

การออกแบบและพัฒนาแก่นกลางของระบบจิ้นตัทศน์อัลกอริทึม

นาย ชัชวาล วงศ์ศิริประเสริฐ



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2539

ISBN 974-636-162-7

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I17207551

THE DESIGN AND DEVELOPMENT OF ALGORITHM VISUALIZATION SYSTEM KERNEL

Mr. Chatchawan Wongsirprasert

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Engineering

Department of Computer Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

Academic Year 1996

ISBN 974-636-162-7

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การออกแบบและพัฒนาแก่นกลางของระบบจินตทัศน์อัลกอริทึม

โดย นาย ชัชวาล วงศ์ศิริประเสริฐ

ภาควิชา วิศวกรรมคอมพิวเตอร์

อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมชาย ประสิทธิ์จตุระกุล

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(ศาสตราจารย์ นายแพทย์ ศุภวัฒน์ ชูติวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(อาจารย์ ดร. บุญเสริม กิจศิริกุล)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมชาย ประสิทธิ์จตุระกุล)

..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร. ชูต ศิริบูรณ์)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. ชิดชนก เหลือสินทรัพย์)



พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว

ชัชวาล วงศ์ศิริประเสริฐ : การออกแบบและพัฒนาแก่นกลางของระบบจินตทัศน์อัลกอริทึม (A DESIGN AND DEVELOPMENT OF ALGORITHM VISUALIZATION SYSTEM KERNEL) อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมชาย ประสิทธิ์จิตรระกูล; 102 หน้า. ISBN 974-636-162-7.

การจินตทัศน์อัลกอริทึมเป็นกรรมวิธีหนึ่งในการศึกษาทำความเข้าใจการทำงานของอัลกอริทึมด้วยการใช้ภาพและการเปลี่ยนแปลงของภาพเป็นสื่อในการแสดงถึงขั้นตอนการทำงานของอัลกอริทึม วิทยานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอการออกแบบและพัฒนาระบบการจินตทัศน์อัลกอริทึมบนระบบปฏิบัติการไมโครซอฟต์วินโดวส์ 3.1 ที่มีชื่อว่า "AVis" AVis ประกอบไปด้วยส่วนประกอบสามส่วนได้แก่ (1) หน่วยบริหารการจินตทัศน์หรือแก่นกลางของระบบซึ่งให้บริการในเรื่องการจินตทัศน์อัลกอริทึม (2) ระเบียบวิธีการพัฒนาการจินตทัศน์อัลกอริทึม และ วิธีติดต่อประสานงานระหว่างองค์ประกอบการจินตทัศน์ต่างๆ (3) การพัฒนาโปรแกรมช่วยงานเพื่อทำให้การสร้างและใช้งานการจินตทัศน์ทำได้สะดวกขึ้น หน่วยบริหารการจินตทัศน์พัฒนาขึ้นในลักษณะของคลังคำสั่งเชื่อมโยงแบบพลวัตของระบบวินโดวส์และถูกแบ่งออกเป็นส่วนประกอบย่อยห้าส่วนตามหน้าที่ของส่วนประกอบแต่ละส่วนได้แก่ ส่วนตรวจสอบความถูกต้องของการขอใช้บริการ ส่วนการส่งผ่านข้อความ ส่วนการประสานจังหวะการทำงาน ส่วนจัดเก็บและสอบถามข้อมูลต่างๆของสภาพการจินตทัศน์ และส่วนจัดการความผิดพลาดในระบบ ผู้ใช้ปลายทางสามารถสร้างบทการจินตทัศน์และใช้งานบทการจินตทัศน์ที่สร้างขึ้นโดยใช้โปรแกรมช่วยงานซึ่งมีการติดต่อประสานกับผู้ใช้แบบกราฟิก

