

การแบ่งส่วนภาพหัวใจห้องล่างซ้ายของภาพสะท้อนแม่เหล็กด้วยระเบียบวิธีแอกทิฟคอนทราสต์



นายไสภณ ผู้มีจรรยา

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2549

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

LEFT VENTRICULAR SEGMENTATION OF CARDIAC MAGNETIC RESONANCE IMAGE
USING DOUBLE ACTIVE CONTOUR METHOD

Mr. Sopon Phumeechanya

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

Department of Electrical Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2006

491908

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การแบ่งส่วนภาพหัวใจห้องล่างซ้ายของภาพสะท้อนแม่เหล็ก
ด้วยระเบียบวิธีแอกทิฟคอนทราสต์

โดย

นายโสภณ ผู้มีจรรยา

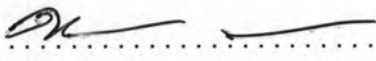
สาขาวิชา

วิศวกรรมไฟฟ้า

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ ดร.ชาญชัย ปลื้มปิติวิริยะเวช

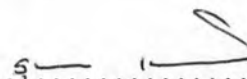
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วน
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต


..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.ดิเรก ลาวัณย์ศิริ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย จิตะพันธ์กุล)


..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์ ดร.ชาญชัย ปลื้มปิติวิริยะเวช)


..... กรรมการ
(ดร.สุพัฒนา เอื้อทวีเกียรติ)

โสภณ ผู้มีจรรยา : การแบ่งส่วนภาพหัวใจห้องล่างซ้ายของภาพสะท้อนแม่เหล็กด้วยระเบียบวิธี
 แอ็กทิฟคอนทัวร์คู่ (LEFT VENTRICULAR SEGMENTATION OF CARDIAC MAGNETIC
 RESONANCE IMAGE USING DOUBLE ACTIVE CONTOUR METHOD) อ.ที่ปรึกษา:
 อ.ดร.ชาญชัย ปลื้มปิติวิริยะเวช, 93 หน้า.

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอระเบียบวิธีแอ็กทิฟคอนทัวร์คู่สำหรับการแบ่งส่วนขอบเขตของ
 กล้ามเนื้อหัวใจห้องล่างซ้ายในภาพสะท้อนแม่เหล็ก เพื่อให้ได้ความหนาของกล้ามเนื้อบริเวณรอบหัวใจ
 ห้องล่างซ้ายเพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลสำคัญทางการแพทย์และใช้วินิจฉัยโรคต่อไป โดยระเบียบ
 วิธีแอ็กทิฟคอนทัวร์คู่นี้ สามารถหาขอบเขตของเยื่อหัวใจภายในและภายนอกได้พร้อมๆกัน และใช้การ
 ผสมผสานแรงภายนอกที่ได้จากภาพขอบและอาณาบริเวณของภาพ เพื่อแก้ไขปัญหาที่เกิดจากส่วนของ
 กล้ามเนื้อยึดลิ้นหัวใจในภาพ ซึ่งเป็นตัวขัดขวางการเคลื่อนที่ของคอนทัวร์ และในระเบียบวิธีนี้ยังมีแรง
 ระหว่างคอนทัวร์ สำหรับควบคุมการเคลื่อนที่ของคอนทัวร์ทั้งสอง เพื่อไม่ให้เคลื่อนที่ติดกัน ในขณะที่ทำ
 การแบ่งส่วนภาพ โดยได้ทดลองกับภาพหัวใจสะท้อนแม่เหล็กจำนวน 60 ภาพ และนำผลที่ได้มา
 เปรียบเทียบกับผลการแบ่งส่วนภาพด้วยมือ โดยการคำนวณหาค่าความคล้ายเชิงพื้นที่ และความคล้าย
 เชิงรูปร่าง ซึ่งค่าความคล้ายที่ได้ แสดงให้เห็นว่าระเบียบวิธีแอ็กทิฟคอนทัวร์คู่นี้ มีความสามารถในการแบ่ง
 ส่วนภาพหัวใจห้องล่างซ้ายได้อย่างมีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับการแบ่งส่วนภาพด้วยมือ

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า.....
 สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า.....
 ปีการศึกษา 2549.....

ลายมือชื่อนิสิต โสภณ ผู้มีจรรยา.....
 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา Olum.....

