แอปพลิเคชันตีขิม จำลองขิมบนระบบปฏิบัติการไอโอเอส

ณัฐพัชร์ อุบลรัตน์

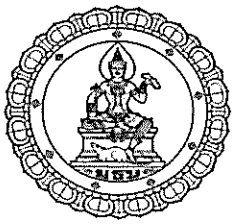
สารนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเว็บและการพัฒนาแอปพลิเคชันบนอุปกรณ์พกพา
วิทยาลัยครีเอทีฟดีไซน์ แอนด์ เอ็นเตอร์เทนเมนต์เทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์
พ.ศ. 2564

T-Khim Application Simulation Thai Dulcimer on iOS

Nattapat Ubonrat

Thematic Paper Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Science in Web Engineering and Mobile Application Development, College of Creative Design and Entertainment Technology, Dhurakij Pundit University

2021



ใบรับรองสารนิพนธ์

วิทยาลัยครีเอทีฟดีไซน์ แอนด์ เอ็นเตอร์เทนเมนต์เทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

หัวข้อสารนิพนธ์	แอปพลิเคชันตีขิม จำลองขิมบนระบบปฏิบัติการไอโอเอส
เสนอโดย	ณัฐพัชร์ อุบลรัตน์
สาขาวิชา	วิศวกรรมเว็บและการพัฒนาแอปพลิเคชันบนอุปกรณ์พกพา
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร.วรสิทธิ์ ชูชัยวัฒนา

ได้พิจารณาเห็นชอบโดยคณะกรรมการสอบสารนิพนธ์แล้ว

.....ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.วราพร จิระพันธุ์ทอง)

.....กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์

(รองศาสตราจารย์ ดร.วรสิทธิ์ ชูชัยวัฒนา)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรวรรณ อิ่มสมบัติ)

วิทยาลัยครีเอทีฟดีไซน์ แอนด์ เอ็นเตอร์เทนเมนต์เทคโนโลยี

..... คณบดี

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิลาวัลย์ อินทร์ชำนาญ)

วันที่ 20 เดือน มิ.ย. พ.ศ. 2564

หัวข้อสารนิพนธ์	แอปพลิเคชันตีขิม จำลองขิมบนระบบปฏิบัติการไอโอเอส
ชื่อผู้เขียน	ณัฐพัชร์ อุบลรัตน์
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร. วรสิทธิ์ ชูชัยวัฒนา
สาขาวิชา	วิศวกรรมเว็บและการพัฒนาแอปพลิเคชันบนอุปกรณ์พกพา
ปีการศึกษา	2563

บทคัดย่อ

แอปพลิเคชันตีขิม จำลองขิมบนระบบปฏิบัติการไอโอเอส มีจุดประสงค์เพื่อช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถฝึกทักษะการตีขิมสำหรับบุคคลทั่วไป เป็นสื่อช่วยการสอน ช่วยในการฝึกฝนส่วนตัว และใช้ประกอบการตัดสินใจก่อนซื้อขิมจริง

ผู้สนใจบรรเลงขิมจำนวนมากมักมีปัญหาหลายประการเกี่ยวกับการพัฒนาทักษะการบรรเลงขิมของตัวเอง เช่น การเลือกซื้อขิม การตั้งเสียงขิม การฝึกฝนการบรรเลง และการท่องจำโน้ตเพลง เป็นต้น อีกทั้ง ช่วงอายุที่หลากหลายและพื้นฐานความรู้ที่แตกต่างกันในแต่ละบุคคลทำให้ความสนใจในการเรียนตีขิมลดน้อยลง

แอปพลิเคชันตีขิม จำลองขิมบนระบบปฏิบัติการไอโอเอส จะสามารถช่วยให้ผู้สนใจบรรเลงขิมศึกษาข้อมูลเบื้องต้นเพื่อประกอบการเลือกซื้อขิมจริง ตัดปัญหาการตั้งเสียงขิมจริง เพิ่มความสะดวกในการฝึกทักษะได้เป็นอย่างดี

Thematic Paper Title	T-Khim Application Simulation Thai Dulcimer on iOS
Author	Nattapat Ubonrat
Thematic Paper Advisor	Assoc. Prof. Dr. Worasit Choochaiwattana
Academic Program	Web Engineering and Mobile Application Development
Academic Year	2020

ABSTRACT

T-Khim is an iOS application for practicing skills for the general public. The Application is a medium of instruction for personal training and used to make decisions before buying the real Thai-dulcimer.

Many people who are interested in playing Thai–dulcimer (call Khim) often have many problems regarding the development of their own Thai-Dulcimer skills. Such as buying a Thai-dulcimer Setting the dulcimer Rain training and memorization of musical notes, etc. In addition, the various age ranges and fundamentals of knowledge are different for each person. Causing less interest in studying the Thai-dulcimer

The T-Khim application will be able to help anyone interested in playing the Thai-dulcimer to learn basic information. For the purpose of choosing to buy real Thai-dulcimer Eliminate the problem of real Thai-dulcimer settings More convenient to practice skills easily

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำสารนิพนธ์เรื่อง “แอปพลิเคชันตีขิม จำลองขิมบนระบบปฏิบัติการไอโอเอส” เพื่อช่วยให้บุคคลทั่วไปสามารถเรียนรู้และฝึกทักษะการบรรเลงขิมครั้งนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีโดยได้รับช่วยเหลือและ การสนับสนุนจากหลาย ๆ ท่าน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง รองศาสตราจารย์ ดร.วรสิทธิ์ ชูชัยวัฒนา ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาได้เสียสละเวลาให้คำแนะนำในการคัดเลือกเรื่องที่จะทำการศึกษาค้นคว้า ให้ความรู้ค้านวิชาการค้านเทคนิคต่าง ๆ ตลอดจนข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์ในการแก้ไขปรับปรุง ผู้จัดทำซาบซึ้งในความกรุณาของท่านเป็นอย่างยิ่ง และขอกราบขอบพระคุณท่านเป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณเพื่อนร่วมรุ่นทุกคนที่คอยให้ความช่วยเหลือซึ่งกันและกันมาตลอดระยะเวลาการศึกษาโดยเฉพาะอย่างยิ่งคุณธนพัฒน์ ศรลัมพ์ อีกทั้งขอขอบคุณนักเรียน และผู้ติดตามแฟนเพจ “ตีขิมออนไลน์” ที่ติดตามความคืบหน้า เป็นกำลังใจและแสดงความต้องการในการใช้งานแอปพลิเคชัน ซึ่งเป็นสิ่งคอยกระตุ้นให้ผู้จัดทำต้องกระตือรือร้นอย่างต่อเนื่องเป็นเหตุให้สามารถจัดทำสารนิพนธ์จนประสบความสำเร็จลุล่วงด้วยดี ซึ่งทุกท่านจะถูกจารึกไว้ในใจของผู้จัดทำสารนิพนธ์ตลอดไป

ในท้ายที่สุดนี้ผู้จัดทำขอขอกราบระลึกถึงพระคุณของคุณพ่อ (สุชิน อุบลรัตน์) และคุณแม่ (สุรินทร อุบลรัตน์) ที่ส่งเสริมลูกให้ได้รับการศึกษาเล่าเรียนและสอนให้ถูกเป็นคนประพฤติปฏิบัติดีมาตลอด ลูกจดจำไว้ไม่เคยลืม คุณความดีที่ลูกได้สร้างนี้หากนำมาซึ่งประโยชน์ ลูกขอส่งผลบุญนี้ถึงท่านทั้งสองด้วยเทอญ

ณัฐพัชร์ อุบลรัตน์

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ฆ
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... ง
กิตติกรรมประกาศ..... ฉ
สารบัญตาราง..... ซ
สารบัญภาพ..... ฌ
บทที่
1. บทนำ..... 1
1.1 ที่มาและความสำคัญของงาน..... 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา..... 1
1.3 สมมติฐานของการศึกษาหรือวิจัย..... 1
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 2
1.5 ข้อตกลงเบื้องต้น หรือ นิยามศัพท์..... 2
1.6 ขอบเขตการศึกษา..... 2
1.7 เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนา..... 3
1.8 แผนการดำเนินงาน และระยะเวลาการดำเนินงาน..... 3
2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 4
2.1 เครื่องมือในการพัฒนาแอปพลิเคชัน..... 4
2.2 องค์ประกอบสำหรับการพัฒนาแอปพลิเคชัน..... 8
2.3 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง..... 9
2.4 แนวคิดและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 10
2.5 ศึกษาผลงานแอปพลิเคชันอื่น..... 18
3. วิธีการดำเนินการและเครื่องมือ..... 21
3.1 การศึกษาค้นคว้าข้อมูล..... 21
3.2 การวิเคราะห์ และออกแบบแอปพลิเคชัน..... 22
3.3 การบันทึกและนำเข้าเสียงจากขิม..... 33

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
3.4 การพัฒนาแอปพลิเคชัน	27
3.5 กระบวนการทำงานของระบบ	27
3.6 การออกแบบระบบฐานข้อมูล	33
3.7 ขั้นตอนการเข้าใช้งานแอปพลิเคชัน	37
4. ผลการดำเนินงาน	49
4.1 ผลการออกแบบและพัฒนาระบบ	49
4.2 ความเหมะสม/ความพึงพอใจของระบบ	49
5. สรุปอภิปรายผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ	58
5.1 สรุปผลและอภิปลายผลการศึกษา	58
5.2 ข้อเสนอแนะในการศึกษาขั้นต่อไป	59
บรรณานุกรม	60
ประวัติผู้เขียน	62

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

1.1 แผนการดำเนินงาน และระยะเวลาในการดำเนินงาน..... 3

2.1 ชนิดของข้อมูล (Data Type) ที่ใช้ใน Firebase..... 6

2.2 ความถี่ของเสียงเปียโน (บางส่วน)..... 11

2.3 ความถี่ของเสียงดนตรีไทยเทียบกับเสียงเปียโน (บางส่วน)..... 13

2.4 การกำหนดโน้ตตัว “โด” ลงบนตำแหน่งลูกฆ้องวงใหญ่..... 16

3.1 การแปลระดับความเหมาะสม/ความพึงพอใจต่อการพัฒนาระบบ..... 23

3.2 อธิบายผู้ใช้งานระบบ……..……...……... 29

3.3 Use Case Scenario……....……...……... 29

4.1 ข้อมูลส่วนบุคคลผู้เข้าร่วมทดสอบแอปพลิเคชัน..... 50

4.2 แสดงจำนวนความถี่และร้อยละของข้อมูลอายุ..... 50

4.3 แสดงจำนวนความถี่และร้อยละของข้อมูลระดับการศึกษา..... 51

4.4 แสดงจำนวนความถี่ และร้อยละของข้อมูลของผู้เคยใช้งานแอปพลิเคชันที่คล้ายคลึงและไม่เคยใช้งานแอปพลิเคชันที่คล้ายคลึง..... 51

4.5 เกณฑ์การให้คะแนนความพึงพอใจ..... 52

4.6 ผลการประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งานทุกกลุ่มประเภทผู้ใช้งาน..... 54

4.7 ผลการประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งานแยกเป็นเพศ..... 55

4.8 ผลการประเมินความพึงพอใจแยกตามประสบการณ์การเคยใช้แอปพลิเคชัน..... 56

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

2.1 ฆ้องวงใหญ่ การกำหนดเสียง “โด” ของแต่ละทาง..... 15

2.2 คอร์ด C-Major..... 16

2.3 คอร์ด C-Minor..... 17

2.4 คอร์ด C-Diminished..... 17

2.5 หน้าจอแอปพลิเคชัน Dulcimer..... 18

2.6 ฟังก์ชันการทำงานของแอปพลิเคชัน Dulcimer..... 19

2.7 ภาพแสดงการใช้งานแอปพลิเคชัน Dulcimer..... 20

3.1 การปรับตั้งเสียงขิม โดยใช้ Pano Tuner Application..... 24

3.2 การบันทึกเสียงตัวโน้ตเดี่ยว..... 25

3.3 การดีดสายขิม..... 25

3.4 การปรับแต่งเสียงด้วยโปรแกรม Adobe Audition 26

3.5 ภาพรวมของการใช้งาน T-Khim Application……..……. 27

3.6 Use Case Diagram……...……..……..……. 28

3.7 Sequence Diagram UC1……..……..... 30

3.8 Sequence Diagram UC2……..... 30

3.9 Sequence Diagram UC3……...……... 31

3.10 Sequence Diagram UC4……..... 32

3.11 Sequence Diagram UC5……..... 32

3.12 Sequence Diagram UC6……...……... 35

3.13 ER Diagram ……..... 34

3.14 ตัวอย่างการบันทึกข้อมูลเพลงใน Firebase……..…… 36

3.15 หน้าจอ iPhone แสดงไอคอนของแอปพลิเคชันบนหน้าจอ…….. 37

3.16 หน้าจอ iPhone ที่ไม่ได้เชื่อมต่อ Internet……..……... 38

3.17 Launch Screen..... 39

3.18 Flow Chart ภาพรวมหน้าจอของกระบวนการทำงานของแอปพลิเคชัน..... 39

3.19 Login Screen..... 40

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

3.20 Register Screen..... 40

3.21 Greeting Screen..... 41

3.22 Welcome Screen..... 41

3.23 Sign In Screen..... 42

3.24 Warning Register Screen..... 42

3.25 หน้าจอหลัก……..…… 43

3.26 มือซ้ายและขวา (ปรากฏเมื่อบรรเลงโซนซ้าย)..... 43

3.27 มือซ้ายและขวา (ปรากฏเมื่อบรรเลงโซนกลาง)..... 44

3.28 มือซ้ายและขวา (ปรากฏเมื่อบรรเลงโซนขวา)..... 44

3.29 แสดงสิ่งที่ปรากฏ เมื่อต้องการให้แสดงโน้ต (วน 5 สถานะ ไม่แสดง/ไทย/สากล/เลข 1 /เลข 2)..... 45

3.30 Flow Chart เมื่อกดปุ่ม Setting..... 45

3.31 Setting Screen..... 46

3.32 Change Account Name Screen..... 46

3.33 Change Email Screen..... 47

3.34 Change Password Screen..... 47

3.35 Logout Screen..... 48

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของงาน

ผู้ทำการวิจัยเป็นผู้ฝึกบรรเลงดนตรีไทยตั้งแต่เยาว์วัย โดยเริ่มต้นฝึกฝนเรียนรู้ตั้งแต่อายุ 4 ขวบ และมีทักษะในการบรรเลงและสอนการบรรเลงดนตรีไทยมาเป็นเวลากว่า 40 ปี เพียงแต่ไม่ได้ยึดเป็นอาชีพหลัก มีความสนใจด้านเทคโนโลยีในการทำโมบายแอปพลิเคชัน และต้องการผสมผสานองค์ความรู้ด้านต่างๆ เพื่อให้เกิดนวัตกรรมใหม่

ผู้ทำการวิจัยทราบเป็นอย่างดีว่า ปัญหาสำคัญของผู้บรรเลงขิมมีหลายประการ จึงมีความคิดริเริ่มในการจัดทำแอปพลิเคชันเพื่อแก้ปัญหาและพัฒนาแนวทางการสอนขิม ให้สอดคล้องกับยุคการเรียนรู้ที่ใช้เทคโนโลยีเป็นฐานการเรียนรู้สำคัญ

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

พัฒนาโมบายแอปพลิเคชันเพื่อช่วยการเรียนรู้การบรรเลงขิม

1.3 สมมติฐานของการศึกษาหรือวิจัย

การฝึกทักษะการบรรเลงขิมของผู้เรียนขิมที่ไม่มีพื้นฐานทางดนตรีหรือมีทักษะน้อยน้อย หรือมีอายุน้อยทุกคนต้องพบกับปัญหาสำคัญในการเริ่มต้นคือ การตั้งเสียงขิม ซึ่งผู้สอนขิมโดยส่วนใหญ่จะใช้การตั้งเสียงด้วยการใช้ประสบการณ์ส่วนตัวในการฟัง ซึ่งไม่มีมาตรฐานความถูกต้องหรือเที่ยงตรงอย่างแท้จริง ทำให้ผู้เรียนใหม่ไม่สามารถตั้งเสียงขิมได้ด้วยตนเอง เมื่อผ่านเวลาไประยะหนึ่งเสียงขิมก็จะเพี้ยนเป็นปกติ ผู้เรียนขิมใหม่ซึ่งไม่สามารถตั้งเสียงขิมได้ด้วยตนเองมักจะเกิดอารมณ์เบื่อหน่ายและต้องเสียค่าใช้จ่ายในการจ้างให้ตั้งเสียงขิม อีกทั้งวงดนตรีไทยในแต่ละวงใช้ระดับเสียงที่แตกต่างกัน ไม่มีมาตรฐานกลางกำหนดไว้ให้ใช้เหมือนกันทั้งประเทศ ย่อมเป็นอุปสรรคสำคัญให้ผู้มีประสบการณ์น้อยไม่สามารถเริ่มต้นการเรียนขิมได้ ซึ่งหากบรรเลงขิมโดยไม่ตั้งเสียงก่อน จะทำให้เสียงที่บรรเลงผิดเพี้ยนและสูญเสียสุนทรียภาพในการบรรเลง

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ผู้สนใจเรียนขิมสามารถเรียนรู้ตำแหน่งเสียงของขิมได้อย่างถูกต้องและรวดเร็ว
2. ผู้เรียนขิมใช้เป็นเครื่องมือในการทบทวนความรู้ได้ทุกเวลา ทุกสถานที่
3. ผู้สอนขิมใช้เป็นเครื่องมือในการถ่ายทอดขั้นตอนการบรรเลงได้อย่างชัดเจนและถูกต้องตามหลักการการสอนขิม บอกตำแหน่งเสียงและการใช้มือได้ง่ายดาย
4. หมดปัญหาการตั้งสายขิม และไม่ต้องจ่ายค่าซ่อมบำรุง
5. สามารถเลือกบทเพลงที่ต้องการเรียน เพื่อให้แอปพลิเคชันแสดงการบรรเลงนำหรือให้ผู้ใช้งานบรรเลงไปพร้อมๆ กันได้

1.5 ข้อตกลงเบื้องต้น หรือ นิยามศัพท์

คีย์ หมายถึง บันไดเสียงหรือกลุ่มเสียงที่มีค่าความถี่เสียงกำหนดตายตัวในแต่ละตัวโน้ต

ความถี่เสียง หมายถึง ระดับความสูงต่ำของโน้ตเสียง

แฟลต (b) หมายถึง ค่าความถี่เสียงที่ต่ำกว่าค่าโน้ตที่สนใจอยู่ครึ่งเสียง

ชาร์ป (#) หมายถึง ค่าความถี่เสียงที่สูงกว่าค่าโน้ตที่สนใจอยู่ครึ่งเสียง

คอร์ด หมายถึง ภาพแบบกลุ่มเสียงที่ประกอบด้วยโน้ตเสียงไม่ต่ำกว่า 2 เสียงพร้อมกัน

ยูนิซัน หมายถึง ค่าระดับความถี่เสียงเดียวกันที่อยู่คนละตำแหน่ง

เสียงทบ หมายถึง ช่วงความถี่เสียง 8 ตัวโน้ตที่อยู่ติดกัน (Octave)

1.6 ขอบเขตการศึกษา

1.6.1 การตั้งค่าการใช้งานของระบบ

1.6.1.1 พัฒนาแอปพลิเคชันบนระบบปฏิบัติการ iOS

1.6.1.2 มีการสมัครสมาชิก และก่อนเข้าใช้งานทุกครั้งต้องมีการ Login เข้าสู่ระบบ

1.6.1.3 ผู้ใช้งานสามารถเปลี่ยนชื่อผู้ใช้งาน ที่อยู่อีเมลและรหัสผ่านเข้าใช้งานได้

1.6.1.4 ผู้ใช้สามารถเลือกการแสดงมือได้

1.6.1.5 ผู้ใช้สามารถเลือกโหมดการบรรเลงด้วยตัวเองหรือโหมดการบรรเลงด้วยแอปพลิเคชันได้

