การพัฒนาเทคนิคการเก็บข้อมูลแบบรวมเฟรมสำหรับการคำนวณสร้างภาพโทโมกราฟี โดยใช้ระบบโทรทัศน์

นายประสิทธิ์ สิริทิพย์รัศมี

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี ภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2544

ISBN 974-03-0349-8

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

DEVELOPMENT OF A FRAME INTEGRAL DATA ACQUISITION TECHNIQUE FOR THE COMPUTED TOMOGRAPHY USING A TELEVISION SYSTEM

Mr. Prasit Siritiprussamee

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering in Nuclear Technology

Department of Nuclear Technology

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2001

ISBN 974-03-0349-8

441589

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนาเทคนิคการเก็บข้อมูลแบบรวมเฟรมสำหรับการคำนวณสร้างภาพโทโมกราฟีโดยใช้ระบบโทรทัศน์
โดย	นายประสิทธิ์ สิริทิพย์รัศมี
สาขาวิชา	นิวเคลียร์เทคโนโลยี
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์อรรถพร ภัทรสุมันต์
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	รองศาสตราจารย์สมยศ ศรีสถิตย์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(ศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ ปัญญาแก้ว)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์นเรศร์ จันทน์ขาว)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์อรรถพร ภัทรสุมันต์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(รองศาสตราจารย์สมยศ ศรีสถิตย์)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุวิทย์ ปุณณชัยยะ)

ประสิทธิ์ สิริทิพย์รัศมี : การพัฒนาเทคนิคการเก็บข้อมูลแบบรวมเฟรมสำหรับการคำนวณสร้างภาพโทโมกราฟีโดยใช้ระบบโทรทัศน์. (DEVELOPMENT OF A FRAME INTEGRAL DATA ACQUISITION TECHNIQUE FOR THE COMPUTED TOMOGRAPHY USING A TELEVISION SYSTEM) อ. ที่ปรึกษา : ผศ.อรรถพร ภัทรสุมันต์, อ. ที่ปรึกษาร่วม : รศ.สมยศ ศรีสถิตย์, 107 หน้า. ISBN 974-03-0349-8.

อุปสรรคอย่างหนึ่งของเทคโนโลยีการคำนวณสร้างภาพโทโมกราฟีในทางปฏิบัติ ก็คือความสามารถในการจับภาพให้ได้คุณภาพที่ดีด้วยความเร็วสูง ผู้วิจัยจึงได้พัฒนาเทคนิคการรวมเฟรมสำหรับระบบโทรทัศน์เพื่อแก้ไขอุปสรรคนี้ แนวความคิดของเทคนิคการรวมเฟรมทำได้โดยการเฉลี่ยข้อมูลภาพหลาย ๆ เฟรมตามที่กำหนดไว้ ภาพบนฉากเรืองรังสีถูกจับโดยกล้องวีดิทัศน์และแปลงเป็นข้อมูลเชิงตัวเลขโดยใช้อุปกรณ์จับภาพ ซึ่งสามารถนำภาพไปเก็บลงในหน่วยความจำชั่วคราวของไมโครคอมพิวเตอร์ โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมาสามารถจะรับแล้วนำข้อมูลกลับมารวมกันพร้อมทั้งเฉลี่ยข้อมูลภาพได้ในขณะที่ทำการถ่ายภาพด้วยรังสี

สำหรับการทดสอบด้วยชิ้นงานทดสอบต่าง ๆ พบว่าคุณภาพของภาพโทโมกราฟีดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเพิ่มจำนวนเฟรมที่นำมาเฉลี่ย ค่าพิกเซลนอยส์ที่ได้จากค่าข้อมูลของภาพโทโมกราฟีจะลดลงอย่างรวดเร็วประมาณร้อยละ 80 ถึง 90 เมื่อใช้จำนวนชุดข้อมูลถึง100 เฟรม อย่างไรก็ตาม เมื่อจำนวนเฟรมที่นำมาเฉลี่ยมากกว่า 100 เฟรม ค่าพิกเซลนอยส์มีความแตกต่างกันน้อยมากและพบว่ามีค่ารีโซลูชัน 125 ไมครอน