4870541521 : MAJOR ELECTRICAL ENGINEERING

KEY WORD : ACTIVE CONTOUR / CARDIAC MAGNETIC RESONANCE IMAGING / IMAGE SEGMENTATION / LEFT VENTRICLE / SNAKES

SOPON PHUMEECHANYA : LEFT VENTRICULAR SEGMENTATION OF CARDIAC MAGNETIC RESONANCE IMAGE USING DOUBLE ACTIVE CONTOUR METHOD.

THESIS ADVISOR : CHARNCHAI PLUEMPITIWIRIYAWAJ, Ph.D., 93 pp.

This thesis presents a double active contour method designed to segment the myocardial boundary of the left ventricle in cardiac MR images, so the information may be further analyzed by physicians for any diagnostic. The method has an ability to segment both endocardial and epicardial boundaries of the left ventricle simultaneously. The problem that one of the contours may, on occasions, be attracted to the boundary of the papillary muscles is solved by using combined edge-based and region-based forces. The inter-contour forces are inserted between the two convolving contours in order to control the distance between them. In our experiment, 60 cardiac MRI are tested and the results show successful simultaneous segmentations of the endocardial and the epicardial boundaries. The contours are compared with manually-traced contours using area and shape similarities. This method consistently produces good results.

Department..... Electrical Engineering Student's signature *Sopon Phumeechanya*
 Field of study..... Electrical Engineering Advisor's signature *Charnchai*
 Academic year..... 2006.....

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ดร.ชาญชัย ปลื้มปิติวิริยะเวช อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ให้คำปรึกษาและให้ความช่วยเหลืออย่างดียิ่งแก่ผู้วิจัยมาโดยตลอด ขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่ช่วยประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้อันมีค่าให้แก่ผู้วิจัย เป็นผลให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณทุนจากโครงการเสริมสร้างความเชื่อมโยงระหว่างภาควิชาชีพวิศวกรรมไฟฟ้าและภาคเอกชนทางด้านการวิจัยและพัฒนาที่ช่วยสนับสนุนในการทำวิจัยเป็นอย่างดี

สุดท้าย ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ที่เป็นกำลังใจ ดูแลเอาใจใส่ และให้ความช่วยเหลืออย่างดียิ่ง และท้ายที่สุดขอขอบคุณเพื่อนๆทุกคนที่ให้กำลังใจและช่วยเหลือผู้วิจัยตลอดมา

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง	ฅ
สารบัญภาพ.....	ญ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความสำคัญและเหตุผล	1
1.2 วัตถุประสงค์	3
1.3 เป้าหมายและขอบเขตของวิทยานิพนธ์	3
1.4 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน.....	7
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	7
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	8
2.1 แอ็กทิฟคอนทัวร์.....	8
2.1.1 แรงภายในคอนทัวร์	10
2.1.2 แรงภายนอกคอนทัวร์	12
2.1.2.1 แรงภายนอกแบบดั้งเดิม	12
2.1.2.2 แรงภายนอกแบบ GVF.....	14
2.1.2.3 แรงภายนอกแบบ DDGVF	15
2.1.2.4 แรงภายนอกแบบอาณาบริเวณ.....	23
2.2 เกณฑ์ในการประเมินผลการแบ่งส่วนภาพ.....	27
2.2.1 ความคล้ายเชิงพื้นที่	27
2.2.2 ความคล้ายเชิงรูปร่าง	29
บทที่ 3 ระเบียบวิธีที่นำเสนอ.....	32
3.1 การแบ่งส่วนภาพหัวใจ.....	33
3.1.1 ปัญหาในการแบ่งส่วนภาพหัวใจ	33
3.1.2 การใช้แรงภายนอกแบบต่างๆ	34
3.1.3 การใช้แรงภายนอกแบบอาณาบริเวณร่วมกับคอนเวกซ์ฮัลล์	36

