

การประมวลผลเชิงภาพจากสัญญาณเอ็เอ็มอาร์



ร้อยตรีวจตรี วิวัฒน์ สิทธิสรเดช

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาดำเนินหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาฟิสิกส์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2532

ISBN 974-576-497-3

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

015557

i 1030308x

135
2532
ฟิสิกส์

IMAGE PROCESSING FROM NMR SIGNAL

Police Sublieutenant Wiwat Sidhisoradej

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science

Department of Physics

Graduate School

Chulalongkorn University

1989

ISBN 974-576-497-3

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การประมวลผลเชิงภาพจากสัญญาณเอ็นเอ็มอาร์
โดย ร้อยตรีวราจรี วิวัฒน์ สิทธิสรเดช
ภาควิชา ฟิสิกส์
อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร.วิจิตร เล็งหะพันธ์



บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโท

.....
(ศาสตราจารย์ ดร.ถาวร วัชรากัญ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.ภิญโญ บัณยารชุน)

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.วิจิตร เล็งหะพันธ์)

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.พิฑูร ดรีวิจิตรเกษม)

.....
(อาจารย์ ดร.อภิสิทธิ์ อังกิจจานุกิจ)

พิมพ์ต้นฉบับบทความวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว



วิวัฒน์ สิทธิสรเกษ, ร้อยตำรวจตรี : การประมวลผลเชิงภาพจากสัญญาณเอ็นเอ็มอาร์
(IMAGE PROCESSING FROM NMR SIGNAL) อาจารย์ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์
ดร.วิจิตร เล็งทะพันธุ์, 281 หน้า

การวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายที่จะศึกษาและพัฒนาเทคนิคในการสร้างภาพจากสัญญาณเอ็นเอ็มอาร์
(นิวเคลียร์แมกเนติกเรโซแนนซ์) การเก็บข้อมูลสำหรับการสร้างภาพทำโดยการวางวัตถุตัวอย่างในสนาม
แม่เหล็กสถิตที่มีความเข้มประมาณ 0.23 เทสลา แล้วป้อนสนามแม่เหล็กสลับที่มีความถี่เรโซแนนซ์ประมาณ
10.3 MHz เข้าไป พร้อมกับทำให้สนามแม่เหล็กสถิตมีความลาดเชิงเส้นเกิดขึ้นในทิศทางต่างๆ ตามวิธีการ
สำหรับให้ได้ภาพสองมิติ เมื่อได้บันทึกสัญญาณและทำการคำนวณ โดยใช้เทคนิควิธีการแปลงแบบฟูเรียร์
ก็จะได้ข้อมูลซึ่งสามารถแสดงแทนความหนาแน่นของโปรตอนตามตำแหน่งต่างๆในวัตถุตัวอย่าง ทั้งนี้ในการ
วิจัยนี้ได้มีการพัฒนาเทคนิคในการแสดงภาพขึ้นมาเองด้วยเพื่อใช้ในการแสดงภาพที่ได้จากการคำนวณ

ในการทดลอง ได้ใช้หลอดทดลองสามหลอดบรรจุน้ำเป็นวัตถุตัวอย่าง แล้วนำไปทำการทดลอง
เพื่อหาการแจกแจงความหนาแน่นของโปรตอนในน้ำ โดยความถี่ของการเรโซแนนซ์ของโปรตอนจะมีค่าอยู่ที่
ประมาณ 10.3 MHz

ผลจากการทดลองพบว่า เมื่อนำสัญญาณที่ได้จากการทดลอง มาผ่านกระบวนการแปลงแบบฟูเรียร์
แล้วนำค่าสัมบูรณ์ของผลที่ได้มาแสดงเป็นภาพแล้ว จะสามารถมองเห็นได้ว่าภาพที่ได้แสดงถึงกลุ่มของความ
หนาแน่นสามกลุ่ม ที่วางเรียงกันอยู่ในลักษณะเดียวกันกับการวางเรียงตัวของหลอดทดลองที่ใช้เป็นตัวอย่าง
ในการทดลอง

ภาควิชา ฟิสิกส์
สาขาวิชา ฟิสิกส์
ปีการศึกษา 2531.....