ภาควิชา นิวเคลียร์เทคโนโลยี ลายมือชื่อนิสิต .....
สาขาวิชา นิวเคลียร์เทคโนโลยี ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....
ปีการศึกษา 2544 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

4170400021 : MAJOR NUCLEAR TECHNOLOGY

KEY WORD: FRAME INTEGRAL / COMPUTED / TOMOGRAPHY

PRASIT SIRITIPRUSSAMEE : DEVELOPMENT OF A FRAME INTEGRAL DATA ACQUISITION TECHNIQUE FOR THE COMPUTED TOMOGRAPHY USING A TELEVISION SYSTEM. THESIS ADVISOR : ASSIST. PROF. ATTAPORN PATTARASUMUNT, THESIS COADVISOR : ASSOCIATE PROF. SOMYOT SRISATIT, 107 pp. ISBN 974-03-0349-8.

One of the shortcomings in practical computed tomography technology is in the ability to capture real time high quality image. A frame integral data acquisition technique using television system was developed to overcome this shortcoming. The concept of frame integral was accomplished by averaging temporarily stored number of image frames as preset by an operator. The image on the fluorescent screen is captured via a video camera and digitized by a frame grabber which could then be directly stored in the microcomputer random-accessed-memory (RAM). The developed software could acquire, retrieve, sum, and average the image data in real time during radiography.

For the test specimens, it was found that the CT image quality significantly improved with increasing number of frames averaged. The pixel noise defined by CT number decreases rapidly by 80-90% when an image was averaged up to 100 frames; however, very little change is observed beyond 100 frames averaging and the resolution was determined to be 125 μm.

Department Nuclear Technology Student's signature.....

Field of study Nuclear Technology Advisor's signature.....

Academic year 2001 Co-advisor's signature.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้ด้วยดีจากความช่วยเหลือของบุคคลหลายฝ่าย ผู้เขียนจึงขอแสดงความขอบคุณอย่างสูงต่อ ผู้ช่วยศาสตราจารย์อรรถพร ภัทรสุมันต์ ที่ให้คำปรึกษาและคำแนะนำตลอดมาทั้งทางด้านการวิจัยและการเขียนวิทยานิพนธ์ และ รองศาสตราจารย์สมยศ ศรีสถิตย์ ที่ให้คำปรึกษาและคำแนะนำตลอดมาทั้งทางด้านโปรแกรมสำหรับการวิจัยและการเขียนวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุวิทย์ ปุณณชัยยะ ผู้ซึ่งแนะแนวทางต่าง ๆ แก่ผู้เขียน นอกจากนี้ข้าพเจ้าขอแสดงความขอบคุณต่อคณาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทความรู้ แนวคิด และแนวทางการแก้ปัญหา ให้แก่ข้าพเจ้าในการทำวิจัย

ข้าพเจ้าขอขอบคุณ ร้อยเอกหญิงศุภชจี แสงเรืองอ่อน แผนกรังสีวิทยา โรงพยาบาลพระมงกุฎเกล้า ซึ่งแนะแนวทางในการตรวจสอบคุณภาพของภาพโทโมกราฟี ขอขอบคุณบุคคลผู้ซึ่งมีส่วนช่วยเหลืออย่างมากที่อำนวยความสะดวกในการทำวิทยานิพนธ์ ได้แก่ คุณบัญชา อุนพานิช ขอขอบคุณ นางสาวกรรณิกา กรานเลิศ พี่ ๆ เพื่อน ๆ และน้อง ๆ นิสิตภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยีทุกท่านที่ช่วยเป็นกำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์ และขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย และห้างหุ้นส่วนจำกัดสวิสแลนด์ที่สนับสนุนทุนวิจัยในการทำวิทยานิพนธ์