1.7 เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนา

1.7.1 อุปกรณ์ฮาร์ดแวร์

1.7.1.1 MacBook Air 2017 สำหรับใช้งานและติดตั้งโปรแกรมต่าง ๆ ในการพัฒนาแอปพลิเคชัน

1.7.1.2 iPhone 8 สำหรับการทดสอบการทำงาน

1.7.2 ซอฟต์แวร์

1.7.2.1 X-Code 10.3.1 สำหรับพัฒนาแอปพลิเคชัน

1.7.2.2 Firebases สำหรับจัดการฐานข้อมูล

1.7.2.3 Photoshop สำหรับตกแต่งภาพภาพต่าง ๆ

1.7.2.4 Google Form สำหรับจัดทำ และสำรวจแบบสอบถาม

1.7.2.5 Pano Tuner แอปพลิเคชันสำหรับตั้งค่าความถี่เสียงขิม

1.7.2.6 Adobe Audition สำหรับปรับแต่งเสียง

1.8 แผนการดำเนินงาน และระยะเวลาการดำเนินงาน

การพัฒนาแอปพลิเคชันเริ่มต้นจากการวิเคราะห์ และประเมินงาน เพื่อให้สามารถสรุปเป็นแผนการดำเนินงาน ขั้นตอนการทำงาน และระยะเวลาในการพัฒนาระบบ ดังนี้

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงาน และระยะเวลาในการดำเนินงาน

ลำดับ	ขั้นตอนการดำเนินงาน	ระยะเวลาดำเงินงาน (เดือนที่)											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	ศึกษาสภาพปัญหาในปัจจุบันและความต้องการของผู้ใช้งาน												
2	ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับการบรรเลงขิม												
3	ศึกษาเครื่องมือต่างๆ ที่ใช้ในการพัฒนาแอปพลิเคชัน												
4	ออกแบบหน้าจอแอปพลิเคชัน												
5	พัฒนาแอปพลิเคชัน												
6	ทดสอบแอปพลิเคชันและแก้ไขข้อผิดพลาด												
7	สรุป นำเสนอและส่งผลงาน												

บทที่ 2
ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการจัดทำสารนิพนธ์บทนี้ จะกล่าวถึงเครื่องมือ องค์ประกอบ และทฤษฎีแนวคิดที่เกี่ยวข้องในการพัฒนาแอปพลิเคชันตีขิม แอปพลิเคชันสำหรับการบรรเลงขิมบนระบบปฏิบัติการไอโอเอส เพื่อการช่วยให้ผู้ใช้งานใช้จำลองการบรรเลงขิมจริง ดังต่อไปนี้

2.1 เครื่องมือในการพัฒนาแอปพลิเคชัน

2.2 องค์ประกอบสำหรับพัฒนาแอปพลิเคชัน

2.3 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.4 แนวคิดและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 เครื่องมือในการพัฒนาแอปพลิเคชัน

การพัฒนาแอปพลิเคชันตีขิม แอปพลิเคชันสำหรับการจำลองขิม เพื่อช่วยให้ผู้ใช้งานใช้เพื่อทบทวนหรือศึกษาการบรรเลงขิม ผู้จัดทำได้พัฒนาให้ทำงาน ได้ทั้งบนโทรศัพท์มือถือที่ใช้ระบบปฏิบัติการ iOS Device (iPhone) และ iPad โดยเครื่องมือที่จะนำมาพัฒนาแอปพลิเคชัน (Application Development Tool) คือ X-Code ซึ่งเป็นเครื่องมือของนักพัฒนาที่เอาไว้สร้างแอปพลิเคชันสำหรับเครื่อง MacBook, iPhone และ iPad ใช้ภาษา Objective-C และภาษา Swift ซึ่งจะใช้ได้ทั้งสองภาษาในการพัฒนาโค้ดแอปพลิเคชัน ตัวโปรแกรมต้องติดตั้งลงบนเครื่องที่เป็น Mac OS ซึ่งปัจจุบัน Mac OS Big Sur เวอร์ชัน 11.2.3 และ X-Code เวอร์ชัน 12.4 โดย X-Code เป็นแอปพลิเคชันที่สามารถดาวน์โหลด และ Update ได้ฟรีจาก App Store ทั้งนี้เมื่อใช้เวอร์ชัน X-Code ล่าสุด พบปัญหาในการแสดงผลบน Simulator บางเวอร์ชันของ iPhone ผู้วิจัยจึงใช้เวอร์ชัน 11.3.1 ในการพัฒนาแทน

องค์ประกอบของ X-Code จะประกอบด้วย

X-Code IDE คือ สภาพแวดล้อมในการพัฒนาแอปพลิเคชัน ประกอบด้วย

พื้นที่ทำงานสำหรับเขียน Code

พื้นที่สำหรับออกแบบหน้าจอ User Interface เรียกว่า Interface Builder

มีคอมไพล์เลอร์ (Compiler) ที่มีประสิทธิภาพสูงสามารถคอมไพล์โค้ดได้รวดเร็ว สร้างแอปพลิเคชันให้ทำงานได้เร็วขึ้น

มีระบบตรวจสอบโค้ดที่มีประสิทธิภาพ และแนวทางการแก้ไขโค้ดที่ผิดให้อัตโนมัติ

มี Version Editor ที่ตรวจสอบ Source Code ทั้ง 2 เวอร์ชัน แบบเทียบกันหน้าต่อหน้าให้เห็นบรรทัดที่แตกต่างกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ

มี Debugger Engine ที่ชื่อว่า LLDB สามารถ Track Code ได้ขณะที่โปรแกรมกำลัง Run ทดสอบอยู่ มี Source Control ในการควบคุมเวอร์ชันของ Project ได้

SDK สำหรับ Mac OS X และ iOS คือ Class Library สำหรับใช้พัฒนาแอปพลิเคชัน แบ่งเป็น Mac OS X และ iOS

โปรแกรม Firebase พัฒนาโดย บริษัท Google เป็นแพลตฟอร์ม (Platform) ที่เก็บรวมเครื่องมือสำหรับการจัดการในส่วน Backend หรือ Server Side ซึ่งจะทำให้ผู้พัฒนาสามารถสร้างแอปพลิเคชัน (Mobile Application) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งยังช่วยลดเวลาและค่าใช้จ่ายของการทำ Server Side หรือการวิเคราะห์ข้อมูลได้อีกด้วย เพราะไม่มีค่าบริการ

ตารางที่ 2.1 ชนิดของข้อมูล (Data Type) ที่ใช้ใน Firebase

Data Type	Sort order	Note
Array	By element values	Array ไม่สามารถมีค่า Array อื่นเป็นในองค์ประกอบ wfh องค์ประกอบภายใน Array จะคงตำแหน่งที่ได้รับมอบหมาย เมื่อจัดเรียงลำดับตั้งแต่ 2 Array ขึ้นไป ระบบจะเรียงลำดับตามค่าองค์ประกอบ เมื่อเปรียบเทียบ 2 Array สมาชิกตัวแรกของแต่ละ Array จะถูกเปรียบเทียบกันก่อน หากสมาชิกตัวแรกของแต่ละ Array เท่ากันก็จะทำการเปรียบเทียบสมาชิกตัวที่สองของแต่ละ Array และจะทำการเปรียบเทียบในลักษณะนี้ไปจนกว่าจะพบความแตกต่างของแต่ละสมาชิกในแต่ละ Array กรณีความยาว Array ที่มีขนาดสั้นกว่า จะได้รับการจัดอันดับมาก่อน Array ที่มีขนาดยาวกว่า ตัวอย่างเช่น [1, 2, 3] < [1, 2, 3, 1] < [2] จะพบว่า Array [2] มีค่าองค์ประกอบแรกสุด เพราะมีขนาดเส้นกว่า Array [1, 2, 4] มีสมาชิก 3 ตัว จึงมีลำดับก่อน Array ที่มีสมาชิก 4 ตัว
Boolean	False < true	-
Byte	Byte order	มีค่าสูงสุด 1,048,487 ไบต์ (1 MiB - 89 bytes) สำหรับ 1,500 ไบต์แรกจะได้รับการพิจารณาเป็นพิเศษ
Date and time	Chronological	เก็บข้อมูลไว้ใน Cloud Firestore แม่นยำถึงในระดับไมโครวินาที (ปัดลง)
Floating-point number	Numeric	64-bit double precision, IEEE 754.

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

Geographic al point	By latitude, then longitude	—
Integer	Numeric	64-bit ทั้งค่าบวกและลบ
Map	By keys, then by value	เป็นวัตถุที่ฝังอยู่ภายใน document เมื่อทำการจัดทำ index จะสามารถเข้าถึงใน subfields หากแยกค่านี้จากการทำ index subfields ทั้งหมดจะถูกแยกออกจากการทำ index ด้วย การเรียงลำดับคีย์จะถูกจัดเรียงเสมอ ตัวอย่างเช่น ถ้าเราใช้คำสั่ง {c: "foo", a: "bar", b: "qux"} Map จะเรียงลำดับตามคีย์และบันทึกเป็น {a: "foo", b: "bar", c: "qux"} Map fields จะเรียงลำดับจากการเปรียบเทียบตามคีย์คู่ของคีย์ลำดับแรกคือการเปรียบเทียบ keys จากนั้นคือกเปรียบเทียบค่าหากค่าของ key เท่ากัน จะทำการเปรียบเทียบค่า keys ตัวต่อไปเรื่อย ๆ จากนั้นจึงพิจารณาความยาว map ตัวอย่างเช่น {a: "aaa", b: "baz"} {a: "foo", b: "bar"} {a: "foo", b: "bar", c: "qux"} {a: "foo", b: "baz"} {b: "aaa", c: "baz"} {c: "aaa"}
Null	None	-
Reference	By path elements (collection, document ID, collection, document ID...)	ตัวอย่าง projects/[PROJECT_ID]/databases/[DATABASE_ID]/documents/[DOCUMENT_PATH].

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

Text string	UTF-8 encoded byte order	มีค่าสูงสุด 1,048,487 bytes (1 MiB - 89 bytes) สำหรับ 1,500 bytes แรก ของ UTF-8 จะได้รับการพิจารณาเป็นพิเศษ

2.2 องค์ประกอบสำหรับพัฒนาแอปพลิเคชัน

2.2.1 เครื่องคอมพิวเตอร์ระบบปฏิบัติการ Mac OS จากบริษัท Apple และ Mac OS โดยใช้แอปพลิเคชัน X-Code ซึ่งสามารถใช้ได้ทั้ง MacBook, MacBook Air และ MacBook Pro iMac (ในการพัฒนาครั้งนี้ ผู้พัฒนาใช้ MacBook Air 2017) โดยที่ X-Code จะมี Interface หน้าจอสำหรับเขียนโค้ดคำสั่งต่าง ๆ มีหน้าจอสำหรับการออกแบบหน้าตาแอปพลิเคชัน และสามารถทำการแสดงผลผ่านตัวจำลองการทำงานจริง (Simulator) โดยสามารถเลือกประเภทและขนาดของ Device ของรุ่นต่าง ๆ ที่จะแสดงผลได้ทั้ง iPhone และ iPad ตั้งแต่รุ่นเก่าจนกระทั่งถึงรุ่นปัจจุบันซึ่งสามารถแสดงผลการทำงานได้ทุกอย่างยกเว้นการทำงานของกล้องและระบบแผนที่ (ซึ่งไม่ได้ใช้ในงานพัฒนาชิ้นนี้) อย่างไรก็ตามเราสามารถส่งผลการทำงานไปที่อุปกรณ์จริงโดยผ่านการเชื่อมต่อภายนอก (USB Port) ได้อีกด้วย ซึ่งจะทำให้ผลการทำงานจริงสอดคล้องกับ Code ที่พัฒนาทุกประการ

2.2.2 iPhone หรือ iPad เพื่อใช้ในการแสดงการทำงานจริง อย่างไรก็ตามในที่นี้ผู้พัฒนาใช้ iPhone 8 ในการทดสอบเท่านั้น

2.2.3 Apple Developer Account หรือ รหัสสมาชิกสำหรับนักพัฒนา เพื่อรับสิทธิ์ในการเป็นผู้พัฒนาแอปพลิเคชันของบริษัท Apple โดยสมัครสมาชิกได้ที่ http://developer.apple.com โดยเมื่อสมัครแล้ว ผู้สมัครจะได้รับ Apple Developer Account ซึ่งเป็นขั้นตอนในการรับใบรับรองในการทำแอปพลิเคชันต่าง ๆ ซึ่งหากต้องการทดสอบแอปพลิเคชันที่ไม่สามารถทดสอบด้วย X-Code ได้ จึงจำเป็นต้องมี Apple Developer Account ด้วย

2.3 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.3.1 ทฤษฎีเสียงดนตรีสากล

เป็นสิ่งที่มีสำคัญอย่างมากในการอธิบายกฎที่ใช้ควบคุมการดำเนินเสียงเดี่ยวของเครื่องดนตรีและการประสานเสียงของเครื่องดนตรี มีความจำเป็นอย่างมากที่นักดนตรีจะต้องทำความเข้าใจหลักเกณฑ์และทฤษฎีดนตรีขั้นพื้นฐานเพราะเป็นส่วนในการช่วยให้นักดนตรีสามารถพัฒนาขีดความสามารถของตนเอง Michael Pilhofer (holds a Master's in Music Education with a Jazz Emphasis from the Eastman School of Music, and a Bachelor of Music degree in Jazz Performance from the University of Miami.), Holly Day (work has appeared in Guitar One Magazine, Music Alive!, culturefront Magazine, and Brutarian Magazine.) "If you're trying to learn how to play music, read music, or brush up on improvising and performing with other musicians, music theory is important. However, you don't need to know every last tidbit that the many theorists around the world have written down. You just need to become familiar with some of the basics. You need to know the names of the musical notes, and you must understand time signatures, music intervals, and chord progressions."

2.3.2 โน้ตมาตรฐานของดนตรีสากล

สิ่งที่เป็นพื้นฐานที่สุดที่เราต้องทำความเข้าใจคือเสียงเดี่ยวที่เราได้ยินในเพลงหรือจากสภาวะแวดล้อมรอบตัว ซึ่งก็คือ "โน้ต" นั่นเอง ทฤษฎีดนตรีให้ชื่อโน้ตของแต่ละตัวด้วยการวัดค่าค่าความถี่ หรือจำนวนการสั่นสะเทือนใน 1 วินาที เช่น ตัวโน้ต A (เสียงลา) เรียกว่า "A440" เพราะมีการสั่นสะเทือน 440 ครั้งใน 1 วินาที

2.3.3 ช่วงเสียงของมาตรฐานดนตรีสากล

ช่วงเสียงระหว่างตัวโน้ต หมายถึง ค่าความต่างของโน้ตเสียง เช่น ระยะห่างระหว่าง C (เสียงโด) และ G (เสียงซอล) บนเปียโนเรียกว่า Perfect 5th เรียกว่าเป็นช่วงที่สมบูรณ์แบบที่ 5 ซึ่งมาจากข้อเท็จจริงที่ว่า G เป็นโน้ตตัวที่ห้าในคีย์ C

2.3.4 คอร์ด

คอร์ดคือโน้ต 2 โน้ตหรือมากกว่าที่เล่นพร้อมกัน โดยคอร์ดมักจะแสดงบทบาทเป็นพื้นหลังของ Melody (ท่วงทำนองหลัก) ของเพลง การเดินของคอร์ดมีบทบาทที่มีอิทธิพลต่อลักษณะของเพลงทุกประเภท

สำหรับแอปพลิเคชันตีขิม นี้ จะทำการตั้งค่าความถี่เสียงให้ตรงกับเสียงในดนตรีสากล โดยยึดคีย์ Bb เพราะเข้าใกล้กับค่าความถี่เสียงปกติของดนตรีไทยมากที่สุด ทั้งนี้มีเหตุผลสนับสนุนเพื่อ

รับรองการตัดสินใจในการเลือกทั้ง 2 สิ่งนี้จากเหตุผลเรื่องของคอร์ด และ ค่าสัดส่วนความแตกต่างของผลหารค่าความถี่ของเสียงที่อยู่ติดกัน ดังจะได้กล่าวไว้ในหัวข้อที่ 2.4

2.4 แนวคิดและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สราวุธ สุจิตจร (2554) ระบบเสียงดนตรีไทย ค่าความถี่เสียงของดนตรีไทยและดนตรีสากลนั้น มีความถี่ไม่เท่ากัน โดยที่ความถี่ของดนตรีสากลในแต่ละ 1 เสียงทบ (Octave) แบ่งเสียงออกเป็น 7 เสียงเหมือนกัน คือ C – D – E – F – G – A – B ซึ่งมีความถี่ห่างไม่เท่ากันทั้งหมด กล่าวคือ

มีเสียงเต็ม (Whole Tone) 5 เสียง คือ C, D, E, G, A

มีครึ่งเสียง (Semi Tone) 2 เสียง คือ F, B

เหตุที่เป็นแบบนี้เพราะดนตรีสากลสามารถแบ่ง 1 ทบเสียงออกเป็น 6 เสียงเต็มที่มีความถี่ห่างเท่าๆ กัน และยังแบ่งครึ่ง 1 เสียงเต็มออกเป็น 2 ครึ่งเสียง ดังนั้นใน 1 ทบเสียงจึงแบ่งได้อีกเป็น 12 ครึ่งเสียงออกเป็น 7 เสียง ที่มีความถี่ห่างเท่าๆ กัน แต่สำหรับค่าความถี่เสียงของดนตรีไทยนั้น ในแต่ละ 1 ทบเสียง จะมีค่าความห่างของความถี่เท่ากันทุกตัวโน้ต คือ โด - เร - มี - ฟา - ซอล - ลา - ที ฉะนั้นอาจจะเรียกได้ว่าเป็นลักษณะของเสียงเต็ม (Whole Tone) (สันทัด ตัณฑนันทน์ , 2542)

หากตั้งสมมติฐานว่าใน 1 ทบเสียง ตั้งให้เสียงที่ 1 ของดนตรีสากลตรงกับดนตรีไทย (เช่น กำหนดให้ค่าความถี่เสียง C เท่ากับ โด) ค่าความถี่เสียงที่ 2, 3, 4, 5, 6 และ 7 จะไม่ตรงกันเลยแม้แต่ตัวโน้ตเดียว โดยที่เสียงที่ 8 จะกลับมาเท่ากันอีกครั้ง (แต่เป็นทบเสียงถัดไป) ซึ่งสามารถพิสูจน์เชิงประจักษ์ได้ว่า

ค่าความถี่เสียงที่ 2, 3, 5, 6 และ 7 ของสากล มีความถี่สูงกว่าของไทย

ค่าความถี่เสียงที่ 4 ของสากล มีความถี่ต่ำกว่าเสียงที่ 4 ของไทย

นอกจากนี้เมื่อพิจารณาช่วงความถี่ของดนตรีสากล จะสังเกตได้ว่ามีครึ่งเสียงอยู่ระหว่างเสียงที่ 3 กับเสียงที่ 4 และระหว่างเสียงที่ 7 กับเสียงที่ 8 จากตารางที่ 2.1 ที่แสดงความถี่ของเสียงเปียโนในช่วงความถี่ 261.63 Hz ถึง 2,093.0 Hz จะตรงกับช่วงความถี่ของขลุ่ยฝรั่ง (Flute) พอดี ซึ่งจะนำไปเทียบกับ ผลจากการวิเคราะห์ความถี่ของเสียงขลุ่ยเพียงออต่อไป

ตารางที่ 2.2 ความถี่ของเสียงเปียโน (บางส่วน)

ระดับเสียง	ความถี่ (Hz)
โด	130.81
เร	146.83
มี	164.81
ฟา	174.61
ซอล	196.00
ลา	220.00
ที	246.94
โด	261.63
เร	293.66
มี	329.63
ฟา	349.23
ซอล	392.00
ลา	440.00
ที	493.88
โด	523.25
เร	587.33
มี	659.26
ฟา	698.46

ระดับเสียง	ความถี่ (Hz)
ซอล	783.99
ลา	880.00
ที	987.77
โด	1,046.5
เร	1,174.7
มี	1,318.5
ฟา	1,396.9
ซอล	1,568.0
ลา	1,760.0
ที	1,975.5
โด	2,093.0
เร	2,349.3
มี	2,637.0
ฟา	2,793.0
ซอล	3,136.0
ลา	3,520.0
ที	3,951.1
โด	4,186.0

ที่มา: Audio in Media โดย Alten, 1999, USA: Wadsworth.

