

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ



247187



ลักษณะทางเดินของระบบน้ำทะเล

วิฑูรย์ คงวัฒน์กุล

วิทยานิพนธ์เสนอต่อมหาวิทยาลัยปริวมคำแหง
เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (ที่ฝึกตั้ง)

ปีการศึกษา 2553



ลักษณะทางเสียงของระฆังไทย



วิฑูรย์ ตั้งวัฒนกุล

วิทยานิพนธ์เสนอต่อมหาวิทยาลัยรามคำแหง
เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (ฟิสิกส์)
ปีการศึกษา 2553
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยรามคำแหง

THE ACOUSTIC CHARACTERISTICS OF THAI BELLS

WITON TANGWATANAKUL

A THESIS PRESENTED TO RAMKHAMHAENG UNIVERSITY
IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS
FOR THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE
(PHYSICS)

2010

COPYRIGHTED BY RAMKHAMHAENG UNIVERSITY

ชื่อเรื่องวิทยานิพนธ์ ลักษณะทางเสียงของระฆังไทย

ชื่อผู้เขียน นายวิฑูรย์ ตั้งวัฒนกุล

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์

คณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

รองศาสตราจารย์ ดร. นิพนธ์ ตั้งประเสริฐ

ประธานกรรมการ

รองศาสตราจารย์ ดร. ละออทิพย์ ชนะชัย

มหาวิทยาลัยรามคำแหงอนุมัติให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต



.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

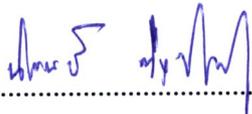
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์พิมล พุพิพิช)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์



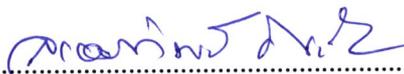
.....ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ดำรงศักดิ์ มณีพงษ์สวัสดิ์)



.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. นิพนธ์ ตั้งประเสริฐ)



.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. ละออทิพย์ ชนะชัย)



.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ นาวาอากาศเอก วรวุฒิ โตท่าโรง)

บทคัดย่อ

ชื่อเรื่องวิทยานิพนธ์ ลักษณะทางเสียงของระฆังไทย

ชื่อผู้เขียน นายวิฑูรย์ ตั้งวัฒนกุล

ชื่อปริญญา วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต

สาขาวิชา ฟิสิกส์

ปีการศึกษา 2553

คณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

1. รองศาสตราจารย์ ดร. นิพนธ์ ตั้งประเสริฐ ประธานกรรมการ
2. รองศาสตราจารย์ ดร. ละออทิพย์ ชนะชัย

247187

สำหรับงานวิจัยนี้ ศึกษาคุณสมบัติทางเสียงของระฆังไทย โดยวิธีการทางด้านฟิสิกส์เพื่อให้เป็นไปตามระดับมาตรฐานสากลที่ใช้กันในต่างประเทศ การศึกษาใช้วิธีการวิเคราะห์ฟูเรียร์เปลี่ยนสัญญาณเสียงซึ่งเป็นฟังก์ชันของเวลาให้อยู่ในรูปของความถี่ ผลการทดลองพบว่า ระฆังให้เสียงฮัมในช่วงความถี่ 190.5-552.0 เฮิร์ตซ์ เสียงไพรม์มีความถี่ในช่วง 302.0-1201.0 เฮิร์ตซ์ และ โนมินอลในช่วงความถี่ 664.0-2283.5 เฮิร์ตซ์ เนื่องจากพบว่าฮัม ไพรม์และ โนมินอลของเสียงระฆังไทยไม่มีความสัมพันธ์กันเป็นเลขจำนวนเต็ม ดังนั้นเสียงจากระฆังไทยจึงไม่เป็นฮาร์โมนิก (inharmonic) และพาร์เซียลที่ทำให้ระฆังดังก้องกังวานอยู่ได้เป็นเวลานานได้แก่ฮัมและพาร์เซียลค่าที่มี doublet

ABSTRACT

Thesis Title The Acoustic Characteristics of Thai bells

Student's Name Mr. Witoon Tangwatanakul

Degree Sought Master of Science

Field of Study Physics

Academic Year 2010

Advisory Committee

1. Asst. Prof. Dr. Nipon Thangprasert Chairperson

2. Asst. Prof. Dr. Laorthip Chanachai

247187

In studying the acoustic characteristics of Thai bells, the researcher used methods of physics in accordance with international standards found abroad. Using the Fourier transform analyzer as the method of analysis, the researcher conducted a time-frequency analysis of the acoustic characteristics of these bells.