ถ้าปราศจากบุคคลสองท่านซึ่งเป็นผู้ให้ความรัก ความเอ็นดู และสิ่งดี ๆ แก่ข้าพเจ้าเสมอมา บุคคลทั้งสองท่านนี้คือ บิดาและมารดาอันเป็นที่รักยิ่งของข้าพเจ้า ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ และขอแสดงความกตัญญูมา ณ โอกาสนี้ด้วย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญตาราง..... ฌ

สารบัญภาพ..... ญ

บทที่

1.บทนำ..... 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 2

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... 2

1.3 ขอบเขตของการวิจัย..... 2

1.4 ขั้นตอนและวิธีการในการดำเนินงานวิจัย..... 2

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 3

1.6 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 3

2. แนวคิดและทฤษฎีการสร้างภาพโทโมกราฟี..... 5

2.1 ทฤษฎีการคำนวณสร้างภาพโทโมกราฟี..... 5

2.2 คุณภาพของภาพโทโมกราฟี (Image Quality)..... 18

2.3 ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของภาพโทโมกราฟี..... 23

3. ระบบเก็บข้อมูลแบบรวมเฟรมสำหรับการคำนวณสร้างภาพโทโมกราฟีโดยใช้ระบบโทรทัศน์..... 27

3.1 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย..... 27

3.2 การพัฒนาระบบเก็บข้อมูลแบบรวมเฟรมสำหรับการคำนวณสร้างภาพโทโมกราฟีโดยใช้ระบบโทรทัศน์..... 27

3.3 การพัฒนาโปรแกรมเก็บข้อมูลแบบรวมเฟรมสำหรับการคำนวณสร้างภาพโทโมกราฟี 38

4 การทดสอบการทำงานของระบบและผลการทดลอง..... 51

4.1 การทดสอบเวลาในการตอบสนองต่อรังสีเอกซ์ของฉากเรืองรังสี..... 51

4.2 การทดลองปรับปรุงข้อมูลโปรไฟล์ด้วยเทคนิคการรวมเฟรม..... 52

4.3 การทดสอบการสร้างภาพโทโมกราฟีด้วยข้อมูลแบบรวมเฟรม..... 55

4.4 ชิ้นงานที่ใช้ในการทดสอบและผลการทดสอบ..... 62

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4.5 การทดลองสร้างภาพโทโมกราฟีของชิ้นงานทางอุตสาหกรรมบางชนิด	74
4.6 การทดสอบคุณภาพของภาพโทโมกราฟี	78
4.7 การทดสอบการสร้างภาพโทโมกราฟีด้วยข้อมูลโปรไฟล์ที่เก็บจากกล้องวีดิทัศน์และเครื่องวีดิทัศน์	83
4.8 การแก้ปัญหาการเกิด ring artifact โดยการเฉลี่ยค่าข้อมูลโปรไฟล์จากสามแถว (row)	85
5 สรุปผลการวิจัย วิจารณ์ผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ	89
5.1 สรุปผลการวิจัย	89
5.2 วิจารณ์ผลการวิจัย	91
5.3 ข้อเสนอแนะ	91
รายการอ้างอิง	93
บรรณานุกรม	94
ภาคผนวก	95
ประวัติผู้เขียน	107

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

4.1 ค่าเฉลี่ยและค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลเชิงตัวเลขที่จำนวนเฟรมต่าง ๆ..... 54

4.2 ผลการทดสอบของชิ้นงาน A 58

4.3 ผลการทดสอบของชิ้นงาน B 61

4.4 บอกรายละเอียดของชิ้นงานทดสอบที่ออกแบบ..... 63

4.5 ภาพโทโมกราฟีของชิ้นงานทดสอบจาก A ถึง X..... 68

4.6 ภาพโทโมกราฟีของชิ้นงานทางอุตสาหกรรมบางชนิด..... 75

4.7 ผลการทดสอบ Point spread function..... 82

4.8 ผลการทดลองสร้างภาพโทโมกราฟีด้วยข้อมูลจากกล้องวีดิทัศน์และเครื่องวีดิทัศน์..... 84

สารบัญภาพ

รูปที่ หน้า

2.1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอันตรกิริยาของรังสีเอกซ์กับคุณสมบัติของตัวกลางและพลังงานของโฟตอน..... 6