พิจารณาความถี่ของเสียงเปียโนใน 1 ทบเสียง จากตารางที่ 2.1 คือช่วงความถี่ตั้งแต่ 261.63 Hz ถึง 523.25 Hz นำความถี่เหล่านี้ มาคำนวณหาอัตราส่วนระหว่างตัวโน้ตที่ติดกัน แสดงการคำนวณและค่าของอัตราส่วนตารางที่ 2.2

สำหรับดนตรีสากล เมื่อสังเกตอัตราส่วนในตารางที่ 2.2 พบว่า

- $\frac{f_D}{f_C} = \frac{f_E}{f_D} = \frac{f_G}{f_F} = \frac{f_A}{f_G} = \frac{f_B}{f_A} = 1.12$
- $\frac{f_F}{f_E} = \frac{f_C}{f_B} = 1.06$

เป็นไปตามสิ่งที่กล่าวข้างต้น จึงสรุปได้ว่าค่าอัตราส่วน 1.12 หมายถึงเสียงเต็มและค่าอัตราส่วน 1.06 หมายถึงครึ่งเสียง แต่สำหรับดนตรีไทยนั้น มีความถี่ห่างเท่าๆ กัน ใน 1 ทบเสียง อัตราส่วนระหว่างโน้ตที่ติดกันมีค่าเท่ากันทั้งหมด โดย อุทิศ นาคสวัสดิ์ (2514) ซึ่งคำนวณค่าอัตราส่วนนี้เท่ากับ 1.09745

สำหรับดนตรีสากล เมื่อสังเกตอัตราส่วน พบว่า

- $\frac{f_{ร}}{f_{ด}} = \frac{f_{ม}}{f_{ร}} = \frac{f_{ฟ}}{f_{ม}} = \frac{f_{ซ}}{f_{ฟ}} = \frac{f_{ล}}{f_{ซ}} = \frac{f_{ท}}{f_{ล}} = \frac{f_{ด}}{f_{ท}} = 1.09745$

หากทำการคำนวณกำหนดค่าความถี่ของเสียงดนตรีสากลเทียบกับไทยโดยตั้งสมมติฐานเริ่มความถี่เสียงแรกเท่ากัน (C, โด)

ตารางที่ 2.3 ความถี่ของเสียงดนตรีไทยเทียบกับเสียงเปียโน (บางส่วน)

ระดับเสียง	ความถี่ (Hz)	
	เสียงเปียโน	เสียงดนตรีไทย
C, โด	65	65
D, เร	73	72
E, มี	82	80
F, ฟา	87	88
G, ซอล	98	97
A, ลา	110	107
B, ที	123	119
C, โด	131	131
D, เร	147	145
E, มี	165	160
F, ฟา	175	176
G, ซอล	196	195
A, ลา	220	215
B, ที	247	237
C, โด	262	262
D, เร	294	289
E, มี	330	319
F, ฟา	349	353
G, ซอล	392	389
A, ลา	440	430
B, ที	494	475

ระดับเสียง	ความถี่ (Hz)	
	เสียงเปียโน	เสียงดนตรีไทย
C, โด	524	524
D, เร	587	579
E, มี	659	639
F, ฟา	698	705
G, ซอล	784	779
A, ลา	880	860
B, ที	988	949
C, โด	1,048	1,048
D, เร	1,175	1,157
E, มี	1,319	1,278
F, ฟา	1,397	1,411
G, ซอล	1,568	1,558
A, ลา	1,760	1,720
B, ที	1,976	1,899
C, โด	2,097	2,097
D, เร	2,349	2,315
E, มี	2,637	2,556
F, ฟา	2,794	2,822
G, ซอล	3,136	3,116
A, ลา	3,510	3,440
B, ที	3,951	3,798
C,โด	4,194	4,194

ที่มา: จาก ทฤษฎีและการปฏิบัติดนตรีไทย (หน้า 10-11), โดย อุทิศ นาคสวัสดิ์, 2514, กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภา

จากข้อมูลในตารางที่ 2.3 เมื่อพิจารณาค่าความถี่เสียงดนตรีไทยใน 1 ทบเสียง ในช่วงความถี่ตั้งแต่ 262 Hz ถึง 524 Hz นำความถี่เหล่านี้ มาคำนวณหาอัตราส่วนระหว่างตัวโน้ตที่ติดกัน แสดงการคำนวณและค่าของอัตราส่วน ซึ่งอาจสังเกตได้ว่า ค่าอัตราส่วนระหว่างตัวโน้ตที่ติดกันของเสียงดนตรีไทยไม่เท่ากันทั้งหมด และไม่เท่ากับ 1.09745 ดังนั้น จึงไม่อาจสรุปได้ว่าค่าความถี่ของเสียงดนตรีไทยเป็นดังตารางที่ 2.2 นอกจากนั้นในเอกสารที่อ้างถึง ก็มิได้แสดงที่มาของข้อมูลตัวเลขของความถี่เสียงดนตรีไทยที่นำเสนอไว้แต่อย่างใด ทั้งนี้เนื่องจากวัฒนธรรมการตั้งเสียงของดนตรีไทยมักมีมาตรฐานที่แตกต่างกันตามสังกัดของนักดนตรีแต่ละคน

ความนิยมในการตั้งค่าความถี่เสียงของวงดนตรีไทย

สิ่งที่ถือได้ว่าเป็นความสำคัญอย่างมากสำหรับแอปพลิเคชัน ตีขิม คือ ค่าความถี่เสียงของเสียงโดดในแต่ละตัวโน้ต แต่เนื่องด้วยวัฒนธรรมของนักดนตรีไทยในแต่ละสังกัด (มักใช้คำว่าบ้าน) มักจะมีการตั้งค่าความถี่เสียงที่แตกต่างกันในทุก ๆ ตัวโน้ต ทั้งนี้เป็นเพราะแต่ละสังกัดจะใช้ความเชี่ยวชาญในการฟังด้วยหูของครูซึ่งแน่นอนว่าครูแต่ละคนมีมาตรฐานที่แตกต่างกันออกไป เช่น วงดนตรีไทยกรมประชาสัมพันธ์ วงดนตรีไทยกรมศิลปากร วงดนตรีไทยหลวงประดิษฐ์ไพเราะ และวงดนตรีไทยบ้านดุริยประณีต ฯลฯ มีการกำหนดค่าความถี่เสียงที่ต่างกันไป จึงเป็นไปไม่ได้เลยที่จะนำเครื่องดนตรีของแต่ละสังกัดมาใช้บรรเลงผสมกันในทันทีโดยที่ไม่ทำการปรับตั้งเสียงใหม่ก่อน ผู้พัฒนาจึงจำเป็นต้องศึกษาผลงานวิจัยของท่านอื่น ๆ เพื่อใช้อ้างอิง และนำข้อมูลตัวเลขที่แสดงค่าความถี่เสียงทั้งเสียงจากดนตรีไทยและดนตรีสากลมาวิเคราะห์เพื่อปรับใช้ในการพัฒนาแอปพลิเคชัน ตีขิม ในสารนิพนธ์นี้

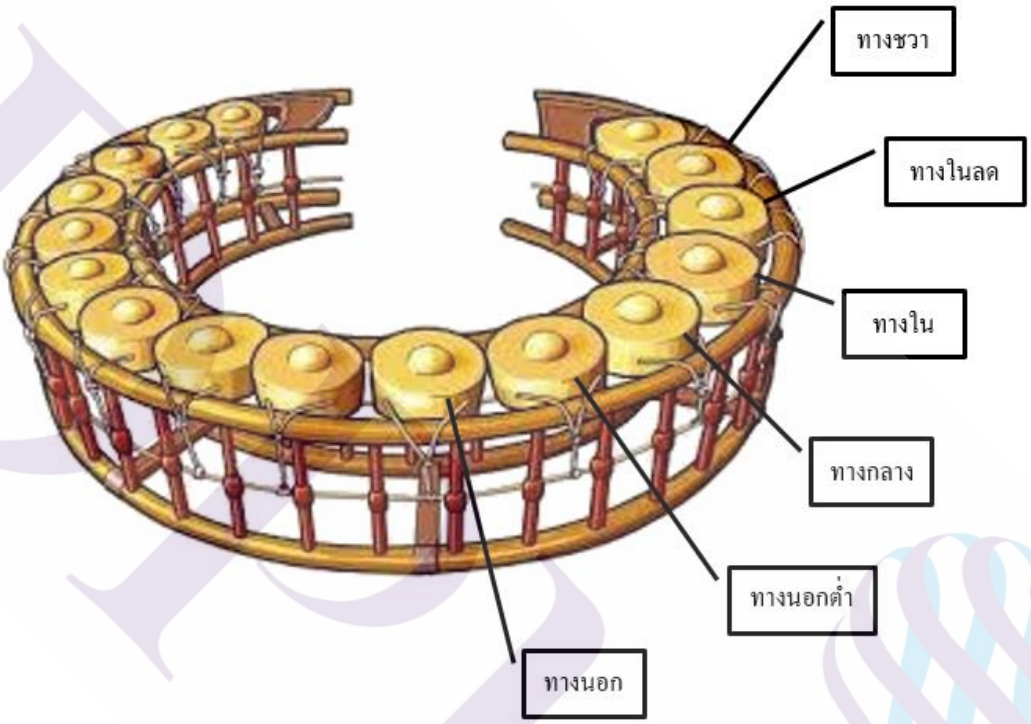
ระดับเสียงของดนตรีไทย

ในปัจจุบันการผสมวงของไทยมีอยู่ 3 ประเภทหลัก ๆ ได้แก่ ปี่พาทย์ เครื่องสาย และมโหรี

วิธีการเทียบเสียงของเครื่องดนตรีไทยที่จะผสมเป็นวงเดียวกันจะยึดค่าความถี่เสียงของเครื่องดนตรีในวงที่ยากในการเปลี่ยนแปลงค่าความถี่ในสภาวะที่สิ่งแวดล้อมต่าง ๆ ที่เปลี่ยนแปลง เช่นความร้อน ความชื้น เป็นหลัก เป็นทราบกันดีว่า “ขิม” เป็นเครื่องดนตรีที่ทำจากไม้และใช้สายเสียงเป็นลวดทองเหลืองหรือสายสแตนเลส ฉะนั้นการเทียบเสียงในวงปี่พาทย์จะใช้ปี่นอกเป็นเครื่องดนตรีที่มีเสียงตายตัวและใช้เป็นเครื่องดนตรีหลักที่เครื่องดนตรีอื่นจะต้องปรับให้ค่าความถี่เสียงมาเท่ากับปี่นอก ในวงเครื่องสายจะใช้ขลุ่ยเพียงออหรือขลุ่ยหลิบ ในวงมโหรีใช้ขลุ่ยเทียบเสียงเหมือนกับวงเครื่องสาย (มนตรี ตราโมท, 2540)

การเทียบเสียงเป็นสิ่งสำคัญที่ต้องทำก่อนที่จะบรรเลงรวมวง เพื่อให้ทุกเครื่องดนตรีในวงบรรเลงที่ระดับเสียงเดียวกัน เนื่องจากเครื่องดนตรีที่เลื่อนลดเสียงไม่ได้เหล่านี้ มีข้อจำกัดใน

การเล่น จึงได้มีการกำหนดระดับเสียง โดยจะระบุระดับเสียงด้วยชื่อของ “ทาง” ซึ่งมีอยู่ 7 ทาง แต่ละทางมีเสียงหลักที่แน่นอน และกำหนดด้วยตำแหน่งของลูกฆ้องวงใหญ่ซึ่งผลิตจากโลหะ (อภิชาต ภู่ระหงษ์, ๒๕๔๐: ๑๖) ที่ทนต่อสภาพอากาศที่เปลี่ยนแปลงไปได้เป็นอย่างดี ซึ่งเสียง “โด” ถูกกำหนดให้เป็นเสียงหลักของแต่ละทาง มีการเปลี่ยนตำแหน่งสูงขึ้นทีละหนึ่งเสียง ไปจนครบ 7 ทาง



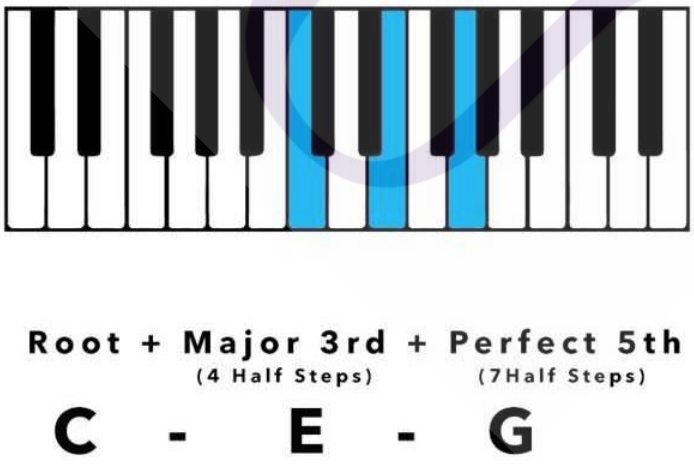
ภาพที่ 2.1 ฆ้องวงใหญ่ การกำหนดเสียง “โด” ของแต่ละทาง

ตารางที่ 2.4 การกำหนดโน้ตตัว “โด” ลงบนตำแหน่งลูกฆ้องวงใหญ่

โน้ตตัว “โด” อยู่ในตำแหน่งลูกที่	ชื่อเรียกเฉพาะ	ใช้ประกอบการบรรเลงในวงดนตรีประเภท
1,8,15	ทางแหบ หรือ ทางกลางแหบ	ปี่กลางเป่าทางแหบ
2,9,19	ทางชวา	วงดนตรีผสมปี่ชวา
3,10	ทางในลด หรือ ทางเพียงออ	วงดนตรีผสมขลุ่ยเพียงออ
4,11	ทางใน	วงดนตรีผสมปี่ใน
5,12	ทางกลาง	วงดนตรีผสมปี่ใน
6,13	ทางนอกต่ำ หรือ ทางเพียงออบน	วงมโหรี หรือ เครื่องสาย
7,14	ทางนอก หรือทางกรวด	ปี่พาทย์ไม้แข็ง หรือ วงประกอบเสภา

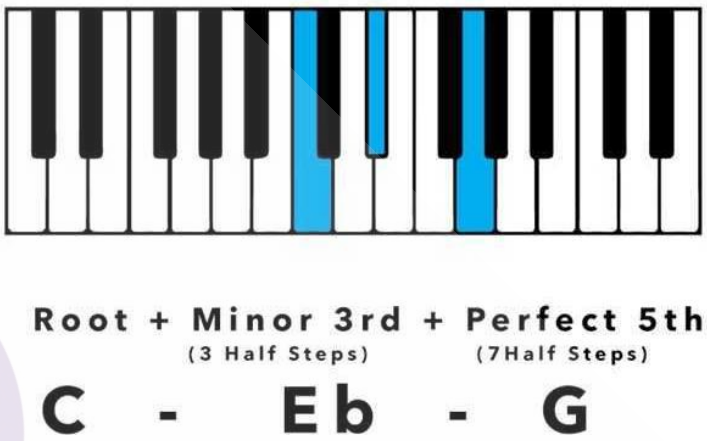
ทฤษฎีคอร์ดดนตรีสากล

วิธีการทำงานของคอร์ดหลัก (Major) มักเริ่มด้วยการแสดงวิธีสร้างคอร์ดหลัก คอร์ดทุกคอร์ดถูกสร้างขึ้นจากระดับเริ่มต้นหรือรูท เช่นหากต้องการสร้างคอร์ด C (Major) ซึ่งประกอบด้วย 3 เสียง โดยเสียงที่หนึ่งคือ C เสียงที่สองจะเกิดจากการนับขึ้นไปอีกเป็นตำแหน่งเสียงที่ 4 (รวมเสียงครึ่งด้วย) ซึ่งจะตกอยู่ที่ตำแหน่งเสียง E และตำแหน่งเสียงที่สาม (นับจากรูท) คือจะต้องนับเสียงเพิ่มขึ้นไป 7 ตำแหน่ง (รวมเสียงเครึ่งด้วย) ซึ่งจะตกอยู่ตำแหน่งเสียง G คือ G นั่นหมายถึงคอร์ด C (Major) คือ C-E-G



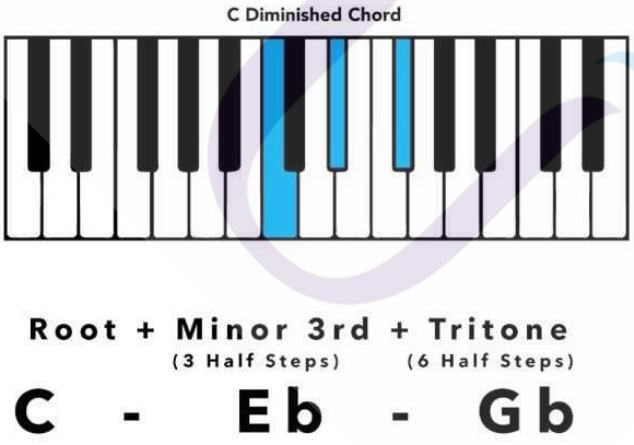
ภาพที่ 2.2 คอร์ด C-Major

สำหรับคอร์ดรองแบบที่ 1 (Minor) มีลักษณะความสัมพันธ์คล้ายกับคอร์ดหลัก (เมเจอร์) เพียงแต่ลดตำแหน่งของเสียงตำแหน่งที่ 2 ลงครึ่งเสียง ดังนี้



ภาพที่ 2.3 คอร์ด C-Minor

สำหรับคอร์ดรองแบบที่ 2 (Dim) มีลักษณะความสัมพันธ์คล้ายคอร์ดไมเนอร์ เพียงแต่ลดตำแหน่งของเสียงที่ 3 ลงครึ่งเสียง ดังนี้



