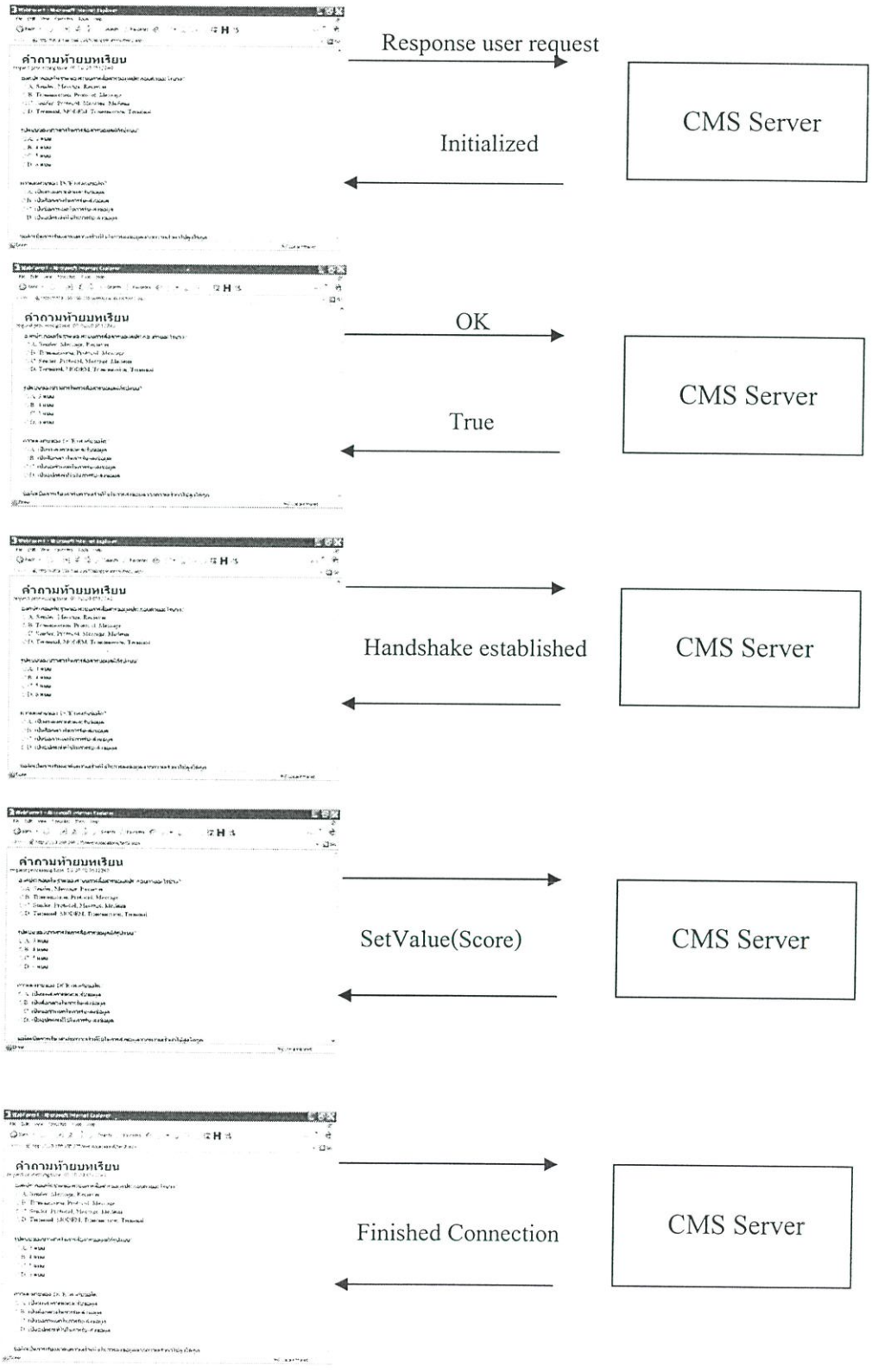
ส่วนในการประเมินระบบในส่วนของ Help นั้นจะได้ผลจากน้ำหนักจากผลการทดสอบ Quiz เป็นหลักรวมกับเวลาที่ใช้ไปของผู้ใช้ระบบ โดยแยกประเมินเวลาที่ใช้ไปในสามช่วงเวลาคือน้อยกว่าหรือพอดีกับเวลาที่กำหนดไว้จะถือว่าไม่จำเป็นต้องได้รับความช่วยเหลือใดๆ หรือ AS แต่ถ้าเวลาที่ใช้มากเกินกว่าเวลาที่กำหนดแต่อยู่ในช่วงประมาณไม่เกิน 20 เปอร์เซนต์ของเวลาที่ใช้จะถือว่าเป็นสถานะที่ต้องได้รับความช่วยเหลือหรือ ES จึงจะมีการแสดงหน้าของ Help ขึ้นเพื่อช่วยเหลือและสัมพันธ์กับเนื้อหาขณะนั้นโดยมีองค์ประกอบจากสมการที่ (3.16) ที่มีตัวประกอบของน้ำหนักจากเวลาที่ใช้และคะแนนของการทำ Quiz ของส่วนนั้นๆ ตามลักษณะของคำถาม มากำหนดน้ำหนักและเส้นทางในการแสดง Help เพราะต้องสัมพันธ์กับเนื้อหาในขณะนั้น ถ้าการประเมินความก้าวหน้าผู้เรียนมีการใช้เวลามากกว่าที่กำหนดไว้เกินกว่า 20 เปอร์เซนต์ขึ้นไปโดยประมาณในช่วง 30 เปอร์เซนต์ก็จะจัดให้ผู้ใช้งานอยู่ในสถานะ IS ซึ่งจะมีข้อแนะนำที่มีรายละเอียดมากขึ้นรวมถึงการนำความรู้ของเนื้อหาเดิมที่เป็นส่วนพื้นฐานของเนื้อหาขณะนั้นมาแสดงให้ผู้ใช้งานระบบ



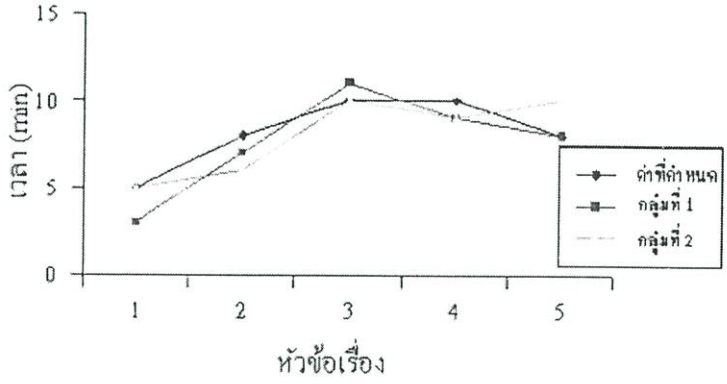

**รูปที่ 4.14** ผลการทดสอบจากกลุ่มทดสอบได้ค่าเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในแต่ละหัวข้อ

เนื่องจากการตอบสนองของผู้ใช้งานยากแก่การตรวจสอบเพราะเป็นพฤติกรรมภายใน (Internal behavior) การประเมินโดยใช้ผลจากแบบทดสอบเพื่อการประเมิน[22] อันได้แก่การประเมินกับกลุ่มผู้ทดสอบสองกลุ่มบนหัวข้อเรื่องเดิมแสดงให้เห็นว่า ผู้เรียนโดยเฉลี่ยมีพัฒนาการจากเวลาเฉลี่ยจะต่ำกว่าค่าที่กำหนดไว้เห็นได้จาก กลุ่มที่ 1 ของกลุ่มทดสอบ ก ใช้เวลาเฉลี่ยรวมประมาณ 38 นาทีส่วน กลุ่มที่ 2 ของกลุ่มทดสอบ ข ใช้เวลาเฉลี่ยรวม 40 นาทีน้อยกว่าเวลารวมทั้งห้าหัวข้ออยู่ 1 นาที ดังรูปที่ 4.16 ทั้งได้มีการประเมินค่าเฉลี่ยเวลาของระบบ ในการตอบสนองต่อการประเมินผลการทำข้อสอบนั้น ได้กระทำโดยตรงกับข้อสอบจำนวน 50 ข้อต่อหน้ากับจำนวนเฉลี่ยจากการทดสอบ Hit 500 ครั้งและได้ผล

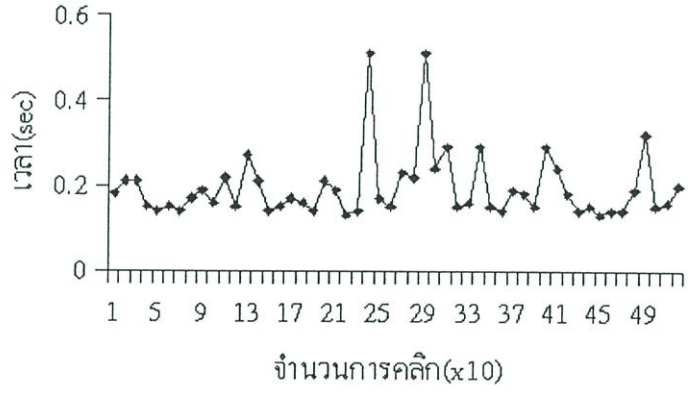
การตอบสนองของเครื่อง Server กับ Client ได้ดังกราฟในรูปที่ 4.17 ใช้เวลาเฉลี่ยเพียง 0.2 วินาทีและมากสุดประมาณ 0.5 วินาทีเป็นสภาวะในขณะที่ใช้งานแบบกลุ่มย่อย