ระบบ AVis กำหนดให้มีแยกการจินตทัศน์อัลกอริทึมออกเป็นองค์ประกอบสี่ประเภทตามหน้าที่ได้แก่ ตัวสร้างข้อมูล อัลกอริทึม ตัวแปลงคำสั่ง และ ส่วนแสดงผล โดยองค์ประกอบเหล่านี้จะพัฒนาแยกกันต่างหากในรูปแบบของโปรแกรมบนระบบวินโดวส์ ซึ่งองค์ประกอบเหล่านี้จะต้องพัฒนาโดยมีการติดต่อประสานงานกันตามรูปแบบที่ AVis กำหนดเพื่อจะได้สามารถนำมาทำงานรวมกันได้ในภายหลัง การแยกการจินตทัศน์ออกเป็นองค์ประกอบย่อยมีข้อดีเมื่อเทียบกับการพัฒนาการจินตทัศน์ในลักษณะของโปรแกรมเดียวคือ ทำให้การพัฒนาองค์ประกอบทำได้ง่ายขึ้น ลดผลกระทบระหว่างองค์ประกอบ เพิ่มความเป็นอิสระในการพัฒนา และสามารถนำองค์ประกอบกลับมาใช้งานใหม่ได้ นอกจากนี้องค์ประกอบการจินตทัศน์ของ AVis ไม่ขึ้นกับภาษาที่ใช้ในการพัฒนาโปรแกรม ทำให้ผู้พัฒนาองค์ประกอบสามารถเลือกใช้ภาษาการพัฒนาโปรแกรมที่เหมาะสมสำหรับองค์ประกอบแต่ละประเภทได้ อย่างไรก็ตามการแยกการจินตทัศน์ออกในลักษณะนี้ก็ยังมีข้อเสียเช่นกันคือการจินตทัศน์ของ AVis จะใช้ทรัพยากรของระบบวินโดวส์มากขึ้น 13-17% และทำงานได้ช้าลงประมาณ 2-11% เมื่อพัฒนาองค์ประกอบทั้งหมดด้วยวิซวลเบสิก แต่เนื่องจากความเร็วและความสิ้นเปลืองนี้ไม่ถือเป็นปัจจัยหลักในการพัฒนาการจินตทัศน์ ดังนั้นเมื่อเทียบกับความสะดวกและรวดเร็วในการพัฒนาการจินตทัศน์ที่เพิ่มขึ้นจึงถือได้ว่าการพัฒนาการจินตทัศน์ด้วยระบบ AVis มีประสิทธิภาพดีกว่าการพัฒนาการจินตทัศน์ในลักษณะของโปรแกรมเดียว

ภาควิชา วิศวกรรมคอมพิวเตอร์.....
สาขาวิชา วิศวกรรมคอมพิวเตอร์.....
ปีการศึกษา 2539.....

ลายมือชื่อนิติต
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

พิมพ์ต้นฉบับบทความวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว

C818815 : MAJOR COMPUTER ENGINEERING
KEY WORD: ALGORITHM VISUALIZATION / ALGORITHM ANIMATION

CHATCHAWAN WONGSIRIPRASERT : A DESIGN AND DEVELOPMENT OF ALGORITHM
VISUALIZATION SYSTEM KERNEL. THESIS ADVISOR : ASSO. PROF. SOMCHAI
PRASITJUTRAKUL, Ph.D. 102 pp. ISBN 974-636-162-7.

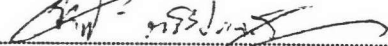
Algorithm visualization is a means to study the behavior of how algorithms work by using graphical views and animations of the algorithms in action. This thesis presents a design and development of an algorithm visualization system for Microsoft Windows 3.1 operating environment named "AVis". AVis is divided into three parts (1) an algorithm visualization system kernel or AVisExecutive which provides visualization services, (2) an algorithm visualization system framework which defines how components communicate, and (3) utilities programs which ease the design and use of visualization session. AVisExecutive is implemented as a dynamic link library providing five group of services : parameter validation, message routing, algorithm synchronization, data store / query, and error handling. End users can visually create visualization sessions and observe the algorithm visualization effectively through the use of GUI-style control program.

Each visualization session consists of several processes called AVisComponents which can be categorized into four classes : data generator, algorithm, convertor, and view. By having a predefined method for message passing among AVisComponents, separating a visualization session into components makes the development of each component much easier, less side effect, independent, and reusable compared to having all components integrated into a single monolithic executable program. In addition, each component can be developed using suitable tools and languages for its purposes. However, these benefits are gained by using more system resources, and execution time which are normal acceptable. Experimental results showed that additional 13%-17% of system resources were used with 2%-11% slower when developing each components using Visual Basic.