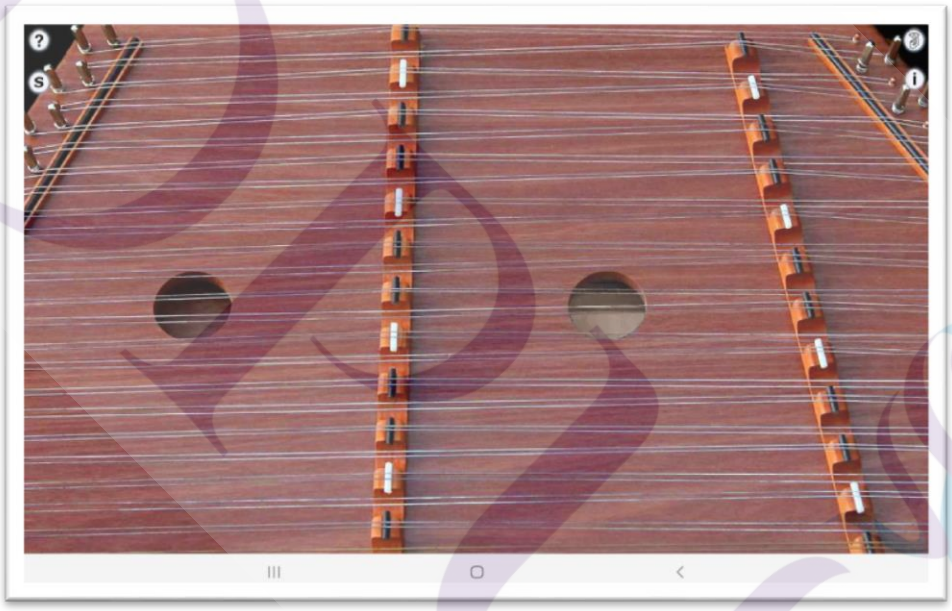
ภาพที่ 2.4 คอร์ด C-Diminished

คอร์ดพื้นฐานเหล่านี้เป็นรากฐานของดนตรีสากลเกือบทุกภาพแบบ และด้วยเหตุที่คอร์ดเกิดจากการรวมตัวกันของเสียงตั้งแต่ 2 เสียงขึ้นไปตามหลักการและชื่อเรียกนั้น ค่าความถี่ที่ถูกต้องของตัวโน้ตซึ่งจำเป็นต้องตรงตามค่าจริงของตัวโน้ตนั้น ๆ จึงเป็นเหตุสนับสนุนให้การตั้งเสียงขิมอ้างอิงกับค่าความถี่เสียงของดนตรีสากล

2.5 ศึกษาผลงานแอปพลิเคชันอื่น

ในที่นี้จะทำการวิเคราะห์การทำงานของแอปพลิเคชัน “Dulcimer” ซึ่งมีทั้งใน App Store และ Play Store

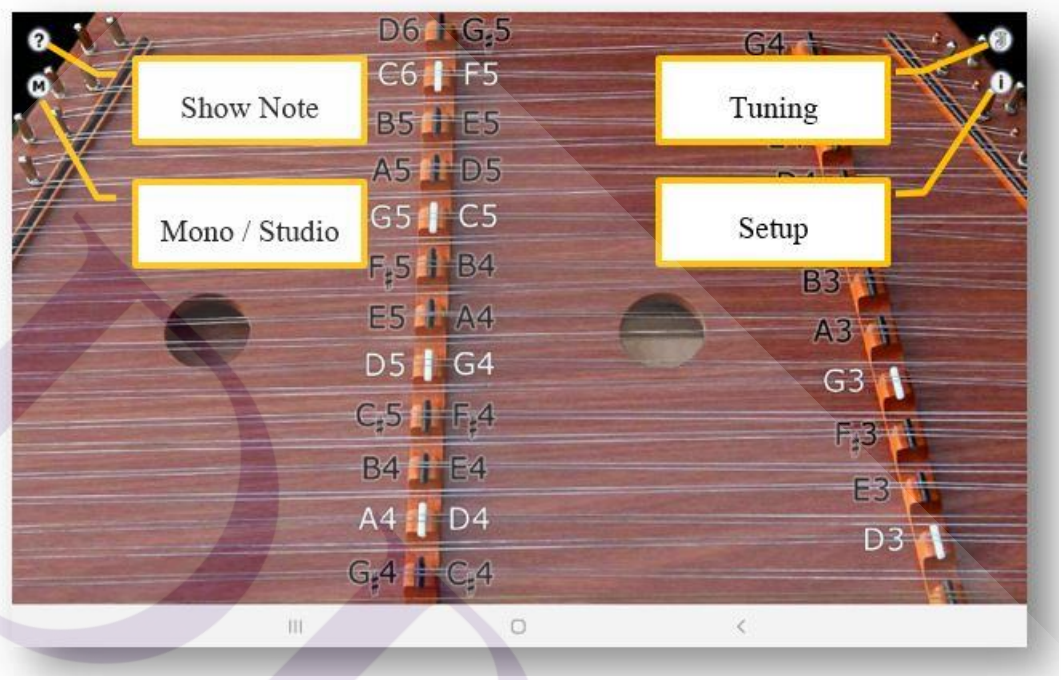
2.5.1 ความสวยงาม



ภาพที่ 2.5 หน้าจอแอปพลิเคชัน Dulcimer

จากภาพที่ 2.5 จะเห็นได้ว่าสีของผิวไม้เข้มดูสบายตา สามารถเปิดใช้งานในที่แจ้งได้ดี และหากเปิดในที่มืดก็ไม่ส่งผลเสียต่อสายตาผู้ใช้งาน

2.5.2 ฟังก์ชันการทำงาน



ภาพที่ 2.6 ฟังก์ชันการทำงานของแอปพลิเคชัน Dulcimer

จากภาพที่ 2.6 ประกอบด้วยฟังก์ชันการทำงานดังนี้

Show Note : เป็นการแสดงโน้ตทุกตำแหน่ง

Mono / Studio : เป็นการกำหนดสัญญาณเสียง

Tuning : เป็นการให้เลือกระบบเสียงระหว่างมาตรฐานและเสียงคู่แปด (ไม่ทำงาน)

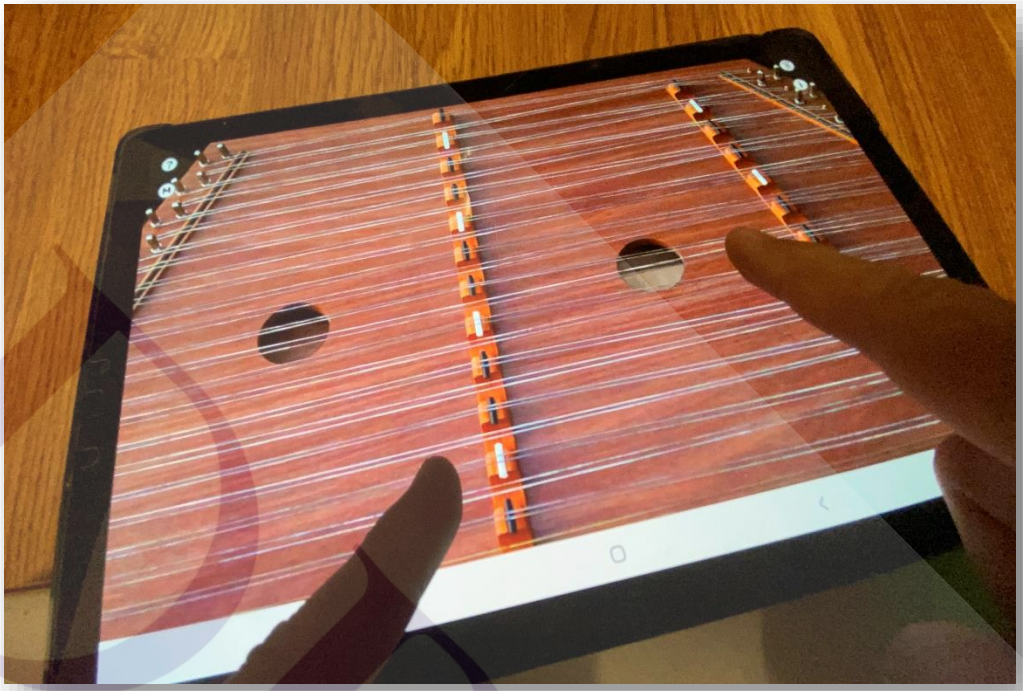
Setup : สามารถเข้าไปกำหนดค่าอื่นเพิ่มเติมได้

Roll Sensitivity : ความไวในการลากเสียง

Show touches : แสดงตำแหน่งที่ตีครั้งสุดท้าย

เนื่องจากแอปพลิเคชันนี้เป็นการจำลองการทำงานของเครื่องดนตรีพื้นบ้านของประเทศสหรัฐอเมริกาที่ชื่อ Hummered Dulcimer ซึ่งมีหลักการตั้งเสียงแตกต่างจากเครื่องดนตรีไทยในชื่อ “ขิม” จึงไม่สามารถใช้ทดแทนกันได้

2.5.3 ความง่ายในการใช้งาน



ภาพที่ 2.7 ภาพแสดงการใช้งานแอปพลิเคชัน Dulcimer

เมื่อทดลองใช้งานแอปพลิเคชัน Dulcimer ปรากฏว่าใช้การได้อย่างราบรื่น ง่ายและสามารถจำลองการทำงานแทน Hummered Dulcimer จริงๆ ได้เป็นอย่างดี

2.5.4 การจัดการฐานข้อมูล

แอปพลิเคชัน Dulcimer ไม่มีการจัดเก็บชื่อผู้ใช้งาน จึงไม่สามารถวิเคราะห์การใช้งานเพื่อพัฒนาการทำงานได้

2.5.5 คุณประโยชน์ด้านการเรียนการสอน

แอปพลิเคชัน Dulcimer ไม่มีฟังชันการทำงานในการเลือกบทเพลงเพื่อแสดงการบรรเลงนำ จึงไม่เอื้อประโยชน์ให้ผู้ใช้งานใช้เพื่อศึกษาหรือเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการและเครื่องมือ

วิธีการศึกษาวิจัยการพัฒนาแอปพลิเคชันตีขิม จำลองขิมบนระบบปฏิบัติการไอโอเอส เพื่อช่วยให้ผู้ใช้งานใช้เพื่อทบทวนหรือศึกษาการบรรเลงขิม มีปัจจัยในการออกแบบ และพัฒนาแอปพลิเคชัน โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานดังต่อไปนี้

3.1 การศึกษาค้นคว้าข้อมูล

3.2 การวิเคราะห์ และออกแบบแอปพลิเคชัน

3.3 การบันทึกและนำเข้าเสียงจากขิม

3.4 การพัฒนาแอปพลิเคชัน

3.5 กระบวนการทำงานของระบบ

3.6 การออกแบบระบบฐานข้อมูล

3.7 ขั้นตอนการเข้าใช้งานแอปพลิเคชัน

3.1 การศึกษาค้นคว้าข้อมูล

ในปัจจุบัน ผู้ใช้งานอุปกรณ์พกพามีมากขึ้นเป็นอย่างมาก และพบว่ามีการพัฒนาแอปพลิเคชันดนตรีสากลอยู่เป็นจำนวนมาก แต่ยังไม่พบว่ามีแอปพลิเคชันที่จำลองการบรรเลงขิมไทยบนอุปกรณ์พกพาใน App Store เลย ฉะนั้นการพัฒนาแอปพลิเคชันตีขิมนี้ จึงถือได้ว่าเป็นการใช้เทคโนโลยีเพื่อส่งเสริมและอนุรักษ์วัฒนธรรมไทยได้โดยตรง อย่างไรก็ตามในฐานะที่ผู้พัฒนาแอปพลิเคชันเป็นผู้ที่เริ่มหัดบรรเลงขิมไทยมาเป็นเวลานาน และทราบถึงรายละเอียดในเชิงของทฤษฎีเสียงดนตรีดนตรีสากลและมาตรฐานค่าความถี่ที่แตกต่างกันของค่าความถี่ของดนตรีไทยและดนตรีสากล จึงได้พยายามอ้างอิงและค้นหาแนวทางในการพัฒนาแอปพลิเคชันให้สอดคล้องกับทฤษฎีเบื้องต้นดังกล่าวให้มากที่สุด แต่ยังคงรักษาเอกลักษณ์ความเป็นดนตรีไทยให้มากที่สุด เพื่อผู้ใช้งานจะได้สามารถใช้ในการพัฒนาทักษะด้านดนตรีไทยของตนเองได้ด้วยตัวเอง ฟังก์ชันในแอปพลิเคชันเพื่อให้ผู้ใช้งานมีความสะดวกมากยิ่งขึ้น อย่างไรก็ตามผู้ทำการวิจัยเลือกที่จะใช้ค่าความถี่เสียงของดนตรีสากลเป็นหลัก โดยมีรายละเอียดขั้นตอนการศึกษาและพัฒนาดังต่อไปนี้

3.1.1 ศึกษาบทความและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเสียงดนตรี

3.1.2 ศึกษาแอปพลิเคชันดนตรีสากลบน App Store ปัจจุบัน ที่มีลักษณะคล้ายกับขิมไทย เพื่อทราบจุดเด่นและจุดด้อยต่าง ๆ

3.1.3 ศึกษาความต้องการของผู้ใช้งาน ความคาดหวังของผู้ใช้งานต่อการพัฒนาแอปพลิเคชันดังกล่าว

3.1.4 ศึกษาองค์ประกอบ และเครื่องมือต่าง ๆ ในการพัฒนาโมบายแอปพลิเคชัน

3.1.5 ศึกษาการพัฒนาโปรแกรมด้วยเครื่องมือ X-Code ในระบบ iOS

3.1.6 ศึกษาการเขียนโปรแกรมด้วยภาษา Swift

3.1.7 ศึกษาการใช้งานโปรแกรม Photoshop

3.1.8 ศึกษาเครื่องมือบันทึกเสียงขิมเพื่อนำไปใช้ในแอปพลิเคชัน เพื่อให้ได้เสียงที่มีความสมจริง

3.1.9 ศึกษาการใช้งานโปรแกรมอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

3.2 การวิเคราะห์ และออกแบบแอปพลิเคชัน

3.2.1 เนื่องจากคุณลักษณะทางกายภาพของขิมไทย มี 2 ลักษณะ คือ ขิมผีเสื้อ (ฝาหอย) และขิมคางหมู เพื่อให้เกิดความพึงพอใจของผู้ใช้งานส่วนใหญ่ ผู้พัฒนาจึงสำรวจความต้องการของผู้ใช้งาน เพื่อนำมาออกแบบหน้าจอการใช้งานให้สวยงาม รวมถึงฟังก์ชันการใช้งาน ให้สามารถตอบโจทย์ และตอบสนองความต้องการ ความคาดหวังของผู้ใช้งานได้มากที่สุด

3.2.2 ในการทำงานของแอปพลิเคชันตีขิม นั้น ผู้ใช้จะต้องระบุอีเมล และรหัสผ่านเข้าใช้งานแอปพลิเคชันในขั้นตอนการสมัครสมาชิกครั้งแรกด้วย จึงจะสามารถใช้งาน (บรรเลง) ได้ และสามารถเข้าไปตั้งค่าชื่อ นามสกุลในภายหลัง หรือเข้าไปเปลี่ยนอีเมล และรหัสได้ในภายหลังด้วย เหตุที่ผู้พัฒนากำหนดให้แอปลิเคชันจะสามารถใช้งานต่อเมื่อต้องใช้งานอินเทอร์เนตไปด้วยนั้น เพราะผู้พัฒนาต้องการทราบจำนวนผู้ใช้ที่แท้จริง ความถี่ และช่วยเวลาในการเข้าใช้งาน เพื่อเป็นข้อมูลประกอบการพัฒนาฟังก์ชันการทำงานเพิ่มเติมในอนาคตและอาจจะพัฒนาให้อยู่ในภาพแบบทางธุรกิจการขายโน้ตเพลง และแสดงขั้นตอนการบรรเลงด้วย อีกทั้งอาจจะพัฒนาระบบตรวจสอบการตั้งเสียงขิม ระบบตรวจสอบการความถูกต้องของบรรเลงขิมจริงด้วยว่าถูกต้องกี่เปอร์เซ็นต์ เพื่อทำการจัดลำดับความสามารถหรือรายงานการใช้งานให้ผู้ใช้ทราบความก้าวหน้าในการพัฒนาตนเองอีกด้วย

3.2.3 การประเมินผลการใช้งานแอปพลิเคชัน

ผู้พัฒนาได้จัดทำแบบประเมินความพึงพอใจของการใช้งานแอปพลิเคชัน โดยการสร้างแบบสอบถาม ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

3.2.3.1 กำหนดวัตถุประสงค์ของแบบสอบถามตามขอบเขตความสามารถของการทำงานของแอปพลิเคชันที่กล่าวไว้ในบทที่ 1

3.2.3.2 กำหนดลักษณะของคำถามที่จะใช้ในแบบสอบถาม ซึ่งจะประกอบด้วยคำถามแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) และคำถามปลายเปิด (Open-Ended Question) เพื่อให้ผู้ใช้งานได้แสดงข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

3.2.3.3 เขียนคำถามตามลักษณะที่กำหนดไว้ โดยให้คำถามมีความชัดเจน และแบ่งระดับการประมินออกเป็น 5 ระดับ

5 หมายถึง มีความเหมาะสม/ความพึงพอใจในระดับมากที่สุด

4 หมายถึง มีความเหมาะสม/ความพึงพอใจในระดับมาก

3 หมายถึง มีความเหมาะสม/ความพึงพอใจในระดับปานกลาง

2 หมายถึง มีความเหมาะสม/ความพึงพอใจในระดับน้อย

1 หมายถึง มีความเหมาะสม/ความพึงพอใจในระดับน้อยที่สุด

เกณฑ์การประเมินจะพิจารณาจากคะแนนเฉลี่ยของความเหมาะสม/ความพึงพอใจ ซึ่งการวิเคราะห์ข้อมูลใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) การวัดค่าของข้อมูลโดยใช้ค่าเฉลี่ย (Mean) และวัดการกระจายของข้อมูล โดยใช้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Stand Deviation)

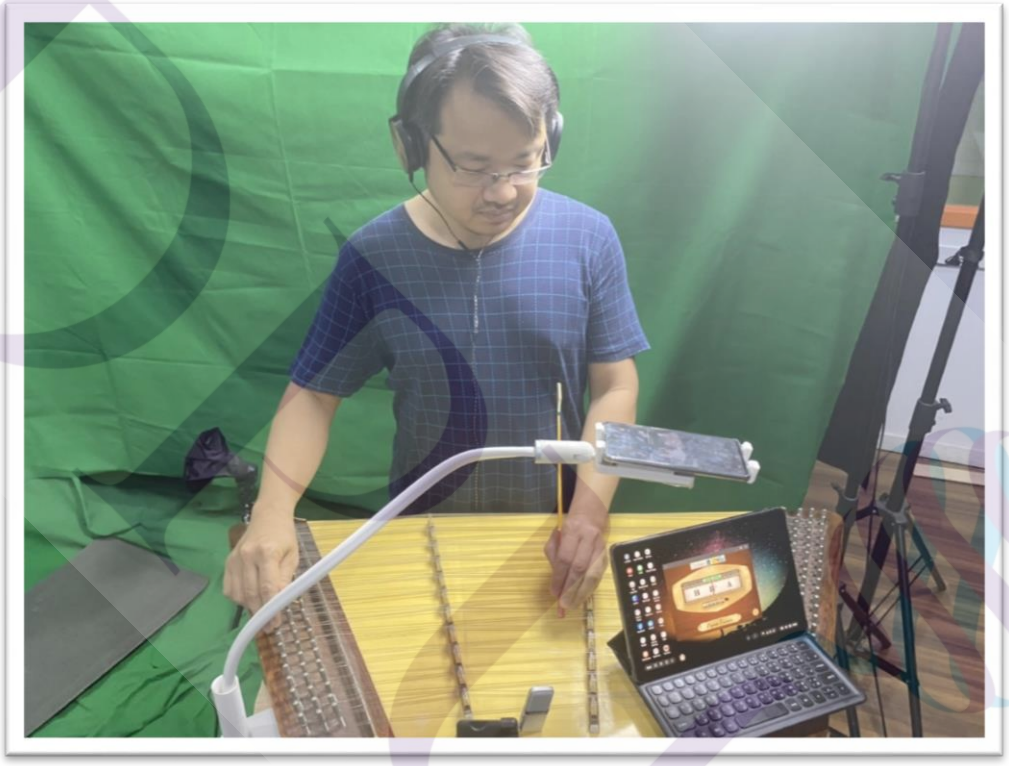
ตารางที่ 3.1 การแปลระดับความเหมาะสม/ความพึงพอใจต่อการพัฒนาระบบ

ค่าเฉลี่ยของระดับความเหมาะสม/ความพึงพอใจ	ระดับความเหมาะสม/ความพึงพอใจ
4.50-5.00	มากที่สุด
3.50.4.49	มาก
2.50-3.49	ปานกลาง
1.50-2.49	น้อย
1.00-1.49	น้อยที่สุด