**รูปที่ 4.15** การทดสอบระบบประเมินผลแบบ 4 ตัวเลือก




**รูปที่ 4.16** กราฟแสดงผลการใช้เวลาเฉลี่ยในการทดสอบบทเรียน




**รูปที่ 4.17** กราฟแสดงค่าเฉลี่ยเวลาคำนวณผลลัพธ์แบบทดสอบ

4.2.1 ผลจากการทดสอบ

การทดสอบนั้นได้ใช้กลุ่มทดสอบจากข้อ 4.1.4 โดยมีแบ่งเป็นรายบุคคลเพื่อทำการทดสอบเบื้องต้น ตามด้วยกลุ่มย่อย 10 คน โดยการสุ่มมาเพื่อทดสอบเนื้อหาบทเรียน และกลุ่มทดสอบกลุ่มใหญ่มีจำนวน 33 คน เพื่อทดสอบความพึงพอใจต่อการใช้ระบบการจัดการสื่อการเรียนอิเล็กทรอนิกส์แบบปรับตัวเปรียบเทียบกับระบบการนำเสนอเนื้อหาแบบตามลำดับปกติ ผลการทดสอบมีรายละเอียดดังแสดงในภาคผนวก ข และผลสรุปแสดงไว้ในตารางที่ 4.1-4.4 ตามลำดับดังนี้

**ตารางที่ 4.1** สรุปตารางข้อมูลแบบสอบถามด้านเนื้อหา

| คำตอบ | ข้อที่ 1 | ข้อที่ 2 | ข้อที่ 3 | ข้อที่ 4 | ข้อที่ 5 | ข้อที่ 6 | ข้อที่ 7 | ข้อที่ 8 | คิดเป็น % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| พอใจ | 25 | 27 | 26 | 26 | 23 | 27 | 25 | 26 | 77.65 |
| ไม่แน่ใจ | 4 | 3 | 5 | 4 | 5 | 3 | 4 | 4 | 12.12 |
| พอใจแบบเดิม | 4 | 3 | 2 | 3 | 5 | 3 | 4 | 3 | 10.23 |
| รวม | 33 | 33 | 33 | 33 | 33 | 33 | 33 | 33 | 100.00 |

**ตารางที่ 4.2** สรุปตารางข้อมูลแบบสอบถามด้านระบบการแนะนำเนื้อหาเพิ่มเติม

| คำตอบ | ข้อที่ 1 | ข้อที่ 2 | ข้อที่ 3 | ข้อที่ 4 | ข้อที่ 5 | ข้อที่ 6 | คิดเป็น % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| พอใจ | 25 | 26 | 27 | 27 | 26 | 27 | 79.80 |
| ไม่แน่ใจ | 3 | 3 | 4 | 3 | 3 | 3 | 9.60 |
| พอใจแบบเดิม | 5 | 4 | 2 | 3 | 4 | 3 | 10.61 |
| รวม | 33 | 33 | 33 | 33 | 33 | 33 | 100.00 |

**ตารางที่ 4.3** สรุปตารางข้อมูลแบบสอบถามด้านระบบตัวช่วยเหลือ

| คำตอบ | ข้อที่ 1 | ข้อที่ 2 | ข้อที่ 3 | ข้อที่ 4 | ข้อที่ 5 | ข้อที่ 6 | คิดเป็น % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| พอใจ | 23 | 25 | 24 | 25 | 24 | 24 | 73.23 |
| ไม่แน่ใจ | 4 | 5 | 5 | 6 | 5 | 4 | 14.65 |
| พอใจแบบเดิม | 6 | 3 | 4 | 2 | 4 | 5 | 12.12 |
| รวม | 33 | 33 | 33 | 33 | 33 | 33 | 100.00 |

**ตารางที่ 4.4** แสดงผลการวิเคราะห์ผลสำรวจความพึงพอใจของระบบการนำเสนอเนื้อหาที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นกับระบบการนำเสนอเนื้อหาแบบตามลำดับปกติ

| ความพึงพอใจ | ไม่แน่ใจ | พึงพอใจ | พอใจแบบเดิม |
|---|---|---|---|
| เนื้อหา | 12.12% | 77.65% | 10.23% |
| การแนะนำเนื้อหาเพิ่มเติม | 9.60% | 79.80% | 10.61% |
| ตัวช่วยเหลือ | 14.65% | 73.23% | 12.12% |

ในกรณีของระบบการนำเสนอเนื้อหาแบบตามลำดับปกติบนระบบที่ได้ผ่านมาตรฐาน SCORM Adopter มีข้อสังเกตในด้านการออกแบบบทเรียนว่าเป็นไปตามลำดับปกติของ SCORM แต่เนื่องจากผู้เรียนผ่านระบบ E-learning มีหลากหลายระดับความรู้พื้นฐานหรือความรู้เชิงก่อน (Prior knowledge) ดังนั้นในการทดสอบกับผู้เรียนที่มีความรู้พื้นฐานแตกต่างกันของกลุ่มตัวอย่างแล้ว ระบบการนำเสนอเนื้อหาแบบตามลำดับปกติซึ่งไม่มีความเป็นพลวัต (Dynamic) ของเนื้อหาแม้จะรวมถึงระบบการติดต่อกับผู้สอนก็ตามเช่นผ่านจดหมายอิเล็กทรอนิกส์หรือสื่ออื่นๆ ที่สามารถติดต่อกับผู้สอนได้ ดังนั้นการผสมผสานตามวิธีของ SCORM ในตัว ซึ่งเป็นระบบการนำเสนอเนื้อหาแบบตามลำดับปกติและเสริมด้วยความเป็น Adaptive (ระบบการนำเสนอเนื้อหาที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น) เข้ามาช่วยจะทำให้ผู้เรียนทำความเข้าใจของเนื้อหาได้เร็วขึ้น

แต่สิ่งที่ตามมาคือภาระหนักของผู้สร้างเนื้อหา ซึ่งต้องเตรียมเนื้อหาที่มีความละเอียด เพื่อให้ได้เนื้อหาไปจัดทำบทเรียนเพื่อนำเสนอแก่ผู้เรียน จำเป็นต้องอาศัยเวลามากและการวิเคราะห์ที่ละเอียดโดยเฉพาะส่วนช่วย เหลือ และส่วนคำแนะนำเพิ่มเติม เพราะเป็นการยากที่จะจัดทำเนื้อหาให้ครอบคลุม

# บทที่ 5
# สรุปผลและข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างเครื่องมือจัดการกับการนำเสนอเนื้อหาที่ทำให้ผู้เรียน ใช้งานเสมือนกับนั่งเรียนในห้องเรียน แต่ที่จริงเป็นการใช้เครื่องคอมพิวเตอร์บนเครือข่ายคอมพิวเตอร์ และมีการนำเสนอเนื้อหา เพื่อให้ผู้เรียนมีความสะดวกสบาย ประหยัดเวลาในการเข้าถึงข้อมูล และสามารถเรียนรู้ได้ด้วยเครื่องมือนี้ อีกทั้งเป็นการสนองตามแผนการพัฒนาการศึกษาของชาติ ในแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมฉบับที่ 10 โดยคำนึงถึงสภาวะจำเป็นในปัจจุบันเป็นหลักอันได้แก่ การเข้าถึงข้อมูลที่สะดวก ประหยัดเวลาในการค้นคว้า เพราะผู้สอนได้เตรียมข้อมูลของเนื้อหาไว้แล้ว

ระบบการจัดการสื่อการเรียนอิเล็กทรอนิกส์แบบปรับตัวนี้มีการใช้เวลาประกอบในการช่วยการตัดสินใจ และการมีแบบทดสอบเป็นระยะ ทำให้สามารถติดตามความก้าวหน้าของผู้เรียนได้ ถ้าผู้เรียนสะดุด คือใช้เวลาในการศึกษามากเกินกว่าที่ระบุ ก็จะมีระบบช่วยเหลือเพื่อช่วยผู้เรียน เวลาที่ระบุจะถูกกำหนดโดยสององค์ประกอบ คือจากผู้เชี่ยวชาญและจากกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ทดสอบ ภาระในการเตรียมข้อมูลเป็นของผู้สอนในการพิจารณาวิเคราะห์ และสังเคราะห์ข้อมูลที่นำเสนอผ่านระบบนี้ แต่ทั้งนี้ผู้สอนก็ต้องมีการวางแผนการนำเสนอเนื้อหาไว้อย่างดี เพราะเนื้อหาต้องมีส่วนหลักและส่วนเสริมทั้งต้องมีประสบการณ์เพื่อใช้เตรียมข้อมูลที่จะนำเสนอ และยังต้องวางแผนในการนำเสนอที่เหมาะสมทั้งนี้ขึ้นกับพื้นฐานของผู้เรียน

## 5.1 สรุปผล

การเกิดการเรียนรู้เกิดจากข้อมูลที่มีทักษะปริชาน (Cognitive skill) มีองค์ประกอบหลายส่วน เช่น จากความรู้เชิงดำเนินการ (Procedural knowledge) การแก้ปัญหาก็เกิดเป็นการเรียนรู้และทำให้เกิดการปรับปรุงข้อมูลความรู้ แม้กระทั่งข้อขัดแย้งก็ทำให้เกิดการเรียนรู้เช่นกัน กระบวนการเหล่านี้ถูกนำมาเป็นองค์ประกอบในการวางแผนรวมกับการใช้ทฤษฎีของเทมโพรอลกับความสัมพันธ์ 13 รูปแบบ ช่วยในการกำหนดรูปแบบของโปรแกรมตรวจสอบเวลา เพื่อนำมาซึ่งการประมวลผลการติดตามความก้าวหน้าของผู้เรียน แม้ว่าจะมีระดับความแตกต่างกันในการที่จะประมวลผลของสมองมนุษย์รวมถึงการจดจำในระยะสั้น STM และทำให้เกิดการจำแบบ LTM ซึ่งแตกต่างตามปัจเจกชน ดังเช่นในห้องเรียน ผู้เรียนบางครั้งมีการประสานสายตาแต่ก็ไม่ได้ใช้สมองในการติดตามความเปลี่ยนแปลงของข้อมูล ดังนั้นการกำหนด การเลือกวิธีการ การทดสอบก่อนรวมถึงการตรวจสอบผล จึงต้องมีการปรับปรุงตลอดเวลาเพื่อความเหมาะสมกับสถานการณ์