Findings are as follows:

The bells gave a hum sound in the frequency range of 190.5-552.0 Hz (hertz) with the prime sound being in the frequency range of 302.0-1201.0 Hz, and the nominal sound in the frequency range of 664.0-2283.5 Hz. It was found that the hum, prime, and nominal sounds of Thai bells are not correlated as integral numbers. Therefore, the sounds of Thai bells are inharmonic partials. The reason why Thai bells echo for a long time is because they have the acoustic characteristics of hum and low partials with doublets.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาอย่างยิ่งของ รองศาสตราจารย์ ดร. นิพนธ์ ตั้งประเสริฐ ประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และรองศาสตราจารย์ ดร. ละออทิพย์ ชนะชัย อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาเสนอแนะแนวทางอันเป็นประโยชน์ต่อการศึกษา ค้นคว้า ตลอดจนเรียบเรียงและตรวจแก้ไขข้อบกพร่องในการทำวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณ คณาจารย์ในภาควิชาฟิสิกส์ทุกท่าน ที่ได้กรุณาให้ความรู้ คำปรึกษาแนะนำ แก่ผู้วิจัยด้วยดีตลอดมา

ขอขอบคุณทุก ๆ ท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่ง จึงขอขอบคุณไว้ ณ โอกาสนี้

สุดท้ายขอขอบคุณมหาวิทยาลัยรามคำแหง ที่เป็นแหล่งให้เรียนรู้ชีวิตและสังคมของผู้คนที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาระดับปริญญาโท ทั้งนี้เพราะเป็นองค์ประกอบสำคัญส่วนหนึ่งที่ทำให้การศึกษาสำเร็จลงอย่างสมบูรณ์ในทุก ๆ ด้าน

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นกตเวทิตา คุณแต่บิดา มารดา คณาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่าน ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้อันเป็นรากฐานทางการศึกษา จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงด้วยดี

วิฑูรย์ ตั้งวัฒนกุล

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	(4)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	(5)
กิตติกรรมประกาศ	(6)
สารบัญ	(7)
สารบัญตาราง	(10)
สารบัญภาพประกอบ	(12)
บทที่	
1 บทนำ	1
ความนำ	1
ความสำคัญของปัญหา	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
ขอบเขตของการวิจัย	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
2 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง	3
ฟิสิกส์ของเสียง	3
การจัดเก็บเสียงในแบบดิจิทัล	4
การแปลงฟูรีเยร์	6
คณิตศาสตร์ของการแปลงฟูรีเยร์แบบไม่ต่อเนื่อง	8
การแปลงฟูรีเยร์แบบเร็ว	10
เสียงระฆัง	15
การกำหนดช่วงความถี่เสียงในทางดนตรีของระฆัง	18
การศึกษาวิเคราะห์ความถี่และการสั่นของระฆัง	19