ภาควิชา..... วิศวกรรมคอมพิวเตอร์.....

สาขาวิชา..... วิศวกรรมคอมพิวเตอร์.....

ปีการศึกษา..... 2539.....

ลายมือชื่อนิสิต..... .....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา..... .....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของอาจารย์ที่ปรึกษาของผู้เขียนคือ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมชาย ประสิทธิ์จตุระกุล ที่คอยให้คำปรึกษา ดูแล แนะนำ สั่งสอน และให้ข้อคิดเห็นต่างๆ ที่เกี่ยวเนื่องกับการวิจัย รวมทั้งช่วยตรวจแก้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้อย่างละเอียด ผู้เขียนขอขอบคุณอาจารย์ ดร. ประภาส จงสถิตย์วัฒนา เป็นอย่างมากในการแสดงให้ผู้เขียนเห็นถึงข้อดีในการศึกษาให้จบเร็วกว่าที่กำหนดไว้ในหลักสูตรนอกจากนี้ยังช่วยกระตุ้นจนทำให้งานวิจัยชิ้นนี้เสร็จเร็วกว่าที่อาจจะเป็น

ขอขอบคุณ นายเกรียงศักดิ์ อัครวัฒน์ หรือพี่เกรียง ซึ่งอดทนแกะรอยมือที่ค่อนข้างจะอ่านยากของผู้เขียน เพื่อนำมาจัดพิมพ์เป็นดุษฎีนิพนธ์ รวมทั้งช่วยสละเวลานั่งอ่านวิทยานิพนธ์เพื่อช่วยตรวจหาคำผิด

ขอขอบคุณเพื่อนๆ และรุ่นพี่หลายคน ที่ให้ความช่วยเหลือในการให้ยืมเครื่องพิมพ์สำหรับการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นอย่างดี โดยเฉพาะอย่างยิ่งคุณกิตินนท์ ที่กรุณานำเครื่องพิมพ์มาให้ผู้เขียนถึงภาควิชา

ขอขอบคุณ อธิบดีบรรณารักษ์ของห้องสมุดประจำภาควิชา คุณพัชราพรณ์ คนแรง ที่อำนวยความสะดวกในการค้นหาหนังสือในห้องสมุด รวมทั้งการยืมและคืนหนังสือ

ท้ายที่สุดผู้เขียนขอขอบคุณศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติหรือ NECTEC ที่สนับสนุนทุนวิจัยส่วนหนึ่งในการทำงานวิจัยชิ้นนี้

ชัชวาล วงศ์ศิริประเสริฐ

เมษายน 2540

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง.....	ฐ
สารบัญภาพ	ฒ
1. บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	2
1.2 AVIS	2
1.3 โครงสร้างของระบบ AVIS.....	3
1.4 ผู้ใช้งานระบบ AVIS.....	4
1.5 เนื้อหาซึ่งอยู่นอกขอบเขตการวิจัย	5
1.6 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	5
1.7 ขอบเขตของการวิจัย	6
1.8 ขั้นตอนและวิธีดำเนินงาน	6
1.9 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	6
1.10 เนื้อหาของวิทยานิพนธ์	6
2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	8
2.1 Balsa-II	8
2.1.1 โครงสร้างของระบบ	8
2.1.2 การติดต่อประสานงานกับผู้ใช้.....	12
2.1.3 บทการจินตทัศน์	13
2.2 ALGORITHM VISUALIZATION SYSTEM	14
2.2.1 โครงสร้างของระบบการจินตทัศน์อัลกอริทึม	15
2.2.2 ตัวแปลงคำสั่ง	16
2.2.3 ตัวเชื่อมประสาน	16
2.2.4 กลไกการส่งคำสั่งแบบขนาน	17
2.2.5 ตัวประสานจังหวะการทำงาน.....	17
2.3 สรุปและวิเคราะห์.....	18