5.1.1 สรุปการเตรียมการเพื่อทดสอบ

การเตรียมการอทดสอบนั้น เน้นผู้เรียนเป็นหลักที่สำคัญประการหนึ่งคือ ต้องหากลุ่มเป้าหมายเพื่อการจัดทำข้อมูลเนื้อหาที่จะใช้ ซึ่งในงานวิจัยนี้ทำขึ้นโดยมีรายละเอียดที่ต้องวิเคราะห์เนื้อหาอย่างถี่ถ้วน เพื่อจัดเตรียมหน่วยเรียนทั้งแบบมีเนื้อหาต่อเนื่องกันหลายหน่วยเรียน และหน่วยเรียนที่ไม่ต่อเนื่องกับหน่วยอื่น ในงานวิจัยนี้ยึดเอาวิชาวงจรไฟฟ้าเบื้องต้น วิชาวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสตรง และวิชาการสื่อสารข้อมูล อีกทั้งต้องเตรียมแบบทดสอบให้เพียงพอ รวมถึงคำถามท้ายบทเรียน

ประการที่สอง การสร้างระบบการจัดการสื่อการเรียนอิเล็กทรอนิกส์แบบปรับตัว ด้วยเทคโนโลยี .NET 1.1 โดยใช้ภาษา C# มีข้อดีที่ไม่กินทรัพยกรณ์มากเกินไป การใช้วิธีการ Server control และ Client control รวมถึงการใช้เทคนิค .NET Remoting ช่วยจึงสามารถจัดการกับ Timing ได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่เนื่องจาก Web browser มีสถานะเป็น Stateless เมื่อมีการ Request หรือการ hit จึงมีสัญญาณ HTTP ไป Request Web page ดังนั้นการติดต่อควบคุมจึงค่อนข้างยุ่งยาก

5.1.2 สรุปผลการทดลอง

เมื่อเริ่มต้นการใช้ระบบ มีการแนะนำการใช้งานระบบเช่นการ Login การเปลี่ยนหน้าข้อมูล การตอบคำถาม รวมถึงการประเมินที่ใช้เวลาเป็นตัวช่วยในการเปลี่ยนหน้า หรือการให้น้ำหนักรวมถึงการวนกลับไปศึกษาซ้ำอีกได้และไม่ได้ตามเงื่อนไข If-then-else เพื่อให้ผู้ใช้เข้าใจระบบการทำงาน แต่ผู้ใช้งานบางคนก็ไม่คุ้นกับระบบจึงต้องอาศัยเวลาสร้างความคุ้นเคย จากการทดลองบ่งบอกว่า ถ้ากลุ่มทดสอบมีพื้นฐานความรู้เดิมอยู่ในระดับใกล้เคียงกันจะทำให้ระบบกรองสถานะออกมาได้ดีกว่ากลุ่มทดสอบที่มีความแตกต่างของพื้นฐานความรู้เดิม (Prior knowledge)

ผลจากการทดสอบเป็นรายบุคคลบ่งชี้ให้เห็นว่า เนื้อหามากเกินไป มีการทดสอบมากเกินไป ขนาดตัวอักษรและสีที่ไม่เหมาะสม จำนวนภาพประกอบมีน้อย เวลาที่ให้ในบางช่วงน้อยไป

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

จากการทดสอบระบบการจัดการสื่อการเรียนอิเล็กทรอนิกส์แบบปรับตัว ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นนี้สามารถให้ข้อเสนอแนะทั้งจากผู้ใช้งานที่เป็นผู้เรียนและผู้ใช้งานที่เป็นผู้สร้างเนื้อหา เพื่อพัฒนาให้ดีขึ้นได้ดังนี้

- เนื่องจากการทำ Timing ต้องอาศัยสัญญาณนาฬิกาบนเครื่อง Client ตัว Client application ที่สร้างขึ้นอาศัยข้อมูลนี้ส่งไปให้ Server application ดังนั้นจะมีปัญหาว่าสัญญาณนาฬิกาไม่ตรงกับ Server ควรทำการ Synchronous สัญญาณนาฬิกาให้ตรงกัน
- ปัญหาการป้องกันการ Hacking ระบบซึ่งทำให้มีปัญหาตลอดการทำงานวิจัยนี้ ควรทำการปิดช่องจุดอ่อนเท่าที่มีเพื่อลดผลอันไม่พึงประสงค์

- การทำสื่อบางอย่างไม่สามารถผลิตสื่อได้ดีเท่าที่ต้องการ เพราะขาดศิลปะในการออกแบบ
- การคัดสรรผู้ทดสอบเนื่องจากไม่มีตัวเลือกมากนัก
- ผู้ทดสอบมีขีดความสามารถที่แตกต่างกันมากในบางเนื้อเรื่อง
- ควรมีการแนะนำระบบ (Orientation) เพื่อให้ผู้ใช้งานคุ้นเคยและทดลองใช้ก่อนทดสอบ
- การใช้งานควรทดสอบเวลาก่อนการใช้งานจริงเพื่อหา Optimal point ของแต่ละ Cluster และเนื้อหาภายใน

5.2.1 แนวทางในการพัฒนา

- การพัฒนาร่วมกับการเชื่อมต่อในการตรวจสอบ Eye tracking ของสายตาเพื่อสร้างความเป็นอัตรกิริยาให้ดีขึ้น
- การพัฒนาร่วมกับระบบการตัดสินใจแบบอื่นๆ ในการเลือกเส้นทางข้อมูลและพัฒนาเนื้อหาข้อมูลในมีจำนวนมากขึ้น

# เอกสารอ้างอิง


[1] George Polya. **HOW TO SOLVE IT** 2nd ed. Princeton University Press 1985.

[2] Peter Johnson. **Human Computer Interaction: Psychology Task Analysis and Software Engineering**. Berkshire: McGraw-Hill, Inc. 1992.

[3] S. Chipman, Alan L. Meyrowitz. **FOUNDATIONS OF KNOWLEDGE ACQUISITION: Congnitive Models of Complex Learning**. Boston: Kluwer Academic Publishers 1993.

[4] Card, S. K., Moran, T. P. and Newell, A. **The Psychology of Human-Computer Interaction**, Hillsdale NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 1983.

[5] ราชบัณฑิตยสถาน. **ศัพท์คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ.** พิมพ์ครั้งที่ 6 แก้ไขเพิ่มเติม นนทบุรี: สหมิตรพริ้นติ้ง พ.ศ. 2546.

[6] Browne, D., Totterdell, P., Norman, M. **Adaptive User Interfaces**, London: Academic Press, 1990.

[7] Gram, C., Cockton, G. **Design Principles for Interactive Software**. London: Chapman & Hall, 1996.

[8] Allen, J. F. "Time and Time Again: The Many Ways to Represent Time", **Intl J. of Intelligent Systems**, 6(4) 1991.

[9] Allen, J. F. "Maintaining Knowledge about Temporal Intervals", **Communication of the ACM.,** Vol. 26 No. 11, November 1983.

[10] Wood, W. **Temporal Logic Case Study**, Technical Report, CMU, August 1989.

[11] Bellini, P., et al. "Temporal Logic for Real Time System Specification", **ACM Computing Surveys**, Vol. 32, No. 1, March 2000.

[12] Ma, J., Knight, B., Nissan, E. "Temporal Representation of State-Transitions", **ACM AIEDAM** Vol.13, Issue 2, pp 67-78, April 1999.

[13] Bolour, A., et al. "The Role of Time in Information Processing: A Surveys", **ACM SIGART**, Issue 80, pp 28 – 46, April 1982.

[14] Bruce Powel Douglass. "**Real-Time UML Second Edition**", USA, The Addison Wesley Longman, Inc., 2000.

[14] David J. DeFatta, et al. "**DIGITAL SIGNAL PROCESSING: A System Design Approach**", Singapore, John Wiley & Son., 1988.

[15] Nilas, N., Mitatha, S., "An Adaptive Event-Based System Using Temporal Logic for E-

Learning", **First Annual Conference, ECTI-CON2004**, Pattaya, Thailand, 2004.

[16] Nilas, N., Mitatha, S., Nilas, P., "An Adaptive Spreading Activation Network for Content Handling" **CCECE/CCGEI 2006**, Ottawa, IEEE Canada, 2006.

[17] Spranger Stephanie, Francios Bry, "Temporal Data Modeling and Reasoning for Information Systems", 2006.

[18] Earnest, Joshua, et al., "COMPETENCY-BASED ENGINEERING CURRICULA-AN INNOVATIVE APPROACH", **International Conference on Engineering Education**, Oslo, Norway, 2001.

[19] "**SCORM 2001 2nd Overview**", Advanced Distributed Leanings, July 22, 2004

[20] "**SCORM 2004 2nd, Version 1.2 Addendum**", Advanced Distributed Leanings, April 2005.

[21] Benson, N. "**INTRODUCING Psychology**", Icon BooksUK, 2004.

[22] Susana Urbina, "**Essentials of Psychological Testing**", John Wiley & Sons Inc., 2004.

[23] Dwight F. Mix, et al., "**Elements of Wavelets for Engineering and Scienctists**", John Wiley & Sons Inc., 2003.

[24] Manolis Mavrikis, et al., User Center Design & Development of an Applied Web-based ITS", **Proceeding the 3rd IEEE Int., Conf., on Advanced Learning Technologies** 2003.

[25] John R. Anderson, "A Theory of the Origins of Human Knowledge", **Artificial Intelligence** 40, 1989, pp 313-351.

[26] Dongsong Zhang, et al., "CAN E-LEARNING REPLACE CLASSROOM LEARNING?", **Communication of ACM**, Vol.14, No. 5, May 2004.

[27] Emma O'Brien, et al., "Training Need Analysis – The first step in authoring e-learning content", **ACM Symposium of Applied Computing**, Cyprus, March 14-17, 2004.