3.1.4 การใช้แรงภายนอกแบบอาณาบริเวณร่วมกับ DDGVF	38
3.2 แรงระหว่างคอนทอร์.....	41
3.2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างคอนทอร์ทั้งสอง.....	42
3.2.2 สมการของแรงระหว่างคอนทอร์	43
3.3 การออกแบบระเบียบวิธีแก้กึ่งปริมาตรคอนทอร์คู่.....	45
3.3.1 การวางคอนทอร์เริ่มต้น.....	46
3.3.2 การแบ่งอาณาบริเวณของภาพโดยคอนทอร์ทั้งสอง.....	46
3.3.3 สมการการเคลื่อนที่ของคอนทอร์ทั้งสอง.....	47
3.3.3.1 ระยะห่างระหว่างคอนทอร์	49
3.3.3.2 ตัวถ่วงน้ำหนักที่สำคัญ	50
บทที่ 4 การทดลอง	51
4.1 ภาพที่สร้างขึ้นเอง.....	52
4.1.1 การเปลี่ยนแปลงของค่าตัวถ่วงน้ำหนัก	53
4.1.2 การกำหนดค่าระยะห่างระหว่างคอนทอร์	57
4.2 ชุดภาพหัวใจสะท้อนแม่เหล็ก	58
4.2.1 ภาพหัวใจส่วนบน.....	59
4.2.2 ภาพหัวใจส่วนกลาง	61
4.2.3 ภาพหัวใจส่วนล่าง.....	63
4.2.4 การประเมินผลการแบ่งส่วนภาพ	66
4.3 การประยุกต์ใช้กับภาพดวงตา.....	76
บทที่ 5 บทสรุป.....	79
5.1 สรุปผลการวิจัย	79
5.1.1 ข้อดีของระเบียบวิธีแก้กึ่งปริมาตรคอนทอร์คู่.....	80
5.1.2 ข้อด้อยของระเบียบวิธีแก้กึ่งปริมาตรคอนทอร์คู่	80
5.2 ข้อเสนอแนะ	81
รายการอ้างอิง	82
ภาคผนวก.....	84
ภาคผนวก ก ที่มาของสมการแรงระหว่างคอนทอร์	85
ภาคผนวก ข บทความที่ได้รับการตีพิมพ์	88
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์	93

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 4.1 ค่าความคล้ายเชิงพื้นที่ของคอนทัวร์ A	68
ตารางที่ 4.2 ค่าความคล้ายเชิงพื้นที่ของคอนทัวร์ B	68
ตารางที่ 4.3 ค่าความคล้ายเชิงพื้นที่ของพื้นที่ที่อยู่ระหว่างคอนทัวร์ทั้งสอง	69
ตารางที่ 4.4 ค่าความคล้ายเชิงรูปร่างของคอนทัวร์ A	69
ตารางที่ 4.5 ค่าความคล้ายเชิงรูปร่างของคอนทัวร์ B	70
ตารางที่ 4.6 ค่าความคล้ายเฉลี่ยของทั้ง 4 วิธี	73
ตารางที่ 4.7 ค่าความคล้ายของผลการแบ่งส่วนมานตา	77

สารบัญญภาพ

	หน้า
รูปที่ 1.1 ลักษณะการถ่ายภาพหัวใจห้องล่างด้วยเครื่อง MRI	4
รูปที่ 1.2 โครงสร้างของหัวใจห้องล่าง	5
รูปที่ 1.3 กล้ามเนื้อบริเวณรอบหัวใจห้องล่างซ้าย	5
รูปที่ 1.4 การแบ่งส่วนภาพหัวใจห้องล่างซ้ายแบบไม่พร้อมกัน	6
รูปที่ 2.1 ลักษณะการแทนคอนทราสต์แบบพาราเมทริก	8
รูปที่ 2.2 ลักษณะการแทนคอนทราสต์แบบซีโอเมทริก	9
รูปที่ 2.3 ลักษณะของคอนทราสต์เมื่ออนุพันธ์อันดับที่หนึ่งของคอนทราสต์ถูกทำให้มีค่าน้อยลง	11
รูปที่ 2.4 ลักษณะของคอนทราสต์เมื่ออนุพันธ์อันดับที่สองของคอนทราสต์ถูกทำให้มีค่าน้อยลง	11
รูปที่ 2.5 การหาภาพขอบ	12
รูปที่ 2.6 แรงภายนอกแบบดั้งเดิม	13
รูปที่ 2.7 การแบ่งส่วนภาพที่มีลักษณะโค้งเว้ามากๆโดยใช้แรงภายนอกแบบดั้งเดิม	14
รูปที่ 2.8 แรงภายนอกแบบ GVF	15
รูปที่ 2.9 การแบ่งส่วนภาพที่มีลักษณะโค้งเว้ามากๆโดยใช้แรงภายนอกแบบ GVF	15
รูปที่ 2.10 การพิจารณาขอบของวัตถุในภาพ	16
รูปที่ 2.11 การหาค่าเกรเดียนต์ของภาพ	16
รูปที่ 2.12 การพิจารณาลักษณะขอบของวัตถุในภาพตามทิศทาง $+x$	17
รูปที่ 2.13 ชุดภาพขอบบวกใน 4 ทิศทาง	18
รูปที่ 2.14 ชุดภาพขอบลบใน 4 ทิศทาง	19
รูปที่ 2.15 การแบ่งส่วนภาพโดยใช้แรงภายนอกแบบ DDGVF โดยเลือกใช้ขอบบวก	21
รูปที่ 2.16 แรงภายนอกแบบ DDGVF โดยเลือกใช้ขอบบวก ใน 4 กรณี	22
รูปที่ 2.17 ผลการแบ่งส่วนภาพโดยใช้แรงภายนอกแบบ DDGVF	23
รูปที่ 2.18 การพิจารณากรณีที่เป็นไปได้ทั้งหมดของตำแหน่งคอนทราสต์ในภาพ	24
รูปที่ 2.19 อาณาบริเวณของภาพที่ถูกแบ่งโดยคอนทราสต์	25
รูปที่ 2.20 การแบ่งส่วนภาพโดยใช้แรงภายนอกแบบอาณาบริเวณ	26
รูปที่ 2.21 ผลกระทบของคอนทราสต์เริ่มต้นกับแรงภายนอก	26
รูปที่ 2.22 ขั้นตอนในการคำนวณค่าความคล้ายเชิงพื้นที่	27
รูปที่ 2.23 ตัวอย่างการคำนวณค่าความคล้ายเชิงพื้นที่	28
รูปที่ 2.24 ขั้นตอนในการคำนวณค่าความคล้ายเชิงรูปร่าง	29