3. ผู้ใช้ปลายทาง.....	20
3.1 ผู้ใช้ปลายทาง.....	20
3.2 การสร้างบทการจินตทัศน์อัลกอริทึม.....	20
3.2.1 องค์ประกอบบทการจินตทัศน์.....	21
3.2.2 AVisDesigner.....	21
3.3 การนำบทการจินตทัศน์อัลกอริทึมมาใช้งาน.....	23
3.3.1 โปรแกรมควบคุมบทการจินตทัศน์.....	23
3.3.2 AVisController.....	24
3.4 สรุป.....	26
4. การพัฒนาองค์ประกอบบทการจินตทัศน์.....	27
4.1 โครงสร้างของระบบ AVis ในขณะที่ทำการจินตทัศน์.....	27
4.2 โครงสร้างของโปรแกรมขององค์ประกอบบทการจินตทัศน์.....	28
4.3 การติดต่อประสานงานขององค์ประกอบบทการจินตทัศน์.....	28
4.3.1 ข้อความคำสั่งควบคุมการทำงาน.....	29
4.3.2 ข้อความคำสั่งขององค์ประกอบ.....	30
4.3.3 ข้อความคำสั่งตั้งค่า.....	32
4.4 องค์ประกอบอัลกอริทึม.....	32
4.5 การประสานจังหวะการทำงานขององค์ประกอบอัลกอริทึม.....	33
4.6 เพิ่มรายละเอียดขององค์ประกอบ.....	34
4.7 สรุป.....	34
5. หน่วยบริหารการจินตทัศน์อัลกอริทึม.....	35
5.1 โครงสร้างของระบบจินตทัศน์อัลกอริทึม.....	35
5.2 หน่วยบริหารการจินตทัศน์ (AVisEXECUTIVE).....	36
5.3 AVisAPI.....	37
5.3.1 บริการการจัดการองค์ประกอบที่ทำงานในระบบ.....	37
5.3.2 บริการการจัดการการรับส่งข้อความคำสั่ง.....	38
5.3.3 บริการการประสานจังหวะการทำงานขององค์ประกอบอัลกอริทึม.....	39
5.3.4 บริการพิเศษอื่นๆแก่องค์ประกอบต่างๆที่ทำงานในระบบ.....	39
5.4 AVisDB.....	40
5.5 AVisROUTER.....	41
5.5.1 กราฟทางเดินของข้อความ.....	41
5.5.2 บริการส่งข้อความของ AVisRouter.....	42
5.5.3 กลไกส่งข้อความของ AVisRouter.....	43
5.5.4 การตรวจสอบความพร้อมของผู้รับ.....	43
5.5.5 การป้องกันการติดตาย.....	44

5.6 AVISYNC.....	44
5.7 AVISERR.....	46
5.7.1 ผลของข้อผิดพลาดต่อระบบ	46
5.7.2 สาเหตุของการหยุดทำงานของโปรแกรมในระบบวินโดวส์.....	46
5.7.3 การตรวจสอบข้อผิดพลาด	47
5.7.4 การแก้ไขข้อผิดพลาด	47
5.8 สรุป	48
6. ตัวอย่างการจินตทัศน์อัลกอริทึมและการทดสอบประสิทธิภาพ.....	49
6.1 การจินตทัศน์อัลกอริทึมค้นหาต้นไม้ทอดข้ามที่สั้นที่สุด.....	49
6.1.1 โครงสร้างของการจินตทัศน์.....	49
6.1.2 การติดต่อประสานงานระหว่างองค์ประกอบการจินตทัศน์.....	50
6.2 การจินตทัศน์อัลกอริทึมจัดเรียงข้อมูล	51
6.2.1 โครงสร้างของการจินตทัศน์.....	51
6.2.2 การติดต่อประสานงานระหว่างองค์ประกอบการจินตทัศน์.....	52
6.3 การจินตทัศน์ที่พัฒนาขึ้นในลักษณะของโปรแกรมเดียว.....	53
6.3.1 โครงสร้างของการจินตทัศน์.....	53
6.3.2 การติดต่อประสานงานระหว่างส่วนประกอบ	53
6.4 การทดลอง	54
6.4.1 การจินตทัศน์ของอัลกอริทึมต้นไม้ทอดข้ามด้วยอัลกอริทึมของพริม	55
6.4.2 การจินตทัศน์ของอัลกอริทึมต้นไม้ทอดข้ามด้วยอัลกอริทึมของครุสคัล	55
6.4.3 การจินตทัศน์ของอัลกอริทึมจัดเรียงข้อมูลแบบเร็ว.....	55
6.4.4 การจินตทัศน์ของอัลกอริทึมจัดเรียงข้อมูลแบบฮีป.....	56
6.5 ผลการทดลอง	56
6.6 สรุปผลการทดลอง	57
6.7 สรุป	58
7. สรุปผลงานวิจัยและข้อเสนอแนะ	60
7.1 สรุปผลการวิจัย.....	60
7.2 ข้อดีและข้อเสียของระบบ Avis.....	61
7.3 ข้อเสนอแนะ	61
รายการอ้างอิง	63
ภาคผนวก	64
ภาคผนวก ก	65
ภาคผนวก ข	68
ภาคผนวก ค	75