ลายมือชื่อนิสิต
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมเพียงแผ่นเดียว



WIWAT SUDHISORADEJ, POLICE SUBLIEUTENANT : IMAGE PROCESSING FROM NMR SIGNAL. THESIS ADVISOR : ASSOCIATE PROFESSOR WIJIT SENGHAPHAN, Ph.D., 281 PP.

The aim of this research is to study and develop techniques of image processing from NMR (Nuclear Magnetic Resonance) signal . Data creation for imaging was done by placing samples in a static magnetic field having an intensity of 0.23 Tesla then adding an alternating magnetic field of 10.3 MHz resonance frequency , while at the same time making the static field a linear gradient in different directions according to the method of two dimensional image. When this signal was recorded and calculated by Fast Fourier Transform techniques it rendered data which could represent the proton density of different position in the samples . The techniques of image display was also developed to use for displaying images which resulted from calculation

Three test tubes holding water were used as samples and the distribution of proton density in water was measured , using the resonance frequency of 10.3 MHz .

It was found that when the signal was subjected to Fourier Transforms process and the absolute value of the results were used in image display , it could be seen that the images showed that there were three proton density groups aligning in the same patterns as the three test tubes used in the experiment .

ภาควิชา ฟิสิกส์
สาขาวิชา ฟิสิกส์
ปีการศึกษา 2531

ลายมือชื่อนิสิต สด สุธิสโรเดช
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา [Signature]



กิตติกรรมประกาศ

โดยปราศจากบุคคลผู้ที่จะได้กล่าวนามไว้ ณ ที่นี้แล้ว วิทยานิพนธ์นี้คงไม่อาจสำเร็จ ลุล่วงไปได้อย่างงดงามและสมบูรณ์พร้อมดัง เช่นที่ปรากฏให้เห็นอยู่นี้

ขอขอบพระคุณอย่างลึกซึ้งต่อรองศาสตราจารย์ ดร.วิจิตร เล็งนะพันธุ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาเอื้อเฟื้อและไว้วางใจให้ทำวิทยานิพนธ์นี้ ตลอดจนให้คำปรึกษาและคำแนะนำเป็นอย่างดีตลอดมา

ขอขอบพระคุณท่านผู้บังคับบัญชาในกองพิสูจน์หลักฐานทุกท่านที่ได้ให้โอกาสในการ ศึกษารังนี้ และขอขอบคุณถึง เพื่อนร่วมงานในกองพิสูจน์หลักฐานทุกคนที่ได้คอยให้ความ ช่วยเหลือและให้กำลังใจเป็นอย่างดีเสมอมา

ขอขอบคุณ -

คุณวิชาญ กกกนทา ที่ได้คอยให้คำแนะนำในเรื่อง เอ็นเอ็มอาร์ และได้คอยให้ความ ช่วยเหลือในการ เขียนวิทยานิพนธ์นี้ ตลอดทั้ง เป็นเพื่อนทำงานในเวลาทำงานและ เพื่อนพักผ่อน นานยามผ่อนคลาย

คุณพิศศรี อติสุนทรกุล ผู้ให้ความช่วยเหลือในด้านภาษาต่างประเทศเป็นอย่างดี

คุณไพศาล บุญเกษมสิน ที่ได้ให้คำแนะนำในเรื่อง เอ็นเอ็มอาร์และวิชาอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ในการทดลอง

และผู้ที่อยู่เบื้องปฏิบัติการ เอ็นเอ็มอาร์ทุกท่านที่ได้ให้ความเอื้อเฟื้อและช่วยเป็น กำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์นี้



