

ระบบความจริงเสริมสำหรับการเรียนรู้การสังเคราะห์เสียง Augmented Reality System for Learning on Sound Synthesis

สยาม เจริญเสียง และ พีรศิลป์ สันธนะพันธ์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการหุ่นยนต์และระบบอัตโนมัติ สถาบันวิทยาการหุ่นยนต์ภาคสนาม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอระบบความจริงเสริม (Augmented Reality) ไปประยุกต์ใช้สำหรับการเรียนรู้เรื่องการสังเคราะห์เสียงโดยผู้ที่ต้องการศึกษาสามารถควบคุมการทำงานโดยการสัมผัสแบบหลายจุด (Multi-touch) บนพื้นผิวของโต๊ะได้ 2 ลักษณะคือ ใช้นิ้วสัมผัสเพื่อเป็นการเลือก และการใช้นิ้วลากเพื่อปรับเปลี่ยนค่า โดยระบบจะทำการประมวลผลที่ได้จากกล้องซึ่งติดตั้งด้านล่างของโต๊ะนำมาใช้สำหรับตรวจจับการสัมผัส ส่วนการแสดงผลเป็นภาพที่สร้างขึ้นด้วยคอมพิวเตอร์กราฟิกส์จากด้านล่างของโต๊ะด้วยเครื่องฉายภาพโปรเจกเตอร์ ระบบนี้ผู้ใช้สามารถใช้ในการสัมผัสควบคุมการปรับแต่งรูป ADSR Envelope ของตัวกำเนิดเสียงเพื่อสร้างเสียงสังเคราะห์ได้โดยตรง ซึ่งผู้ใช้สามารถศึกษาบทเรียน และทำการทดลองด้วยตัวเองได้ ผลจากการทดลองใช้ระบบนี้แสดงให้เห็นการพัฒนาการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้นของผู้เรียนเรื่องการสังเคราะห์เสียง งานวิจัยนี้จึงเป็นต้นแบบของการพัฒนาสื่อการเรียนรู้โดยใช้ระบบความจริงเสริม

คำสำคัญ: ระบบความจริงเสริม การสัมผัสแบบหลายจุด การสังเคราะห์เสียง การเรียนรู้

Abstract

In this research, a design of augmented reality system is proposed to assist in learning on sound synthesis. Learners can use their finger tips to touch on a multi-touch surface of a table. A simple touch is used for item selection and a simple drag is used for

changing the parameters. The image processing is used for tracking the fingers from the image which is captured by a camera attached under the table. The LCD projector, which is installed under the table, is used to display an augmented image on the surface. That image is generated by computer graphics engine. In this system, learners can directly manipulate ADSR waveform envelope to produce synthesized sound. The system provides computer graphics based instructions and additional information to assist in learning. Learners can study and do the experiment on sound synthesis by themselves. The goal of the research is to develop an augmented educational tool for learning. The results demonstrate that learners can improve their understandings in sound synthesis intuitively and effectively.

Keyword: Augmented Reality, Multi-touch, Sound Synthesis, Learning

1. บทนำ

งานวิจัยทางด้านระบบการเชื่อมต่อผู้ใช้ที่เน้นการสัมผัส (Tangible User Interface, TUI) ปัจจุบันกำลังได้รับความนิยมอย่างมากโดยมีการนำไปประยุกต์ใช้งานหลายอย่างเช่น ด้านความบันเทิง สถาปัตยกรรม การแพทย์ และอื่นๆ [1-4] ระบบเชื่อมต่อผู้ใช้ที่เน้นการสัมผัสเป็นการรวมกันระหว่างข้อมูลดิจิทัล กับ วัตถุและสภาพแวดล้อมจริง ระบบนี้จะช่วยเพิ่มเติมข้อมูลและสร้างความน่าสนใจให้กับผู้ใช้ระหว่างที่มี

ปฏิสัมพันธ์กับสิ่งของได้ นอกจากนั้นระบบนี้ยังช่วยเพิ่มการรับรู้ของผู้ใช้ โดยการใช้อุปกรณ์กราฟิกส์สร้างข้อมูลเสริมแล้วนำไปซ้อนทับลงบนวัตถุทำให้ผู้ใช้สามารถมองเห็นข้อมูลเสริมได้ จึงเกิดแนวคิดในการพัฒนาระบบสำหรับเป็นสื่อการเรียนรู้ที่สามารถมีปฏิสัมพันธ์ด้วยการสัมผัส พร้อมทั้งเสริมข้อมูลให้แก่ผู้เรียนได้ ในงานวิจัยนี้จะพัฒนาระบบการเชื่อมต่อผู้ใช้ที่เน้นการสัมผัส โดยใช้ระบบความจริงเสริม (Augmented Reality) และการสัมผัสแบบหลายจุด (Multi-touch) ประยุกต์ใช้เพื่อเป็นสื่อการเรียนรู้สำหรับบทเรียนทางวิทยาศาสตร์ เรื่องการสังเคราะห์เสียง เพื่อให้ผู้ใช้สามารถศึกษา และทดลองได้ด้วยตนเอง

2. วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษา และพัฒนาระบบความจริงเสริมที่ควบคุมการทำงาน โดยการสัมผัสแบบหลายจุด โดยนำไปประยุกต์ใช้เพื่อเป็นสื่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่มีประสิทธิภาพ รวมทั้งศึกษาความคิดเห็นของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อระบบความจริงเสริมที่ควบคุมการทำงาน โดยการสัมผัสแบบหลายจุดสำหรับบทเรียนทางวิทยาศาสตร์

3. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

เพื่อเป็นแนวทางสำหรับการทำวิจัยระบบความจริงเสริมที่ควบคุมการทำงาน โดยการสัมผัสแบบหลายจุดสำหรับเป็นสื่อการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์

เพื่อพัฒนาให้เป็นสื่อการเรียนรู้เข้าถึงบุคคลทั่วไป โดยผู้เรียนสามารถทำการศึกษาและทดลองทางวิทยาศาสตร์ด้วยตนเองได้

4. วิธีการตรวจการสัมผัสแบบหลายจุดแบบ

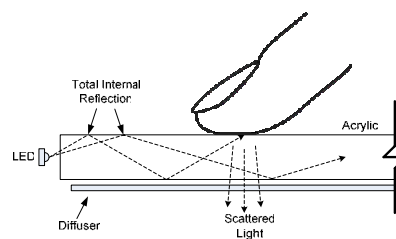
Frustrated Total Internal Reflex

วิธีการ Frustrated Total Internal Reflex (FTIR) พัฒนาโดย Jefferson [5] ที่นำเอาหลักการสะท้อนกลับหมดของแสงเมื่อเดินทางผ่านตัวกลางที่มีความหนาแน่นแตกต่างกัน จะเกิดมุมหักเหขึ้นอยู่กับค่าดัชนี

การหักเห ในกรณีที่แสงเดินทางจากตัวกลางที่มีค่าดัชนีการหักเหมากไปยังตัวกลางที่มีค่าดัชนีการหักเห น้อยจะมีมุมวิกฤต หากมุมตกกระทบของแสงมีค่ามากกว่ามุมวิกฤต จะทำให้เกิดการสะท้อนกลับหมด

การประยุกต์ใช้วิธี FTIR เพื่อหาจุดสัมผัสทำได้โดยนำไดโอดเปล่งแสงชนิดอินฟราเรด (Infrared LED) ติดบริเวณขอบรอบๆแผ่นอะคริลิกใส ดัง

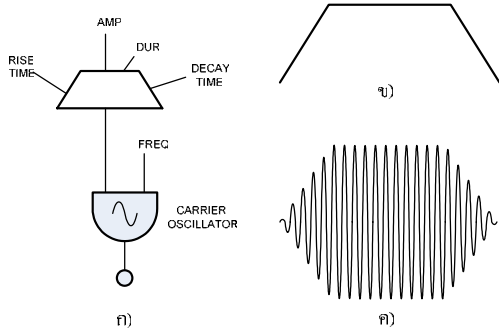
รูปที่ 1 แสงอินฟราเรดจะเกิดการสะท้อนกลับหมดทั่วทั้งแผ่นอะคริลิกใส เมื่อปลายนิ้วสัมผัสที่ผิวของแผ่นอะคริลิก แสงอินฟราเรดภายในจะสะท้อนกับวัตถุที่สัมผัสออกมานอกแผ่นอะคริลิกได้ ด้วยวิธีการนี้เมื่อใช้กล้องถ่ายภาพที่บริเวณแผ่นอะคริลิกที่มีการสัมผัสแล้วนำภาพนั้นไปผ่านการประมวลผลภาพจะทำให้สามารถตรวจจับจุดสัมผัสแบบหลายจุดได้



รูปที่ 1 วิธี Frustrated Total Internal Reflex [5]

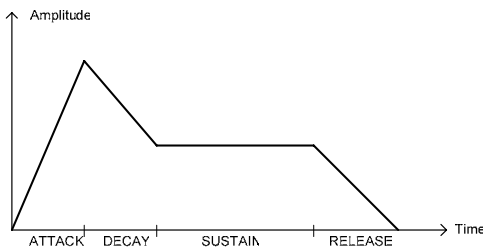
5. การสังเคราะห์เสียง

การสร้างเสียงสังเคราะห์ด้วยคอมพิวเตอร์ คือการสร้างเสียงขึ้นมาใหม่โดยการเลียนแบบให้มีลักษณะคล้ายเสียงเครื่องดนตรีชนิดต่างๆ เสียงพูด หรือสร้างเสียงที่มีรูปแบบใหม่ๆ สามารถทำได้หลายวิธี สำหรับในงานวิจัยนี้เลือกใช้วิธีการสร้างเสียงสังเคราะห์แบบมอดดูเลทความถี่ (Frequency Modulation, FM) ที่คิดค้นโดย John Chowning จากมหาวิทยาลัยสแตนฟอร์ด [6] รูปที่ 2 จาก (ก) แสดงรูปแบบอย่างง่ายสำหรับสร้างเสียงเครื่องดนตรีด้วยคอมพิวเตอร์ รูปที่ 2 (ข) เอาท์พุทของแหล่งกำเนิดรูป (Envelope Generator) รูปที่ 2 (ค) รูปคลื่นที่สร้างขึ้นมีลักษณะตาม Envelope



รูปที่ 2 การสร้างเสียงสังเคราะห์แบบมอดคูเลทความถี่ [6]

ธรรมชาติเสียงของเครื่องดนตรีจะมีลักษณะความดังเบาแตกต่างกัน ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะขึ้นอยู่กับชนิดของเครื่องดนตรี แต่เสียงที่เกิดขึ้นของเครื่องดนตรีทุกชนิดสามารถสรุปการเปลี่ยนแปลงความดังของเสียงที่เปลี่ยนแปลงตามเวลาออกมาได้เป็น 4 ช่วง คือ Attack Decay Sustain และ Release หรือเรียกว่า ADSR Envelope ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 Envelope ของเสียง [6]

ช่วง Attack เป็นช่วงเวลาที่เสียงเริ่มจากเงียบจนถึงจุดที่มีความดังเต็มที่

ช่วง Decay คือช่วงเวลาที่เสียงลดระดับความดังจากจุดสูงสุด จนถึงระดับ Sustain แต่ในเครื่องดนตรีประเภทเคาะ เช่น กลอง จะพบได้เพียง 2 ช่วง คือ Attack และ Decay เพราะเสียงจะดังขึ้นและลดลงจนเป็นศูนย์อย่างรวดเร็ว

ช่วง Sustain เป็นช่วงที่ระดับความดังของเสียงคงที่ และจะดังต่อไปจนกว่าจะหยุดเล่น ตัวอย่างเช่น การกดคีย์ของเปียโนค้างไว้ เสียงของเปียโนจะดังต่อไปเรื่อยๆ

ช่วง Release เป็นช่วงเวลาของเสียงที่ยาวต่อไปอีก หลังจากการยกนิ้วออกจากคีย์ จนถึงเวลาที่ความ

ดังของเสียงลดลงจนเป็นศูนย์ ลักษณะเช่นนี้พบได้ในเครื่องดนตรีเช่น เปียโน เมื่อกดที่คีย์เปียโน หัวค้อนจะเคาะสายทำให้สร้างเสียงดังออกมาจนถึงจุดที่มีความดังสูงสุด แล้วจะลดลงมากอยู่ระดับหนึ่ง จนกระทั่งเมื่อปล่อยคีย์บอร์ด เสียงจึงค่อยๆเบาลงจนเงียบในที่สุด

6. ทฤษฎีการเรียนรู้

ในการออกแบบลำดับ และการนำเสนอเนื้อหา ของบทเรียนช่วยสอนด้วยคอมพิวเตอร์ จำเป็นอย่างยิ่งที่ผู้สร้างต้องพิจารณาการออกแบบซึ่งเป็นไปตามทฤษฎีการเรียนรู้ของมนุษย์

6.1 ทฤษฎีพฤติกรรมนิยม (Behaviorism)

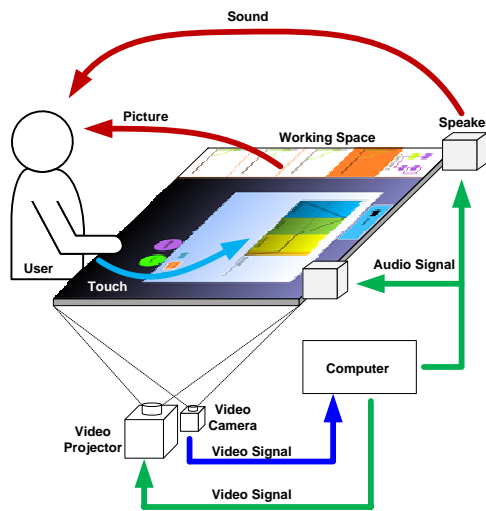
การเรียนรู้ของมนุษย์เป็นสิ่งที่สามารถสังเกตได้จากพฤติกรรมภายนอก ลักษณะการเรียนรู้ของทฤษฎีนี้จะต้องเกิดขึ้นตามลำดับที่แน่ชัด ผู้เรียนจะบรรลุวัตถุประสงค์ได้จะต้องมีการเรียนตามขั้นตอนเป็นวัตถุประสงค์ๆ ไป ผลที่ได้จากการเรียนขั้นแรกจะเป็นพื้นฐานของการเรียนในขั้นต่อไป การนำแนวคิดของทฤษฎีพฤติกรรมนิยมมาใช้กับบทเรียนช่วยสอนด้วยคอมพิวเตอร์ ผู้เรียนทุกคนจะเรียนโดยมีลำดับของเนื้อหาที่ตายตัว เพราะผู้สอนพิจารณาแล้วว่าลำดับการสอนที่ดี จะทำให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

6.2 ทฤษฎีปัญญานิยม (Cognitivism)

แนวคิดของทฤษฎีนี้ไม่เห็นด้วยกับทฤษฎีพฤติกรรมนิยม ที่สามารถสอนอะไรไป และจะได้ตามนั้น เพราะคิดว่ามนุษย์มีอารมณ์ และความนึกคิด ดังนั้นในการออกแบบการสอนต้องคำนึงถึงจิตใจ และความแตกต่างภายในของมนุษย์ ลักษณะการออกแบบบทเรียนของแนวคิดนี้จะทำให้ผู้เรียนมีอิสระมากขึ้น ผู้เรียนจะได้รับเนื้อหาในลำดับที่ไม่เหมือนกัน โดยเนื้อหาที่ได้รับขึ้นอยู่กับความถนัด และความสนใจของผู้เรียน

บทเรียนช่วยสอนที่พัฒนาขึ้นสำหรับงานวิจัยนี้ออกแบบเนื้อหาตามทฤษฎีการเรียนรู้แบบพฤติกรรม

นิยม ซึ่งจะมีการเรียงลำดับเนื้อหาที่ชัดเจน ทำให้ผู้เรียนสามารถเข้าใจเรื่องการสังเคราะห์เสียงได้



รูปที่ 4 ภาพรวมของระบบ

7. การออกแบบระบบ

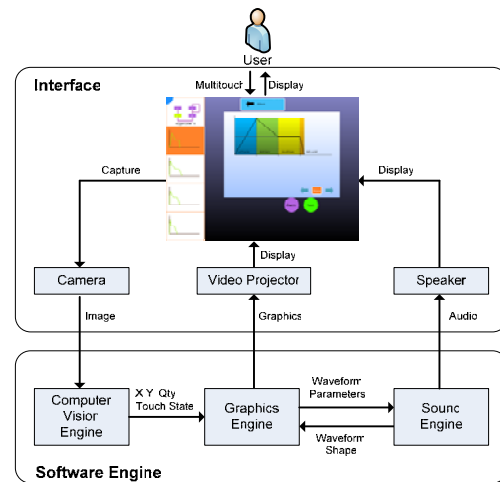
7.1 ภาพรวมของระบบ

ผู้ใช้สามารถควบคุมการทำงานโดยการสัมผัสแบบหลายจุดตรงส่วนพื้นที่ติดต่อผู้ใช้ที่พื้นผิวด้านบนของโต๊ะที่สร้างโดยใช้หลักการของ FTIR การควบคุมมี 2 ลักษณะ คือการใช้นิ้วสัมผัสเพื่อเป็นการเลือกหรือการใช้นิ้วเลื่อนเพื่อปรับเปลี่ยนพารามิเตอร์ กล้องวิดีโอที่ติดตั้งด้านล่างของโต๊ะจะถ่ายภาพส่วนของพื้นที่ติดต่อผู้ใช้แล้วทำการส่งภาพให้กับเครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อตรวจจับการสัมผัส การแสดงผลให้กับผู้ใช้ด้วยภาพคอมพิวเตอร์กราฟิกส์ที่ใช้เครื่องฉายภาพโปรเจ็กเตอร์ฉายภาพจากด้านล่าง ระบบนี้ผู้ใช้สามารถใช้การสัมผัสควบคุมการปรับแต่งรูป ADSR Envelope ของตัวกำเนิดเสียง เพื่อสร้างเสียงสังเคราะห์ได้โดยตรง ซึ่งผู้ใช้สามารถศึกษาทฤษฎีและทำการทดลองด้วยตัวเองได้ รูปที่ 4 แสดงภาพรวมของระบบ

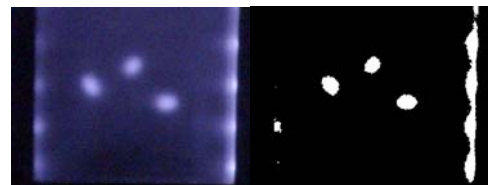
7.2 โครงสร้างการทำงานของระบบ

โครงสร้างการทำงานของระบบแสดงในรูปที่ 5 ภายในเครื่องคอมพิวเตอร์จะมี โปรแกรมที่ประกอบด้วยโมดูลหลัก 3 ส่วน ส่วนการประมวลผล

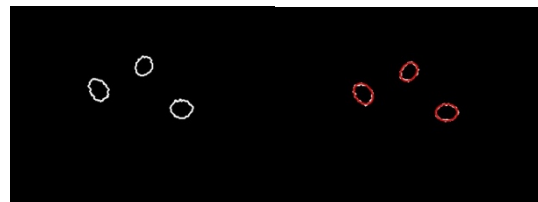
ภาพ ส่วนสร้างภาพด้วยคอมพิวเตอร์กราฟิกส์ และ ส่วนการสร้างเสียงสังเคราะห์



รูปที่ 5 โครงสร้างการทำงานของระบบ



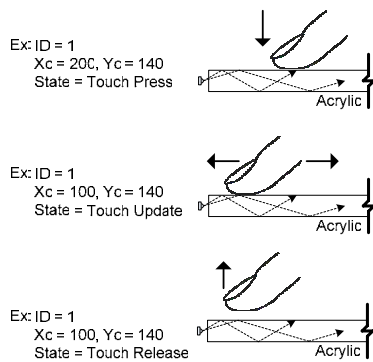
รูปที่ 6 เปรียบเทียบภาพก่อน และหลังการเตรียมภาพ



รูปที่ 7 ภาพที่ได้จากขั้นตอนการตรวจการสัมผัส

ส่วนการประมวลผลภาพ ส่วนนี้จะรับภาพของพื้นผิวสัมผัสที่ถ่ายด้วยกล้องถ่ายภาพคลื่นแสงอินฟราเรด ซึ่งพื้นผิวสัมผัสนี้ใช้หลักการของ FTIR ตำแหน่งของนิ้วที่สัมผัสจะถูกตรวจจับด้วยโปรแกรมที่พัฒนาโดยใช้ไลบรารี OpenCV [7] การทำงานหลักของส่วนนี้มี 3 ขั้นตอน คือ การเตรียมภาพเบื้องต้น การตรวจสอบการสัมผัส และการเปรียบเทียบภาพ สำหรับขั้นตอนแรกการเตรียมภาพเบื้องต้น ภาพที่ได้จากกล้องจำเป็นต้องปรับปรุงความสว่างและคอนทราสต์ของภาพเพื่อให้มีความชัดเพียงพอสำหรับการ

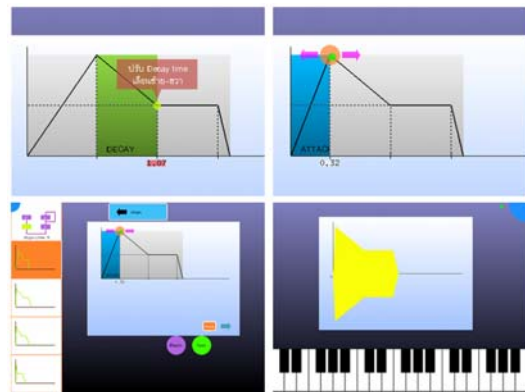
ตรวจจับการสัมผัส แสดงในรูปที่ 6 ขึ้นต่อไปภาพที่ผ่านการเตรียมภาพเรียบร้อยแล้วจะนำมาตรวจสอบการสัมผัสด้วยวิธีการ Blob analysis ดังรูปที่ 7 หากพบการสัมผัสจะได้พิกัดของการสัมผัส จำนวนจุดสัมผัสที่ตรวจพบ รวมทั้งสถานะของการสัมผัส ซึ่งสามารถแบ่งสถานะการสัมผัสได้ 3 อย่าง คือ นิ้วเริ่มสัมผัส (Touch Press) ลาก/เลื่อนนิ้ว (Touch Update) ยกนิ้วออก (Touch Release) ดังตัวอย่างในรูปที่ 8 จากนั้นจะส่งข้อมูลให้ส่วนถัดไป



รูปที่ 8 ตัวอย่างการตรวจจับการสัมผัส

ส่วนสร้างภาพด้วยคอมพิวเตอร์กราฟิกส์ พัฒนาด้วยกราฟิกไลบรารี OpenGL เป็นส่วนที่แสดงภาพเพื่อติดต่อผู้ใช้ และแสดงข้อมูลต่างๆพร้อมทั้งให้คำแนะนำกับผู้ใช้ ดังรูปที่ 9 ภาพที่แสดงมีลักษณะ 2 มิติ สามารถแสดงภาพแบบโปร่งใสได้ เพื่อใช้สำหรับเพิ่มคำแนะนำให้กับผู้ใช้ ทำให้ผู้ใช้สามารถอ่านคำแนะนำและเห็นรายละเอียดด้านหลังได้พร้อมกัน ภาพที่สร้างขึ้นจะถูกส่งต่อไปยังเครื่องฉายภาพโปรเจกเตอร์ เพื่อฉายภาพที่ส่วนพื้นที่ติดต่อผู้ใช้ การทำงานแบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ บทเรียน แบบฝึกหัด และแบบทดสอบ การควบคุมการทำงานโดยใช้นิ้วสัมผัสลงบนรูปกราฟิกเพื่อเลือก หรือใช้นิ้วลาก/เลื่อนที่รูปกราฟิกของ ADSR Envelop ของแหล่งกำเนิดเสียงเพื่อปรับเปลี่ยนลักษณะรูปร่างได้โดยตรง พารามิเตอร์ที่ปรับเปลี่ยนทั้งหมดจะส่งต่อไปยังส่วนการสร้างเสียงสังเคราะห์ การสัมผัสแบบหลายจุดมีการใช้งานได้ 2 ลักษณะ คือ การย่อ/ขยายกราฟของ ADSR Envelop และการใช้คีย์บอร์ดเสมือนทดสอบ

และเล่นเสียงที่สังเคราะห์ขึ้น การย่อ/ขยายกราฟ ทำโดยการใช้นิ้วสัมผัสบนโต๊ะ 2 จุดแล้วเลื่อนนิ้วเข้าหากันเพื่อย่อกราฟ หรือเลื่อนนิ้วออกจากกันเพื่อขยายกราฟเพื่อดูรายละเอียดที่ต้องการ ส่วนการเล่นเสียงที่สังเคราะห์ขึ้นมาใหม่นั้นจะแสดงภาพกราฟิกเป็นรูปคีย์บอร์ดผู้ใช้สามารถเล่นตัวโน้ตเสียงต่างๆได้พร้อมกัน จากการตรวจจับการสัมผัสพร้อมกันได้หลายตำแหน่งซึ่งตำแหน่งพิกัดของการสัมผัสจะได้รับมาจากโมดูลก่อนหน้านี้



รูปที่ 9 ภาพกราฟิกติดต่อผู้ใช้

ส่วนการสร้างเสียงสังเคราะห์ จะรับค่าพารามิเตอร์ของแหล่งกำเนิดเสียงจากโมดูลสร้างภาพด้วยคอมพิวเตอร์กราฟิก ดัง

ตารางที่ 1 จากนั้นจะสังเคราะห์เสียงด้วยวิธีมอดูเลทความถี่และแสดงผลออกทางลำโพง ส่วนนี้พัฒนาขึ้นด้วยไลบรารี STK [8]

ตารางที่ 1 แสดงพารามิเตอร์ของแหล่งกำเนิดเสียง

พารามิเตอร์	รายละเอียด
Gain	อัตราขยายความดัง
Ratio	อัตราส่วนของความถี่เทียบกับความถี่มูลฐาน
Attack time	ระยะเวลาช่วง Attack ของ ADSR Envelope
Decay time	ระยะเวลาช่วง Decay ของ ADSR Envelope
Sustain level	ระดับความดังในช่วง Sustain ของ ADSR Envelope
Release time	ระยะเวลาช่วง Release ของ ADSR Envelope

8. วิธีการดำเนินการวิจัย

ในการศึกษาได้กำหนดขั้นตอนการวิจัยดังนี้

8.1 ประชากร และตัวอย่าง

ประชากร ได้แก่ เจ้าหน้าที่ และนักศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิทยาการหุ่นยนต์และระบบอัตโนมัติของสถาบันวิทยาการหุ่นยนต์ภาคสนาม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ปี พ.ศ. 2551

กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ เจ้าหน้าที่ และนักศึกษาระดับปริญญาโทสาขาวิทยาการหุ่นยนต์และระบบอัตโนมัติ คัดเลือกโดยการสุ่มอย่างง่าย จำนวน 10 คน แบ่งเป็นผู้มีความถนัดทางดนตรี 5 คน และผู้ไม่มีความถนัดทางดนตรี 5 คน

8.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

แบบทดสอบก่อนและหลังเรียน เพื่อวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้ใช้เมื่อศึกษากับระบบต้นแบบ และแบบสอบถามความพึงพอใจในการใช้งานของระบบต้นแบบ

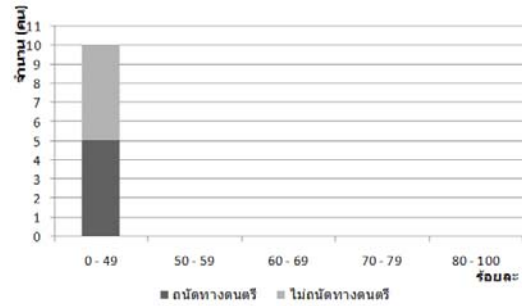
9. ผลการศึกษา

คะแนนผลการทดสอบกลุ่มตัวอย่างที่ได้ทดลองศึกษาเรื่องเสียงสังเคราะห์กับระบบความจริงเสริมที่ควบคุมการทำงานโดยการสัมผัสแบบหลายจุดแสดงดัง

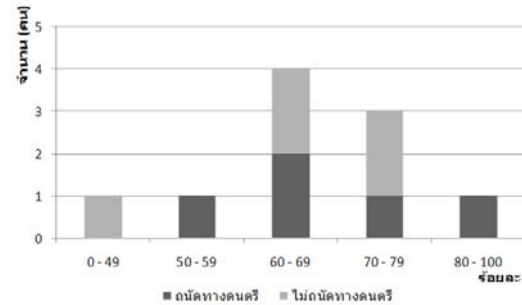
ตารางที่ 2 และสามารถเป็นกราฟได้ดังรูปที่ 10 และรูปที่ 11 เพื่อใช้เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทั้งก่อนและหลัง

ตารางที่ 2 คะแนนผู้ทดสอบของแบบทดสอบก่อนและหลังเรียน

ความถนัดทางดนตรี	คนที่	แบบทดสอบก่อนเรียน (220 คะแนน)		แบบทดสอบหลังเรียน (355 คะแนน)	
		ร้อยละ	ร้อยละ	ร้อยละ	ร้อยละ
มี	1	17	7.73	236.0	66.48
	2	18	8.18	219.5	61.83
	3	5	2.27	204.5	57.61
	4	11	5.00	255.0	71.83
	5	11.5	5.23	292.0	82.25
ไม่มี	6	7	3.18	275.5	77.61
	7	12	5.45	254.0	71.55
	8	7	3.18	238.0	67.04
	9	2	0.91	160.0	45.07
	10	16	7.27	219.5	61.83
คะแนนเฉลี่ย		10.65	4.84	235.4	66.3



รูปที่ 10 คะแนนแบบทดสอบก่อนเรียน



รูปที่ 11 คะแนนแบบทดสอบหลังเรียน

สำหรับผลการตอบแบบสอบถามเพื่อวัดความพึงพอใจของผู้ใช้ด้านการติดต่อผู้ใช้หลังจากที่ได้ทดลองกับระบบความจริงเสริมที่ควบคุมการทำงานโดยการสัมผัสแบบหลายจุดแสดงดัง

ตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการตอบแบบสอบถามความพึงพอใจด้านการติดต่อผู้ใช้

รายการประเมิน	ผลการวิเคราะห์			
	คะแนน	S.D.	แปลความ	อันดับ
ด้านการติดต่อกับผู้ใช้ (User Interface)				
ความเหมาะสมของขนาดพื้นที่การแสดงผล	3.7	0.48	ปานกลาง	5
การจัดเจนของสี และขนาดตัวหนังสือ	4.1	0.88	ดี	2
ความเข้าใจต่ออินเทอร์เฟซการทำงาน	3.4	0.97	น้อย	6
ความเหมาะสมการจัดวางตำแหน่งเมนู และปุ่มควบคุม	4.5	0.53	ดีมาก	1
ความง่ายของการปรับรูปแบบเสียง	3.8	0.79	ดี	4
ความชัดเจนของเสียง	4.1	0.88	ดี	2
ความง่ายต่อการเรียนรู้และเข้าใจการใช้งาน	3.9	1.10	ดี	3
เฉลี่ย	3.9	0.80	ดี	

10. สรุป

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอการประยุกต์ใช้ระบบความจริงเสริมที่ติดต่อกับผู้ใช้ผ่านการสัมผัสแบบหลายจุดบนพื้นผิวของโต๊ะเพื่อช่วยสำหรับการเรียนรู้เรื่องการสังเคราะห์เสียง จุดเด่นของระบบด้านการใช้งานคือ ผู้ใช้สามารถควบคุม และปรับแต่งค่าพารามิเตอร์ของแหล่งกำเนิดเสียงเพื่อสร้างเสียงสังเคราะห์ได้สะดวก โดยการใช้ปลายนิ้วสัมผัสและนิ้วลาก รวมถึงการใช้

งานด้วยการสัมผัสแบบหลายจุดซึ่งจะทำให้ผู้ใช้สามารถทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มได้ (Collaborative Working Group) และข้อดีของระบบการเชื่อมต่อผู้ใช้ที่เน้นการสัมผัสนี้ทำให้ผู้ใช้สามารถใช้งานได้อย่างกลมกลืนและเป็นธรรมชาติโดยไม่ต้องใช้อุปกรณ์เพิ่มเติมใดๆ แต่ประสิทธิภาพการตรวจสอบการสัมผัสจะลดลงหากมีแสงอินฟราเรดที่มาจากแสงแดดหรือแสงของหลอดไฟใส่เข้ามารบกวน จึงต้องใช้งานภายในห้องที่ควบคุมสภาพแสง นอกจากนี้ความเร็วในการตอบสนอง การสัมผัสยังมีความหน่วงเนื่องมาจากหน่วยประมวลผลกลาง (CPU) ต้องทำการประมวลผลหลายอย่างกระบวนการในเวลาเดียวกันทั้งการประมวลผลภาพ การสร้างภาพคอมพิวเตอร์ กราฟฟิกส์ และการสังเคราะห์เสียง ดังนั้นเพื่อให้การทำงานมีการตอบสนองเร็วขึ้น จึงอาจต้องใช้หน่วยประมวลผลกราฟฟิกส์และหน่วยประมวลผลกลางที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น

ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ของผู้ทดลองพิจารณาจากคะแนนที่ได้มากกว่าร้อยละ 70 ขึ้นไป ปรากฏว่ามีผู้ทดสอบที่ผ่านเกณฑ์คิดเป็นร้อยละ 40 ของจำนวนผู้ทดสอบทั้งหมด หากพิจารณาคะแนนเฉลี่ยของผู้ทดสอบทั้งหมดคิดเป็นร้อยละ 66.3 ดังแสดงใน

ตารางที่ 2 สำหรับ

ตารางที่ 3 ความคิดเห็นของกลุ่มตัวอย่างด้านการติดต่อผู้ใช้ได้ระดับความพอใจโดยรวม 3.9 ซึ่งแปลความหมายได้ว่าผู้ทดลองมีความเห็นในระดับดี

ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าการนำระบบความจริงเสริมที่ควบคุมการทำงานโดยการสัมผัสแบบหลายจุด สำหรับบทเรียนทางวิทยาศาสตร์ช่วยให้ผู้เรียนสามารถศึกษาด้วยตนเองได้ถึงแม้จะมีปัญหาในการตรวจสอบการสัมผัสบ้างก็ตาม

เอกสารอ้างอิง

- [1] Pangaro Gian, Maynes-Aminzade Dan, and Ishii Hiroshi, 2002, The Actuated Workbench: Computer-Controlled Actuation in Tabletop

Tangible Interfaces. **Proceedings of the 15th annual ACM symposium on User interface software and technology**. ACM Press, Paris, France.

- [2] H. Kato, K. Tachibana, M. Tanabe, T. Nakajima, and Y. Fukuda, 2003. "A City-Planning System Based on Augmented Reality with a Tangible Interface". **Mixed and Augmented Reality, 2003. Proceedings. The Second IEEE and ACM International Symposium on**, pp. 340-341.
- [3] T. H. Andersen, R. Huber, A. Kretz, and M. Fjeld, 2006. "Feel the Beat: Direct Manipulation of Sound During Playback". **Horizontal Interactive Human-Computer Systems, 2006. TableTop 2006**.
- [4] Hiroshi Ishii James Patten, Jim Hines, March 2001. "Sensetable: A Wireless Object Tracking Platform for Tangible User Interfaces". **Human factors in computing systems**, pp. 253 – 260.
- [5] Y. Han Jefferson, 2005. "Low-Cost Multi-Touch Sensing through Frustrated Total Internal Reflection". **Proceedings of the 18th annual ACM symposium on User interface software and technology**, Seattle, WA, USA, pp. 115 - 118.
- [6] Dodge & Jerse, 1997, **Computer Music: Synthesis, Composition, and Performance**, 2nd, Wadsworth Publishing, Pages. [7] <http://www.intel.com/technology/computing/opencv/>.
- [8] <http://ccrma.stanford.edu/software/stk/>.