2.2 ปรากฏการณ์การเกิดโฟโตอิเล็กทริก..... 6

2.3 ปรากฏการณ์กระเจิงแบบคอมป์ตัน..... 7

2.4 ปรากฏการณ์แพร์โพรดักชัน..... 7

2.5 ลำรังสีเอกซ์ที่เคลื่อนที่ผ่านตัวกลางลักษณะต่าง ๆ 9

2.6 ลักษณะการสแกนเก็บข้อมูลสำหรับการคำนวณสร้างภาพโทโมกราฟี..... 10

2.7 ภาพถ่ายทางรังสีโดยใช้ระบบโทรทัศน์พร้อมทั้งตัวอย่างข้อมูลโปรเจกชัน..... 11

2.8 ภาพ dark current พร้อมทั้งตัวอย่างข้อมูลของ dark current..... 11

2.9 ภาพถ่ายรังสีขณะไม่มีชิ้นงานทดสอบและตัวอย่างข้อมูลโปรไฟล์..... 12

2.10 ข้อมูลโปรไฟล์ที่ได้จากการปรับแก้ค่าด้วยวิธี Shading correction..... 12

2.11 การแบ็กโปรเจกชัน..... 13

2.12 ภาพโทโมกราฟีที่ไม่ผ่านฟิลเตอร์ฟังก์ชัน..... 14

2.13 ภาพโทโมกราฟีที่ผ่านฟิลเตอร์ฟังก์ชัน..... 14

2.14 ตัวอย่างการหาค่า PDF..... 20

2.15 Point Spread Function..... 20

2.16 ภาพของ slit และตัวอย่างโปรไฟล์ของ slit..... 21

2.17 โปรไฟล์ข้อมูลของ slit เมื่อความถี่สูงขึ้น..... 22

2.18 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง MTF กับความถี่เส้นคู่..... 23

2.19 ภาพโทโมกราฟีที่ได้จากจำนวนโปรไฟล์ที่ไม่เกิน (a) 150° (b) 120° (c) 90° และ (d) 90° มุมที่อยู่ตรงข้าม..... 24

2.20 ผลของจำนวนเรย์ซัมต่อภาพโทโมกราฟี..... 25

2.21 ผลจากความคลาดจุดหมุน (a) 0.5% (b) 1.0% (c) 2.5% (d) 5.0% ของมุมโปรไฟล์จาก 0 – 180 องศา ตามลำดับ..... 26

2.22 ผลจากความคลาดจุดหมุน (a) 0.5% (b) 1.0% (c) 2.5% (d) 5.0% ของมุมโปรไฟล์จาก 0 - 360 องศา ตามลำดับ..... 26

3.1 ระบบเก็บข้อมูลแบบรวมเฟรมสำหรับการคำนวณสร้างภาพโทโมกราฟีโดยใช้ระบบโทรทัศน์..... 28

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่ หน้า

3.2 หลอดกำเนิดรังสีเอกซ์และชุดควบคุม..... 29

3.3 แผนภาพระบบหมุนวัตถุตัวอย่าง..... 30

3.4 ลำดับการกระตุ้นสองเฟส..... 31

3.5 แผนภาพการทำงานของวงจรขับสเต็ปปิงมอเตอร์และวงจรกำเนิดสัญญาณเสียง..... 31

3.6 วงจรขับสเต็ปปิงมอเตอร์และวงจรกำเนิดสัญญาณเสียง..... 32

3.7 วงจรขับสเต็ปปิงมอเตอร์..... 32

3.8 วงจรกำเนิดสัญญาณเสียง..... 33

3.9 วงจรแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง..... 34

3.10 ระบบเก็บข้อมูลจากเครื่องวีดิทัศน์..... 37

3.11 ชุดตรวจจับสัญญาณเสียง..... 37

3.12 วงจรของชุดตรวจจับสัญญาณเสียง..... 38

3.13 การทำงานขณะเข้าสู่หน้าต่างหลัก..... 39

3.14 หน้าต่างหลักของโปรแกรมเก็บข้อมูลแบบรวมเฟรมสำหรับการคำนวณสร้างภาพโทโมกราฟี..... 40