บทที่	หน้า
3 วิธีดำเนินการวิจัย	22
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	22
วิธีการวิจัย	24
การวิเคราะห์ข้อมูล	25
4. ผลการทดลองและวิเคราะห์ข้อมูล	26
ระฆังใบที่ 1 ระฆังวัดจีนประชาสโมสร จังหวัดฉะเชิงเทรา	26
ระฆังใบที่ 2 ระฆังวัดกัลยาณมิตรวรมหาวิหาร กรุงเทพมหานคร	30
ระฆังใบที่ 3 ระฆังวัดระฆังโฆสิตารามวรมหาวิหาร	35
ระฆังใบที่ 4 ระฆังวัดบางพลีใหญ่กลาง จังหวัดสมุทรปราการ	40
ระฆังใบที่ 5 ระฆังวัดบางพลีใหญ่ใน จังหวัดสมุทรปราการ	44
ระฆังใบที่ 6 ระฆังวัดบางโกลนใน จังหวัดสมุทรปราการ	48
ระฆังใบที่ 7 ระฆังวัดบางโกลนใน(ใบที่ 2) จังหวัดสมุทรปราการ ...	51
ระฆังใบที่ 8 ระฆังวัดกัลยาณมิตร ใบเล็ก กรุงเทพมหานคร	54
ระฆังใบที่ 9 ระฆังวัดเทพศิลา กรุงเทพมหานคร	58
ระฆังใบที่ 10 ระฆังวัดเทพศิลา กรุงเทพมหานคร (ใบที่สอง)	61
ระฆังใบที่ 11 ระฆังวัดสระเกศราชวรมหาวิหาร กรุงเทพมหานคร ..	64
ระฆังใบที่ 12 ระฆังวัดสระเกศ กรุงเทพมหานคร (ใบที่สอง)	68
ระฆังใบที่ 13 ระฆังวัดสระเกศ กรุงเทพมหานคร (ใบที่สาม)	71
ระฆังใบที่ 14 ระฆังวัดสระเกศ กรุงเทพมหานคร (ใบที่สี่)	74
ระฆังใบที่ 15 ระฆังวัดพระธาตุอินแขวน ประเทศพม่า	78
5 สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ	81
สรุปผลการวิจัย	81
ข้อเสนอแนะ	83
ภาคผนวก	84
คำศัพท์ทางเทคนิคเกี่ยวกับเสียงระฆัง	85

บทที่	หน้า
บรรณานุกรม	87
ประวัติผู้เขียน	89

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
1 การแบ่งระดับเสียงดนตรีในทางวิทยาศาสตร์	3
2 การแบ่งระดับเสียงดนตรีในทางดนตรี	4
3 เปรียบเทียบจำนวนครั้งในการคูณเลขเชิงซ้อน	11
4 วิธีสลับลำดับข้อมูล	13
5 วิเคราะห์ความถี่ประกอบของเสียงระฆังวัดจีนประชาสโมสร จังหวัดฉะเชิงเทรา	29
6 วิเคราะห์ความถี่ประกอบของเสียงระฆังวัดกัลยาณมิตร	33
7 วิเคราะห์ความถี่ประกอบของเสียงระฆัง วัดระฆังโฆสิตารามวรมหาวิหาร	38
8 วิเคราะห์ความถี่ประกอบของเสียงระฆังวัดบางพลีใหญ่กลาง จังหวัดสมุทรปราการ	43
9 วิเคราะห์ความถี่ประกอบของเสียงระฆังวัดบางพลีใหญ่ใน จังหวัดสมุทรปราการ	46
10 วิเคราะห์ความถี่ประกอบของเสียงระฆังวัดบางโหลงใน จังหวัดสมุทรปราการ	50
11 วิเคราะห์ความถี่ประกอบของเสียงระฆังวัดบางโหลงใน จังหวัดสมุทรปราการ(ใบที่สอง)	53
12 วิเคราะห์ความถี่ประกอบของเสียงระฆังวัดกัลยาณมิตร (ใบเล็ก)	56
13 วิเคราะห์ความถี่ประกอบของเสียงระฆังวัดเทพศิลา กรุงเทพฯ	60
14 วิเคราะห์ความถี่ประกอบของเสียงระฆังวัดเทพศิลา(ใบที่สอง) กรุงเทพฯ	63

ตาราง	หน้า
15 วิเคราะห์ความถี่องค์ประกอบของเสียงระฆังวัดสระเกศ (ใบที่ 1) กรุงเทพมหานคร	66
16 วิเคราะห์ความถี่องค์ประกอบของเสียงระฆังวัดสระเกศ (ใบที่ 2) กรุงเทพมหานคร	70
17 วิเคราะห์ความถี่องค์ประกอบของเสียงระฆังวัดสระเกศ (ใบที่ 3) กรุงเทพมหานคร	74
18 วิเคราะห์ความถี่องค์ประกอบของเสียงระฆังวัดสระเกศ (ใบที่ 4) กรุงเทพมหานคร	77
18 วิเคราะห์ความถี่องค์ประกอบของเสียงระฆังวัดพระธาตุอินทร์แขวน ประเทศพม่า	80
20 สรุปค่าความถี่ของพาร์เซี่ยลสำคัญของเสียงระฆังทั้ง 15 ใบ	81