3.3 การบันทึกและนำเข้าเสียงจากขิม

เพื่อให้เกิดความสมจริงมากที่สุด ผู้พัฒนาจึงใช้การบันทึกเสียงจากเครื่องดนตรีจริง (ขิม) ซึ่งเป็นขิมที่ผลิตขึ้นด้วยใช้ไม้ชิงชัน สายขิมเป็นสายชนิดเดียวกับที่ใช้ในเปียโน โดยการเลือกขนาดสายขิมที่เหมาะสมกับค่าความถี่เสียง (เสียงต่ำใช้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่ เสียงสูงใช้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็ก) โดยมีขั้นตอนดำเนินการดังนี้

3.3.1 การปรับตั้งเสียงขิม กำหนดใช้คีย์เสียง Bb โดยใช้ Pano Tuner Application Pano Tuner เป็นแอปพลิเคชันที่ตรวจจับค่าความถี่เสียงที่มีคุณภาพดี มีความแม่นยำเที่ยงตรง และใช้งานง่าย



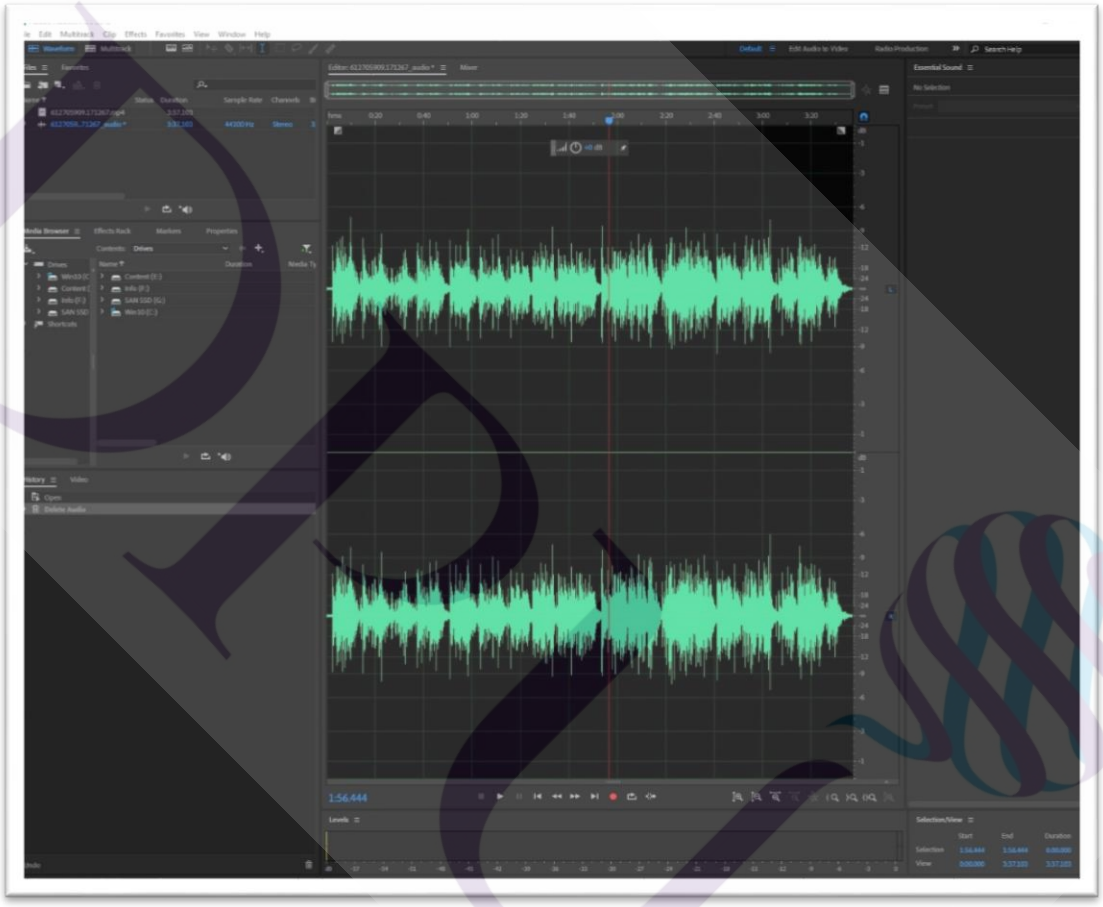
ภาพที่ 3.1 การปรับตั้งเสียงขิม โดยใช้ Pano Tuner Application

3.3.2 การบันทึกเสียงตัวโน้ตเดี่ยว ผู้พัฒนาได้ทำการบันทึกเสียงในห้องเก็บเสียงที่ควบคุมไม่ให้ เกิดเสียงรบกวน จึงทำให้เสียงที่ได้จากการบันทึกใกล้เคียงกับเสียงขิมจริงมากที่สุด ใช้โคนไม้ขิมดีดสายขิมเพื่อให้เกิดความคมชัด และใช้อุปกรณ์ปรับตั้งเสียงมาตรฐาน

ภาพที่ 3.2 การบันทึกเสียงตัวโน้ตเดี่ยว

ภาพที่ 3.3 การดีดสายขิม

3.3.3 การปรับแต่งเสียง ผู้พัฒนาเลือกใช้โปรแกรม Adobe Audition ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ช่วยปรับลดเสียงรบกวนและปรับเพิ่มลักษณะเสียงคุณภาพสูง ผู้พัฒนามีความจำเป็นต้องปรับแต่งเสียงที่ได้ทำการบันทึกมา เนื่องจากการทำงานจริงของแอปพลิเคชันคือการให้ผู้ใช้งานบรรเลงโดยการใช้นิ้วแตะลงบนหน้าจอ ซึ่งไม่สามารถกำหนดความหนักเบาได้ ฉะนั้นผู้พัฒนาจึงกำหนดให้แต่ละเสียงที่แสดงผลออกมาให้มีความยาว 15 วินาที เท่ากันทุกเสียง เสมือนผู้ใช้กำลังใช้แรงที่เท่ากันในการแตะลงบนหน้าจอ iPhone, iPad



ภาพที่ 3.4 การปรับแต่งเสียงด้วยโปรแกรม Adobe Audition

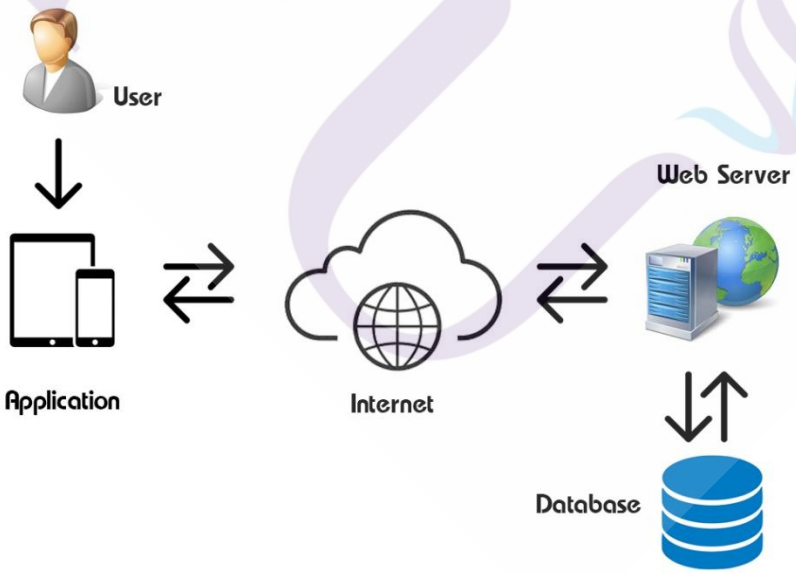
3.4 การพัฒนาแอปพลิเคชัน

เครื่องมือ และเทคโนโลยีที่ใช้ในการพัฒนาแอปพลิเคชัน

1. ระบบปฏิบัติการ Mac OS El Captain (Version 10.15.6 Catalina) เป็นระบบปฏิบัติการที่ใช้สำหรับเครื่อง MacBook
2. iOS Version 8 ขึ้นไป เป็นระบบปฏิบัติการที่ใช้สำหรับ iOS Device
3. X-Code Version 10.3.1 เป็นเครื่องมือสำหรับพัฒนาแอปพลิเคชันของ iOS
4. ภาษา Swift สำหรับเขียนคำสั่งการทำงานบน X-Code
5. Photoshop สำหรับการตกแต่งภาพภาพ
6. Platform Firebase สำหรับจัดเก็บฐานข้อมูล
7. Adobe Audition สำหรับการปรับแต่งเสียง

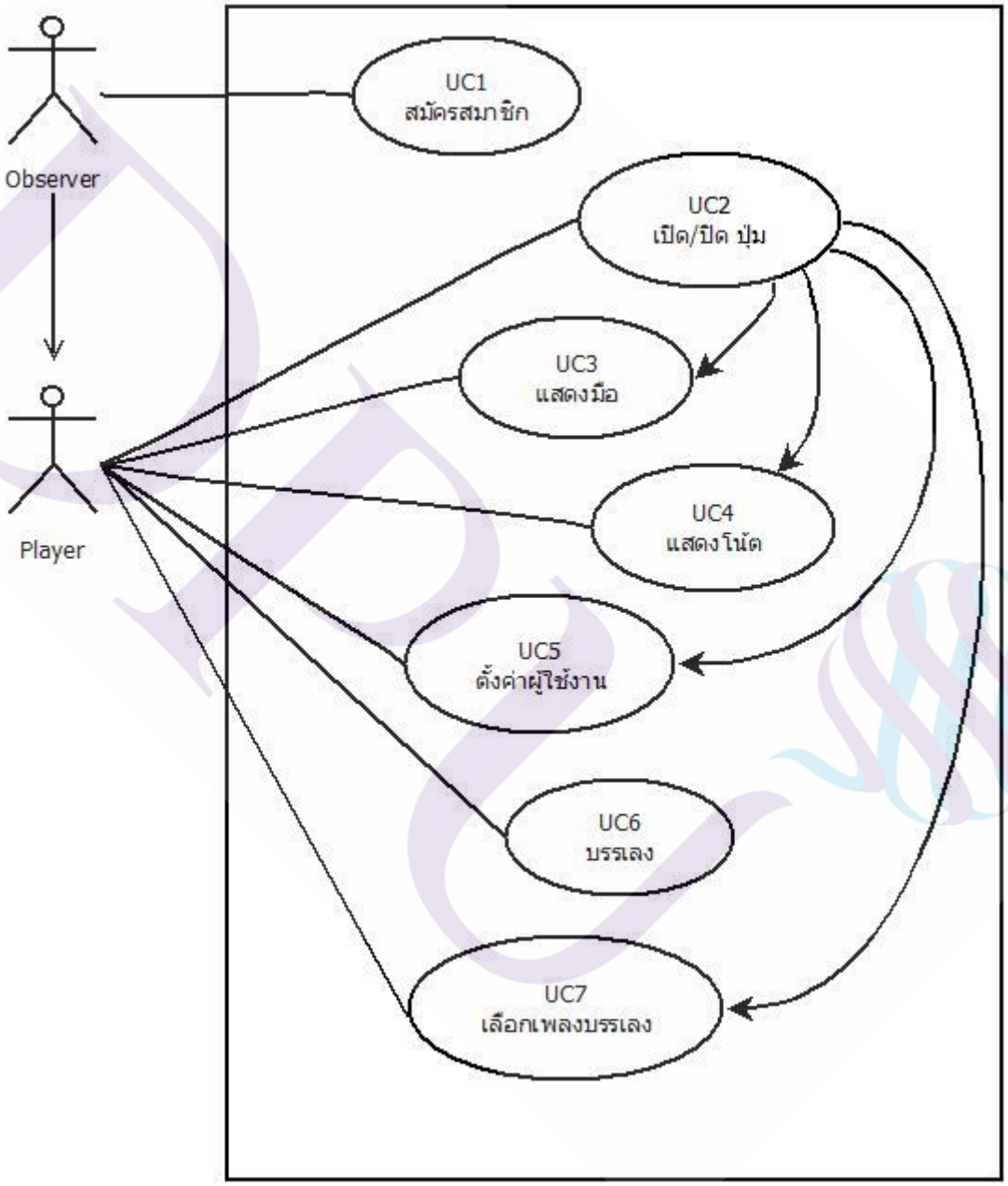
3.5 กระบวนการทำงานของระบบ

ผังแสดงภาพรวมของกระบวนการทำงานของแอปพลิเคชัน โดยผู้ใช้งานทั่วไป สามารถเข้าใช้งานแอปพลิเคชันผ่านโทรศัพท์มือถือ I-Phone และ I-Pad ด้วยไอคอนแอปพลิเคชันที่ชื่อว่า T-Khim ผ่านหน้าจอโทรศัพท์มือถือ I-Phone และ I-Pad ทั้งนี้กระบวนการทำงานในภาพรวมของแอปพลิเคชัน แสดงรายละเอียดตามภาพ



ภาพที่ 3.5 ภาพรวมของการใช้งาน T-Khim Application

จากภาพที่ 3.5 ภาพรวมของการใช้งาน T-Khim Application เมื่อผู้ใช้งานผ่านมือถือ iPhone หรือ iPad จะต้องมีเชื่อมโยงผ่านอินเทอร์เนตเพื่อร้องขอและตอบรับการทำงานกับ Web Server โดยมากเรียกข้อมูลจาก Database มาทำการประมวลผล



ภาพที่ 3.6 Use Case Diagram

จากภาพที่ 3.9 Use Case Diagram ของแอปพลิเคชัน T-Khim มี 2 Actor คือ ผู้สังเกตุที่สามารถติดตั้งแอปพลิเคชันซึ่งทำได้เพียงการลงทะเบียนเป็นผู้ใช้งานเท่านั้น และผู้ใช้งานซึ่งสามารถทำงานได้ทุกระบบ ตั้งแต่การสมัครสมาชิกใหม่ การเข้าสู่ระบบการเปิดปิดการทำงานของระบบแสดงมือ ระบบแสดงโน้ต ระบบตั้งค่าผู้ใช้งาน และระบบการเลือกเพลงบรรเลง

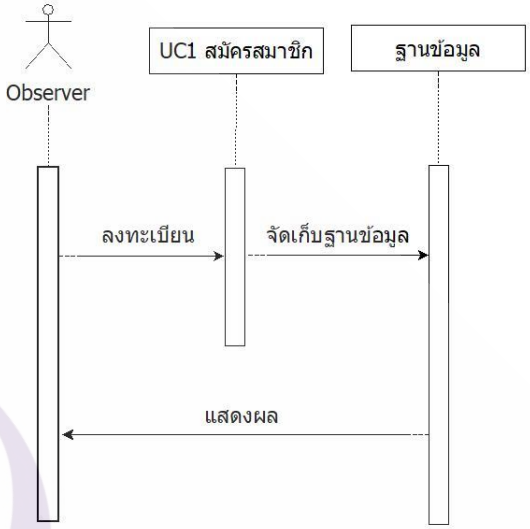
ตารางที่ 3.2 อธิบายผู้ใช้งานระบบ

Actor	คำอธิบาย
Observer	ผู้สังเกตุ Application “T-Khim”
Player	ผู้ใช้งาน มีสิทธิ์ในการในการใช้งานระบบ UC1, UC2, UC3, UC4, UC5, UC6

ตารางที่ 3.3 Use Case Scenario

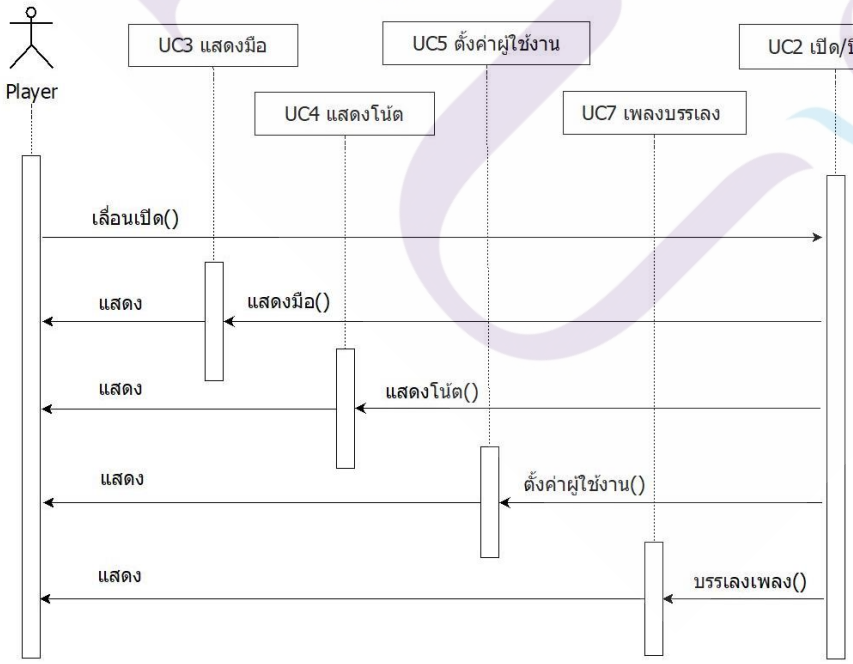
No.	Use Case ID	Use Case Name
1	UC1	สมัครสมาชิก
2	UC2	เปิด/ปิด ปุ่ม
3	UC3	แสดงมือ
4	UC4	แสดงโน้ต
5	UC5	ตั้งค่าผู้ใช้งาน
6	UC6	เลือกเพลงบรรเลง

Sequence Diagram แสดงการทำงานของระบบต่างๆ



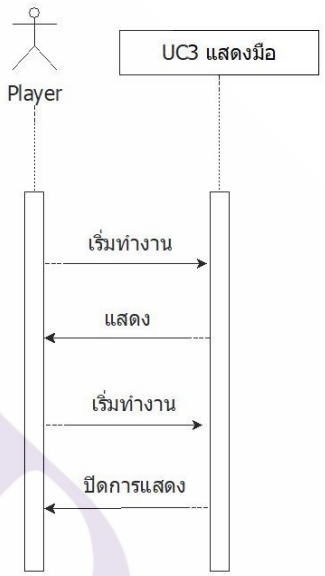
ภาพที่ 3.7 Sequence Diagram UC1

จากภาพที่ 3.7 สมัครสมาชิก จะรับข้อมูลชื่อผู้ใช้งานและอีเมล์ แล้วนำไปจัดเก็บในฐานข้อมูล โดยกำหนดว่าชื่อผู้ใช้งานและอีเมล์จะต้องไม่ซ้ำกัน



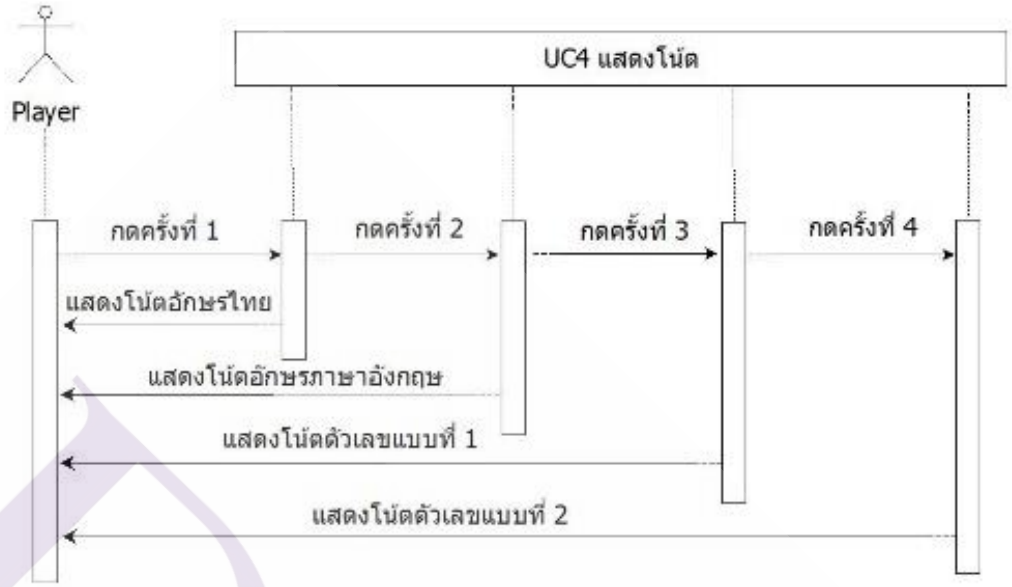
ภาพที่ 3.8 Sequence Diagram UC2

ภาพที่ 3.8 เป็นการทำงานของแถบเลื่อนการทำงาน ซ้าย/ขวา ซึ่งเมื่อเลื่อนไปด้านซ้าย จะเป็นการปิดการแสดงผลและปิดการทำงานของ UC3, UC4, UC5, UC6 ไปพร้อม ๆ กัน