3.15 แผนผังการทำงานของโปรแกรมเก็บข้อมูลจากกล้องวีดิทัศน์โดยตรงแบบดำเนินการเอง..... 42

3.16 แผนผังการทำงานของโปรแกรมเก็บข้อมูลจากกล้องวีดิทัศน์โดยตรงแบบอัตโนมัติ..... 44

3.17 แผนผังการทำงานของโปรแกรมเก็บข้อมูลจากเครื่องวีดิทัศน์แบบดำเนินการเอง..... 46

3.18 แผนผังการทำงานของโปรแกรมเก็บข้อมูลจากเครื่องวีดิทัศน์แบบอัตโนมัติ..... 47

3.19 แผนผังการทำงานของโปรแกรมเก็บข้อมูล dark current และข้อมูลที่ได้จากการถ่ายภาพถ่ายด้วยรังสีขณะที่ไม่มีวัตถุ..... 48

3.20 แผนผังการทำงานของโปรแกรมคำนวณ Shading correction..... 49

3.21 แผนผังการทำงานของโปรแกรมคำนวณสร้างภาพโทโมกราฟี..... 50

4.1 ภาพชิ้นงานทดสอบและภาพถ่ายด้วยรังสีของชิ้นงานที่ใช้ในการทดสอบ..... 51

4.2 กราฟผลการตอบสนองต่อรังสีเอกซ์ของฉากเรืองรังสี..... 52

4.3 ภาพถ่ายด้วยรังสีของวัตถุสำหรับทดลองเก็บข้อมูลด้วยเทคนิคการรวมเฟรม..... 53

4.4 ข้อมูลโปรไฟล์แบบรวมเฟรมที่จำนวนเฟรมต่าง ๆ กัน..... 53

4.5 กราฟการกระจายตัวของข้อมูลเชิงตัวเลขที่จำนวนเฟรมต่าง ๆ..... 55

4.6 ภาพและแผนภาพของชิ้นงาน A..... 56

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.7 ภาพโทโมกราฟีของชิ้นงาน A ที่จำนวนเฟรมต่าง ๆ 56

4.8 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนเฟรมกับค่า Pixel noise..... 58

4.9 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนเฟรมกับค่า SNR..... 59

4.10 ภาพและแผนภาพของชิ้นงาน B..... 59

4.11 ภาพโทโมกราฟีของชิ้นงาน B ที่จำนวนเฟรมต่าง ๆ 60

4.12 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนเฟรมกับค่า Pixel noise..... 61

4.13 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนเฟรมกับค่า SNR..... 62

4.14 สาเหตุความบิดเบือนเนื่องจากลำรังสีไม่เป็นลำขนาน..... 73

4.15 ภาพชิ้นงานทางอุตสาหกรรมบางชนิด..... 74

4.16 ภาพชิ้นงาน K..... 79

4.17 ภาพโทโมกราฟีของชิ้นงาน K ที่จำนวนเฟรมต่าง ๆ กัน..... 79

4.18 กราฟ PDF ของภาพโทโมกราฟีที่จำนวนเฟรมต่าง ๆ กัน..... 80

4.19 ชิ้นงานที่ใช้ในการทดสอบ Point Spread Function..... 81

4.20 โปรไฟล์ของการทดสอบสำหรับวิธี Edge Spread Function..... 83

4.21 ภาพชิ้นงานทดสอบ J และ S..... 84

4.22 ภาพชิ้นงานทดสอบ G..... 86

4.23 ผลการสร้างภาพโทโมกราฟีจากข้อมูลโปรไฟล์ที่จำนวนแถวต่าง ๆ..... 87

4.24 โปรไฟล์ข้อมูล CT- number ของภาพโทโมกราฟีจากข้อมูลแถวต่าง ๆ..... 87

4.25 กราฟ PDF ของภาพโทโมกราฟีจากข้อมูลโปรไฟล์ที่จำนวนแถวต่าง ๆ..... 87