ภาคผนวก ง.....	81
ภาคผนวก จ.....	83
ภาคผนวก ฉ.....	93
ภาคผนวก ช.....	102
ภาคผนวก ซ.....	105
ภาคผนวก ฌ.....	108
ประวัติผู้วิจัย.....	113

สารบัญตาราง

หน้าที่

ตารางที่ 5.1	ฟังก์ชันที่ใช้จัดการองค์ประกอบที่ทำงานในระบบ.....	37
ตารางที่ 5.2	ฟังก์ชันที่ให้บริการการจัดการการรับส่งข้อความคำสั่งของ AVisRouter	38
ตารางที่ 5.3	ฟังก์ชันที่ให้บริการการประสานจังหวะการทำงานของ AVisSync	39
ตารางที่ 5.4	ฟังก์ชันที่ให้บริการพิเศษอื่นๆแก่องค์ประกอบต่างๆที่ทำงานในระบบ	40
ตารางที่ 6.1	ผลการจินตทัศน์ของอัลกอริทึมค้นหาต้นไม้ทอดข้ามด้วยอัลกอริทึมของพริม	56
ตารางที่ 6.2	ผลการจินตทัศน์ของอัลกอริทึมค้นหาต้นไม้ทอดข้ามด้วยอัลกอริทึมของครุสคัล.....	56
ตารางที่ 6.3	ผลการจินตทัศน์ของอัลกอริทึมจัดเรียงข้อมูลแบบเร็ว	56
ตารางที่ 6.4	ผลการจินตทัศน์ของอัลกอริทึมจัดเรียงข้อมูลแบบฮีป	57
ตารางที่ 6.5	เปรียบเทียบผลการทำงาน	57
ตารางที่ 6.6	การใช้ทรัพยากรของระบบของโปรแกรมที่พัฒนาด้วยวิซวลเบสิก	57
ตารางที่ 6.7	การใช้ทรัพยากรของ AVisController	58
ตารางที่ 6.8	อัตราส่วนของเวลาที่ใช้ในการทำงานทั้งหมดและเวลาที่ใช้ในการแสดงผล.....	58
ตารางที่ ข.1	ฟังก์ชันของ AVISCOMP.VBX.....	103