# ภาคผนวก

# ภาคผนวก ก

## ความสัมพันธ์ของ Allen's Interval[9]

| B r2 C / A r1 B | < | > | d | di | o | oi | m | mi | s | si | f | fi |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| "before" < | < | no info | < o m d s | < | < | < o m d s | < | < o m d s | < | < | < o m d s | < |
| "after" > | no info | > | > oi mi d f | > | > oi mi d f | > | > oi mi d f | > | > oi mi d f | > | > | > |
| "during" d | < | > | d | no info | < o m d s | > oi mi d f | < | > | d | > oi mi d f | d | < o m d s |
| "contains" di | < o m di fi | > oi di mi si | o oi dur con = | di | o di fi | oi di si | o di fi | oi di si | di fi o | di | di si oi | di |
| "overlaps" o | < | > oi di mi si | o d s | < o m di fi | < o m | o oi dur con = | < | oi di si | o | di fi o | d s o | < o m |
| "over-lapped-by" oi | < o m di fi | > | oi d f | > oi mi di si | o oi dur con = | > oi mi | o di fi | > | oi d f | oi > mi | oi | oi di si |
| "meets" m | < | > oi mi di si | o d s | < | < | o d s | < | f fi = | m | m | d s o | < |
| "met-by" mi | < o m di fi | > | oi d f | > | oi d f | > | s si = | > | d f oi | > | mi | mi |
| "starts" s | < | > | d | < o m di fi | < o m | oi d f | < | mi | s | s si = | d | < m o |
| "started by" si | < o m di fi | > | oi d f | di | o di fi | oi | o di fi | mi | s si = | si | oi | di |
| "finishes" f | < | > | d | > oi mi di si | o d s | > oi mi | m | > | d | > oi mi | f | f fi = |
| "finished-by" fi | < | > oi mi di si | o d s | di | o | oi di si | m | si oi di | o | di | f fi = | fi |

FIGURE 4. The Transitivity Table for the Twelve Temporal Relations (omitting "=").

# ภาคผนวก ข

## แบบสอบถามและข้อมูลแบบสอบถาม

**แบบสอบถาม**

ประเมินความพึงพอใจต่อการใช้ระบบการจัดการสื่อการเรียนอิเล็กทรอนิกส์แบบปรับตัวกับระบบการนำเสนอเนื้อหาแบบตามลำดับปกติ

ท่านเห็นมีความพึงพอใจกับ ระบบการจัดการสื่อการเรียนอิเล็กทรอนิกส์แบบปรับตัวเปรียบเทียบกับระบบการนำเสนอเนื้อหาแบบตามลำดับปกติอยู่ในเกณฑ์ใด ให้ท่านทำเครื่องหมาย / ลงในช่องตามความคิดเห็นของท่าน ซึ่งมีระดับความคิดเห็น 3ระดับดังนี้คือ

| เรื่องที่ประเมิน | พอใจระบบปรับตัว | ไม่แน่ใจ | พอใจระบบตามลำดับปกติ |
|---|---|---|---|
| **ด้านเนื้อหา** | | | |
| 1. เนื้อหาในระบบทำให้ประหยัดเวลา | | | |
| 2. ระบบมีปฏิสัมพันธ์เนื้อหาต่อผู้เรียนเหมาะสม | | | |
| 3. เวลาที่ใช้กับเนื้อหาแต่ละส่วนเหมาะสม | | | |
| 4. เนื้อหามีความสมบูรณ์ตามวัตถุประสงค์ | | | |
| 5. ลำดับของเนื้อหาเหมาะสม | | | |
| 6. เนื้อหาจัดหมวดหมู่เหมาะสม | | | |
| 7. เนื้อหาทำให้เรียนรู้ได้ดี | | | |
| 8. เนื้อหาสามารถเสริมทักษะในการเรียนรู้ | | | |
| **ด้านระบบการแนะนำเนื้อหาเพิ่มเติม** | | | |
| 9. รูปแบการนำเสนอของตัวแนะนำเนื้อหาเพิ่มเติมมีเวลากำกับที่เหมาะสม | | | |
| 10. ระบบการแนะนำเนื้อหาทำให้เข้าใจเนื้อหาเพิ่มขึ้น | | | |
| 11. ระบบเนื้อหาเพิ่มเติมทำให้ประหยัดเวลา | | | |
| 12. ระบบการแนะนำเนื้อหามีปฏิสัมพันธ์เหมาะสม | | | |
| 13. ระบบการแนะนำเนื้อหาเสนอเนื้อหาตรงความต้องการขณะเวลานั้น | | | |
| 14. ระบบการแนะนำเนื้อหาช่วยให้ทำแบบทดสอบได้เพิ่มขึ้น | | | |

| เรื่องที่ประเมิน | พอใจระบบปรับตัว | ไม่แน่ใจ | พอใจระบบตามลำดับปกติ |
|---|---|---|---|
| **ด้านระบบตัวช่วยเหลือ** | | | |
| 15. รูปแบบการนำเสนอของระบบตัวช่วยเหลือมีเวลากำกับที่เหมาะสม | | | |
| 16. ระบบตัวช่วยเหลือทำให้เข้าใจเนื้อหาเพิ่มขึ้น | | | |
| 17. ระบบตัวช่วยเหลือทำให้ประหยัดเวลา | | | |
| 18. ระบบตัวช่วยเหลือมีปฏิสัมพันธ์เหมาะสม | | | |
| 19. ระบบตัวช่วยเหลือเสนอเนื้อหาตรงความต้องการขณะเวลานั้น | | | |
| 20. ระบบตัวช่วยเหลือช่วยให้ทำแบบทดสอบได้เพิ่มขึ้น | | | |

ข้อเสนอแนะ.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ข้อมูลแบบสอบถามด้านเนื้อหา

| นศ. | คำถามที่ 1 | คำถามที่ 2 | คำถามที่ 3 | คำถามที่ 4 | คำถามที่ 5 | คำถามที่ 6 | คำถามที่ 7 | คำถามที่ 8 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | ป | ป | ป | ป | ป | ป | ป | ป |
| 2 | ป | ป | ป | ป | ป | ป | ป | ป |
| 3 | ป | ม | ล | ป | ม | ป | ป | ป |
| 4 | ม | ป | ป | ล | ม | ม | ล | ป |
| 5 | ป | ป | ป | ป | ป | ป | ป | ป |
| 6 | ล | ป | ป | ม | ล | ป | ม | ป |
| 7 | ป | ม | ป | ป | ป | ล | ป | ม |
| 8 | ป | ป | ม | ม | ป | ป | ป | ล |
| 9 | ป | ป | ป | ป | ป | ป | ป | ป |
| 10 | ป | ป | ป | ล | ป | ป | ล | ป |
| 11 | ล | ล | ป | ป | ป | ล | ป | ม |
| 12 | ป | ป | ม | ป | ม | ป | ป | ป |
| 13 | ป | ป | ป | ป | ป | ป | ป | ป |
| 14 | ป | ป | ป | ป | ล | ป | ม | ป |
| 15 | ม | ป | ล | ป | ป | ป | ป | ป |
| 16 | ป | ป | ป | ป | ป | ป | ป | ป |
| 17 | ล | ป | ป | ป | ป | ม | ป | ป |
| 18 | ป | ล | ป | ม | ป | ป | ล | ล |
| 19 | ป | ป | ป | ป | ป | ป | ป | ป |
| 20 | ป | ป | ป | ป | ล | ป | ป | ป |
| 21 | ป | ป | ป | ป | ป | ป | ป | ป |
| 22 | ล | ป | ป | ป | ล | ป | ม | ป |
| 23 | ป | ป | ม | ป | ป | ป | ม | ล |
| 24 | ป | ม | ป | ป | ป | ป | ป | ป |
| 25 | ป | ป | ป | ม | ม | ป | ป | ป |
| 26 | ป | ป | ป | ป | ป | ป | ป | ป |
| 27 | ม | ป | ป | ล | ป | ม | ป | ม |
| 28 | ป | ป | ป | ป | ป | ป | ป | ป |
| 29 | ป | ล | ม | ป | ม | ล | ล | ป |
| 30 | ป | ป | ป | ป | ป | ป | ป | ป |
| 31 | ม | ป | ม | ป | ล | ป | ป | ม |
| 32 | ป | ป | ป | ป | ป | ป | ป | ป |
| 33 | ป | ป | ป | ป | ป | ป | ป | ป |

หมายเหตุ ป: พอใจระบบปรับตัวที่นำเสนอ ม: ไม่แน่ใจ ล: พอใจระบบตามลำดับปกติ

ข้อมูลแบบสอบถามด้านระบบการแนะนำเนื้อหาเพิ่มเติม

| นศ. | คำถามที่ 1 | คำถามที่ 2 | คำถามที่ 3 | คำถามที่ 4 | คำถามที่ 5 | คำถามที่ 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | ป | ป | ป | ป | ป | ป |
| 2 | ป | ป | ป | ป | ป | ป |
| 3 | ม | ม | ป | ล | ล | ม |
| 4 | ป | ป | ป | ป | ป | ป |
| 5 | ล | ป | ม | ป | ป | ป |
| 6 | ป | ล | ป | ล | ม | ล |
| 7 | ป | ป | ป | ป | ป | ป |
| 8 | ล | ป | ล | ม | ล | ป |
| 9 | ป | ป | ป | ป | ป | ป |
| 10 | ป | ป | ป | ป | ป | ม |
| 11 | ป | ม | ม | ป | ป | ป |
| 12 | ล | ล | ป | ม | ป | ล |
| 13 | ม | ล | ป | ล | ม | ป |
| 14 | ป | ป | ป | ป | ป | ป |
| 15 | ป | ป | ป | ป | ป | ป |
| 16 | ล | ป | ล | ป | ล | ป |
| 17 | ป | ป | ป | ป | ป | ป |
| 18 | ป | ป | ป | ป | ป | ป |
| 19 | ล | ล | ป | ป | ป | ม |
| 20 | ป | ป | ป | ป | ป | ป |
| 21 | ป | ป | ป | ป | ป | ป |
| 22 | ป | ม | ป | ป | ม | ป |
| 23 | ป | ป | ป | ป | ป | ป |
| 24 | ม | ป | ป | ป | ล | ล |
| 25 | ป | ป | ป | ป | ป | ป |
| 26 | ป | ป | ป | ป | ป | ป |
| 27 | ป | ป | ป | ป | ป | ป |
| 28 | ป | ป | ม | ม | ป | ป |
| 29 | ป | ป | ป | ป | ป | ป |
| 30 | ป | ป | ป | ป | ป | ป |
| 31 | ป | ป | ม | ป | ป | ป |
| 32 | ป | ม | ป | ป | ป | ป |
| 33 | ป | ป | ป | ป | ป | ป |