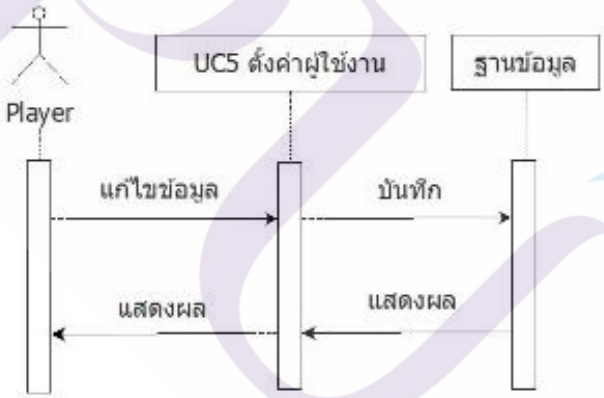
ภาพที่ 3.9 Sequence Diagram UC3

จากภาพที่ 3.9 เป็นการแสดงมือ โดยผู้ใช้สามารถกำหนดได้ว่าขณะที่ทำการบรรเลงด้วยการกดลงบนหน้าจอนั้น ต้องการแสดงมือเพื่อให้เห็นได้ว่าเป็นการบรรเลงด้วยมือข้างใด



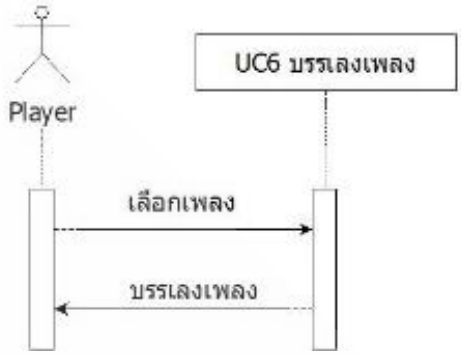
ภาพที่ 3.10 Sequence Diagram UC4

จากภาพที่ 3.10 เป็นการทำงานของแสดงโน้ต โดยเป็นการทำงานวน 5 สถานะ



ภาพที่ 3.11 Sequence Diagram UC5

จากภาพที่ 3.11 เป็นการตั้งค่าผู้ใช้งาน โดยผู้ใช้ที่ลงทะเบียนแล้วสามารถแก้ไขชื่อ นามสกุล อีเมล์และรหัสผ่านได้

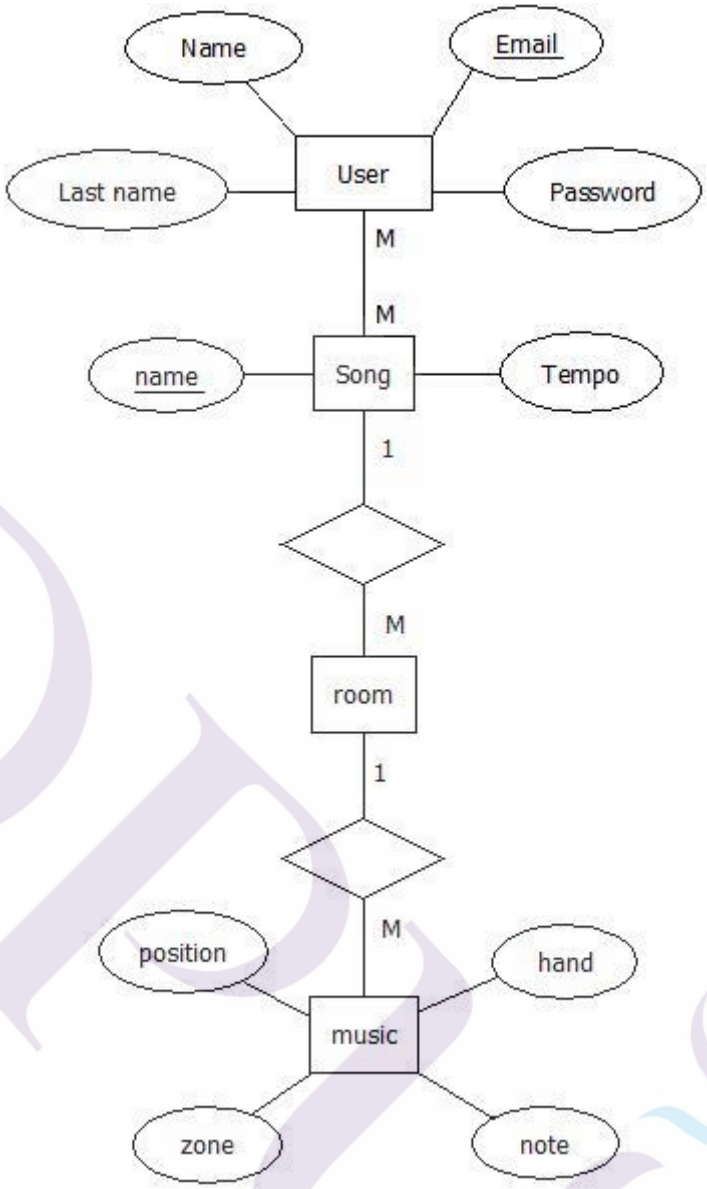


ภาพที่ 3.12 Sequence Diagram UC6

จากภาพที่ 3.12 เป็นการเลือกเพลงบรรเลง โดยเมื่อผู้ใช้เลือกเพลงใด ก็จะปรากฏรายการชื่อเพลงให้เลือก ซึ่งเมื่อเลือกแล้ว จะบรรเลงเพลงดังกล่าวในอัตราจังหวะที่กำหนดไว้แล้ว พร้อมโน้ตเพลงด้านซ้ายของหน้าจอจะเปลี่ยนตรงตามกับการบรรเลงนั้น

3.6 การออกแบบระบบฐานข้อมูล

การออกแบบระบบฐานของแอปพลิเคชันตีขิม แอปพลิเคชันสำหรับการบรรเลงขิมบนระบบปฏิบัติการไอโอเอส เพื่อช่วยให้ผู้ใช้งานใช้เพื่อทบทวนหรือศึกษาการบรรเลงขิม ผู้ใช้เลือกบริหารฐานข้อมูลด้วยระบบ Realtime Database และ Cloud Firestore ซึ่งเป็นภาพแบบของ NoSQL ที่ไม่ได้เป็นโครงสร้างแบบ Entity Relationship โดยทำการเรียกใช้งานข้อมูลด้วยงาน Library ผ่านระบบ API จึงไม่จำเป็นต้องเก็บข้อมูลลงในฐานข้อมูลของระบบ ผู้พัฒนาได้ทำการออกแบบจำลองโครงสร้างฐานข้อมูลเพื่อทำงานโดยการนำหลักการออกแบบ ER Diagram มาร่วมใช้รายละเอียดดังนี้



ภาพที่ 3.13 ER Diagram

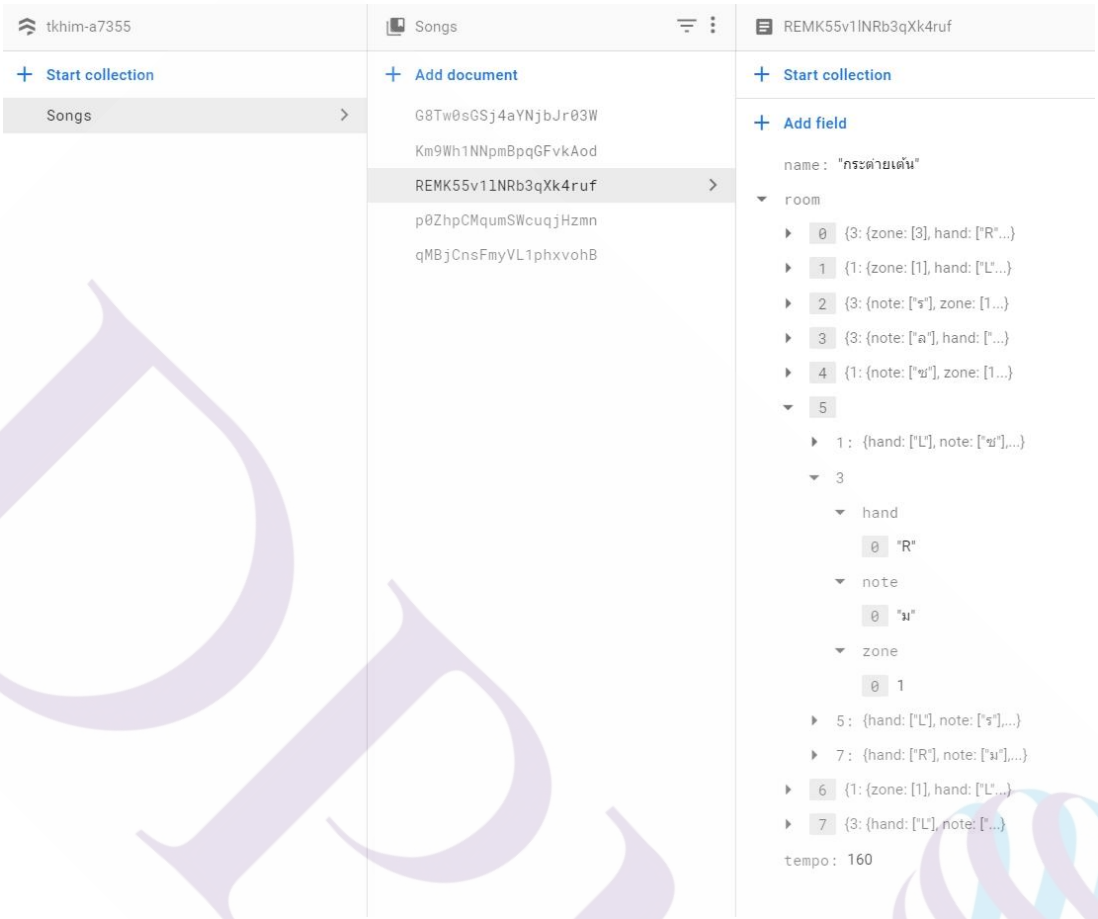
จากภาพที่ 3.13 จะเห็นได้ว่าผู้ใช้งานจะมีองค์ประกอบ 4 อย่าง ได้แก่

1. ชื่อ
2. นามสกุล
3. อีเมล
4. รหัสผ่าน

โดยผู้ใช้แต่ละคนสามารถเลือกที่จะให้แอปพลิเคชันบรรเลงเพลงได้หลายเพลง ในขณะที่เพลงแต่ละเพลงก็สามารถบรรเลงได้จากการเลือกของผู้ใช้งานได้หลายคนด้วย แต่ละเพลงจะมี 3 องค์ประกอบ ได้แก่

1. ชื่อเพลง
2. ระดับความเร็วในการบรรเลง (มีหน่วยเป็น บิตต่อวินาที หรือ bpm)
3. ห้องที่ใช้บรรจุโน้ตเพลง ในแต่ละห้องจะมีองค์ประกอบ 4 อย่าง
   3.1 คือตำแหน่งของตัวโน้ตในห้องนั้นๆ เริ่มต้นจากห้องที่ 0
   3.2 มือที่ใช้บรรเลง คือ มือซ้าย และ มือขวา
   3.3 ตัวโน้ตที่บรรเลง คือ ด ร ม ฟ ซ ล ท
   3.4 โซนที่บรรเลง คือ 1, 2, 3

ตัวอย่างการบันทึกโน้ตเพลงลงใน Firebase ดังนี้



ภาพที่ 3.14 ตัวอย่างการบันทึกข้อมูลเพลงใน Firebase

ชนิดของข้อมูลขององค์ประกอบต่างๆ มีดังนี้

Name ชนิดของข้อมูลเป็น string

Tempo ชนิดของข้อมูลเป็น number

Room ชนิดของข้อมูลเป็น map

Position ชนิดของข้อมูลเป็น map

Hand ชนิดของข้อมูลเป็น array L, R

Note ชนิดของข้อมูลเป็น array ด, ร, ม, ฟ, ซ, ล, ท

Zone ชนิดของข้อมูลเป็น array 1, 2, 3

3.7 ขั้นตอนการเข้าใช้งานแอปพลิเคชัน

1. เริ่มต้นสามารถเข้าใช้งานผ่านไอคอนแอปพลิเคชันตีขิม บน iPhone หรือ iPad

ภาพที่ 3.15 หน้าจอ iPhone แสดงไอคอนของแอปพลิเคชันบนหน้าจอ

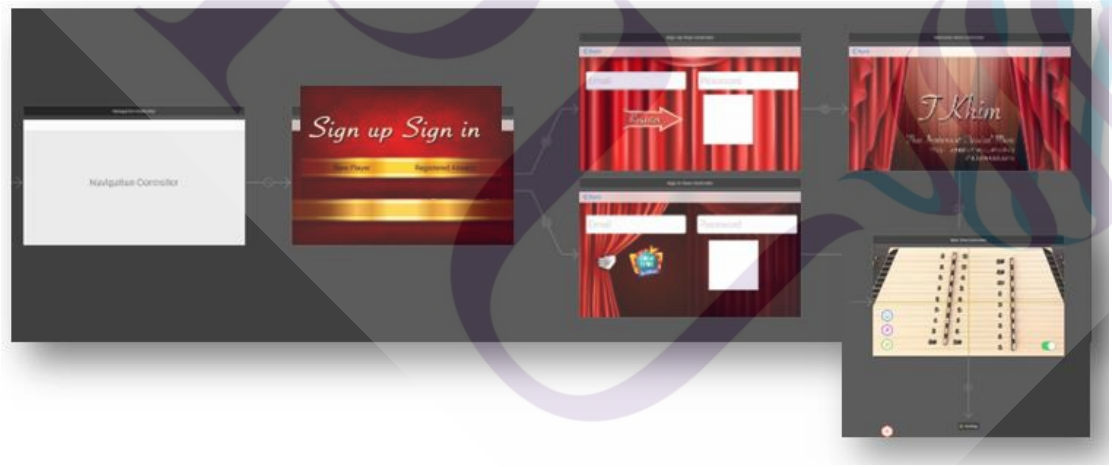
ภาพที่ 3.16 หน้าจอ iPhone ที่ไม่ได้เชื่อมต่อ Internet

หาก iPhone หรือ iPad ไม่มีการเชื่อมต่อ Internet ระบบจะแสดงข้อความว่า “กรุณาตรวจสอบการเชื่อมต่อ Internet” ตามภาพที่ 3.16

เมื่อเริ่มเข้าใช้งาน จะเป็นการเข้าสู่หน้าจอแรก Launch Screen ในแนวนอนโดยอัตโนมัติ (ลักษณะทางกายภาพของขิมเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน)

ภาพที่ 3.17 Launch Screen

ลักษณะการทำงานจะเป็นไปตามโครงสร้าง Flow Chart รอเวลาประมาณ 5 วินาที ระบบจะนำเข้าสู่หน้าจอสมัครสมาชิก



ภาพที่ 3.18 Flow Chart ภาพรวมหน้าจอของกระบวนการทำงานของแอปพลิเคชัน

หน้าจอสมัครสมาชิก เป็นการให้ผู้ใช้งานเลือก 2 ลักษณะ

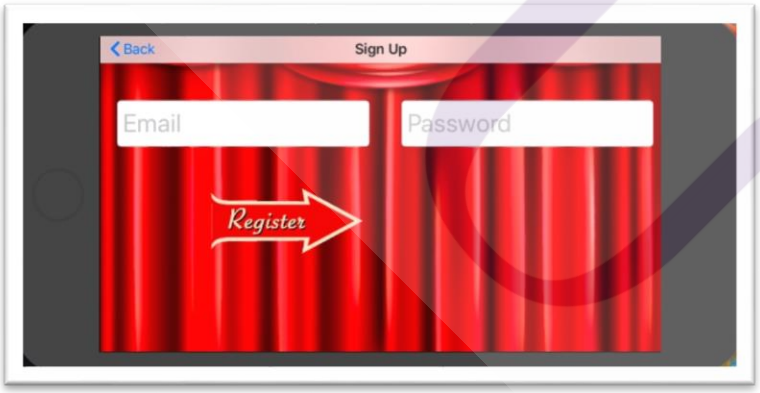
Sign Up สำหรับผู้ที่ยังไม่เคยลงทะเบียนหรือต้องการลงทะเบียนเข้าใช้งานใหม่

Sign In สำหรับผู้ที่เคยเข้าใช้งานแล้ว โดยหากเคยเข้าใช้งานแล้วแต่ยังไม่เคยออกจากระบบ

ทุกครั้งของการเข้าใช้งานใหม่ ระบบจะข้ามหน้าจอนี้ เพื่อให้เข้าใช้งานได้ทันที

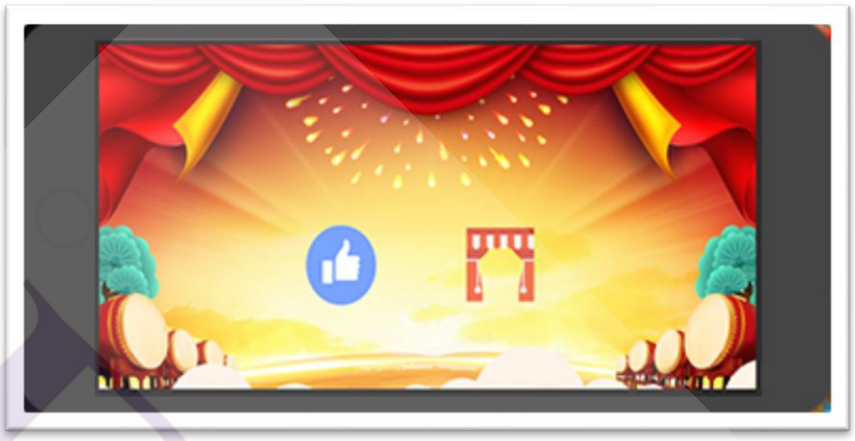
ภาพที่ 3.19 Login Screen

เมื่อเลือก SignUp เพื่อลงทะเบียนใหม่ ให้ระบุอีเมล และรหัสผ่านเท่านั้น เพื่อระบบจะเก็บข้อมูลไว้วิเคราะห์เพื่อพัฒนา ส่งข่าว แจ้งข้อมูลการอัปเดตระบบ และโปรโมชันทางธุรกิจในอนาคต