รูปที่ 3.1 การแบ่งส่วนภาพหัวใจห้องล่างซ้าย.....	32
รูปที่ 3.2 ความไม่ชัดเจนของขอบเขตของเยื่อหัวใจภายในและภายนอก	33
รูปที่ 3.3 กล้ามเนื้อยึดลิ้นหัวใจที่อยู่ภายในหัวใจห้องล่างซ้าย	33
รูปที่ 3.4 การแบ่งส่วนขอบเขตของเยื่อหัวใจภายในโดยใช้แรงภายนอกแบบต่างๆ	35
รูปที่ 3.5 ภาพจำลองการแบ่งส่วนขอบเขตของเยื่อหัวใจภายใน โดยใช้แรงภายนอกแบบอาณาบริเวณร่วมกับคอนเวกซ์ฮัล	36
รูปที่ 3.6 การแบ่งส่วนขอบเขตของเยื่อหัวใจภายใน โดยใช้แรงภายนอกแบบอาณาบริเวณร่วมกับคอนเวกซ์ฮัล	37
รูปที่ 3.7 การแบ่งส่วนขอบเขตของเยื่อหัวใจภายในที่มีลักษณะไม่เป็นคอนเวกซ์	37
รูปที่ 3.8 การแบ่งส่วนขอบเขตของเยื่อหัวใจภายในโดยใช้แรงภายนอกแบบ DDGVF	39
รูปที่ 3.9 การแบ่งส่วนขอบเขตของเยื่อหัวใจภายในโดยใช้แรงภายนอกแบบอาณาบริเวณ ร่วมกับแรงภายนอกแบบ DDGVF กรณีเลือกใช้ขอบบวก	40
รูปที่ 3.10 แรงระหว่างคอนทอร์.....	41
รูปที่ 3.11 ความสัมพันธ์ระหว่างคอนทอร์ทั้งสอง.....	42
รูปที่ 3.12 การทดลองแรงระหว่างคอนทอร์.....	44
รูปที่ 3.13 การวางตำแหน่งเริ่มต้นของคอนทอร์ทั้งสอง	46
รูปที่ 3.14 อาณาบริเวณต่างๆของภาพที่ถูกแบ่งโดยคอนทอร์ทั้งสอง	47
รูปที่ 3.15 ความหนาของกล้ามเนื้อบริเวณรอบหัวใจห้องล่างซ้าย	49
รูปที่ 4.1 ภาพเจดสีเทาที่สร้างขึ้นเองสำหรับการทดลอง.....	52
รูปที่ 4.2 ภาพขาวดำของภาพที่สร้างขึ้นเองสำหรับใช้ในการคำนวณค่า R_1^{BW} และ R_3^{BW}	53
รูปที่ 4.3 คอนทอร์เริ่มต้นของคอนทอร์ทั้งสองบนภาพที่สร้างขึ้นเอง	53
รูปที่ 4.4 ลักษณะของคอนทอร์ทั้งสองในขณะที่รอบในการวนซ้ำเท่ากับ 20 รอบ	54
รูปที่ 4.5 ลักษณะของคอนทอร์ทั้งสองในขณะที่รอบในการวนซ้ำเท่ากับ 50 รอบ	55
รูปที่ 4.6 ลักษณะของคอนทอร์ทั้งสองในขณะที่รอบในการวนซ้ำเท่ากับ 100 รอบ	55
รูปที่ 4.7 การเปลี่ยนแปลงของค่า w_R และ w_I ในขณะที่คอนทอร์ทั้งสองกำลังทำการแบ่งส่วนภาพ	56
รูปที่ 4.8 การทดลองแบ่งส่วนภาพที่สร้างขึ้นเอง โดยใช้ค่าระยะห่างระหว่างคอนทอร์เริ่มต้นที่ไม่เท่ากัน	57
รูปที่ 4.9 ชุดภาพหัวใจสะท้อนแม่เหล็กที่ใช้ในการทดลอง	58
รูปที่ 4.10 ตัวอย่างของภาพหัวใจสะท้อนแม่เหล็กส่วนบน	59