หมายเหตุ ป: พอใจระบบปรับตัวที่นำเสนอ ม: ไม่แน่ใจ ล: พอใจระบบตามลำดับปกติ

ข้อมูลแบบสอบถามด้านระบบตัวช่วยเหลือ

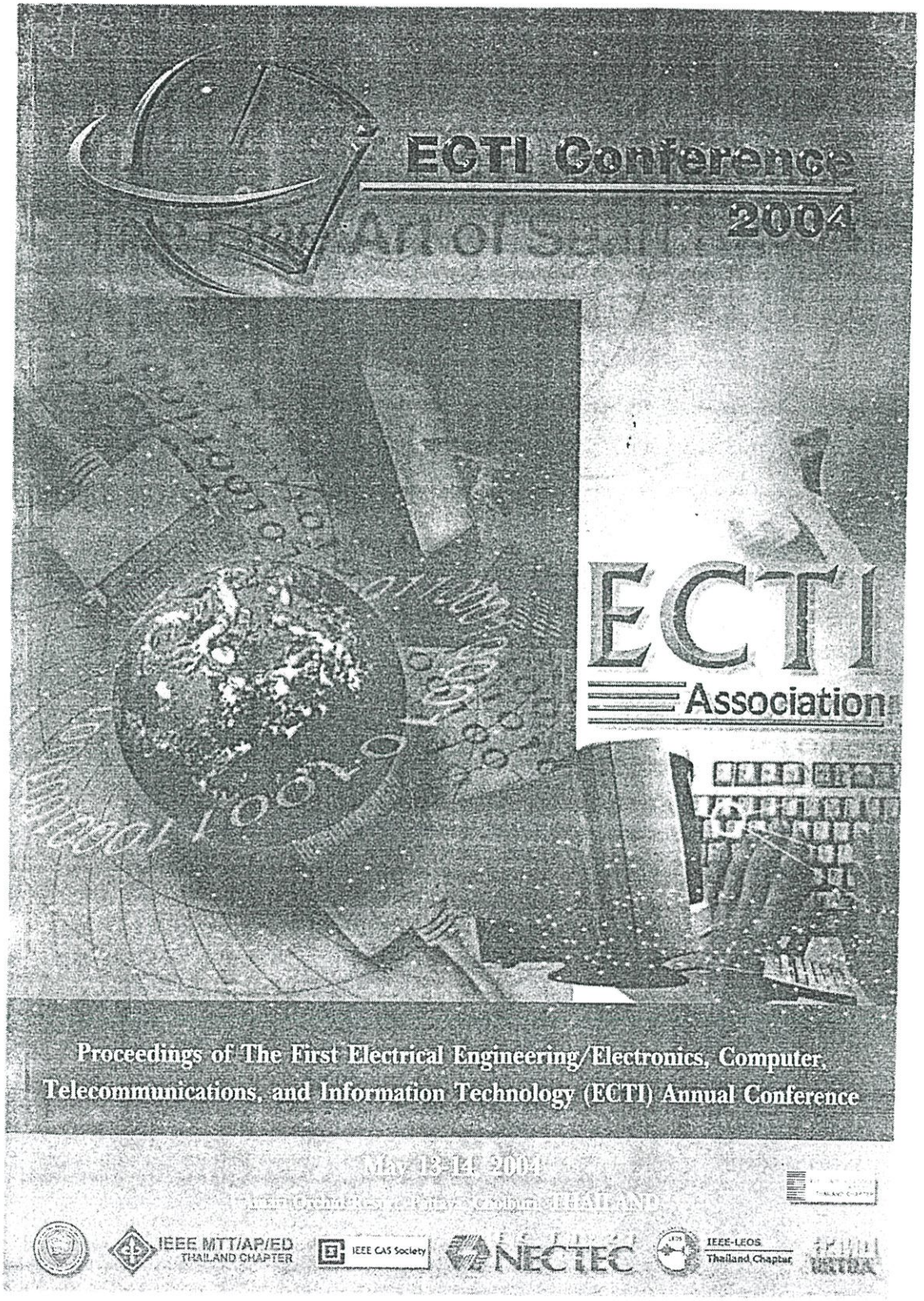
| นศ. | คำถามที่ 1 | คำถามที่ 2 | คำถามที่ 3 | คำถามที่ 4 | คำถามที่ 5 | คำถามที่ 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | ป | ป | ล | ป | ป | ป |
| 2 | ล | ป | ป | ป | ป | ป |
| 3 | ป | ป | ม | ป | ม | ม |
| 4 | ม | ม | ป | ม | ป | ป |
| 5 | ป | ป | ป | ป | ป | ป |
| 6 | ป | ล | ป | ล | ป | ป |
| 7 | ล | ป | ม | ม | ล | ม |
| 8 | ป | ป | ป | ป | ป | ป |
| 9 | ป | ป | ป | ป | ป | ป |
| 10 | ป | ล | ป | ม | ม | ป |
| 11 | ป | ป | ป | ป | ป | ป |
| 12 | ม | ป | ม | ล | ป | ม |
| 13 | ป | ป | ป | ป | ป | ป |
| 14 | ล | ป | ล | ป | ป | ม |
| 15 | ป | ป | ป | ป | ป | ป |
| 16 | ป | ม | ป | ม | ล | ป |
| 17 | ป | ป | ป | ป | ป | ป |
| 18 | ป | ป | ป | ป | ป | ม |
| 19 | ม | ม | ป | ป | ม | ป |
| 20 | ป | ป | ป | ป | ป | ป |
| 21 | ล | ป | ป | ป | ป | ม |
| 22 | ล | ล | ป | ป | ป | ม |
| 23 | ป | ป | ป | ป | ป | ป |
| 24 | ป | ป | ล | ป | ล | ป |
| 25 | ป | ป | ป | ป | ป | ม |
| 26 | ป | ป | ป | ป | ป | ป |
| 27 | ม | ป | ม | ป | ม | ป |
| 28 | ป | ป | ล | ป | ป | ป |
| 29 | ป | ม | ป | ม | ป | ป |
| 30 | ป | ป | ป | ป | ป | ป |
| 31 | ป | ป | ป | ป | ป | ป |
| 32 | ล | ป | ป | ม | ล | ม |
| 33 | ป | ม | ม | ป | ม | ป |

หมายเหตุ ป: พอใจระบบปรับตัวที่นำเสนอ ม: ไม่แน่ใจ ล: พอใจระบบตามลำดับปกติ

# ภาคผนวก ค

**บทความเผยแพร่ผลงานการประชุมวิชาการ ECTI-CON2004[15]**

**บทความเผยแพร่ผลงานการประชุมวิชาการ IEEE CCECE/CCGEI 2006[16]**


ECTI Conference
2004
ECTI
Association
Proceedings of The First Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications, and Information Technology (ECTI) Annual Conference
IEEE MTT/AP/ED
THAILAND CHAPTER
IEEE CAS Society
NECTEC
IEEE-LEOS
Thailand Chapter

# An Adaptive Event–Based System Using Temporal Logic for e-Learning

**Nilamit Nilas, Somsak Mitatha**

Faculty of Engineering, King Mongkut's Insitute of Technology Ladkrabang

{s5061212, kmsomsak}@kmitl.ac.th

ABSTRACT

This article presents an event-based temporal framework for an e-learning system. The event-collector gets all events from system inputs (screen, keyboard and mouse), user behaviours, service events, and contents. Then, the system will collaborate all these factors and generate the most appropriate suggestions as well as adapt the content for different user. By tracking the status of user behaviour and current learning state, the system is able to automatically adjust the content to fit with different user profile and present the most situated-context to the user. The main concept of this work is to use activity incidents in time domain to implement an adaptive e-learning based on a temporal-logic [6]. These temporal-logics are in form of manner of "start", "delay", "meet", and "overlap".

**Keywords:** e-Learning, Temporal Logic

## 1. INTRODUCTION

Traditional education is based-on classroom learning and communication between teacher and students. Nowadays, computer science and multimedia technology have been significantly improved which could apply in educational system. The World Wide Web, Internet, and multimedia could play an important role in everyday life especially with the distant learning and e-learning. However, the state-of-the-art educational support systems are still typically classroom-liked style where the teacher gives lecture to student. The interactive/multimedia in learning system is a critical issue for multi-directional education [1][3]. Many researchers have been studied learning tools to improve the education. For examples, N. Hirzalla [4], researched a temporal model for interactive multimedia. M. Altenhofen [9], implemented the flexible instructional strategies for e-learning. However, none-of these works have been studied the event-based context adaptive e-learning system. This paper implements a temporal logic-based for an adaptive context management for the e-learning system. The temporal logics are particular modal logics, where the set of world $W$ is interpreted as the set of all possible instants $T$ of a temporal domain [8]. This temporal logic provides the best solution to implement the adaptive context in content presentation of the e-learning. This paper describes the system architecture, the event–based system, the event–based in lesson unit, as well as conclusion and future work direction.

## 2. SYSTEM ARCHITECTURE

When an instructor or a teacher creates the course content for students, in one subject, they must think about student behaviours and on curriculum discipline. The curricula objectives are main point to provide the content, consider the progressive from their knowledge. The instructor wants to transfer the piece of information that must clarify for building contents on a lesson plan, such as memorizing, understanding, applying, analysing, synthesizing, and evaluating. The study progress can be divided in several levels, that are following the competency–based [5], such as the final evaluation of a course wants student to remember or understand. We have to consider development of skills or knowledge levels.

