



Smart Table : Interactive Table for Data Communication

หมายเลขอ้างอิง 26

รายชื่อสมาชิก

- | | |
|---|-----------------------|
| 1. นายธีรวัฒน์ บุญธรรมนะรุ่ง (เต็ล) 55070501018 | tletommeng@gmail.com |
| 2. นายวิทยาสุทธิกุล (เบสท์) 55070501037 | wittayasutt@gmail.com |

ที่ปรึกษา

ดร.จตุรนต์ หาญสมบูรณ์

ที่ปรึกษาร่วม

ดร.ปริยกร ปุสวิโร

ข้าพเจ้าได้อ่านรายงานและตรวจเนื้อหาของรายงานเรียบร้อยแล้ว

หัวข้อโครงการ	Smart Table : Interactive Table For Data Communication
หน่วยกิตของโครงการ	3 หน่วยกิต
จัดทำโดย	นายธีรวัฒน์ บุณธรรมณรงค์รุ่ง นายรัฐพล วิทยาสุทธิกุล
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ ดร. ชาตรุนต์ หาญสมบูรณ์
ระดับการศึกษา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชา	วิศวกรรมคอมพิวเตอร์
ปีการศึกษา	2558

บทคัดย่อ

ในปัจจุบัน เทคโนโลยีต่าง ๆ ได้เข้ามามีบทบาทสำคัญกับมนุษย์เป็นอย่างมาก โดยเฉพาะเทคโนโลยีของโทรศัพท์มือถือ, สิ่งสำคัญสิ่งหนึ่งของโทรศัพท์มือถือก็ คือ การเชื่อมต่อโทรศัพท์มือถือแต่ละเครื่องเข้าด้วยกันเพื่อทำการส่งข้อมูล และ นอกจากการเชื่อมต่อกันเองของโทรศัพท์มือถือแล้ว ผู้คนยังนิยมเชื่อมต่อโทรศัพท์มือถือเข้ากับแฟลชไดรฟ์ (Flash Drive), ลำโพง ฯลฯ แต่ในปัจจุบันยังไม่มีเทคโนโลยีใดที่ทำให้การเชื่อมต่อสิ่งเหล่านี้เป็นไปได้อย่างสะดวก รวดเร็ว และง่ายต่อการใช้งาน ซึ่งถ้าหากมีเทคโนโลยีเฉพาะเจาะจงในส่วนนี้เกิดขึ้นมา จะยิ่งเพิ่มความสะดวกสบายในชีวิต และลดเวลาในการส่งข้อมูลได้ดียิ่งขึ้น

กลุ่มของเราต้องการทำการพัฒนาเทคโนโลยีดังกล่าว เพื่อตอบสนองต่อความต้องการของมนุษย์ จึงได้วางแผนเพื่อให้ได้มาซึ่งเทคโนโลยีดังกล่าว ซึ่งสรุปได้ว่า หากมีตัวที่มีระบบสัมผัสบนพื้นผิวของໂ디ช โดยใช้เทคโนโลยีของหน้าจอสัมผัสในปัจจุบัน ประกอบกับช่องทางเชื่อมต่อของโทรศัพท์มือ หรืออุปกรณ์อื่น ๆ ทำให้อุปกรณ์เหล่านี้สามารถเชื่อมต่อกันผ่านทางໂ迪ช ดังกล่าว และมีอินเตอร์เฟซ (Interface) แสดงผลที่สวยงาม ใช้งานได้ง่าย สะดวกและรวดเร็ว กลุ่มของเราคิดว่าตัวกรรมดังกล่าวจะสามารถตอบโจทย์การใช้งานของมนุษย์ นอกจากนี้จะทำให้เราได้เรียนรู้การประดิษฐ์ตัวที่มีระบบสัมผัส โดยใช้ระบบตรวจจับ (เซ็นเซอร์) และแสดงผลโดยกล้องโปรเจคเตอร์ และเรียนรู้ถึงเทคโนโลยีการรับส่งข้อมูลของโทรศัพท์มือถือ (รวมถึงอุปกรณ์อื่น ๆ) รวมถึงการทำซอฟต์แวร์เพื่อแสดงผลของการรับส่งข้อมูลของอุปกรณ์ต่าง ๆ

โครงการดังที่กล่าวมาข้างต้นนี้ จะเป็นโครงการวิจัยเพื่อพัฒนาเทคโนโลยีใหม่ ๆ (โครงการประเภทที่ 1) และสามารถนำมาทำเป็นโครงการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่มีศักยภาพในการต่อยอดทางการค้า (โครงการประเภทที่ 2)

Project Title	Smart Table : Interactive Table For Data Communication
Project Credit	3 credits
Project Participant	Mr. Teeraphat Boonthamtanarung Mr. Ratthapon Wittayasuttikul
Advisor	Prof. Jaturon Harnsomburana, Ph.D.
Degree of Study	Bachelor's Degree
Department	Computer Engineering
Academic Year	2015

Abstract

At present, There are a lot of technologies in the world which influence human's daily life, especially mobile phone. Mobile phone is utility device but one important function is mobile phone can connect to many devices such as speaker, storage including other mobile phone. However, there is no technology to support connectivity function. If it happens, it will facilitate us for using mobile phone to connect other devices easily.

My team aims to make technology, think about style, and make a smart table which includes touch screen on table and connection port for communication. To make this table we need to learn many topics such as touch screen system, mobile phone file communication and software develop.

This project aims to research new technology and develop new potential product, namely interactive table for mobile phone business.

กิตติกรรมประกาศ

โครงการ Smart Table : Interactive Table for Data Communication นี้เสร็จสมบูรณ์ได้ ก็ด้วยความ
อนุเคราะห์จากบุคคลหลายๆ ท่าน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง อาจารย์ชาตรุนต์ หาญสมบูรณ์ และอาจารย์ปริยกร ปุสติโร⁺
อาจารย์ที่ปรึกษาทั้ง 2 ท่าน ที่ให้คำแนะนำ คำปรึกษา ตลอดจนถึงการตรวจทานและแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ จนทำให้
โครงการ และรายงานเล่มนี้ออกมาสมบูรณ์ได้

นอกจากนี้ยังมีอาจารย์อีกหลายๆ ท่านที่ให้ความเป็นห่วงในช่วงระหว่างทำโครงการ และยังช่วยสั่งสอน ให้ความรู้
ต่างๆ ตลอดช่วงเวลาใน 4 ปีการศึกษา ในมหาวิทยาลัยแห่งนี้ ทำให้โครงการนี้ออกมาสมบูรณ์ได้

ขอขอบคุณอาจารย์ทุกท่านที่เสียสละเวลาามาร่วมเป็นคณะกรรมการสอบโครงการนี้

ขอขอบคุณเพื่อนๆ ทุกคนที่เป็นห่วง และช่วยให้คำแนะนำต่างๆ ทั้งเพื่อนในภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ และ
ภาควิชาอื่นๆ รวมถึงเพื่อนคนอื่นๆ

ขอขอบคุณพี่ๆ ใน ESIC LAB ที่ให้คำแนะนำระหว่างช่วงทำโครงการนี้ รวมถึงช่วยให้ยืมอุปกรณ์ต่างๆ

ขอขอบคุณ X LAB ที่ให้ยืมอุปกรณ์ต่างๆ และสถานที่ในการทำโครงการ

และสุดท้ายขอขอบคุณครอบครัวที่เป็นกำลังใจ และเป็นแรงขับเคลื่อนให้โครงการครั้งนี้ออกมาประสบ⁺
ความสำเร็จในที่สุด

สารบัญ

บทคัดย่อ	a
Abstract	b
กิตติกรรมประกาศ	c
สารบัญ	d
รายงานรูปประกอบ	f
บทที่ 1 คำนำ	1
1.1 ที่มาของปัญหาและแนวทางการแก้ปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	2
1.4 ขั้นตอนการทำงานและระยะเวลาการดำเนินงาน	2
บทที่ 2 ที่มา ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศที่เกี่ยวข้อง	4
2.2 การทบทวนวรรณกรรมของอุปกรณ์เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนา	9
2.2.1 หน่วยรับข้อมูล (Input Unit)	9
2.2.2 การประมวลผลภาพ Image Processing	12
2.2.3 ส่วนต่อประสานกราฟิกกับผู้ใช้	13
2.2.4 สมาร์ทโฟนแอพพลิเคชัน	14
2.2.5 โพรโทคอลที่การเข้ามต่อ	14
บทที่ 3 การออกแบบและระบบวิธีวิจัย	16
3.1 อุปกรณ์เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนา	16
3.2 ภาษาและชุดเครื่องมือที่ช่วยในการพัฒนา	17
3.3 ทฤษฎีที่ใช้ในการพัฒนา	17
3.3.1 โมชั่นคอนโทรลเลอร์ (Motion controller)	17
3.3.2 การประมวลผลภาพ	19
3.3.3 WPF Application	20
3.3.4 JAVA with Android SDK	20
3.3.5 Network	21
3.4 ลักษณะซอฟต์แวร์ที่พัฒนา	22

3.5	ข้อจำกัดของซอฟต์แวร์	23
3.6	โดยละเอียดในส่วนของการทำงานของระบบ และการใช้งาน	24
3.7	โดยละเอียดภาษา UML	26
	3.7.1 Use Case Diagram	26
	3.7.2 Activity Diagram	27
	3.7.4 Sequence Diagram	28
	3.7.4 Class Diagram	31
3.8	Sketch Design	33
3.9	การออกแบบซอฟต์แวร์	34
3.10	การออกแบบการส่งข้อมูล	43
บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล		45
4.1	ซอฟต์แวร์	45
	4.1.1 ซอฟต์แวร์ด้านการประมวลผลภาพ	45
	4.1.2 ซอฟต์แวร์บนสมาร์ทโฟน Android	50
	4.1.3 ซอฟต์แวร์ส่วนต่อประสานกราฟิกกับผู้ใช้	51
	4.1.4 ซอฟต์แวร์ส่วนเชื่อมต่อระหว่างสมาร์ทโฟนและคอมพิวเตอร์	57
4.2	การประกอบชิ้นส่วน	58
	4.2.1 การประกอบโดยใช้เข้ากับプロジェกเตอร์	59
	4.2.2 การประกอบโดยใช้เข้ากับ Microsoft Kinect	60
	4.2.3 การ Mapping ระหว่างプロジェกเตอร์ และ Microsoft Kinect	62
4.3	ชิ้นงานที่เสร็จสมบูรณ์	62
บทที่ 5 บทสรุป		65
5.1	ตารางแสดงความคืบหน้าของการทำโครงการ	65
5.2	ปัญหาที่พบและแนวทางในการแก้ไข	66
5.3	แนวทางการพัฒนาในอนาคต	67
5.4	การนำโปรแกรมไปใช้งาน	67
บรรณานุกรม		68

รายการรูปประกอบ

รูปที่ 2.1 Microsoft PixelSense	5
รูปที่ 2.2 หลักการทำงานของ Microsoft PixelSense	5
รูปที่ 2.3 TwinTable	6
รูปที่ 2.4 การวางแผนตำแหน่งต่าง ๆ ของ TwinTable	6
รูปที่ 2.5 Duet Multitouch Coffee Tables	6
รูปที่ 2.6 Tangible Musical Interfaces	7
รูปที่ 2.7 Optical Touchscreen	9
รูปที่ 2.8 Touch frames	10
รูปที่ 2.9 Kinect	10
รูปที่ 2.10 Leap Motion	11
รูปที่ 3.1 Diagram การทำงานของ Kinect for Xbox 360	18
รูปที่ 3.2 ระยะภาพความลึกที่ Kinect for Xbox 360 สามารถตรวจจับได้	18
รูปที่ 3.3 ภาพปกติ, ภาพ grayscale และภาพ thresholding	19
รูปที่ 3.4 Blob Coloring โดยนำกรอบมาครอบภาพที่ไม่ติดกัน	19
รูปที่ 3.5 Template Matching	20
รูปที่ 3.6 ไดอะแกรมโดยรวม	24
รูปที่ 3.7 ไดอะแกรมส่วนประมวลผลภาพ	25
รูปที่ 3.8 ไดอะแกรมการส่งข้อมูลระหว่างสมาร์ทโฟน-สมาร์ทโฟน	25
รูปที่ 3.9 Use Case Diagram	26
รูปที่ 3.10 Activity Diagram	27
รูปที่ 3.11 Sequence Diagram (Browse File)	28
รูปที่ 3.12 Sequence Diagram (Delete File)	29
รูปที่ 3.13 Sequence Diagram (Copy/Move File)	30
รูปที่ 3.14 Class Diagram	31
รูปที่ 3.15 Sketch design ของ SmartTable	33
รูปที่ 3.16 ซอฟต์แวร์ Android : หน้าจอเริ่มต้น และ หน้าจอ CONNECTING รอการเชื่อมต่อ	34
รูปที่ 3.17 ซอฟต์แวร์ Android : หน้าจอเชื่อมต่อ	35

รูปที่ 3.18 ซอฟต์แวร์ Android : ไอคอน	35
รูปที่ 3.19 ซอฟต์แวร์ Windows : หน้าจอเริ่มต้น	
36	
รูปที่ 3.19 ซอฟต์แวร์ Windows : เมื่อวางสมาร์ทโฟน	36
รูปที่ 3.20 ซอฟต์แวร์ Windows : หน้าจอมenuหลัก Smartphone Mode เชื่อมต่อสมาร์ทโฟน 1 เครื่อง	37
รูปที่ 3.21 ซอฟต์แวร์ Windows : เข้าสู่เมนู Files	38
รูปที่ 3.22 ซอฟต์แวร์ Windows : เข้าสู่เมนู Photos	38
รูปที่ 3.23 ซอฟต์แวร์ Windows : เมื่อทำการเลือกไฟล์	39
รูปที่ 3.24 ซอฟต์แวร์ Windows : เมื่อทำการเปิดไฟล์	39
รูปที่ 3.25 ซอฟต์แวร์ Windows : หน้าจอมenuหลัก เชื่อมต่อสมาร์ทโฟน 1 เครื่อง	40
รูปที่ 3.26 ซอฟต์แวร์ Windows : ระหว่างรอทำการคัดลอกไฟล์	40
รูปที่ 3.27 ซอฟต์แวร์ Windows : ทำการคัดลอกไฟล์สำเร็จ	41
รูปที่ 3.28 ซอฟต์แวร์ Windows : ปรากฏไอคอน “TABLE”	42
3.29 ซอฟต์แวร์ Windows : เข้าสู่ PC Mode	42
3.30 ซอฟต์แวร์ Windows : เข้าสู่ PC Mode	42
3.31 ซอฟต์แวร์ Windows : หน้าจอมenuหลัก PC Mode	43
3.32 แผนภาพขั้นตอนการเชื่อมต่อ	44
4.1 โลโก้ของ OpenNI, NiTE	45
4.2 ภาพโฆษณา Kinect SDK ซึ่งทำอุปกรณ์ให้กับ Kinect for Windows	46
4.3 ลักษณะการใช้งานของ การประมวลผลภาพของมือ	47
4.4 ลักษณะการใช้งานของ การประมวลผลภาพของมือ	47
4.5 Depth Image	48
4.6 Threshold Image	48
4.7 Blob Coloring Image	48
4.8 Split Image	48
4.9 พิกัดของมือ	49
4.10 ระบบประมวลผลภาพของมือ	49
4.11 การระบุพิกัดของสมาร์ทโฟน	50
4.12 หน้าจอเริ่มต้น	51

4.13 ແອນໄມເຂັ້ມແສດງໜ້າຈອເຂົ້າສູ່ກາຣເຂື່ອມຕ່ອ	52
4.14 ເຂື່ອມຕ່ອເສັ່ງສມບູຮົນ	52
4.15 ເວີມຕັນ PC Mode	53
4.16 ເຂົ້າສູ່ PC Mod	53
4.17 PC Mode	53
4.18 ເລືອກເຂົ້າ Folders	54
4.19 ເລືອກເຂົ້າ Pictures	54
4.20 ເລືອກເຂົ້າ Music	54
4.21 ເລືອກເຂົ້າ Videos	54
4.22 ເລືອກເປີດໄຟລ໌ຮູບພາພ	55
4.23 ເປີດໄຟລ໌ຮູບພາພ	55
4.24 ເຂື່ອມຕ່ອເຄື່ອງທີ 2	55
4.25 ສົ່ງໄຟລ໌	55
4.26 ເປີດພາພທີ່ຕ້ອງກາຣຈະລບ	56
4.27 ລບໄຟລ໌	56
4.28 ຂາດຂອງໂຕີ່ຂ	58
4.29 ໂຄງໂຕີ່ຂ	58
4.30 ໂຄງໂຕີ່ຂ ເຖິຍບກັບສມາຮທໂຟນໜາດໜ້າຈອ 4 ນິ້ວ	59
4.31 ວັດມຸມໂປຣເຈົດເຕັອຮທີ່ເໝາະສົມ	59
4.32 ວັດມຸມໂປຣເຈົດເຕັອຮທີ່ເໝາະສົມ	59
4.33 ຊາດັ່ງ	60
4.34 ປະກອບເສັ່ງ	60
4.35 ຊາດັ່ງກລັ້ອງ	60
4.36 ໄນ້ເຊລື່ີ	60
4.37 ປະກອບຊາດັ່ງກລັ້ອງແລະ ໄນ້ເຊລື່ີເຂົ້າດ້ວຍກັນ	61
4.38 ຜອົບແວ່ງ Calibration	62
4.39 ຊິ້ນງານທີ່ເສັ່ງສມບູຮົນ	62
4.40 ຊິ້ນງານທີ່ເສັ່ງສມບູຮົນ	62
4.41 ຊິ້ນງານທີ່ເສັ່ງສມບູຮົນ	63

4.42 ชิ้นงานที่เสร็จสมบูรณ์	63
4.43 ชิ้นงานที่เสร็จสมบูรณ์	63
4.44 ชิ้นงานที่เสร็จสมบูรณ์	64
4.45 ชิ้นงานที่เสร็จสมบูรณ์	64
4.46 ชิ้นงานที่เสร็จสมบูรณ์	64

บทที่ 1 คำนำ

1.1 ที่มาของปัญหาและแนวทางการแก้ปัญหา

ปัจจุบันมีผู้พัฒนา Smart Table ประเภทแสดงผลข้อมูลสารสนเทศ (Display Information) อยกามากมาย โดยรูปแบบการใช้งานของมันเน้นไปใช้งานในทางแสดงผลข้อมูลและใช้จอทัชสกรีน (touch screen) เป็นหลัก ด้วย ข้อจำกัดของพิ้งก์ชั้นที่ไม่多く และราคาที่ค่อนข้างสูงของจอทัชสกรีน ทำให้การนำไปใช้งานของ Smart Table ไม่ค่อยเป็นที่แพร่หลายนัก ส่วนมากเราจะสามารถเห็นได้ตามพิพิธภัณฑ์ต่าง ๆ กลุ่มของเราเองเห็นว่าหากเราพัฒนา Smart Table ใหม่ขึ้นมาที่มีพิ้งก์ชั้นการใช้งานที่หลากหลายขึ้น และมีราคาที่ถูกลงได้จะทำให้ Smart Table เป็นที่แพร่หลายขึ้น

จากการสังเกตพฤติกรรมของมนุษย์ในปัจจุบัน สิ่งหนึ่งที่เปรียบเสมือนปัจจัยใหม่ของมนุษย์ คือ สมาร์ทโฟน (Smartphone) ซึ่งเป็นตัวเลือกที่น่าสนใจในการนำมาประยุกต์กับ Smart Table เพราะว่าสมาร์ทโฟนมีข้อมูล และสารสนเทศต่าง ๆ อุปกรณ์ใน เช่น ภาพ, เพลง, วิดีโอ หากเราทำให้ Smart Table เป็นศูนย์กลาง (Media Center) ในการแสดงผลข้อมูลภายในสมาร์ทโฟน และสามารถรับส่งข้อมูลของสมาร์ทโฟนหลาย ๆ เครื่อง (Data Communication) ได้ผ่านทาง Smart Table โดยการนำสมาร์ทโฟนมาวางไว้บนโต๊ะ และแสดงผลข้อมูลต่าง ๆ ภายในสมาร์ทโฟนลงบนจอแสดงผลของ Smart Table ซึ่งจะใช้เทคนิคของ Image Processing ในการจับตำแหน่งของสมาร์ทโฟนบนโต๊ะ และประมวลผลข้อมูลในคอมพิวเตอร์ จากนั้นแสดงผลออกบนโต๊ะผ่านทาง Projector และใช้กล้องในการจับการเคลื่อนไหวของแขนผู้ใช้งานแทนจอทัชสกรีน ซึ่งการนำเทคโนโลยีนี้มาใช้จะมีราคาที่ประหยัด และสามารถใช้ได้ในทุกสถานที่แม้แต่ที่ที่มีแสงสว่างมากก็ตาม โดยสมาร์ทโฟนที่นำมาใช้งานจะเป็นสมาร์ทโฟนในระบบปฏิบัติการ Android ซึ่งสามารถนำมาใช้ในการรับส่งข้อมูล (Data Communication) ได้จ่าย

โครงการนี้เป็นโครงการประเภทการวิจัย และสามารถนำไปเป็นผลิตภัณฑ์ทางการค้าที่มีศักยภาพ กลุ่มของเราคาดหวังว่าหลังจากการพัฒนาโครงการนี้ขึ้นมาจะทำให้เทคโนโลยีของ Smart Table ตื่นตัวมากขึ้นและสามารถนำโครงการนี้เข้าสู่ตลาดได้ในอนาคต

1.2 วัตถุประสงค์

1. จัดสร้างโต๊ะที่มีคอมพิวเตอร์ในการประมวลผลการใช้งาน
2. พัฒนาระบบตรวจจับการเคลื่อนไหวของมือ
3. พัฒนาระบบตรวจจับตำแหน่งของสมาร์ทโฟน
4. พัฒนาแอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟนเพื่อระบุตัวตนของเครื่องนั้น ๆ ในการเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์
5. พัฒนาระบบเชื่อมต่อข้อมูลระหว่างสมาร์ทโฟนกับคอมพิวเตอร์
6. พัฒนาซอฟแวร์แสดงส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ (GUI) ซึ่งแสดงข้อมูลภายในสมาร์ทโฟนลงบนโต๊ะ
7. พัฒนาระบบเล่นไฟล์รูปภาพ, เสียง, วิดีโอ จากสมาร์ทโฟนออกสู่โต๊ะ

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1. เชื่อมต่อระหว่าง Smart Table กับสมาร์ทโฟนที่เป็นระบบปฏิบัติการ Android เวอร์ชัน 4.0 ขึ้นไปเท่านั้น
2. สมาร์ทโฟนที่เชื่อมต่อต้องเปิดแอปพลิเคชันของทางโครงงานอยู่ตลอดเวลาที่ทำการเชื่อมต่อ
2. รองรับการเชื่อมต่อกับสมาร์ทโฟนพร้อมกันไม่เกิน 2 เครื่อง
3. เล่นไฟล์รูปภาพ, เสียง, วิดีโอ ได้เฉพาะบางนามสกุล (format)

1.4 ขั้นตอนการทำงานและระยะเวลาการดำเนินงาน

1. พัฒนาระบบตรวจจับความเคลื่อนไหวของมือโดยใช้กล้อง และ Image Processing Techniques
2. พัฒนาระบบตรวจจับตำแหน่งโทรศัพท์โดยใช้ Image Processing Techniques
3. พัฒนา Prototype ของแอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟน Android
4. ออกแบบ UX/UI ของ Smart Table และทดสอบ
5. พัฒนาระบบรับส่งข้อมูลของคอมพิวเตอร์ และสมาร์ทโฟน
6. พัฒนาซอฟแวร์แสดงส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ และแสดงออกทาง Projector
7. ตรวจสอบ และแก้ไขข้อผิดพลาด
8. Smart Table

บทที่ 2 ที่มา ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศที่เกี่ยวข้อง

จากการทำการสำรวจเทคโนโลยี Smart Table ที่มีอยู่ในปัจจุบัน มีเทคโนโลยีหลาย ๆ ตัวที่มีลักษณะคล้ายคลึงกับโครงงานนี้ คณะผู้จัดทำจึงทำการทบทวนวรรณกรรมของเทคโนโลยีเหล่านั้น และในท้ายสุดจะทำการเปรียบเทียบข้อแตกต่างระหว่างแต่ละตัว เทคโนโลยีที่จะนำมาพูดถึงมีดังต่อไปนี้

2.1.1 Microsoft PixelSense

PixelSense เป็นเทคโนโลยีที่ Wikipedia ให้คำนิยามมั่นว่า Interactive Surface Computing Platform ดังรูปที่ 2.1 และในข่าวหลาย ๆ สำนักให้ชื่อเล่นมั่นว่า “โต๊ะทำงานแห่งอนาคต” โดยในเวอร์ชั่นแรกนั้นมีวางขายในปี ค.ศ.2008 ใช้ชื่อว่า Microsoft Surface ก่อนที่จะมีเวอร์ชั่น 2 ตามมา ซึ่งจัดจำหน่ายโดย Samsung ในชื่อ Samsung SUR40 with Microsoft PixelSense ในปี ค.ศ.2012 (เปลี่ยนชื่อจาก Surface เป็น PixelSense เนื่องจากชื่อ Microsoft Surface นำไปใช้กับอุปกรณ์อีกชนิดหนึ่ง) PixelSense นั้นเป็นเทคโนโลยีที่ไม่ได้จัดจำหน่ายตามห้องตลาดทั่วไป ผู้ที่ต้องการใช้งาน จะต้องสั่งเฉพาะกับทาง Microsoft โดยราคาเริ่มต้นอยู่ที่ 8,400 USD (ประมาณ 300,000 บาทไทย *) และสำหรับผู้ที่ซื้อไปใช้และต้องการนำไปพัฒนาต่อ ทาง Microsoft ก็มี SDK **) ให้ รุ่นล่าสุดมีชื่อว่า Microsoft Surface 2.0 Software Development Kit

PixelSense สำหรับเวอร์ชั่น 2 (ปี 2012) นั้นจะมีขนาดหน้าจอ 40 นิ้ว Full HD ส่วนในทาง Specification ผู้สั่งสามารถกำหนดได้เอง สามารถลองรับ Multitouch ได้โดยใช้ IR back light ในการให้แสง และใช้ LCD ผสมกับ sensor ในการรับค่า เมื่อเกิดการสัมผัสของพื้นผิว จะเกิด light reflected จากจุดสัมผัสทำให้ sensor รับค่าและรู้ว่าเกิดการสัมผัสที่บริเวณนั้น จากนั้น sensor จะเปลี่ยน light signal ไปเป็น Electrical signal จากนั้นจะแปลงเป็นรูปภาพว่ามีการสัมผัสที่จุดไหนบ้าง และใช้ Image Processing Techniques เพื่อให้ได้จุดสัมผัสที่แม่นยำ ดังรูปที่ 2.2

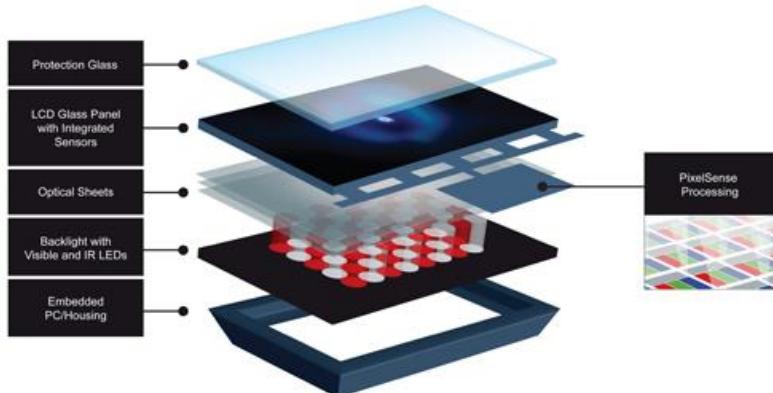
นอกจากนี้ PixelSense ยังสามารถรับรู้ถึงรูปทรงที่สัมผัส (object recognition) ได้ เช่น 旺ก้อนสีเหลือง ก็จะรู้ว่าบริเวณนี้มีก้อนสีเหลืองอยู่ หรือว่าโทรศัพท์มือถือก็จะรู้ว่าเป็นโทรศัพท์มือถือ แต่ถ้าโทรศัพท์มือถือรุ่นเดียวกัน 2 เครื่องจะไม่สามารถแยกได้ว่า เครื่องไหนเป็นเครื่องเบอร์ 1 หรือเบอร์ 2 [1]

* อัตราแลกเปลี่ยน ณ วันที่ 18 พฤษภาคม พ.ศ.2558 , ** Software Development Kit



รูปที่ 2.1 Microsoft PixelSense

[Source: https://en.wikipedia.org/wiki/Microsoft_PixelSense]



รูปที่ 2.2 หลักการทำงานของ Microsoft PixelSense

[Source: <https://www.microsoft.com/en-us/pixelsense/pixelsense.aspx>]

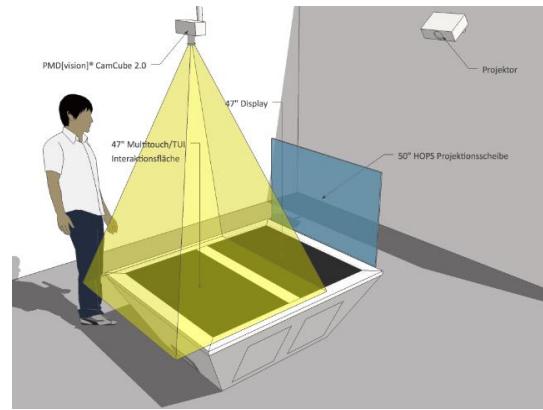
2.1.2 TwinTable

เป็น Smart Table ที่พัฒนาขึ้นมาโดย RheinMain University ประเทศเยอรมนี โดยพัฒนาให้ Smart Table มีประสิทธิภาพที่ดี และราคาที่ถูก (ผู้พัฒนาพูดถึง Samsung SUR40 with Microsoft PixelSense ที่มีราคาสูง) ซึ่ง TwinTable ไม่มีว่างขายตามห้องตลาด ดังรูปที่ 2.3

TwinTable นั้นใช้อุปกรณ์ที่หาได้ทั่วไปในการพัฒนาขึ้นมา เช่น ใช้ Mac Mini เป็น Processor ในการประมวลผลต่าง ๆ ใช้ IR light และ TFT screen ในการทำ Touchscreen Panel และใช้ Projector ในการฉายภาพเพื่อให้แสดงผล นอกจากนี้ TwinTable ยังมีการออกแบบที่ต้องของภาพ การวาง Projector หรือการตั้งกล้องอย่างมีประสิทธิภาพเพื่อให้ได้ Smart Table ที่มีคุณภาพที่ดี ดังรูปที่ 2.4 และนอกจากความสามารถในการรองรับ Multitouch และยังสามารถรับรู้ถึงรูปทรงที่สัมผัส (Object Recognition) ได้อีกด้วย [2]



รูปที่ 2.3 TwinTable



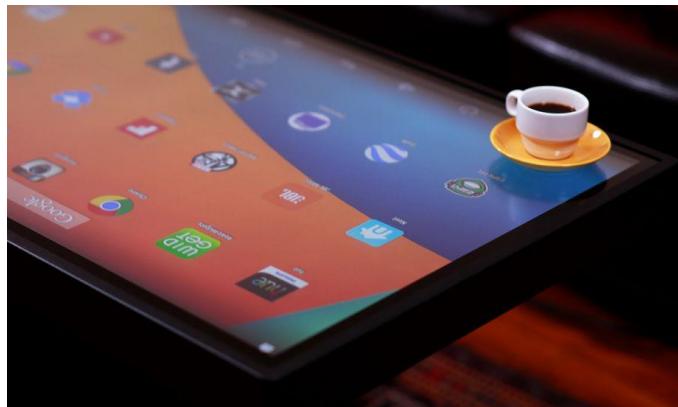
รูปที่ 2.4 การวางแผนทำแห่งต่าง ๆ ของ TwinTable

[Source: <http://johannesluderschmidt.de/the-twintable-a-multi-touch-tabletop-system-for-tangible-interaction/2048/>]

2.1.3 Duet Multitouch Coffee Tables

Smart Table จากบริษัท ideum ซึ่งเป็น Smart Table ดังรูปที่ 2.5 ที่รองรับระบบปฏิบัติการยอดนิยม 2 อย่าง คือ Windows 8 และ Android และใช้ Capacitive Touch เป็น Touchscreen Panel โดยรวมของ Smart Table ตัวนี้จะเหมือนกับ Tablet ที่มีขนาดขยายใหญ่ขึ้น โดยมีขนาดให้เลือก 2 ขนาด คือ 42 นิ้ว และ 46 นิ้ว ความละเอียด Full HD รองรับ 50 จุด touchscreen สำหรับ Windows 8 และ 10 จุดสำหรับ Android

Duet Multitouch Coffee Tables มีราคาทางจำหน่ายเริ่มต้นที่ 7,950 USD (ประมาณ 280,000 บาทไทย*)^[3]



รูปที่ 2.5 Duet Multitouch Coffee Tables

[Source: <http://ideum.com/touch-tables/platform-coffee/>]

* อัตราแลกเปลี่ยน ณ วันที่ 18 พฤศจิกายน พ.ศ.2558

2.1.4 Tangible Musical Interfaces

ถูกพัฒนาครั้งแรกโดย MIT ในปี 2002 และมีพัฒนาต่อมาเรื่อยๆ โดยมีคุณสมบัติหลักในด้านดูนตรี การใช้งาน คือจะมี Block ที่มีหน้าตาแตกต่างกัน เมื่อวาง Block นั้นๆ ลงไปจะทำให้เกิดเสียงดนตรีที่แตกต่างกันตามแต่ละ Block และภายในหน้าจอของ Smart Table จะมีการแสดงผลแสงสีต่างๆ ทำให้ดูสวยงาม ดังรูปที่ 2.6 อุปกรณ์ขึ้นนี้ถูกพัฒนา เพื่อเป็นงานวิจัยส่งเสริมการเรียนรู้ของนักศึกษาจึงไม่มีการนำไปวางขาย

ภายในการพัฒนา Tangible Musical Interfaces นั้นจะใช้คอมพิวเตอร์โดยทั่วไปในการประมวลผล และใช้ หลักการของ IR back light ใน การให้แสง และใช้กล้องในการจับแสงเพื่อบอกตำแหน่งของนิ้วมือ หรือวัตถุที่นำมาวาง ข้อเสียของมันจึงเกิดมาจากการของ IR back light ที่เมื่อใช้ในที่สว่าง กล้องจะไม่สามารถจับได้ เพราะแสงของ IR back light จะกลมกลืนกับแสงทั่วไปทำให้มีรูปร่างที่ชัดเจน จึงไม่สามารถใช้ในที่สว่างได้ [4]



รูปที่ 2.6 Tangible Musical Interfaces

[Source: <http://modin.yuri.at/tangibles/?list=1>]