รูปที่ 4.11 ภาพขาวดำของรูปที่ 4.10.....	59
รูปที่ 4.12 ตัวอย่างการแบ่งส่วนภาพหัวใจส่วนบน	60
รูปที่ 4.13 การเปลี่ยนแปลงของค่าตัวถ่วงน้ำหนัก ในขณะที่คอนทราสต์ทั้งสองกำลังทำการแบ่งส่วนภาพหัวใจส่วนบน.....	60
รูปที่ 4.14 ตัวอย่างของภาพหัวใจสะท้อนแม่เหล็กส่วนกลาง	61
รูปที่ 4.15 ภาพขาวดำของรูปที่ 4.14.....	61
รูปที่ 4.16 ตัวอย่างการแบ่งส่วนภาพหัวใจส่วนกลาง	62
รูปที่ 4.17 การเปลี่ยนแปลงของค่าตัวถ่วงน้ำหนัก ในขณะที่คอนทราสต์ทั้งสองกำลังทำการแบ่งส่วนภาพหัวใจส่วนกลาง	63
รูปที่ 4.18 ตัวอย่างของภาพหัวใจสะท้อนแม่เหล็กส่วนล่าง	63
รูปที่ 4.19 ภาพขาวดำของรูปที่ 4.18.....	64
รูปที่ 4.20 ตัวอย่างการแบ่งส่วนภาพหัวใจส่วนล่าง	64
รูปที่ 4.21 การเปลี่ยนแปลงของค่าตัวถ่วงน้ำหนัก ในขณะที่คอนทราสต์ทั้งสองกำลังทำการแบ่งส่วนภาพหัวใจส่วนล่าง.....	65
รูปที่ 4.22 ตัวอย่างภาพขาวดำที่นำไปใช้ในการคำนวณค่าความคล้ายเชิงพื้นที่	66
รูปที่ 4.23 ตัวอย่างคอนทราสต์ที่นำไปใช้ในการคำนวณค่าความคล้ายเชิงรูปร่าง.....	67
รูปที่ 4.24 การเปรียบเทียบค่าความคล้ายเชิงพื้นที่ของคอนทราสต์ A.....	71
รูปที่ 4.25 การเปรียบเทียบค่าความคล้ายเชิงพื้นที่ของคอนทราสต์ B.....	71
รูปที่ 4.26 การเปรียบเทียบค่าความคล้ายเชิงพื้นที่ของพื้นที่ที่อยู่ระหว่างคอนทราสต์ทั้งสอง	72
รูปที่ 4.27 การเปรียบเทียบค่าความคล้ายเชิงรูปร่างของคอนทราสต์ A	72
รูปที่ 4.28 การเปรียบเทียบค่าความคล้ายเชิงรูปร่างของคอนทราสต์ B	73
รูปที่ 4.29 การเปรียบเทียบค่าความคล้ายเฉลี่ยของทั้ง 4 วิธี	74
รูปที่ 4.30 การแบ่งส่วนม่านตาในภาพดวงตา	77
รูปที่ 5.1 ตัวอย่างภาพขาวดำที่ใช้ในการคำนวณค่าตัวถ่วงน้ำหนัก.....	80