The system design responses to events that depend on "time" constraint. The temporal logic plays the important roles in how the system manages the context in the content pool, and to present information to students. For example, specification for some content have to consider or not, and some adaptive (as described in section 3, event-based system). The e-learning generally includes pre–test, study–content, and post–test. The pre-test and the post–test are normal evaluation processes. However, the teacher has to create the course contents, evaluations, test questions, etc while the system will analyze the student based on the study time consumption, and knowledge levels of each user.

### 2.1 System Modeling

The users, instructor or creator, student, and administrator are interacting on the provided system windows. The users generate event task, on browser, and send to the user profile system via the event-based management system as shown in Fig. 1. The user profile system has to decide which status should be the study state.

Then messages from user profile send to the learning shell & content system. After that a content response system generates or reformats the information to the browser. The student behaviour and interaction are considered in order to adapt the content, as well as, how to guide, suggest or evaluate student pace. This process involves among user, event–based, user profile, and content. Information on the web–page consists of text, image and/or video script, which help the student to gain their knowledge. It divides the current knowledge of students into three states based upon the occurring course: normal state, guidance state, and suggestion state. In Fig. 2, the normal state, that means student can follow the course content smoothly; the guidance state is a state that student has confusing in some subtopics or some parts of the content. In this state, the system would provide some guidance information to advice students. The suggestion state would bring a lot of information to help student to understand and catching information as in normal classroom. All of three states have to get decision from the supervised learning shell upon timing, events, and passing test scores. The content adaptation may be adaptive and/or non-adaptive event, depends on the instructor, setting, teaching time, and course scheduling. Therefore student must pay attention for adaptive content because time limited. For example, if subtopic A has complicated content or more objectives than subtopic B. Normally, it may be take time for subtopic A longer than subtopic B.

*Table 1: User Tasks on Screen*

| Task | Object |
|---|---|
| Click | Button, link |
| Scroll | Up-down, left-right |
| Pointer movement | Over icon, screen |
| Read* | Receive information |
| Think* | Build knowledge |
| Wait* | Elapsed time |
| Etc. | ... |
| *Internal user's behaviour non-effect on screen. | |

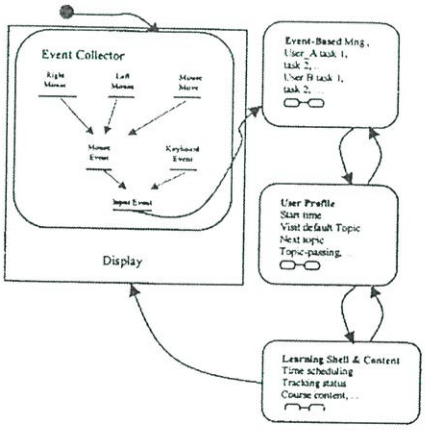



*Fig.1: System Architecture*

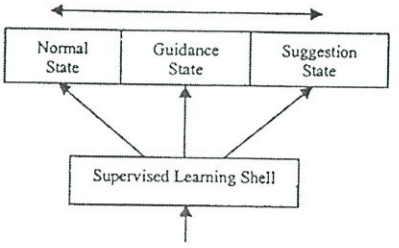



*Fig.2: Tracking Status States*

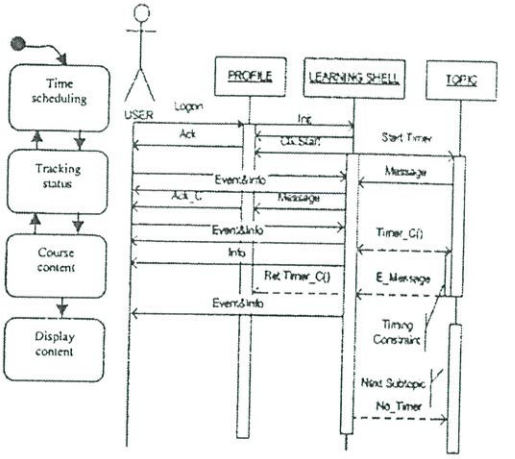



*Fig.3: An Example of Behaviour Scheduling*

## 3. EVENT–BASED SYSTEM

The event-based behaviour is shown in Fig. 3. It has involve with time–consuming, learning process, and passed scores. That can be written in time frame of adaptive or non-adaptive event in Fig. 4. From temporal logic of J. F. Allen [6-7] are applied to the three event–based for

Condition 1: Sentences only $(t_0,t_2,...,t_n)$,

Condition 2: Sentences with still image $(t_0,t_1,..,t_n)$,

Condition 3: Video streaming or animation $(t'_3,..,t'_5)$.

This paper designs the events as follow:
*x1*: one interval for studying period;
*x2*: evaluation interval;
*x3*: one interval for watching VDO streaming or animation;
*x4*: During period of reading interval;
*x5*: During period of looking interval at a particular picture.

From Fig. 5, we assume X consists of member $\{x1,..,x5\}$ and can be written in the form of equations (1)-

(3). Equation (2) shows the possible relations between two interval of the precedence relation by "<". Equation (3) shows the inclusion by "⊆".

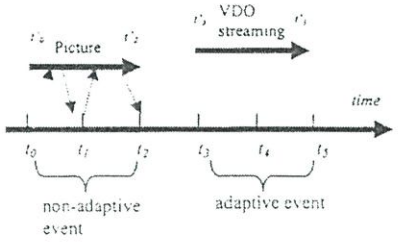



*Fig.4: Events on Interval Relations*

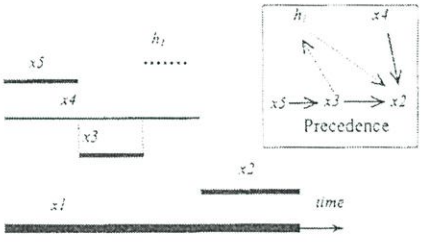



*Fig.5: Events on Interval Relations*

Hence

$X = \{x1,x2,x3,x4,x5\}$ (1)

$< = \{(x5,x3),(x3,x2),(x5,x2),(x4,x2)\}$ (2)

$\subseteq = \{(x5,x1),(x5,x4),(x3,x4),(x2,x1),(x4,x1),(x3,x1)\}$ (3)

When analysis this (1)-(3) properties respect to inclusion at this point and examine the most important of the properties involving both relations of precedence and inclusion. Four situations of events as shown in Fig. 5 are temporal logic, "Start" is defined by S, "Meet" is defined by M, "Delay" is defined by D, and "Overlap" is defined by O. The state *x4Sx5* means the state x4 starts at the same time as state x5. *x3Dx4* is *x3* happening on *x4* interval. From Fig. 5, we can derive the temporal frame of these events with the interval relations (X,<,⊆). Consider at *x4*, *x5*, and *h1*, *h1* as a helper in guidance system not happen normally but happen when evaluate result unsatisfied. This translates from a temporal frame into the formula:

$$(\forall x4)(\forall x5)((x4 \subseteq x5) \vee (\exists h1)((h1 \subseteq x4) \wedge \neg O(h1,x5))) \quad (4)$$

The intervals events for *x3* and *x5* can swap to each other depend on content. Fig. 5 shows the precedence of the event order. Thus, from this event order, we can construct the event–based system architecture.

## 4. EVENT–BASED IN LESSON UNIT

In temporal frame, a lesson unit is divided into sub-lesson units that link to each other based upon the system event Fig. 6 shows an example of a constructed lesson unit in completed temporal.

In any interval events included either an adaptive event or a non–adaptive event. On $TF_N$ interval given $P_N$. When the $(P_1 \wedge P_2 \wedge \ldots \wedge P_N)$ condition is true, a student get into the test at the end of lesson interval. If some parts of the content are not essential to evaluate, the interval events could be $(P_1 \vee P_2 \wedge \ldots \wedge P_N)$ or $(P_1 \wedge P_2 \vee \ldots \vee P_N)$, depend on the instructor and content. Combination of the $TF_M$ cycle can construct the course content module completely. For example, at the state $TF_2$, the system has decided the student Q in the state of suggestion, then the system will change the content and time frame of $TF_2$ to extend–$TF_2$.

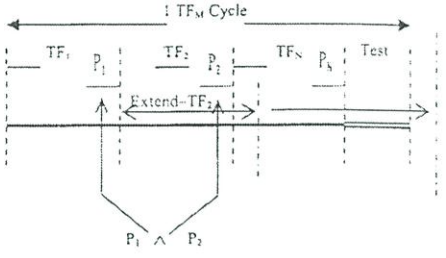



*Fig.6: Temporal Frame in Lesson Unit*

The instructor can build study modules in different contents from the same or different temporal frame structures. This research develops the system user interface based on the multimedia tools in temporal logic [4] where we design the screen context into three group: sentences, images, and video scripts. Each context will be assigned the context ID and on screen position for appropriate situations.

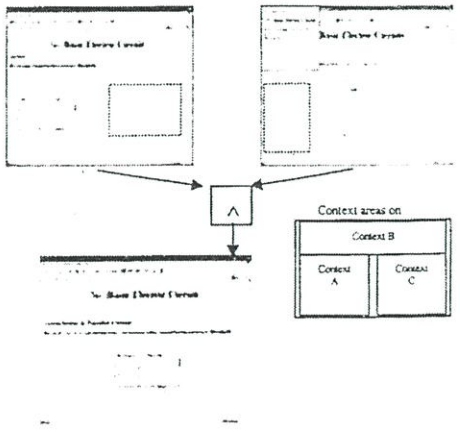



*Fig.7: Condition to Series– parallel Circuit Content*

For example, we can show the user interface result as in Fig. 7 that consists of a series and a parallel circuit in a basic electric circuit. Student musts first understand both series circuit and parallel circuit. Then student can study further circuit such as the combined series and parallel circuit.

## 5. CONCLUSION

This work is a choice to use temporal logic for e-learning system. The classical style classroom is the prototype of this system that student can get personal territory for their feeling in the e-learning. They can follow the course content like the traditional classroom but on computer network with the temporal frame intervals in order. The instructor has to work out to build the advisory system as well as the evaluation process, which matches the time line on the temporal frame. The system allows the teacher to set either to include or to exclude a few tests ($P_N$). Students will be provided course materials, and advisory, to guide their learning process. Students could follow the course content on the time-scheduling in temporal frame structures. As behaviours on screen change, the system send the event task to the learning shell. Then, the sytem feedback the result to adapt the screen context and presenation. The future works have to add–on the pre–test, build more the signals to support all events, and study progress.