ภาพที่ 3.20 Register Screen

เมื่อลงทะเบียนสำเร็จ จะปรากฏหน้าจอ Greeting Screen

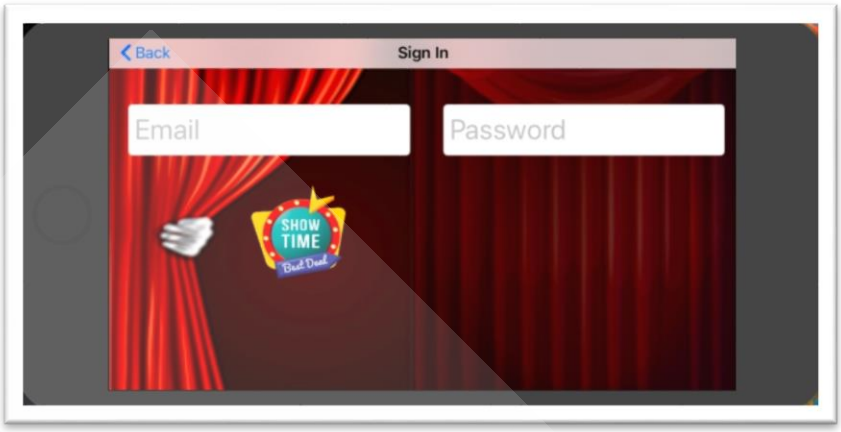


ภาพที่ 3.21 Greeting Screen

แสดงปุ่มด้านซ้าย Like Button เพื่อนำผู้ลงทะเบียนสำเร็จแล้ว Like Fanpage และปุ่มด้านขวาเพื่อนำผู้ลงทะเบียนสำเร็จแล้วเข้าสู่หน้าจอ Welcome Screen

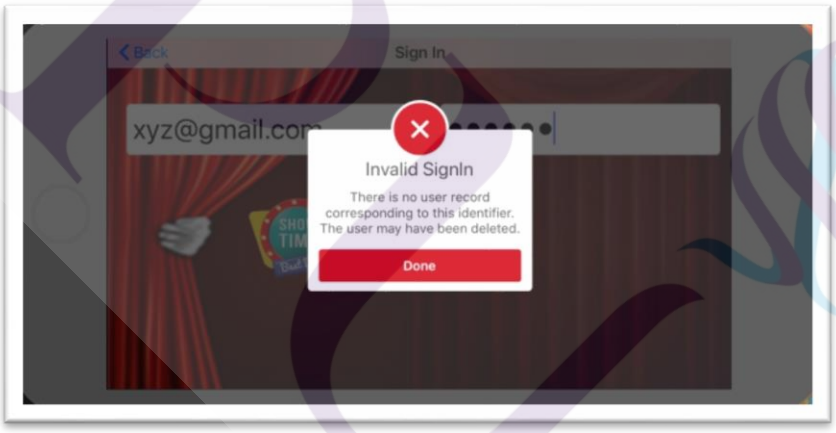
ภาพที่ 3.22 Welcome Screen

เมื่อเลือก Sign In ผู้ใช้ต้องระบุอีเมล และรหัสผ่านที่ตรงกับที่เคยกรอกไว้จนกว่าจะถูกต้อง แล้วระบบจะนำเข้าสู่ Welcome Screen ทันที



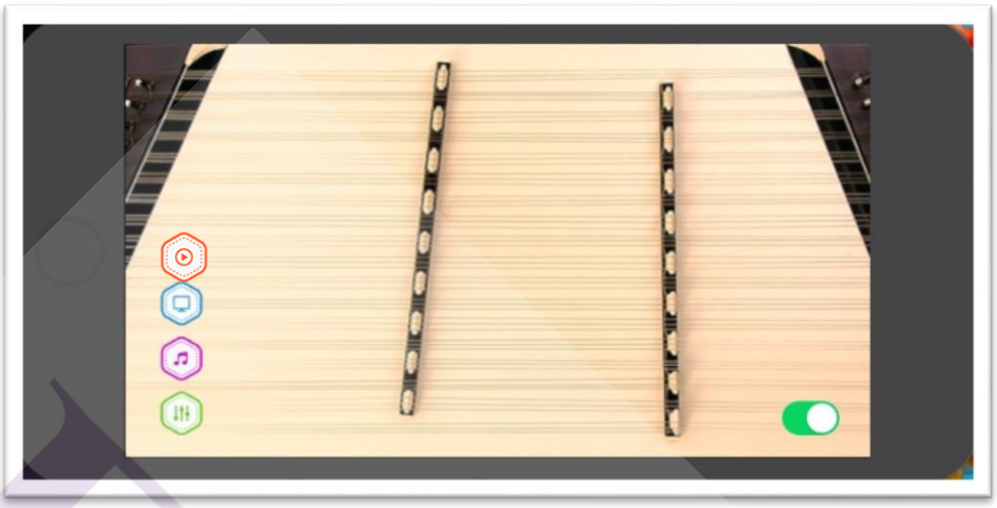
ภาพที่ 3.23 Sign In Screen

กรณีที่ลงทะเบียนผิดเงื่อนไข คือ ในช่อง Email ป้อนไม่ถูกต้องหรือข้อแม้การตั้งรหัสไม่เป็นไปตามเงื่อนไข (รหัสต้องมีไม่ต่ำกว่า 8 ตัวอักษร ต้องมีตัวเลขและสัญลักษณ์พิเศษด้วย) ระบบจะกำหนดให้ต้องใส่จนกว่าจะถูกต้อง



ภาพที่ 3.24 Warning Register Screen

เมื่อลงทะเบียนสำเร็จ ระบบจะนำเข้าสู่หน้าจอหลัก ซึ่งปรากฏปุ่มเสริมการทำงานที่มีหน้าที่ดังนี้



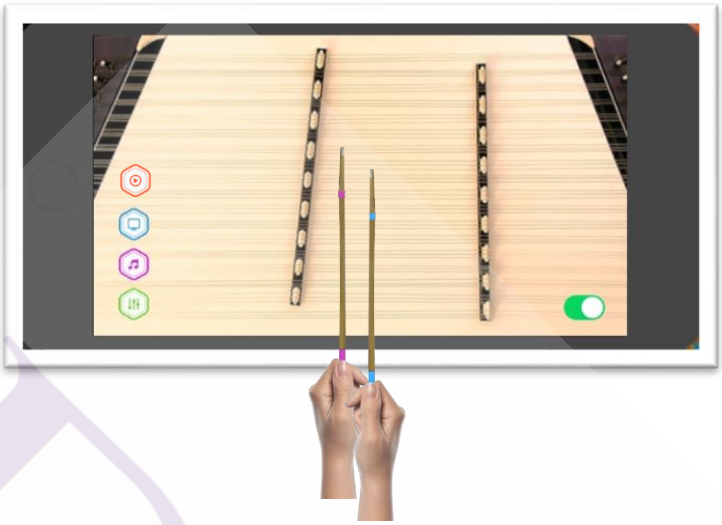
ภาพที่ 3.25 หน้าจอหลัก

แถบเลื่อน เพื่อแสดงปุ่มควบคุมด้านซ้ายทั้งหมด

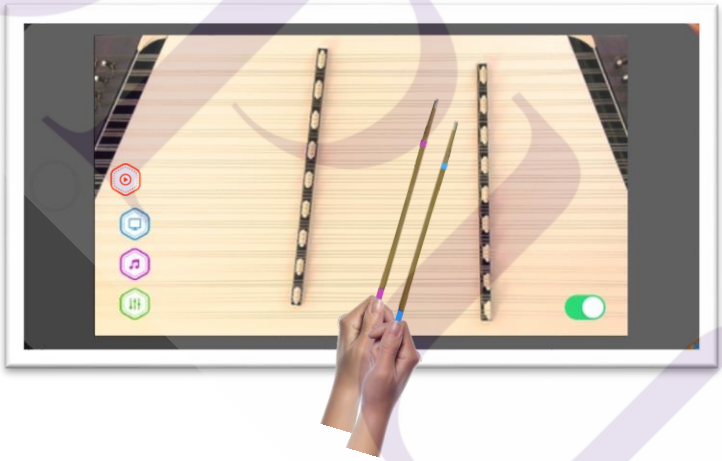
ปุ่มกำหนดการแสดงมือที่ใช้บรรเลง

โดยออกแบบให้มือเอียงตามพื้นที่ที่ผู้บรรเลงเลือก คือ หากเลือกบรรเลงโซนซ้ายมือจะเอียงซ้าย เลือกบรรเลงโซนกลางมือจะตั้งตรง หากเลือกบรรเลงโซนขวามือจะเอียงขวา ทั้งนี้กำหนดให้สีชมพูหมายถึงมือซ้าย สีฟ้าหมายถึงมือขวา เพื่อให้ผู้ใช้สะดวกในการทำความเข้าใจได้เป็นอย่างดี

ภาพที่ 3.26 มือซ้ายและขวา (ปรากฏเมื่อบรรเลงโซนซ้าย)



ภาพที่ 3.27 มือซ้ายและขวา (ปรากฏเมื่อบรรเลงโซนกลาง)

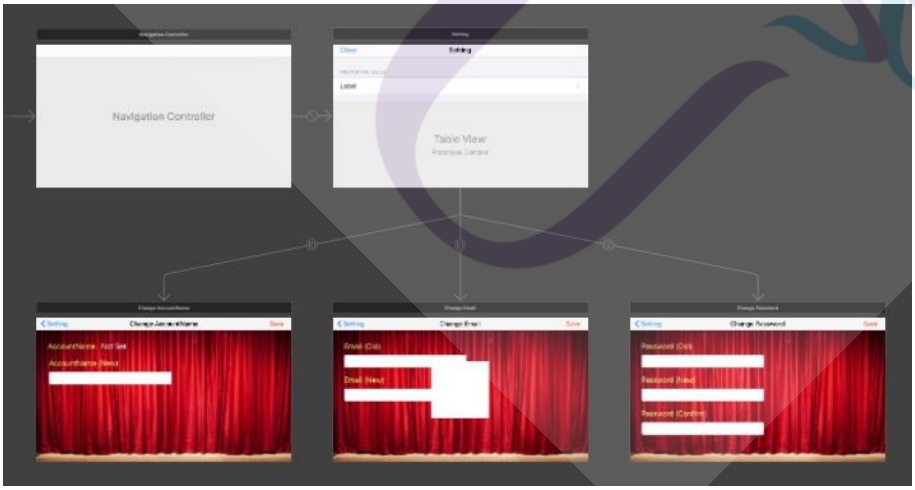


ภาพที่ 3.28 มือซ้ายและขวา (ปรากฏเมื่อบรรเลงโซนขวา)

- ปุ่มกำหนดการแสดงโน้ตบนหน้าขิม 4 ลักษณะ

ภาพที่ 3.29 แสดงสิ่งที่ปรากฏ เมื่อต้องการให้แสดงโน้ต (วน 5 สถานะ ไม่แสดง/ไทย/สากล/เลข 1 /เลข 2)

ปุ่มสำหรับให้ผู้ใช้เปลี่ยนชื่อ นามสกุล รหัส อีเมล ระบบจะมีขั้นตอนการทำงานดังภาพ



ภาพที่ 3.30 Flow Chart เมื่อกดปุ่ม Setting

เมื่อเลือกปุ่มตั้งค่าแล้ว ระบบจะนำเข้าสู่หน้าจอ Setting Screen เพื่อให้เลือกเปลี่ยนแปลงข้อมูลส่วนตัวของผู้ใช้

ภาพที่ 3.31 Setting Screen

จากหน้า Setting Screenเมื่อเลือก Account Name ระบบจะนำเข้าสู่ Change Account Name Screen เพื่อให้ผู้ใช้ตั้งค่าชื่อผู้ใช้งานใหม่

ภาพที่ 3.32 Change Account Name Screen

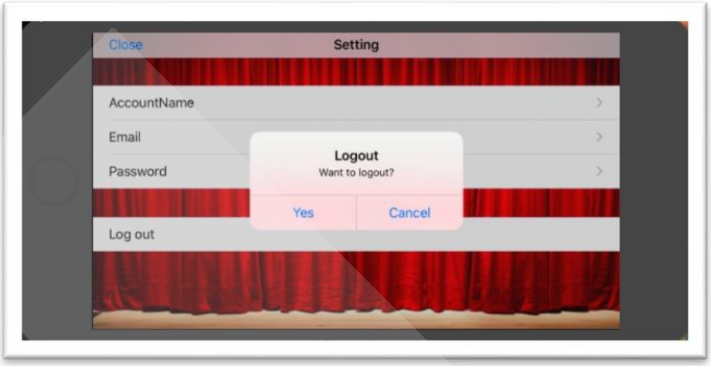
จากหน้า Setting Screen เมื่อเลือก Email ระบบจะนำเข้าสู่หน้าจอ Change Email Screen เพื่อให้ผู้ใช้ตั้งค่าอีเมลใหม่

ภาพที่ 3.33 Change Email Screen

จากหน้า Setting Screen เมื่อเลือก Password ระบบจะนำเข้าสู่หน้าจอ Change Password Screen เพื่อให้ผู้ใช้ตั้งค่ารหัสใหม่

ภาพที่ 3.34 Change Password Screen

จากหน้า Setting Screen เมื่อเลือก Logout จะขึ้นข้อความให้ยืนยันว่าต้องการออกจากระบบจริงหรือไม่



ภาพที่ 3.35 Logout Screen

บทที่ 4
ผลการดำเนินงาน

จากการดำเนินการออกแบบ และพัฒนาแอปพลิเคชันตีขิม แอปพลิเคชันสำหรับการบรรเลงขิมบนระบบปฏิบัติการไอโอเอส เพื่อช่วยให้ผู้ใช้งานใช้เพื่อทบทวนหรือศึกษาการบรรเลงขิม มีขั้นตอนในการดำเนินการต่าง ๆ ตามบทที่ 3 ที่ผ่านมา มีผลการดำเนินงาน ออกเป็น 2 หัวข้อ ดังต่อไปนี้

4.1 ผลการดำเนินงานออกแบบระบบ และการพัฒนาระบบ

4.2 ผลการประเมินความพึงพอใจของระบบ

4.1 ผลการดำเนินงานออกแบบระบบ และการพัฒนาระบบ

จากการดำเนินการศึกษา และวิเคราะห์เพื่อการออกแบบพัฒนาระบบที่กล่าวมาในบทที่ 3 แล้วนั้น ผู้พัฒนาได้นำแนวทางที่ได้มาออกแบบขั้นตอนกระบวนการทำงานของแอปพลิเคชันตีขิม แอปพลิเคชันสำหรับการบรรเลงขิมบนระบบปฏิบัติการไอโอเอส เพื่อช่วยให้ผู้ใช้งานใช้เพื่อทบทวนหรือศึกษาการบรรเลงขิม เพื่อจัดวางโครงสร้าง และกำหนดภาพแบบของแอปพลิเคชันให้ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4.2 ผลการประเมินความพึงพอใจระบบ

ผู้พัฒนาได้ดำเนินการทดสอบระบบ และประเมินผลการใช้งานระบบมีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลส่วนบุคคลผู้เข้าร่วมทดสอบแอปพลิเคชัน

เพศ	จำนวนคน	ร้อยละ
ชาย	22	44
หญิง	28	56
รวม	**50**	**100**

จากตาราง 4.1 พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามทั้งหมดจำนวน 50 คนเป็นเพศชาย 22 คน คิดเป็นร้อยละ 44 และเป็นเพศหญิง จำนวน 28 คน คิดเป็นร้อยละ 56

ตารางที่ 4.2 แสดงจำนวนความถี่และร้อยละของข้อมูลอายุ

อายุ	จำนวนคน	ร้อยละ
ต่ำกว่า 25 ปี	8	16
26 – 35 ปี	12	24
36 – 45 ปี	16	32
46 ปี ขึ้นไป	14	28
รวม	**50**	**100**

จากตาราง 4.2 พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามทั้งหมดจำนวน 50 คน ส่วนใหญ่เป็นผู้ที่มีอายุ 36-45 ปี จำนวน 16 คน คิดเป็นร้อยละ 32 รองลงมาเป็นผู้มีอายุ 46 ปีขึ้นไป จำนวน 14 คน คิดเป็นร้อยละ 28 ผู้มีอายุ 26-35 ปี จำนวน 12 คน คิดเป็นร้อยละ 24 และผู้ที่มีอายุต่ำกว่า 25 ปี จำนวน 8 คน คิดเป็นร้อยละ 16

ตารางที่ 4.3 แสดงจำนวนความถี่และร้อยละของข้อมูลระดับการศึกษา

ระดับการศึกษา	จำนวนคน	ร้อยละ
ต่ำกว่าปริญญาตรี	22	44
ปริญญาตรี	16	32
ปริญญาโท	10	20
ปริญญาเอก	2	4
รวม	**50**	**100**

จากตาราง 4.3 พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามทั้งหมดจำนวน 5 คน ส่วนใหญ่ผู้ที่ศึกษาในระดับต่ำกว่าปริญญาตรีจำนวน 22 คน คิดเป็นร้อยละ 44 รองลงมาเป็นผู้ที่ศึกษาในระดับปริญญาตรีจำนวน 16 คน คิดเป็นร้อยละ 32 ผู้ที่ศึกษาในระดับปริญญาโทจำนวน 10 คน คิดเป็นร้อยละ 20 และผู้ที่ศึกษาในระดับปริญญาเอกจำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 4

ตารางที่ 4.4 แสดงจำนวนความถี่ และร้อยละของข้อมูลของผู้เคยใช้งานแอปพลิเคชันที่คล้ายคลึงและไม่เคยใช้งานแอปพลิเคชันที่คล้ายคลึง

รายละเอียดผู้เข้าทดสอบ	จำนวนคน	คิดเป็นร้อยละ
เคยใช้งานแอปพลิเคชันที่คล้ายคลึง	5	10
ไม่เคยใช้งานแอปพลิเคชันที่คล้ายคลึง	45	90
รวม	**50**	**100**

จากตาราง 4.4 พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามทั้งหมดจำนวน 50 คนเป็นผู้เคยใช้งานแอปพลิเคชันที่คล้ายคลึงจำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 10 และผู้ที่ไม่เคยใช้งานแอปพลิเคชันที่คล้ายคลึงจำนวน 45 คน คิดเป็นร้อยละ 90

4.2.1 ผลการประเมินความพึงพอใจในการใช้งานแอปพลิเคชัน

จากผลการประเมินการใช้งานพิจารณาจากความพึงพอใจของกลุ่มผู้ที่เข้าร่วมในการทดสอบแอปพลิเคชัน เพื่อนำมาวิเคราะห์ข้อมูล การใช้งาน และประเมินการปรับปรุงโดยใช้แบบสอบถามเพื่อประเมินความพึงพอใจผู้ใช้ โดยมีหัวข้อ และหลักเกณฑ์ดังนี้

4.2.1.1 หัวข้อในการประเมินความพึงพอใจ

ด้านการทำงานได้ตามฟังก์ชันงานของระบบ (Functional Test)

1. การสมัครสมาชิกใช้งานระบบ
2. การล็อกอินเข้าใช้งานระบบ
3. การนำเข้าสู่หน้าจอหลัก
4. การจัดการระบบแสดงมือ ระบบแสดงโน้ต การตั้งค่า และการแสดงการบรรเลงเพลงพร้อมโน้ต
5. ความถูกต้องในการแสดงข้อมูล

ด้านความง่ายต่อการใช้งาน (Usability Test)

1. ความสวยงามดึงดูดความสนใจ
2. ความง่ายในการเรียนรู้ และใช้งาน
3. ความเหมาะสมของตัวอักษร ข้อความและเสียง
4. ความเหมาะสมในการใช้สัญลักษณ์ ภาพภาพ เสียงในการสื่อความหมาย
5. การทำงานโดยภาพรวม

4.2.1.2 เกณฑ์การให้คะแนนความพึงพอใจ

ตารางที่ 4.5 เกณฑ์การให้คะแนนความพึงพอใจ

ลำดับ	เชิงคุณภาพ	เชิงปริมาณ	ความหมาย
1	น้อยที่สุด	1	พึงพอใจน้อยที่สุด
2	น้อย	2	พึงพอใจน้อย
3	ปานกลาง	3	พึงพอใจปานกลาง
4	มาก	4	พึงพอใจมาก
5	มากที่สุด	5	พึงพอใจมากที่สุด

โดยที่ในการวิเคราะห์ความพึงพอใจแต่ละคำถาม ผู้พัฒนาใช้ค่าเฉลี่ยเลขคณิตและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในการวิเคราะห์ดังนี้

การหาค่าเฉลี่ย

สูตร $\overline{X} = \frac{\sum X}{N}$

$\overline{X}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยเลขคณิต

$\sum X$ หมายถึง ผลรวมของคะแนนทั้งหมด

N หมายถึง จำนวนข้อมูล

การหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

สูตร $SD = \frac{\sqrt{\sum(X-\overline{X})^2}}{N-1}$

SD หมายถึง ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

X หมายถึง คะแนนที่ได้

$\overline{X}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ย

N หมายถึง จำนวนข้อมูล

4.2.1.3 เกณฑ์การให้คะแนนความพึงพอใจ

จากการประเมินความพึงพอใจที่มีต่อการทดลองใช้งานแอปพลิเคชัน แล้วจึงทำการสัมภาษณ์ความคิดเห็น ทั้งการใช้งานโดยรวมการใช้งานฟังก์ชันต่าง ๆ การออกแบบหน้าจอการใช้งานที่เหมาะสม ความง่ายต่อการเรียนรู้การใช้งาน เป็นต้น มีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 4.6 ผลการประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งานทุกกลุ่มประเภทผู้ใช้งาน

ลำดับ	หัวข้อการประเมิน	$\bar{X}$	SD	ระดับ
1	การสมัครสมาชิกใช้งานระบบ	4.24	0.69	มาก
2	การล็อกอินเข้าใช้งานระบบ	4.40	0.67	มาก
3	การนำเข้าสู่หน้าจอหลัก	4.32	0.68	มาก
4	การจัดการระบบแสดงมือ ระบบแสดงโน้ต การตั้งค่าการแสดงการบรรเลง	4.36	0.56	มาก
5	ความถูกต้องในการแสดงข้อมูล	4.16	0.62	มาก
6	ความสวยงามดึงดูดความสนใจ	4.46	0.50	มาก
7	ความง่ายในการเรียนรู้ และใช้งาน	4.16	0.58	มาก
8	ความเหมาะสมของตัวอักษร ข้อความและเสียง	4.26	0.63	มาก
9	ความเหมาะสมในการใช้สัญลักษณ์ ภาพ เสียงในการสื่อความหมาย	4.34	0.63	มาก
10	การทำงานโดยภาพรวม	4.34	0.52	มาก
คะแนนรวมเฉลี่ย		**4.30**	**0.61**	**มาก**

จากตารางที่ 4.6 พบว่าทุกกลุ่มประเภทการใช้งานให้คะแนนความสวยงามดึงดูดความสนใจสูงสุด รองลงมาคือการล็อกอินเข้าใช้งานระบบ การจัดการระบบแสดงมือ ระบบแสดงโน้ต การตั้งค่า การแสดงการบรรเลง ความเหมาะสมในการใช้สัญลักษณ์ ภาพ เสียงในการสื่อความหมาย ตามลำดับ และมีคะแนนการสมัครสมาชิกใช้งานระบบอยู่ในระดับต่ำสุด ซึ่งโดยรวมแล้วมีความพึงพอใจในการใช้งานระบบอยู่ในระดับพอใจมาก

สรุปความพึงพอใจในการใช้งานระบบทุกกลุ่มประเภทการใช้งานคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 4.30 มีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.61 ซึ่งอยู่ในระดับพอใจมาก

ตารางที่ 4.7 ผลการประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งานแยกเป็นเพศ

ลำดับ	หัวข้อการประเมิน	เพศชาย			เพศหญิง		
		$\bar{X}$	SD	ระดับ	$\bar{X}$	SD	ระดับ
1	การสมัครสมาชิกใช้งานระบบ	4.18	0.73	มาก	4.29	0.66	มาก
2	การล็อกอินเข้าใช้งานระบบ	4.41	0.67	มาก	4.39	0.69	มาก
3	การนำเข้าสู่หน้าจอหลัก	4.41	0.59	มาก	4.25	0.75	มาก
4	การจัดการระบบแสดงมือ, ระบบแสดงโน้ต, การตั้งค่า, การแสดงการบรรเลง	4.32	0.57	มาก	4.39	0.57	มาก
5	ความถูกต้องในการแสดงข้อมูล	4.18	0.66	มาก	4.14	0.59	มาก
6	ความสวยงามดึงดูดความสนใจ	4.45	0.51	มาก	4.46	0.51	มาก
7	ความง่ายในการเรียนรู้ และใช้งาน	4.14	0.56	มาก	4.18	0.61	มาก
8	ความเหมาะสมของตัวอักษร ข้อความและเสียง	4.32	0.57	มาก	4.21	0.69	มาก
9	ความเหมาะสมในการใช้สัญลักษณ์ ภาพ เสียงในการสื่อความหมาย	4.45	0.60	มาก	4.25	0.65	มาก
10	การทำงานโดยภาพรวม	4.23	0.43	มาก	4.43	0.57	มาก
คะแนนรวมเฉลี่ย		**4.31**	**0.59**	**มาก**	**4.30**	**0.63**	**มาก**

จากตารางที่ 4.7 หากแบ่งกลุ่มผู้เข้าร่วมทดสอบการใช้งานตามเพศสรุปข้อมูลได้ดังนี้

เพศชาย ให้คะแนนความสวยงามดึงดูดความสนใจ และความเหมาะสมในการใช้สัญลักษณ์ ภาพภาพ เสียงในการสื่อความหมายสูงสุด รองลงมาคือการล็อกอินเข้าใช้งานระบบ โดยมีความพึงพอใจความง่ายในการเรียนรู้ และใช้งานต่ำสุด ซึ่งโดยรวมแล้วมีความพึงพอใจในการใช้งานระบบอยู่ในระดับพอใจมาก

สรุปความพึงพอใจในการใช้งานระบบเพศชาย ให้คะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 4.34 มีค่าความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 0.60 ซึ่งอยู่ในระดับพอใจมาก

เพศหญิง ให้คะแนนความสวยงามดึงดูดความสนใจสูงสุด รองลงมาคือการล็อกอินเข้าใช้งานระบบและการจัดการระบบแสดงมือ ระบบแสดงโน้ต การตั้งค่า และการแสดงการบรรเลง

โดยมีความพึงพอใจในความถูกต้องในการแสดงข้อมูลต่ำสุด ซึ่งโดยรวมแล้วมีความพึงพอใจในการใช้งานระบบอยู่ในระดับพอใจมาก

สรุปความพึงพอใจในการใช้งานระบบเพศหญิง ให้คะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 4.30 มีค่าความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 0.63 ซึ่งอยู่ในระดับพอใจมาก

ตารางที่ 4.8 ผลการประเมินความพึงพอใจแยกตามประสบการณ์การเคยใช้แอปพลิเคชัน

ลำดับ	หัวข้อการประเมิน	เคยใช้แอปพลิเคชัน			ไม่เคยใช้แอปพลิเคชัน		
		$\overline{X}$	SD	ระดับ	$\overline{X}$	SD	ระดับ
1	การสมัครสมาชิกใช้งานระบบ	3.60	0.55	มาก	4.31	0.63	มาก
2	การล็อกอินเข้าใช้งานระบบ	3.40	0.55	ปานกลาง	4.36	0.74	มาก
3	การนำเข้าสู่หน้าจอหลัก	4.20	0.84	มาก	4.33	0.67	มาก
4	การจัดการระบบแสดงมือ ระบบแสดงโน้ต การตั้งค่า การแสดงการบรรเลง	4.20	0.45	มาก	4.36	0.57	มาก
5	ความถูกต้องในการแสดงข้อมูล	3.60	0.55	มาก	4.20	0.63	มาก
6	ความสวยงามดึงดูดความสนใจ	3.60	0.55	ปานกลาง	4.47	0.55	มาก
7	ความง่ายในการเรียนรู้ และใช้งาน	3.20	0.84	ปานกลาง	4.27	0.62	มาก
8	ความเหมาะสมของตัวอักษร ข้อความและเสียง	4.20	0.84	มาก	4.29	0.63	มาก
9	ความเหมาะสมในการใช้สัญลักษณ์ภาพ เสียงในการสื่อความหมาย	3.60	0.55	มาก	4.33	0.60	มาก
10	การทำงานโดยภาพรวม	4.40	0.55	มาก	4.47	0.55	มาก
	คะแนนรวมเฉลี่ย	**3.80**	**0.63**	**มาก**	**4.34**	**0.61**	**มาก**

จากตารางที่ 4.8 หากแบ่งกลุ่มผู้เข้าร่วมทดสอบการใช้งานโดยแยกตามประสบการณ์การเคยใช้งานแอปพลิชันอื่นประเภทเดียวกันสรุปข้อมูลได้ดังนี้

กลุ่มที่เคยใช้งานแอปพลิเคชัน ให้คะแนนการล็อกอินเข้าใช้งานระบบ การจัดการระบบแสดงมือ ระบบแสดงโน้ต การตั้งค่า และความเหมาะสมในการใช้สัญลักษณ์ ภาพภาพ เสียงในการสื่อความหมาย รองลงมาคือความสวยงามดึงดูดความสนใจ โดยมีความพึงพอใจความง่ายในการเรียนรู้ และใช้งานน้อยที่สุด ซึ่งโดยรวมแล้วมีความพึงพอใจในการใช้งานระบบอยู่ในระดับพอใจมาก

สรุปความพึงพอใจในการใช้งานระบบของกลุ่มผู้ที่เคยใช้งานแอปพลิเคชัน ให้คะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 4.14 มีค่าความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 0.63 ซึ่งอยู่ในระดับพอใจมาก

กลุ่มที่ไม่เคยใช้งานแอปพลิเคชัน ให้คะแนนความสวยงามดึงดูดความสนใจสูงสุด รองลงมาคือการล็อกอินเข้าใช้งานระบบ และการจัดการสินค้าให้ผู้ใช้สามารถเลือกซื้อได้สะดวกสูงสุด รองลงมาคือ การล็อกอินเข้าใช้งานระบบ โดยมีความพึงพอใจในความถูกต้องในการแสดงข้อมูลต่ำสุด ซึ่งโดยรวมแล้วมีความพึงพอใจในการใช้งานระบบอยู่ในระดับพอใจมาก

สรุปความพึงพอใจในการใช้งานระบบของกลุ่มผู้ที่ไม่เคยใช้งานแอปพลิเคชัน ให้คะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 4.34 มีค่าความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 0.61 ซึ่งอยู่ในระดับพอใจมาก

หลังจากที่ผ่านการทดสองใช้งานแล้ว ผู้ใช้งานทุกคนมีความคิดเห็นตรงกันอย่างชัดเจนว่า แอปพลิเคชันตีขิม สามารถจำลองการทำงานของขิมได้จริง ซึ่งถึงแม้ว่าจะเล่นได้เฉพาะในหน้าจอ iPhone หรือ iPad ซึ่งมีขนาดเล็กกว่าขิมจริง ต้องใช้นิ้วในการกดแทนการใช้ไม้ตีนั้น แต่ผู้ใช้งานเองทราบและยอมรับข้อจำกัดที่ทำให้เกิดความแตกต่างว่าเป็นธรรมดา ทั้งนี้มีความเห็นตรงกันทุกคนว่า หากผู้วิจัยพัฒนาการทำงานของระบบเลือกเพลงบรรเลงได้สมบูรณ์ จะเป็นประโยชน์อย่างมากในการศึกษาเรียนรู้การบรรเลงขิมได้ด้วยตัวเองอย่างแท้จริง

บทที่ 5

สรุปอภิปรายผลการศึกษา และข้อเสนอแนะ

ในการจัดทำสารนิพนธ์บทนี้จะกล่าวถึง ข้อสรุปจากการดำเนินโครงงาน ปัญหา และอุปสรรคระหว่างการพัฒนา รวมทั้งข้อเสนอแนะต่าง ๆ ในการศึกษาต่อไป โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

5.1 สรุปผล และอภิปรายผลการศึกษา

จากการพัฒนาแอปพลิเคชันตีขิม แอปพลิเคชันสำหรับการบรรเลงขิมบนระบบปฏิบัติการไอโอเอส เพื่อช่วยให้ผู้ใช้งานใช้เพื่อทบทวนหรือศึกษาการบรรเลงขิม จะเห็นว่าผู้ที่ทดลองใช้งานสามารถเข้าใจการทำงานของแอปพลิเคชันได้อย่างง่ายดาย เพราะมีลำดับขั้นตอนที่ไม่ยุ่งยาก ฟังก์ชันการทำงานไม่ซับซ้อน อีกทั้งช่วยให้ผู้ใช้ใช้เพื่อเพิ่มทักษะการบรรเลงขิมได้จริง ช่วยเป็นส่วนหนึ่งในการตัดสินใจเลือกซื้อขิมได้จริง ผู้ใช้งานสามารถใช้งานได้ทันทีเพราะแอปพลิเคชันตั้งค่าความถี่เสียงที่เป็นมาตรฐานไว้แล้ว ทำให้สามารถใช้เพื่อบรรเลงอย่างง่ายร่วมกับดนตรีสากลในคีย์ Bb ได้ทันที

จากผลการประเมินความเหมาะสม/ความพึงพอใจของผู้ทดลองใช้งานแอปพลิเคชัน จำนวน 50 คน ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง 28 คน คิดเป็นร้อยละ 56 อายุ 36 - 45 ปี 16 คน คิดเป็นร้อยละ 32 การศึกษาต่ำกว่าระดับปริญญาตรี จำนวน 22 คน คิดเป็นร้อยละ 44 มีความเห็นต่อแอปพลิเคชันตีขิม ในด้านฟังก์ชันงานของระบบ (Functional Test) มีความพึงพอใจอยู่ในระดับ “มาก” โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.30 และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเฉลี่ยอยู่ที่ 0.64 ด้านความง่ายต่อการใช้งาน (Usability Test) มีความพึงพอใจอยู่ในระดับ “มาก” โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.31 และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเฉลี่ยอยู่ที่ 0.57 เมื่อประเมินผลรวมทั้ง 2 ด้าน ผู้ทดลองใช้งานมีความพึงพอใจต่อการใช้งานแอปพลิเคชันทั้ง 2 ด้านอยู่ในระดับ “มาก” มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.30 สูงกว่าคะแนนเฉลี่ยที่ตั้งไว้ 3.5 คะแนนขึ้นไป ส่วนค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเฉลี่ยอยู่ที่ 0.57

ดังนั้น สรุปได้ว่าแอปพลิเคชันตีขิม แอปพลิเคชันสำหรับการบรรเลงขิมบนระบบปฏิบัติการไอโอเอส เพื่อช่วยให้ผู้ใช้งานใช้เพื่อทบทวนหรือศึกษาการบรรเลงขิม สามารถทำงานได้บรรลุวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้คือ พัฒนาแอปพลิเคชันที่สามารถนำไปใช้ในการจำลองการบรรเลงขิมได้จริง สามารถนำไปต่อยอดเพื่อพัฒนาไปสู่ธุรกิจดนตรีได้เป็นอย่างดี

5.2 ข้อเสนอแนะในการศึกษาขั้นต่อไป

จำแนกเป็นประเด็นต่าง ๆ ดังนี้

เนื่องจากผู้พัฒนากำหนดขอบเขตในการพัฒนาแอปพลิเคชันนี้บนระบบปฏิบัติการ iOS เท่านั้น ซึ่งมีจำนวนผู้ใช้งานไม่มากเท่าระบบปฏิบัติการ Android ฉะนั้นหากผู้วิจัยสามารถพัฒนาแอปพลิเคชันบนระบบปฏิบัติการ Android ด้วย จะเป็นการขยายจำนวนผู้ใช้งานได้เป็นอย่างมาก

หากมี Theme หน้าขิมให้เลือก จะทำให้น่าสนใจมากขึ้น โดยเฉพาะเด็กและเยาวชน

เนื่องจากแต่ละสังกัดบ้านดนตรีมีมาตรฐานในการตั้งค่าความถี่เสียงที่แตกต่างกัน แต่แอปพลิเคชันกำหนดค่าความถี่เป็นสากล ซึ่งเมื่อนำไปใช้บรรเลงเทียบกับสังกัดบ้านต่าง ๆ จะทำให้เสียงเพี้ยน ฉะนั้น ควรมีระบบในการปรับตั้งค่าความถี่แต่ละตำแหน่งให้อิสระจากกัน พร้อมทั้งควรมี Preset เพื่อให้ผู้ใช้สามารถบันทึกหรือเลือกใช้งานได้ทันที จะทำให้สามารถใช้บรรเลงร่วมกับทุกวง

ควรมีระบบตรวจสอบเสียงขิมจากภายนอก ว่าถูกต้องตามค่าความถี่ของแอปพลิเคชันหรือไม่ พร้อมทั้งให้คะแนนการตั้งค่าเสียงเป็นเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องด้วย

หากมีระบบรับค่าเสียงจากภายนอกเพื่อตรวจวิเคราะห์ความถูกต้องจากการบรรเลงขิมจริงกับโน้ตที่ระบบมีให้ จะยิ่งเป็นการตรวจวิเคราะห์การบรรเลงของผู้ใช้งานได้อย่างสมบูรณ์

หากมีระบบการรับค่าเสียงจากภายนอกเพื่อตรวจวิเคราะห์ความถูกต้องในการบรรเลงจากขิมจริง ควรมีการเพิ่มระบบการจัดลำดับความสามารถของผู้ใช้งานทั้งหมด เพื่อกระตุ้นให้ผู้ใช้กระตือรือร้นในการพัฒนาตัวเอง

ควรมีระบบการรับค่าเสียงเพื่อบันทึกเสียงแล้วเขียนเป็นโน้ตได้ทันที

ควรมีระบบในการรายงานพัฒนาการของผู้ใช้งานรายบุคคล

ควรมีระบบแจ้งเตือนเพื่อกระตุ้นให้ผู้ใช้หมั่นฝึกฝนเป็นประจำ

ควรมีระบบตารางการเรียนที่กำหนดได้ด้วยตัวของผู้ใช้งานเอง

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

สราวุธ สุจิตจร. (2554). *ระบบเสียงดนตรีไทย. นครราชสีมา* :โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

อุทิศ นาคสวัสดิ์. (2514). *ทฤษฎีและการปฏิบัติดนตรีไทย.* พระนคร:โรงพิมพ์คุรุสภา.

เว็บดนตรีไทย. *มรดกแห่งสุนทรียศาสตร์.* สืบค้น 25 เมษายน 2563, จาก https://thaimusicamp.wordpress.com

อภิชาติ ภู่ระหงษ์. (2554). *ฆ้องวงใหญ่.* สืบค้น 15 พฤษภาคม 2563, จาก http://thaimusicbykrutui.blogspot.com/2017/07/blog-post.html

ภาษาต่างประเทศ

Alten. (1999). *Audio in Media USA.* Retrieve 2020 April 23, From https://archive.org/details/audioinmedia00alte_1/page/n487/mode/2up

Firebase. Retrieve 2020 April 30, From https://firebase.google.com

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	ณัฐพัชร์ อุบลรัตน์
ประวัติการศึกษา	ปีการศึกษา 2542 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีการศึกษา 2553 สำเร็จการศึกษาปริญญาบัณฑิต คณะศึกษาศาสตร์ สาขาบริหารการศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์
ตำแหน่ง และสถานที่ทำงานปัจจุบัน	- ผู้จัดการคณิตศาสตร์ออนไลน์วีแมทซ์ - ผู้บริหารร้านป้ายและสติ๊กเกอร์ “ไวนะไวนิล” - ผู้บริหารธุรกิจแกะสลักวัสดุแข็งด้วยเครื่อง CNC “Luck Smile” - ผู้ผลิตขิมสากล เขียนตำราสอนการบรรเลงขิมสากล และวิทยากรบรรยายขิมสากล - รองประธานหน่วยพัฒนาครูแห่งประเทศไทย