สารบัญภาพประกอบ

ภาพ		หน้า
1	ความถี่ในการแซมพลิงเท่ากับสองเท่าของความถี่สูงสุด ของสัญญาณ	5
2	ความถี่ในการแซมพลิงน้อยกว่าสองเท่าของความถี่สูงสุด ของสัญญาณ	5
3	สัญญาณรูปไซน์และการแปลงฟูเรียร์ของสัญญาณ	6
4	วินโดว์ฟังก์ชันในช่วงเวลา T	7
5	ผลคูณกราฟไซน์วินโดว์ฟังก์ชันในโดเมนความถี่	7
6	แพ็คเกจที่วัดผลของสัญญาณแปดบิต	9
7	แผนภาพแนวคิดการแปลงฟูเรียร์แบบเร็วโดยใช้การแบ่งทางเวลา (DIT-FFT) สำหรับสัญญาณที่มี 8 ตัวอย่าง	10
8	หลักการของบัตเตอร์ฟลาย	14
9	บัตเตอร์ฟลายมาตรฐานที่ใช้ในการแปลงฟูเรียร์แบบเร็ว	14
10	บัตเตอร์ฟลายในการแปลงสัญญาณ 8 บิต	15
11	โหมคการสั้นตามแนวเส้นรอบวงของระฆัง	16
12	โหมคการสั้นตามแนวเส้นเมริเดียนของระฆัง	17
13	โหมคการสั้นในสองแนวพร้อมกัน	18
14	การระบุโน้ตดนตรีตามระบบ equal tempered octave	19
15	พาร์เซิลของระฆังในหอคอยเซนต์แมรี เมืองอิปซวิช	20
16	ชื่อพาร์เซิลและความถี่ของเสียงระฆังในหอคอยเซนต์แมรี เมืองอิปซวิช	20
17	เครื่องบันทึกเสียง	22
18	โปรแกรม Adobe Audition	23
19	โปรแกรม WaveLab	23

ภาพ	หน้า
20 โปรแกรม Wavanal	24
21 ระฆังวัดจีนประชาสโมสร จังหวัดฉะเชิงเทรา	26
22 สัญญาณเสียงระฆังวัดจีนประชาสโมสร จังหวัดฉะเชิงเทรา	27
23 pan spectrum ของเสียงระฆังวัดจีนประชาสโมสร จังหวัดฉะเชิงเทรา	27
24 สเปกตรัมความถี่ของเสียงระฆังวัดจีนประชาสโมสร จังหวัดฉะเชิงเทรา	28
25 partials decay ของเสียงระฆังวัดจีนประชาสโมสร จังหวัดฉะเชิงเทรา	28
26 แอมพลิจูดของแต่ละพาร์เซี่ยลเมื่อนอร์มอลไลซ์แล้วของระฆัง วัดจีนประชาสโมสร จังหวัดฉะเชิงเทรา	30
27 ภาพระฆังใบใหญ่สุดในประเทศไทย วัดกัลยาณมิตรวรมหาวิหาร กรุงเทพมหานคร	31
28 สัญญาณเสียงระฆังใบใหญ่วัดกัลยาณมิตร กรุงเทพมหานคร	31
29 pan spectrum ของเสียงระฆังใบใหญ่วัดกัลยาณมิตร กรุงเทพมหานคร	32
30 สเปกตรัมความถี่ของเสียงระฆังใบใหญ่วัดกัลยาณมิตร	32
31 partials decay ของเสียงระฆังใบใหญ่วัดกัลยาณมิตร	33
32 แอมพลิจูดของแต่ละพาร์เซี่ยลเมื่อนอร์มอลไลซ์แล้วของระฆัง วัดกัลยาณมิตร กรุงเทพมหานคร	35
33 ระฆังวัดระฆังโฆสิตาราม กรุงเทพมหานคร	36
34 สัญญาณเสียงระฆังวัดระฆังโฆสิตาราม กรุงเทพมหานคร	36
35 pan spectrum ของเสียงระฆังวัดระฆังโฆสิตารามวรมหาวิหาร	37
36 สเปกตรัมความถี่ของเสียงระฆังวัดระฆังโฆสิตารามวรมหาวิหาร	37
37 partials decay ของเสียงระฆังวัดระฆังโฆสิตารามวรมหาวิหาร	38

ภาพ	หน้า
38 แอมพลิจูดของแต่ละพาร์เซิลเหมือนอรัมโกลไลซ์แล้วของระฆัง วัดระฆังโฆสิตาราม กรุงเทพมหานคร	40
39 ระฆังวัดบางพลีใหญ่กลาง จังหวัดสมุทรปราการ	41
40 สัญญาณเสียงระฆังวัดบางพลีใหญ่กลาง จังหวัดสมุทรปราการ	41
41 สเปกตรัมความถี่ของเสียงระฆังวัดบางพลีใหญ่กลาง จังหวัดสมุทรปราการ	41
42 pan spectrum ของเสียงระฆังวัดบางพลีใหญ่กลาง จังหวัดสมุทรปราการ	42
43 partials decay ของเสียงระฆังวัดบางพลีใหญ่กลาง จังหวัดสมุทรปราการ	42
44 ระฆังวัดบางพลีใหญ่ใน จังหวัดสมุทรปราการ	44
45 สัญญาณเสียงระฆังวัดบางพลีใหญ่ใน จังหวัดสมุทรปราการ	44
46 สเปกตรัมความถี่ของเสียงระฆังวัดบางพลีใหญ่ใน จังหวัดสมุทรปราการ	45
47 pan spectrum ของเสียงระฆังวัดบางพลีใหญ่ใน จังหวัดสมุทรปราการ	45
48 partials decay ของเสียงระฆังใบใหญ่วัดบางพลีใหญ่ใน จังหวัดสมุทรปราการ	46
49 ระฆังวัดบางโกลงใน จังหวัดสมุทรปราการ	48
50 สัญญาณเสียงระฆังที่วัดบางโกลงใน จังหวัดสมุทรปราการ	48
51 สเปกตรัมความถี่ของเสียงระฆังวัดบางโกลงใน จังหวัดสมุทรปราการ	49
52 pan spectrum ของเสียงระฆังวัดบางโกลงใน จังหวัดสมุทรปราการ	49

ภาพ	หน้า
53 partials decay ของเสียงระฆังวัดบางโหลงใน จังหวัดสมุทรปราการ	50
54 ระฆังวัดบางโหลงใน(ใบที่ 2) จังหวัดสมุทรปราการ	51
55 สัญญาณเสียงระฆังวัดบางโหลงใน (ใบที่ 2) จังหวัดสมุทรปราการ	51
56 สเปกตรัมความถี่ของเสียงระฆังวัดบางโหลงใน (ใบที่ 2) จังหวัดสมุทรปราการ	52
57 pan spectrum ของเสียงระฆังวัดบางโหลงใน (ใบที่ 2) จังหวัดสมุทรปราการ	52
58 partials decay ของเสียงระฆังวัดบางโหลงใน (ใบที่ 2) จังหวัดสมุทรปราการ	53
59 ระฆังวัดกัลยาณมิตร ใบเล็ก	54
60 สัญญาณเสียงระฆังวัดกัลยาณมิตร (ระฆังใบเล็ก)	54
61 สเปกตรัมความถี่ของเสียงระฆังวัดกัลยาณมิตร (ระฆังใบเล็ก)	55
62 pan spectrum ของเสียงระฆังวัดกัลยาณมิตร (ระฆังใบเล็ก)	55
63 partials decay ของเสียงระฆังใบใหญ่วัดกัลยาณมิตร (ระฆังใบเล็ก)	56
64 ระฆังวัดเทพศิลา กรุงเทพมหานคร	58
65 สัญญาณเสียงระฆังวัดเทพศิลา กรุงเทพมหานคร	58
66 pan spectrum ของเสียงระฆังวัดเทพศิลา กรุงเทพมหานคร	59
67 สเปกตรัมความถี่ของเสียงระฆังวัดเทพศิลา กรุงเทพมหานคร	59
68 partials decay ของเสียงระฆังใบใหญ่วัดเทพศิลา กรุงเทพมหานคร.....	60
69 ระฆังวัดเทพศิลา กรุงเทพฯ (ใบที่ 2)	61
70 สัญญาณเสียงระฆังวัดเทพศิลา กรุงเทพฯ (ใบที่ 2)	61
71 pan spectrum ของเสียงระฆังวัดเทพศิลา กรุงเทพฯ (ใบที่ 2)	62
72 สเปกตรัมความถี่ของเสียงระฆังวัดเทพศิลา กรุงเทพฯ (ใบที่ 2)	62
73 partials decay ของเสียงระฆังวัดเทพศิลา กรุงเทพฯ (ใบที่ 2)	63

ภาพ	หน้า
74 ระฆังวัดสระเกศ (ใบที่ 1) กรุงเทพมหานคร	64
75 สัญญาณเสียงระฆังวัดสระเกศ (ใบที่ 1) กรุงเทพมหานคร	64
76 pan spectrum ของเสียงระฆังวัดสระเกศ (ใบที่ 1) กรุงเทพมหานคร	65
77 สเปกตรัมความถี่ของเสียงระฆังวัดสระเกศ (ใบที่ 1) กรุงเทพมหานคร	65
78 partials decay ของเสียงระฆังวัดสระเกศ (ใบที่ 1) กรุงเทพมหานคร	67
79 ระฆังวัดสระเกศ (ใบที่ 2) กรุงเทพมหานคร	68
80 สัญญาณเสียงระฆังวัดสระเกศ (ใบที่ 2) กรุงเทพมหานคร	68
81 pan spectrum ของเสียงระฆังวัดสระเกศ (ใบที่ 2) กรุงเทพมหานคร	69
82 สเปกตรัมความถี่ของเสียงระฆังวัดสระเกศ (ใบที่ 2) กรุงเทพมหานคร	69
83 partials decay ของเสียงระฆังวัดสระเกศ (ใบที่ 2) กรุงเทพมหานคร.....	70
84 ระฆังวัดสระเกศ (ใบที่ 3) กรุงเทพมหานคร	71
85 สัญญาณเสียงระฆังวัดสระเกศ (ใบที่ 3) กรุงเทพมหานคร	72
86 pan spectrum ของเสียงระฆังวัดสระเกศ (ใบที่ 3) กรุงเทพมหานคร	72
87 สเปกตรัมความถี่ของเสียงระฆังวัดสระเกศ (ใบที่ 3) กรุงเทพมหานคร	73
88 partials decay ของเสียงระฆังวัดสระเกศ (ใบที่ 3) กรุงเทพมหานคร	73
89 ระฆังวัดสระเกศ (ใบที่ 4) กรุงเทพมหานคร	74
90 สัญญาณเสียงระฆังวัดสระเกศ (ใบที่ 4) กรุงเทพมหานคร	75
91 pan spectrum ของเสียงระฆังวัดสระเกศ (ใบที่ 4) กรุงเทพมหานคร	75

ภาพ	หน้า
92 สเปกตรัมความถี่ของเสียงระฆังวัดสระเกศ (ใบที่ 3) กรุงเทพมหานคร	76
93 partials decay ของเสียงระฆังวัดสระเกศ (ใบที่ 3) กรุงเทพมหานคร	76
94 สัญญาณเสียงระฆังวัดพระธาตุอินทร์แขวน ประเทศพม่า	78
95 สเปกตรัมความถี่ของเสียงระฆังวัดพระธาตุอินทร์แขวน ประเทศพม่า	78
96 pan spectrum ของเสียงระฆังวัดพระธาตุอินทร์แขวน ประเทศพม่า	79
97 partials decay ของเสียงระฆังวัดพระธาตุอินทร์แขวน ประเทศพม่า	79