## 6. REFERENCES


[1] Rogier Brussee,Alfons Salden, Piet Boekhoudt, Harry van Vliet, "A Web–Based E-Learning Infrastructure", Int'l. Conf. SSGRR2001, L'Aquila, August 06-12, 2001.

[2] Joe Lin, Charley Ho, Wasim Sadiq, Maria E. Orlowska, "On Workflow Enabled e-Learning Services", Proc., IEEE, ICALT2001, Madison, USA, August 6-8, 2001.

[3] Tajudeen A. Atologbe, "E-Learning: The Use of Components Technologies and Artificial Intelligence for Management and Delivery of Instruction", 24th Int'l. Conf. Information Technology Interfaces ITI2002, Cavtat, Croatia, June 24-27, 2002.

[4] Nael Hirzalla, Ben Falchuk, and Ahmed Karmouch, "A Temporal Model for Interactive Multimedia Scenarios", IEEE Multimedia, Vol. 2, No.3, Fall 1995.

[5] Joshua Earnest, Fr. Francis E. de Melo S.J., "Competency-Based Engineering Curricula-an Innovative Approach", Int'l. Conf. on Engineering Education, Oslo, Norway, August 6-10, 2001.

[6] James F. Allen, Patrick J Hayes, "A Common–Sense Theory of Time", Proc. Of Int'l. Joint Conference on Artificial Intelligence, Vol. I., aaai, August 18-23, 1985.

[7] James F. Allen, "Planning as Temporal Reasoning", the Proc. Of the Second International Conference on Principles of Knowledge Representation and Reasoning, Cambridge, MA, April, 1991.

[8] P. Bellini, R. Mattolini, and P. Nesi, "Temporal Logics for Real-Time System Specification", ACM Computing Surveys, Vol. 32, No. 1, March 2000.

[9] M. Altenhofen, J. Schaper, "Flexible instructional strategies for e-learning", Proc., of the 35th Hawaii International Conference on System Science, 2002.

www.ieee.ca/ccece06

2006

# CCECE
# CCGEI

CANADIAN CONFERENCE ON ELECTRICAL AND COMPUTER ENGINEERING

CONFÉRENCE CANADIENNE DE GÉNIE ÉLECTRIQUE ET INFORMATIQUE

## Final Program
## Programme final

Technology for a Better World
La technologie pour un monde meilleur

MAY 7 to 10, 2006
7 au 10 mai 2006

Ottawa Congress Centre
Centre des Congrès d'Ottawa
Ottawa, Ontario, Canada

IEEE Canada

IEEE OTTAWA SECTION

CCECE•CCGEI
Ottawa 2006

# A DYNAMIC ASSOCIATIVE E-LEARNING MODEL BASED ON A SPREADING ACTIVATION NETWORK

Phongchai Nilas
*Faculty of Engineering*
*King Mongkut's Inst. of Tech., Ladkrabang, Thailand*
email: knphongc@kmitl.ac.th

Nilamit Nilas
*Faculty of Engineering*
*Rajamangala University of Tech. Phra Nakhon, Bangkok, Thailand*
email: s5061212@kmitl.ac.th

Somsak Mitatha
*Faculty of Engineering*
*King Mongkut's Inst. of Tech., Ladkrabang, Thailand*
email: kmsomsak@kmitl.ac.th

## Abstract

*Presenting information to an e-learning environment is a challenge, mostly, because of the hypertext/hypermedia nature and the richness of the context and information provides. This paper proposes a dynamic semantic model for e-learning system based on the psycholinguistic theories of human memory: Spreading Activation Network (SAN). This work employs a SAN as a technique to provide the interface's action selection mechanism in an uncertain environment. The paper combines the SAN with the temporal logic to provide an e-learning system that a learning activity level evolves according to their expected contextual relevance. The system differs from the other e-learning by representing dynamic associations between learning activities and the relevance subjects. This system equipped with an Event-Triggered learning interface (context) adaptation component. This component provides multiple parallel processes for perception. These processes provide context screen selection and learning task operation based upon the user current situation. The SAN attempts to achieve a number of goals in an unpredictable complex dynamic environment. Spreading activation explains the predictive top down effect of knowledge. It supports general heuristics which may be used as the first step of more elaborated methods. This model is suited to deal with the interaction between semantic and episodic memories, as well as many other practical issues regarding e-learning, including the retroactive effect of semantics over perception. The system uses the SAN to activate the most suitable interface screen (context) in response to the current conditions (learning activities) while the system continues working towards the learning objective goal. The paper presents our efforts to realize such e-learning system. The proposed paradigm has been implemented to develop a prototypical system, and the experiments also illustrate the robustness of such an e-learning framework.*

***Keywords:*** *E-Learning, Human-Machine Interaction.*

## 1. Introduction

An electrome learning (e-learning) system is an approach to facilitate and enhance learning through the use of information and communication technology. The e-learning allow teachers and students to communicate, transfer information and interact via computer networks, CDROMs, television, Personal Digital Assistants (PDAs), mobile phones, Web-based systems, etc. A typical study style is usually based-on classroom-liked system. However, the education has rapidly changed from classroom-liked learning to electronic learning (e-learning) through the online network, Internet, and multimedia device. The e-learning could cover a spectrum of activities from online lecture, to supported learning (the Internet, email, discussion forums, and collaborative software). This e-learning could improve education and overcome the spatial barriers. Additionally, it provides the simplicity and flexibility not only for classroom lecture but also for other alternative learning, such as home school, industrial training, and distant education.

Past works in e-learning have been focused on implementing learning tools to improve the education process. Such systems include Intelligent Tutoring Systems (ITS) [1] and online distance education [2]. Many systems usually contain the learning content management, course delivery system, user interface, etc. Nevertheless, none of these works are equipped with content configurable adaptation that allows the system to dynamically adjust the course content and service to fit with the user current learning state. Some system may include the user profile or learning tree, but these still not efficient enough to offer adaptive interaction to the user. For example, two students may interact differently during the same course with the same learning status. Even the same student may have different behaviors during the same course interaction. This research presents a dynamic semantic model for e-learning system based on the psycholinguistic theories of human memory: Spreading Activation Network (SAN), and the temporal model for dynamic interactive multimedia of the web browser. The e-learning system is able to collaborate the user activities with the learning state as well as to provide the appropriate content to the user.

This paper is organized as follows: Section 2 presents the system architecture. Section 3 describes the competency-base e-learning system. Section 4 discusses the system implementation. Section 5 presents the experiment and preliminary results. Finally, Section 6 summarizes our contribution and discusses the future work.

## 2. System Architecture

The system architecture is implemented as a distributed set of processing components each of which operates independently and performs distinct functions. The system has

1-4244-0038-4/06
IEEE CCECE/CCGEI, Ottawa, May 2006

two major parts with six primary components. The first part is the e-learning interaction system that includes the user action/command monitoring component, the user model and command generator component, the event-triggering adaptation, and the content display manager. The second part is the action selection manager that includes the course planning/scheduling component, the SAN, and the database.

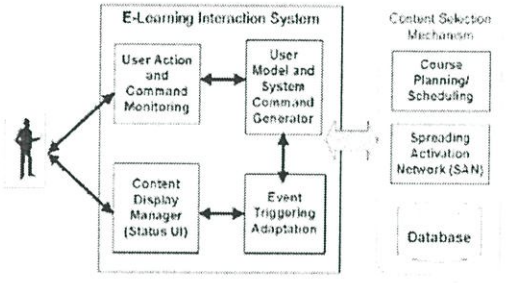



Figure 1. System architecture.

The user action/command monitoring component collects the activities of the user and determines the user action as well as the activation command. The user model stores the user profile. The system command generator mediates human-machine interaction as well as enables the user to converse with and assist the e-learning system. The event-triggering adaptation adjusts the course content based on events triggered by the user actions and the course plans. The content display manager (status UI) component provides the course data to the user, such as the content, the learning status and the message sent by the system. The action selection manager composes of a course planning/scheduling component, the spreading activation network, and the database. It generates the course plan and selects appropriate learning module to display to the user. This action selection manager dynamically forms the learning activation network (learning schedule) according to course content sand user capabilities. The action selection mechanism employed the Spreading Activation Network (SAN) that could activate the proper learning module according to the user behavior and the course situation [5]. The database stores the content and learning module, the user data, and the course specifications.

## 3. Competency-base E-learning System

This paper presents a dynamic semantic model for e-learning system based on the psycholinguistic theories of human memory; Spreading Activation Network (SAN). This research employs a SAN as a technique to provide the content's action selection mechanism in an uncertain environment. The system combines the SAN with the temporal logic to provide an e-learning system that a learning activity level evolves according to their expected contextual relevance. The system uses the SAN to activate the most suitable interface screen (context) in response to the current conditions (learning activities) while the system continues working towards the learning objectives.

### 3.1. Spreading Activation Network

Even if an e-learning has a course command, it requires an action selection mechanism to select the appropriate content or learning module in order to accomplish the course objective goal. In this work, the spreading activation network (SAN), is employed as the learning activity selection mechanism. SAN not only favors actions that accomplish several goals simultaneously, but also tends to follow the plan given by the lecturer or any other planning component. Therefore, it provides the capability of both deliberative and reactive action planning.

A spreading activation network consists of competency modules that are interconnected via their conditions. The competency module (CM) is a representation of the task in a spreading activation network. The pre-conditions related to a particular CM must be satisfied before that module can be activated. After a particular CM has been executed, certain conditions become true. These conditions are called "post-conditions". If a competency module has all of its pre-conditions satisfied by the current state, then it is executable. In the case when there is more than one executable CM, the algorithm selects the executable CM with the highest activation and then the process of the SAN is repeated. An example of SAN is provided in Figure 3.