สารบัญภาพ

	หน้าที่
รูปที่ 1.1 ตัวอย่างการจินตทัศน์การเรียงลำดับข้อมูลแบบฮีปบนข้อมูลเริ่มต้นแบบสุ่ม.....	1
รูปที่ 1.2 โครงสร้างและความสัมพันธ์ของส่วนประกอบต่างๆของ AVis	4
รูปที่ 2.1 ขั้นตอนการพัฒนาการจินตทัศน์อัลกอริทึมด้วย Balsa-II	9
รูปที่ 2.2 โปรแกรมต้นฉบับของอัลกอริทึมการจัดเรียงข้อมูลแบบแทรก (insertion sort)	10
รูปที่ 2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างส่วนประกอบการจินตทัศน์ในระบบ Balsa-II	11
รูปที่ 2.4 ส่วนติดต่อประสานงานกับผู้ใช้ของโปรแกรม Balsa-II	12
รูปที่ 2.5 การกำหนดค่าเริ่มต้นของตัวสร้างข้อมูล.....	13
รูปที่ 2.6 การควบคุมการทำงานของอัลกอริทึม.....	13
รูปที่ 2.7 ตัวอย่างบทการจินตทัศน์.....	14
รูปที่ 2.8 โครงสร้างของระบบการจินตทัศน์อัลกอริทึม.....	15
รูปที่ 2.9 การทำงานของส่วนแปลงคำสั่ง	16
รูปที่ 2.10 ตัวอย่างโปรแกรมต้นฉบับ	18
รูปที่ 3.11 การออกแบบบทการจินตทัศน์.....	22
รูปที่ 3.12 การตั้งค่าพารามิเตอร์ขององค์ประกอบ	23
รูปที่ 3.13 หน้าจอหลังจากเรียกบทการจินตทัศน์มาทำงาน.....	24
รูปที่ 3.14 หน้าจอขณะทำการจินตทัศน์.....	25
รูปที่ 3.15 การกำหนดค่าพารามิเตอร์ระหว่างการจินตทัศน์.....	25
รูปที่ 4.1 โครงสร้างและความสัมพันธ์ของส่วนประกอบต่างๆของ AVis.....	27
รูปที่ 4.1 ข้อความคำสั่งซึ่งองค์ประกอบจะต้องรู้จักเพื่อที่จะสามารถทำงานร่วมกันได้	31
รูปที่ 4.2 โปรแกรมจำลองขององค์ประกอบอัลกอริทึม	32
รูปที่ 4.3 ตัวอย่างโปรแกรมจำลองของอัลกอริทึมจัดเรียงข้อมูลแบบฟอง.....	33
รูปที่ 5.1 โครงสร้างของระบบจินตทัศน์อัลกอริทึม	35
รูปที่ 5.2 โครงสร้างของระบบจินตทัศน์อัลกอริทึม	36
รูปที่ 5.3 โครงสร้างข้อมูลของ AVisDB.....	41
รูปที่ 5.4 ตัวอย่าง Message Routing Graph ของบทการจินตทัศน์หนึ่ง.....	41
รูปที่ 5.5 โครงสร้างข้อมูลที่ใช้เก็บ Message Routing Graph.....	42
รูปที่ 5.6 กลไกการส่งข้อความคำสั่งของ AVisRouter.....	42
รูปที่ 5.7 การทำงานของฟังก์ชัน AVisDispatchEvent.....	44
รูปที่ 5.8 การทำงานของฟังก์ชัน AVisSync	45
รูปที่ 6.1 การทำงานของอัลกอริทึมค้นหาต้นไม้ทอดข้ามที่สั้นที่สุด	50
รูปที่ 6.2 การส่งข้อความคำสั่งของการจินตทัศน์ของอัลกอริทึมค้นหาต้นไม้ทอดข้าม	50
รูปที่ 6.3 การทำงานของอัลกอริทึมจัดเรียงข้อมูล.....	52
รูปที่ 6.4 การส่งข้อความคำสั่งของการจินตทัศน์ของอัลกอริทึมจัดเรียงข้อมูล.....	52