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญตาราง	ญ
สารบัญรูป	ฎ
บทที่	
1 บทนำ	1
การประมวลผลเป็นภาพด้วยวิธีเอ็นเอ็มอาร์	1
หลักการสร้างภาพ	2
พัฒนาการของการสร้างภาพด้วยวิธีเอ็นเอ็มอาร์	3
วิธีการในปัจจุบัน	5
ขอบเขตของวิทยานิพนธ์	5
2 เอ็นเอ็มอาร์	7
หลักการของเอ็นเอ็มอาร์	7
โมเมนต์แม่เหล็กในสนามแม่เหล็กสถิต	8
ผลจากสนามแม่เหล็กความถี่วิทยุ	10
สมการของบลอค	15
วิธีเทคนิคย้อนกลับสัญญาณสปีน	18
ผลเฉลยของสมการของบลอค	20

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า	
3	วิธีการและ เทคนิคในการสร้างภาพจากสัญญาณเอ็นเอ็มอาร์	23
	วิธีการสร้างภาพโดยการสร้างใหม่จากภาพฉาย	23
	วิธีการที่ไม่ใช่การสร้างภาพโดยการสร้างใหม่	24
4	การแปลงแบบฟูเรียร์	31
	คอนโวลูชัน	34
	การแปลงแบบฟูเรียร์อย่างไม่ต่อเนื่อง	36
	การแปลงแบบฟูเรียร์อย่างรวดเร็ว	38
	การแปลงในสองมิติ	40
5	อุปกรณ์การทดลอง	43
	ส่วนประกอบของระบบ	43
	แม่เหล็ก	44
	คอมพิวเตอร์	44
	ชุดอุปกรณ์สร้างและควบคุมสนามแม่เหล็กความถี่วิทยุ	45
	ชุดอุปกรณ์สร้างและควบคุมสนามแม่เหล็กที่มีความลาด	46
	เครื่องตรวจจับที่ไวต่อเฟส	46
	เครื่อง เลี้ยวสัญญาณ	48
6	การทดลองและผลการทดลอง	49
	การจัดชุดทดลอง	49
	ขั้นตอนการทำงานของระบบในการควบคุมของคอมพิวเตอร์	50
	การวิเคราะห์ข้อมูลและการสร้างภาพ	54
	การนำข้อมูลมาแสดง เป็นภาพ	56

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
7 สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง	59
ข้อเสนอแนะ	60
 เอกสารอ้างอิง	 62
 ภาคผนวก ก วิธีใช้งานและการทำงานของโปรแกรมสำหรับวิเคราะห์ข้อมูล ...	 64
ภาคผนวก ข ภาพที่ได้จากการประมวลผล.....	75
ภาคผนวก ค วิธีการทำการแปลงแบบฟูเรียร์อย่างรวดเร็ว	80
ภาคผนวก ง ภาษาปาสคาลและ โปรแกรมตัวแปลภาษาเทอร์โบปาสคาล	91
ภาคผนวก จ ยูนิต analyzer	94
ภาคผนวก ฉ ยูนิต askfname	100
ภาคผนวก ช ยูนิต cell	115
ภาคผนวก ซ ยูนิต complx	134
ภาคผนวก ฌ ยูนิต contours	141
ภาคผนวก ญ ยูนิต display	150
ภาคผนวก ฎ ยูนิต fourier	160
ภาคผนวก ฏ ยูนิต getdata	168
ภาคผนวก ฐ ยูนิต glue4	176
ภาคผนวก ฑ ยูนิต graph_2d	181
ภาคผนวก ด ยูนิต messageg	189
ภาคผนวก ต ยูนิต menu	193
ภาคผนวก ถ ยูนิต mouse	209
ภาคผนวก ท ยูนิต music	229

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก ๓ ยูนิต option	234
ภาคผนวก ๓ ยูนิต ploter	238
ภาคผนวก ๓ ยูนิต timing	251
ภาคผนวก ๓ ยูนิต vardef	254
ภาคผนวก ๓ ยูนิต windsys	259
ภาคผนวก ๓ โปรแกรมหลัก	277
ประวัติผู้เขียน	284



สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 แสดงความเป็นนิมิตแม่เหล็กของนิวเคลียสซึ่งจะขึ้นกับ จำนวนโปรตอนและนิวตรอน	8



สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1.1	แสดงให้เห็นการแจกแจงในสองมิติของความหนาแน่นของ โปรตอนที่อยู่เหนือหลอดทดลองที่บรรจุน้ำไว้สองหลอด 4
2.1	แสดงการหมุนควงของโมเมนต์แม่เหล็กรอบแนว แกนสนามแม่เหล็ก 9
2.2	แสดงการแกว่งกวัดของสนามแม่เหล็กไปในกรอบอ้างอิงหมุน . 13
2.3	แสดงลักษณะของสัญญาณเอพไอดีที่นำไปที่ตรวจวัดได้ 15
2.4	แสดงถึงกระบวนการที่เกิดขึ้นในการหาสัญญาณย้อนกลับของสปีน . 19
2.5	กราฟความสัมพันธ์ของสภาพรับไว้ได้ของความเป็นแม่เหล็ก กับความถี่ของสนามแม่เหล็กที่ป้อนเข้าไป 22
3.1	ลักษณะของสนามแม่เหล็กที่ป้อนเข้าไปในช่วง เวลาต่างๆ 25
5.1	แสดงถึงอุปกรณ์ที่ใช้ในระบบการทดลองและ ลักษณะการส่งสัญญาณควบคุมหรือข้อมูล 43
6.1	แสดงการจัดวางหลอดทดลองในระหว่างขดลวดสนามแม่ เหล็กสลับ 50
6.2	แสดงลักษณะสนามแม่เหล็กที่มีความลาดใน ช่วง เวลาต่างๆ . . . 53
ก.1	แสดงลักษณะที่ปรากฏบนจอภาพ 65
ก.2	แสดงลักษณะที่ปรากฏบนจอภาพ 66
ก.3	แสดงลักษณะที่ปรากฏบนจอภาพ 67
ก.4	แสดงลักษณะที่ปรากฏบนจอภาพ 68
ก.5	แสดงลักษณะที่ปรากฏบนจอภาพ 68
ก.6	แสดงลักษณะที่ปรากฏบนจอภาพ 69
ก.7	แสดงลักษณะที่ปรากฏบนจอภาพ 71

สารบัญภาพ (ต่อ)

	หน้า
ก.8 แสดงลักษณะที่ปรากฏบนจอภาพ	72
ก.9 แสดงลักษณะที่ปรากฏบนจอภาพ	73
ก.10 แสดงลักษณะที่ปรากฏบนจอภาพ	74

ภาพที่ได้จากการทดลอง

ภาพที่ 1 แสดงภาพที่แสดง โดยผู้ใช้ชี้แสดงแทนค่าสัมบูรณ์ ของสมาชิกของ เมทริกซ์	76
ภาพที่ 2 แสดงภาพที่แสดง โดยผู้ใช้ความหนาแน่นของจุดแสดงแทน ค่าสัมบูรณ์ของสมาชิกของ เมทริกซ์	76
ภาพที่ 3 แสดงภาพที่แสดง โดยผู้ใช้ขนาดของจุดแสดงแทน ค่าสัมบูรณ์ของสมาชิกของ เมทริกซ์	77
ภาพที่ 4 แสดงภาพที่ใช้ เส้นระดับความสูงแสดงแทนค่า โดยประมาณของสมาชิกของ เมทริกซ์	77
ภาพที่ 5 แสดงภาพที่ใช้สีต่างๆแสดงแทนระดับความสูง โดยประมาณของสมาชิกของ เมทริกซ์	78
ภาพที่ 6 แสดงภาพที่ใช้สีต่างๆแสดงแทนระดับความสูง โดย ประมาณของสมาชิกของ เมทริกซ์ ซึ่งในภาพนี้เป็นสัญญาณ ที่ยังไม่ได้ตัดสัญญาณรบกวนออก	78
ภาพที่ 7 แสดงการจัดวางหลอดทดลองที่ใช้ในการทดลอง	79