The main challenges involved in generating a SAN automatically are in correlating the primitive task representation of a course objective and user action command with the system primitive learning modules and in interconnecting the modules to formulate an action selection network (context selection network). The algorithm that generates the SAN is implemented as a loop of four operational stages.

- The system receives the course command from the user or obtains the course outline from the database.
- It obtains the course constraints from the database (i.e., learning objectives, the pre- and post-conditions, the learning module).
- It generates a correlation table of the user's selected course and the e-learning competency module. For example, it maps the planned command to the e-learning's primitive content module, translates the learning condition to proposition nodes (pre- and post-conditions), and converts the command operators (i.e. and, or, then) to the competency links (successor, or predecessor link).
- The process of generating the network is a combination of backward propagation from the mission's goal, forward propagation from the initial state, and then merging these two propagated networks to become the SAN.

Any competency module (CM) becomes active if it can fulfill the following conditions:

- All the pre-conditions need to be satisfied (executable competency module).
- The CM must have the activation energy higher than threshold.
- The CM must have the highest activation among other executable modules.

### 3.2. Event-based Temporal Behavior

The e-learning system will monitor the user activities to determine the user command as well as the course accomplishment via the online action, the pre-test, and the post-test. These user activities could be interpreted as the system event-based behavior. For example, a learning course of totally *x* pages (or *x* activities) following from *x1*→ *x2*→ *x3* involved with time consuming, learning process, and score. We can condense it and write in time frame of adaptive or non-adaptive event. In addition to the fundamental events, starting from first page *x1* on event line forward to next page *x2* and *x3*, and to the end of topic. The *x1* and *x3* are different information type but same category type that happen on same event line. If some of them want to back, moving backward to previous page (or previous content) as *x3*→ *x2*→ *x3*, thus they may be taken long period of time to finish the topic.

Thus, we can apply the temporal logic [6] and form as *X* where

$$X = \{x1, x2, x3, x4, x5\} \quad (1)$$

Each page contains individual content type, such as *x1* is general course information, and the next page, *x2*, is a mathematic formula. Both contents will display in different time events. The activities start from *x1* to *x5* consequently. The events of all content have to formulate according to the course outline and will not overlapped to each other. Figure 2 shows an example of a designed e-learning course with student behavior scheduling.

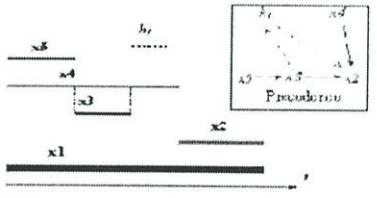



Figure 2. An example of a designed learning temporal.

From Figure 2, we could assume X consists of member {x1, x5} and can write the equations (2)-(4). Equation (3) shows the possible relations between two interval of the sequential relation "<" of activities. For instant, from Figure 2, the learning module x3 need to be satisfied before x2 can be activated, thus the temporal formula is "*<(x3,x2)*". Equation (4) shows the inclusion relation "⊆" of activities that could activate in the same interval time, such as "*(x5,x1)*" means x5 and x1 are activated synchronously.

$$X = \{x1, x2, x3, x4, x5\} \quad (2)$$

$$< = \{(x5,x3),(x3,x2),(x5,x2),(x4,x2)\} \quad (3)$$

$$\subseteq = \{(x5,x1),(x5,x4),(x3,x4),(x2,x1),(x2,x4),(x4,x1),(x3,x1)\} \quad (4)$$

From this example, the temporal frame of the above example system could be transformed into the following logic formula:

$$(\forall x4)(\forall x5)((x4 \subseteq x5) \vee (\exists h1)((h1 \subseteq x4) \wedge \neg O(h1,x5))) \quad (5)$$

The intervals events for x3 and x5 can swap to each other depend on content. If student finished (F) the course that means F state happened and the course module has been accomplished.

## 4. System Implementation

The system is developed as a web-based e-learning using JAVA and PHP nude. The design focuses on a single e-learning course for multiple users. The prototype system contains 30 learning modules for a single chapter of an engineering course. These learning modules include pre-tests, a chapter overview, 5 main topics with 10 sub-topics, quizzes and post-tests. Additionally, the system provides learning help and suggestions. Moreover, it equips with situation awareness and dynamic action selection mechanism. Figure 3 shows the implemented e-learning of a robot training course.

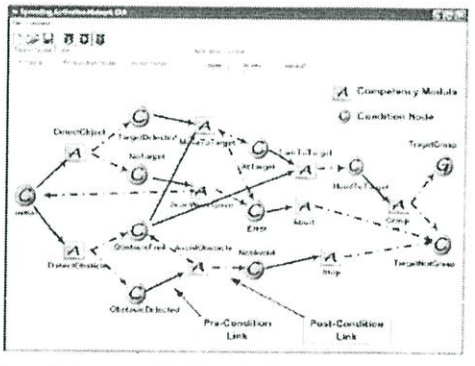



Figure 3. An example of the SAN for a robot training course.

A few e-learning systems have incorporated the adaptive user interface and dynamic content selection network (SAN) into their work. The spreading activation network (SAN) maps the intended learning goals with the current learning conditions and forms a network of learning module (possible learning plan). This network could describe the predictive top-down effect of knowledge of the course. The system also includes a temporal-based content presentation that governs the flow of the course context. The system supports general heuristics which could be used as the first step of more elaborated methods. The implemented system is suited to deal with the

interaction between semantic and episodic memories, as well as many other practical issues regarding e-learning, including the retroactive effect of semantics over perception. The SAN combined with temporal logic is able to activate the most suitable learning module and select the best-fit interface (context) in response to the current learning situations while the system continues working towards the learning goal.

## 5. Experiment and Result

### 5.1. Experiment

An experiment was designed to verify the proposed e-learning and demonstrate the reliability and robustness of the system.

In the experiment, five users were trained by using the implemented e-learning course via a computer. The experiment is composed of 5 topics of a network theory course. It started with the course overview and the training outline. Then, it presents the pre-test before provides the detail of the course in network theory, and problem solving. Finally, the e-learning assigned a post-test. The training period, the time taken to complete each course module, the achievement rate of each assignment, and the accomplishment of the course were recorded to evaluate the system.

### 5.2. Preliminary Results

The e-learning period ranging from 25 minutes to 120 minutes that due to the differences in background, and knowledge of each person. Nevertheless, after training, all subjects were able to accomplish the assignment in each learning module. On an average, the training consumed 60% of the 20 min module time. These results indicate that the e-learning is simple enough for people to learn and use the system. In order to analyze the success rate of e-learning system, we classified the results into three categories: satisfied, unsatisfied, and ambiguous. For example, Satisfied is when the user was able to complete the post-test and assignments (more than 70%. Unsatisfied is when the user could not complete assignments less that 30%. Ambiguous is when the user could complete some of the course modules but not others with success rate between 30-70%. The experimental results are provided in Table 1.

Table 1. Experimental results

| Satisfaction | Unsatisfied | Satisfied | Ambiguous |
|---|---|---|---|
| Course Contents | 15.62% | 71.87% | 12.5% |
| Suggestion | 9.37% | 75.00% | 15.62% |
| Online Help | 12.5% | 71.87% | 15.62% |

## 6. Conclusion and Discussion

This paper has presented a novel a dynamic associative e-learning system. We employed the spreading activation network (SAN) and the temporal logic to implement the framework. The system is able to provide bi-directional interaction between human and e learning system. A content selection mechanism that includes the course planner and the action-selection mechanism also have been developed. It can form the course plan and execute the intended learning module autonomously. The preliminary experimental result demonstrates the usability and the capability of the system. This combined capability of SAN and temporal logic makes this approach unique and potentially very useful for electronic learning applications. The future work includes performing further experiments with more user evaluation. This evaluation is a need to determine the usability of the designed system that includes a comparison of this approach with other e-learning.

## References


[1] Rogier Brussee, Alfons Salden, Piet Boekhoudt, Harry Van Vliet, "A Web-Based E-Learning Infrastructure," Int'l. Conf. SSGRR2001, L'Aquila, August 2001.

[2] Joe Lin, Charley Ho, Wasim Sadiq, Maria E. Orlowska, "On Workflow Enabled e-Learning Services," Proc., IEEE, ICALT2001, Madison, USA, August 2001.

[3] Tajudeen A. Atologbe, "E-Learning: The Use of Components Technologies and Artificial Intelligence for Management and Delivery of Instruction," 24th Int'l. Conf. Information Technology Interfaces ITI2002, Cavtat, Croatia, June 2002.

[4] Nael Hirzalla, Ben Falchuk, and Ahmed Karmouch, "A Temporal Model for Interactive Multimedia Scenarios," IEEE Multimedia, Vol. 2, No.3, Fall 1995.

[5] K. Kawamura, P. Nilas, K. Muguruma, and J. A. Adams, "An Agent-based Architecture for an Adaptive Human-Robot Interface," the HICSS 36, Hawaii International Conference on System Sciences, 2003.

[6] James F. Allen, Patrick J Hayes, "A Common-Sense Theory of Time," Proc. Of Int'l. Joint Conference on Artificial Intelligence, Vol. I., AAAI, August 1985.

[7] James F. Allen, "Planning as Temporal Reasoning," the Proc. Of the Second International Conference on Principles of Knowledge Representation and Reasoning, Cambridge, MA, April, 1991.

# ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล นายนิลมิต นิลาศ

ที่อยู่ 150/8 ถ.ประชาราษฎร์สาย 1 บางโพ กทม.ฯ 10800

ประวัติการศึกษา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์
คณะวิศวกรรมเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล

ประสบการณ์การทำงาน

พ.ศ. 2530 รับราชการครูสอนประจำแผนกอิเล็กทรอนิกส์และแผนกเทคนิคคอมพิวเตอร์ วิทยาลัยเทคโนโลยีและอาชีวศึกษา วิทยาเขตพระนครเหนือ ซึ่งต่อมาเป็น สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตพระนครเหนือ

พ.ศ. 2549 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ปัจจุบัน อาจารย์สอนประจำสาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร