การวิเคราะห์สเปกตรัมกำลังของสัญญาณโดยใช้ดีสครีตฮาร์ตเลย์ทรานส์ฟอร์ม

นางสาว สุนิสา จันทวีกูล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2536

ISBN 974-582-574-3

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

019387 i1771387OX

Power Spectrum Analysis by Discrete Hartley Transfrom

Miss Sunisa Chantawekul

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Department of Electrical Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

1993

ISBN 974-582-574-3

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การวิเคราะห์สเปกตรัมกำลังของสัญญาณโดยใช้ดีสครีตฮาร์ตเลย์ทรานส์ฟอร์ม
โดย	นางสาว สุนิสา จันทวีกูล
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย จิตะพันธ์กุล
ปีการศึกษา	2535

บัณฑิตวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ ดร.ถาวร วัชราภัย)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ณรงค์ อยู่ถนอม)

..... ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
(รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย จิตะพันธ์กุล)

..... กรรมการ
(ดร.บวรกูล จิตต์ประเสริฐ)

..... กรรมการ
(ดร.วาทิต เบญจพลกุล)

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

สุนิสา จันทวีกูล : การวิเคราะห์สเปกตรัมกำลังของสัญญาณโดยใช้ดีสครีตฮาร์ตเลย์ทรานส์ฟอร์ม (POWER SPECTRUM ANALYSIS BY DISCRETE HARTLEY TRANSFORM) อ.ที่ปรึกษา : รศ.ดร. สมชาย จิตะพันธ์กูล, 72 หน้า. ISBN 974-582-574-3

ปัจจุบัน การวิเคราะห์สเปกตรัมกำลังของสัญญาณดิจิตัล จะใช้ดีสครีตฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มเป็นเครื่องมือ อย่างไรก็ตาม การคำนวณดีสครีตฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์ม เป็นการคำนวณค่าเชิงซ้อนและให้ผลการทรานส์ฟอร์มเป็นค่าเชิงซ้อน วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสนอให้ใช้ดีสครีตฮาร์ตเลย์ทรานส์ฟอร์มแทน เพราะมีการคำนวณค่าแบบจริงและให้ผลลัพธ์เป็นค่าจริง จากการศึกษา แสดงให้เห็นว่าเวลาที่ใช้ในการคำนวณและขนาดของหน่วยความจำเมื่อใช้ดีสครีตฮาร์ตเลย์ทรานส์ฟอร์มน้อยกว่าเมื่อใช้ดีสครีตฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มประมาณร้อยละห้าสิบ ในกรณีตรงข้ามเมื่อมีการวัดค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยการใช้ดีสครีตฮาร์ตเลย์ทรานส์ฟอร์มจะให้ผลลัพธ์ต่ำกว่าการใช้ดีสครีตฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์ม แต่ไม่เกินขนาด 1×10^{-7} หน่วย และสุดท้ายได้เปรียบเทียบความสามารถของดีสครีตฮาร์ตเลย์ทรานส์ฟอร์มกับดีสครีตฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มในการวิเคราะห์สเปกตรัมกำลังของสัญญาณดิจิตัลที่เป็นค่าจริงแบบ stationary และ non stationary

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่อนิสิต สุนิสา จันทวีกูล

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2535 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

C415566 MAJOR ELECTRICAL ENGINEERING
KEY WORD: DISCRETE HARTLEY TRANSFORM/ DISCRETE FOURIER TRANSFORM

SUNISA CHANTAWEKUL : POWER SPECTRUM ANALYSIS BY DISCRETE HARTLEY TRANSFORM. THESIS ADVISOR : ASSO. PROF. SOMCHAI JITAPUNKUL, Ph.D.

72 pp. ISBN 974-582-574-3

Recently, the discrete Fourier transform(DFT) is commonly used in power spectrum analysis of digital signal. Hower, this transform requires complex calculation and yields complex solutions. This thesis has introduced the discrete Hartley transform(DHT) in place of the DFT. Because the DHT has real calculation and real values result. The study has shown that the calculation time and the size of storaged memory of the DHT was approximately 50 percent less than that of the DFT. In contrast, when used the DHT, its mean square error was greater than that the DFT, but was less than the scale of $1x10^{-7}$. It has been show a by comparing to the DFT that the DHT could be used in power spectrum analysis of digitized real stationary and non stationary signals.

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2535 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. สมชาย จิตะพันธ์กุล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้คำปรึกษาและแนะนำจนวิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร. ณรงค์ อยู่ถนอม, ดร. บวรกูล จิตต์ประเสริฐ, ผู้จัดการอาวุโส ฝ่ายวิศวกรรมประยุกต์, บริษัท ซินวัตรแซทเทลไลท์, ดร. วาทิต เบญจพลกุล ที่ได้กรุณาสละเวลาและให้คำแนะนำต่าง ๆ ในการทำวิทยานิพนธ์

ขอขอบคุณ คุณวิภา แสงพิสิทธ์ ที่ได้ให้คำแนะนำและช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ

ขอขอบคุณ คุณธีระพงศ์ ประทุมศิริ ห้องปฏิบัติการไฟฟ้าสื่อสาร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้ช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในการจัดทำวิทยานิพนธ์

ขอขอบคุณ น้อง ๆ หน่วยปฏิบัติการ DSP ที่ได้อำนวยความสะดวกในการใช้เครื่องคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์ต่าง ๆ

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญตาราง ..... ฌ
สารบัญรูปประกอบ ..... ญ
บทที่
1. บทนำ 1
1.1 ความเป็นมา 1
1.2 วัตถุประสงค์ 2
1.3 ขอบเขตของวิทยานิพนธ์ 3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3
2. ดีสครีตฮาร์ตเลย์ทรานส์ฟอร์ม 4
2.1 ฮาร์ตเลย์ทรานส์ฟอร์ม 4
2.2 ดีสครีตฮาร์ตเลย์ทรานส์ฟอร์ม 6
2.3 ฟาสต์ฮาร์ตเลย์ทรานส์ฟอร์ม 9
2.4 สเปกตรัมกำลัง 13
3. โปรแกรมฟาสต์ฮาร์ตเลย์ทรานส์ฟอร์ม 16
3.1 โปรแกรมฟาสต์ฮาร์ตเลย์ทรานส์ฟอร์ม 16
3.2 การเปรียบเทียบฟาสต์ฮาร์ตเลย์ทรานส์ฟอร์มกับ 21
ฟาสต์ฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์ม
4. การวิเคราะห์สเปกตรัมกำลังของสัญญาณ 24
4.1 ลักษณะสัญญาณ 24
4.1.1 สัญญาณ stationary 24

4.1.2 สัญญาณ non stationary 26
4.2 วิธีการวิเคราะห์สเปกตรัมกำลัง 27
4.2.1 การวิเคราะห์สเปกตรัมกำลัง 28
4.2.2 การวิเคราะห์สเปกตรัมกำลังในรูป spectrogram 30
4.2.3 การวิเคราะห์สเปกตรัมกำลังในรูป periodogram 33
5. การวิเคราะห์ผลการวิเคราะห์สเปกตรัมกำลัง 37
5.1 ผลการวิเคราะห์สเปกตรัมกำลัง 37
5.1.1 ผลการวิเคราะห์สเปกตรัมกำลัง 37
5.1.2 ผลการวิเคราะห์ในรูป spectrogram 41
5.1.3 ผลการวิเคราะห์ในรูป periodogram 46
5.2 การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์สเปกตรัมกำลังของสัญญาณ 54
เมื่อใช้ดีสครีตฮาร์ตเลย์ทรานส์ฟอร์มกับเมื่อใช้ดีสครีตฟูเรียร์
ทรานส์ฟอร์ม
5.2.1 ผลการเปรียบเทียบการวิเคราะห์สเปกตรัมกำลัง 54
5.2.2 ผลการเปรียบเทียบการวิเคราะห์สเปกตรัมกำลัง 56
ในรูป spectrogram
5.2.3 ผลการเปรียบเทียบการวิเคราะห์สเปกตรัมกำลัง 58
ในรูป periodogram
6. บทสรุป 60
6.1 โปรแกรมการวิเคราะห์ 60
6.2 สรุปผลการวิจัย 60
6.3 ข้อเสนอแนะ 61
เอกสารอ้างอิง 63
ภาคผนวก ก การใช้โปรแกรม PSA 66
ประวัติผู้เขียน 72

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.3.1 แสดงการเปรียบเทียบจำนวนการบวก(A) และจำนวนการคูณ(M) 13
DIT ฟาสต์ฮาร์ตเลย์ทรานส์ฟอร์มกับ DIT ฟาสต์ฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์ม

สารบัญรูปประกอบ

รูปที่		หน้า
2.3.1	แสดงโครงสร้างของ DIT ของฟาสต์ฮาร์ตเลย์ทรานส์ฟอร์ม[12]	11
2.3.2	แสดงโครงสร้างของ DIF ของฟาสต์ฮาร์ตเลย์ทรานส์ฟอร์ม[12]	11
3.1.1	แสดงขั้นตอนการเขียนโปรแกรม ฟาสต์ฮาร์ตเลย์ทรานส์ฟอร์ม	17
3.1.2	แสดงขั้นตอนในแต่ละสเตทของ ฟาสต์ฮาร์ตเลย์ทรานส์ฟอร์ม	18
3.1.3	แสดงโฟลว์ชาร์ตของโปรแกรม ฟาสต์ฮาร์ตเลย์ทรานส์ฟอร์ม	19
3.2.1	แสดงผลการเปรียบเทียบเวลาในการคำนวณของฟาสต์ฮาร์ตเลย์ ..... ทรานส์ฟอร์มกับฟาสต์ฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์ม ในหน่วย msec โดยข้อมูล เป็น random	22
3.2.2	แสดงการเปรียบเทียบค่า MSE ระหว่างฟาสต์ฮาร์ตเลย์ทรานส์ฟอร์ม ..... กับฟาสต์ฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์ม โดยข้อมูลเป็น random	23
3.2.3	แสดงการเปรียบเทียบค่า MSE ระหว่างฟาสต์ฮาร์ตเลย์ทรานส์ฟอร์ม ..... กับฟาสต์ฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มโดยสัญญาณเป็น sinewave ที่ความถี่ต่าง ๆ กัน	23
4.2.1.1	แสดงรายการย่อยของรายการ "Display"	28
4.2.1.2	แสดงสัญญาณมาตรฐาน sinewave ที่เลือกจากรายการ ..... "Input" โดยมีจำนวนสัญญาณข้อมูล Q = 100 ความถี่ 1,000 Hz	29
4.2.1.3	แสดงการวิเคราะห์สเปกตรัมกำลังของสัญญาณจากรูป 4.2.1.2 ..... จำนวนข้อมูลที่ทำการทรานส์ฟอร์มเท่ากับ 1024 วิเคราะห์โดยใช้ FHT	29
4.2.1.4	แสดงการวิเคราะห์สเปกตรัมกำลังของสัญญาณจากรูป 4.2.1.2 ..... จำนวนข้อมูลที่ทำการทรานส์ฟอร์มเท่ากับ 1024 วิเคราะห์โดยใช้ FFT	30
4.2.2.1	แสดงรายการย่อยเมื่อเลือกรายการ "Spectrogram"	31
4.2.2.2	แสดงสัญญาณเสียง "ศูนย์ หนึ่ง" ที่บันทึกโดยการ์ด ..... sound blaster	31
4.2.2.3	แสดง spectrogram ของสัญญาณเสียงในรูป 4.2.2.2 โดยใช้	32

rectangular วินโดว์ L=200, จำนวนข้อมูลที่ทับซ้อนกันเท่ากับ 120 วิเคราะห์โดยใช้ FHT

4.2.2.4 แสดง spectrogram ของสัญญาณเสียงในรูป 4.2.2.2 โดยใช้ 32
rectangular วินโดว์ L=200, จำนวนข้อมูลที่ทับซ้อนกันเท่ากับ 120 วิเคราะห์โดยใช้ FFT

4.2.3.1 แสดงรายการย่อยเมื่อเลือกรายการ "Standard signal" 33

4.2.3.2 แสดงรายการย่อยเมื่อเลือกรายการ "pEriodogram" 34

4.2.3.3 แสดงสัญญาณมาตรฐาน sinewave ที่เลือกจากรายการ 34
"Input" โดยมีจำนวนข้อมูล Q=400 ขนาด 1 หน่วย ความถี่ 100 Hz

4.2.3.4 แสดงสัญญาณ sinewave ในรูป 4.2.3.3 บวกสัญญาณรบกวน 35

4.2.3.5 แสดง periodogram ของสัญญาณรูป 4.2.3.3 เมื่อเลือก 35
rectangular วินโดว์ L=200,N=1024 จำนวนข้อมูลที่ทับซ้อน
เท่ากับ 100 วิเคราะห์โดยใช้ FHT

4.2.3.6 แสดง periodogram ของสัญญาณรูป 4.2.3.3 เมื่อเลือก 36
rectangular วินโดว์ L=200,N=1024 จำนวนข้อมูลที่ทับซ้อน
เท่ากับ 100 วิเคราะห์โดยใช้ FFT

5.1.1.1 แสดงสัญญาณ sinusoidal ที่ความถี่ 64 Hz จำนวนข้อมูล Q=15 38

5.1.1.2 แสดงผลการวิเคราะห์สเปกตรัมกำลังของสัญญาณรูปที่ 5.1.1.1 39
ที่ค่า (ก)N=16 (ข)N=64 (ค)N=512 โดยใช้ FHT

5.1.1.3 แสดงผลการวิเคราะห์สเปกตรัมกำลังของสัญญาณรูปที่ 5.1.1.1 40
ที่ค่า (ก)N=16 (ข)N=64 (ค)N=512 โดยใช้ FFT

5.1.2.1 แสดงสัญญาณเสียง "ศูนย์ หนึ่ง" ที่บันทึกโดยการ์ด sound blaster ... 41
ที่ความถี่ในการสุ่มตัวอย่าง 8000 Hz

5.1.2.2 แสดงผลการวิเคราะห์ spectrogram ของสัญญาณเสียง 42

รูปที่ 5.1.2.1 โดยใช้ rectangular วินโดว์ ที่ค่า (ก)L=16 (ข)L=128
(ค)L=512 วิเคราะห์โดยใช้ FHT

5.1.2.3 แสดงผลการวิเคราะห์ spectrogram ของสัญญาณเสียง 43
รูปที่ 5.1.2.1 โดยใช้ rectangular วินโดว์ ที่ค่า (ก)L=16 (ข)L=128
(ค)L=512 วิเคราะห์โดยใช้ FFT

5.1.2.4 แสดงผลการวิเคราะห์ spectrogram ของสัญญาณเสียง 44
รูปที่ 5.1.2.1 โดยใช้ hamming วินโดว์ ที่ค่า (ก)L=16 (ข)L=128
(ค)L=512 วิเคราะห์โดยใช้ FHT

5.1.2.5 แสดงผลการวิเคราะห์ spectrogram ของสัญญาณเสียง 45
รูปที่ 5.1.2.1 โดยใช้ hamming วินโดว์ ที่ค่า (ก)L=16 (ข)L=128
(ค)L=512 วิเคราะห์โดยใช้ FFT

5.1.3.1 แสดงสัญญาณมาตรฐาน sinusoidal ขนาด 1 v. 47
ความถี่ 100 Hz จำนวนข้อมูลของสัญญาณ Q=100

5.1.3.2 แสดงสัญญาณ sinewave รูป 5.1.3.1 บวกสัญญาณรบกวน 47
ที่ทำให้ค่า SNR = -3 dB

5.1.3.3 แสดงผลการวิเคราะห์ periodogram ของสัญญาณรูป 5.1.3.2 48
โดยใช้ rectangular วินโดว์ ที่ค่า (ก)L=512 (ข)L=64 (ค)L=32
วิเคราะห์โดยใช้ FHT

5.1.3.4 แสดงผลการวิเคราะห์ periodogram ของสัญญาณรูป 5.1.3.2 49
โดยใช้ rectangular วินโดว์ ที่ค่า (ก)L=512 (ข)L=64 (ค)L=32
วิเคราะห์โดยใช้ FFT

5.1.3.5 แสดงผลการวิเคราะห์ periodogram ของสัญญาณรูป 5.1.3.2 50
โดยใช้ hamming วินโดว์ ที่ค่า (ก)L=512 (ข)L=64 (ค)L=32
วิเคราะห์โดยใช้ FHT

5.1.3.6 แสดงผลการวิเคราะห์ periodogram ของสัญญาณรูป 5.1.3.2 51
โดยใช้ hamming วินโดว์ ที่ค่า (ก)L=512 (ข)L=64 (ค)L=32
วิเคราะห์โดยใช้ FFT

5.1.3.7 แสดงผลการวิเคราะห์ periodogram ของสัญญาณรูปที่ 5.1.3.2 52
เมื่อบวกสัญญาณรบกวนที่ทำให้ค่า SNR = (ก) -3.0 dB (ข) -6.0 dB
(ค) -9.0 dB

5.1.3.8 แสดงผลการวิเคราะห์ periodogram ของสัญญาณรูปที่ 5.1.3.2 53
เมื่อบวกสัญญาณรบกวนที่ทำให้ค่า SNR = (ก) -3.0 dB (ข) -6.0 dB
(ค) -9.0 dB

5.2.1.1 แสดงการเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์สเปกตรัมกำลัง 55
เมื่อใช้ FHT กับเมื่อใช้ FFT

5.2.1.2 แสดงค่า MSE ที่ได้จากการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ 55
สเปกตรัมกำลังเมื่อใช้ FHT กับเมื่อใช้ FFT

5.2.2.1 แสดงการเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์ spectrogram 57
เมื่อใช้ FHT กับเมื่อใช้ FFT

5.2.2.2 แสดงค่า MSE ที่ได้จากการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ 57
spectrogram เมื่อใช้ FHT กับเมื่อใช้ FFT

5.2.3.1 แสดงการเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์ periodogram 59
เมื่อใช้ FHT กับเมื่อใช้ FFT

5.2.3.2 แสดงค่า MSE ที่ได้จากการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ 59
periodogram เมื่อใช้ FHT กับเมื่อใช้ FFT