รูปที่ 6.5 การติดต่อประสานงานของส่วนประกอบ	54
รูปที่ 6.6 ข้อมูลที่ใช้ในการทดลอง.....	55
รูปที่ ข.1 หน้าจอของโปรแกรม AVisDesigner	68
รูปที่ ข.2 หน้าจอการเพิ่ม/ลบองค์ประกอบในกลุ่มของปัญหา	69
รูปที่ ข.3 หน้าจอแสดงชื่อกลุ่มของปัญหา.....	70
รูปที่ ข.4 แสดงการเลือกกลุ่มของปัญหา.....	70
รูปที่ ข.5 แสดงสัญลักษณ์ขององค์ประกอบในพื้นที่ออกแบบ	71
รูปที่ ข.6 การสร้างความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบ	72
รูปที่ ข.7 ข้อความแสดงการปฏิเสธการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบ	72
รูปที่ ข.8 แสดงการตั้งค่าพารามิเตอร์ขององค์ประกอบ	73
รูปที่ ข.9 รายละเอียดเบื้องต้นขององค์ประกอบ.....	74
รูปที่ ค.1 หน้าจอของโปรแกรม AVISRUN ซึ่งเรียกผ่าน AVISDSGN	75
รูปที่ ค.2 หน้าจอของโปรแกรม AVISRUN ซึ่งเรียกผ่านโปรแกรมเมนเจอร์.....	75
รูปที่ ค.3 หน้าจอขณะทำการการจินตทัศน์ของ AVisController.....	77
รูปที่ ค.4 การตั้งค่าพารามิเตอร์ขององค์ประกอบการทำงาน.....	78
รูปที่ ค.5 หน้าจอตั้งค่าการบันทึกภาพ.....	78
รูปที่ ค.6 หน้าจอขณะบันทึกการการจินตทัศน์ของ AVisController.....	79
รูปที่ ค.7 การเลือกวิธีบีบอัดข้อมูล.....	79
รูปที่ ค.8 แสดงหน้าจอขณะทำการบีบอัดข้อมูล.....	79
รูปที่ ค.9 แสดงหน้าจอการตั้งค่าตัวเลือกของ AVisController.....	80
รูปที่ ง.1 หน้าจอของโปรแกรม MAKEINI.EXE.....	81
รูปที่ ง.2 หน้าจอขณะแก้ไขค่าพารามิเตอร์.....	82
รูปที่ ง.3 การแก้ไขข้อมูลเกี่ยวกับข้อความคำสั่ง.....	82
รูปที่ จ.1 หน้าจอของ วิซวลเบสิก ขณะพัฒนาองค์ประกอบการจินตทัศน์.....	84
รูปที่ จ.2 ตัวอย่างโปรแกรมของเหตุการณ์ Form_Load.....	86
รูปที่ จ.3 ต้นแบบของฟังก์ชันส่งข้อความใน AVIS.BAS	86
รูปที่ จ.4 แสดงตัวอย่างโปรแกรมของส่วนรับข้อมูลขององค์ประกอบการจินตทัศน์.....	87
รูปที่ จ.5 ตัวอย่างโปรแกรมตอบสนองต่อข้อความคำสั่งแสดงผล	88
รูปที่ จ.6 แสดงโปรแกรมตอบสนองเหตุการณ์ของข้อความคำสั่งควบคุมการทำงาน.....	89
รูปที่ จ.7 แสดงโปรแกรมตอบสนองเหตุการณ์ BeginAlgorithm.....	90
รูปที่ จ.8 ตัวอย่างการตอบสนองเหตุการณ์ ConfigComponent	91
รูปที่ จ.9 หน้าจอให้ผู้พัฒนาใส่ชื่อหน้าต่างหลัก	92
รูปที่ ฉ.1 ตัวอย่างการลงและถอนทะเบียนองค์ประกอบ.....	94
รูปที่ ฉ.2 คำสั่งส่งต่อข้อความคำสั่งของวินโดวแบบปกติขององค์ประกอบการจินตทัศน์	94
รูปที่ ฉ.3 Windows Procedure ขององค์ประกอบการจินตทัศน์	95
รูปที่ ฉ.4 ตัวอย่าง AVis Event Procedure.....	95

รูปที่ ฉ.5 ต้นแบบของคำสั่งส่งข้อความใน AVIS.H.....	96
รูปที่ ฉ.6 ตัวอย่างโปรแกรมของส่วนอ่านข้อมูลของอัลกอริทึมจัดเรียงข้อมูล.....	96
รูปที่ ฉ.7 โครงสร้างของ AVIS_MSG.....	97
รูปที่ ฉ.8 ตัวอย่างโปรแกรมตอบสนองต่อข้อความคำสั่งขององค์ประกอบ	98
รูปที่ ฉ.9 แสดงโปรแกรมตอบสนองข้อความคำสั่ง AVIS_WM_BEGINALG	99
รูปที่ ฉ.10 ตัวอย่างการตอบสนองข้อความคำสั่ง AVIS_WM_CONFIGCOMPONENT	100
รูปที่ ฉ.11 หน้าจอให้ผู้พัฒนาใส่ชื่อหน้าต่างหลัก.....	101
รูปที่ ข.1 ตัวอย่างการแปลงข้อความคำสั่งเป็นเหตุการณ์ของวิซวลเบสิก	102
รูปที่ ข.2 การทำงานของฟังก์ชัน AVisVBOOutputNotify	104
รูปที่ ฉ.1 เพิ่มการจินตทัศน์อัลกอริทึม	112