ตาราง 2.1 เปรียบเทียบคุณสมบัติของเทคโนโลยีแต่ละชนิด

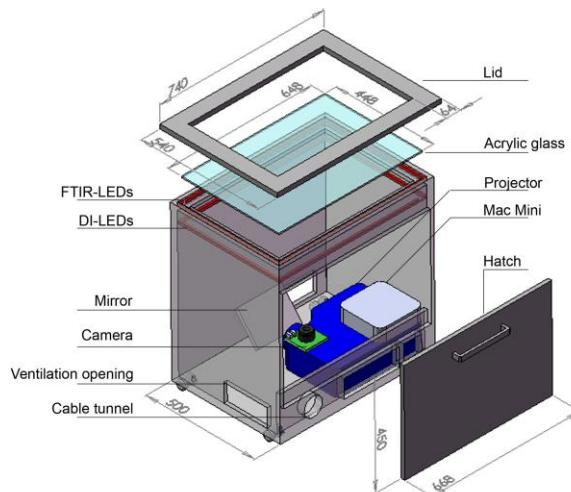
ชื่อ	ส่วนรับข้อมูลของผู้ใช้	คุณสมบัติเด่น	ประโยชน์
Smart Table : Interactive Table for Data Communication	Hand Detection with Kinect	- Smartphone synchronization - File transfer - Media player (files from PC and Smartphone)	เพื่อการวิจัย
Samsung SUR40 with Microsoft PixelSense	IR Touchscreen	- PixelSence Application - Object Recognition - Media player (files from PC only)	เพื่อการค้าขาย ราคาประมาณ 300,000 บาท
TwinTable	IR Touchscreen	- Object Recognition	เพื่อการวิจัย
Duet Multitouch Coffee Tables	Capacitive Touchscreen	- support Windows 8 and Android OS	เพื่อการค้าขาย ราคาประมาณ 280,000 บาท
Tangible Musical Interfaces	IR Touchscreen	- Electronic musical instrument - Object Recognition	เพื่อการวิจัย

2.2 การทบทวนวรรณกรรมของอุปกรณ์เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนา

2.2.1 หน่วยรับข้อมูล (Input Unit)

2.2.1.1 Optical Touchscreen

เป็นการทำ Touchscreen โดยใช้แหล่งกำเนิดรังสี IR (Infrared) ปล่อยจากด้านล่างขึ้นไปยังพื้นผิวสัมผัสด้านบน และมีกล้องในการรับรังสี IR เมื่อมีผู้ใช้มาสัมผัสที่จุดบนผิวสัมผัส จะทำให้รังสี IR ที่ผิวสัมผัสสูญเสียเปลี่ยนไป กล้องจะจับภาพการเปลี่ยนไปของรังสี IR และส่งไปยังคอมพิวเตอร์ คอมพิวเตอร์จะประมวลผลการเปลี่ยนไปของรังสี IR และจะบอกได้ว่าผู้ใช้นั้นสัมผัสที่จุดไหน ดังรูปที่ 2.7 วิธีนี้เป็นที่นิยมใช้ใน Smart Table ตามพิพิธภัณฑ์ แต่วิธีนี้มีข้อเสียคือไม่สามารถใช้ในพื้นที่ที่มีแสงมากได้ เนื่องจากแสงโดยทั่วไปจะรบกวนแสงจากรังสี IR ทำให้กล้องที่จับรังสี IR นั้นจับภาพรังสีผิดเพี้ยนไป ตามพิพิธภัณฑ์ที่ใช้วิธีนี้จึงจะทำบริเวณที่มี Smart Table เป็นห้องมืดไม่มีแสงไฟ [5]

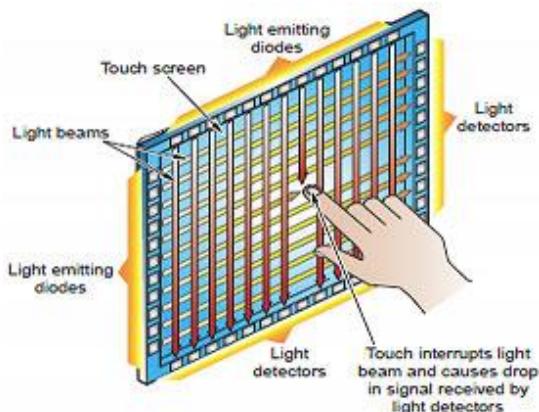


รูปที่ 2.7 Optical Touchscreen

[Source: <https://johannesluderschmidt.de/the-multi-touch-table-virttable/153>]

2.2.1.2 Touch frames

เป็นการทำ touchscreen อีกรูปแบบหนึ่งซึ่งลักษณะเป็นกรอบ นำไปติดกับจอแสดงผลธรรมดานี้ไม่ได้เป็น touchscreen จอแสดงผลนั้นจะกลายเป็น touchscreen ขึ้นมา โดยหลักการของมันจะเป็นการนำ IR จากด้านล่างย้ายมาด้านข้าง ซึ่งด้านหนึ่งของกรอบจะเป็นแหล่งกำเนิดรังสี ส่วนอีกด้านหนึ่งจะเป็นกล้องรับรังสี เมื่อผู้ใช้ทำการสัมผัสที่จอแสดงผลจะเป็นการปิดทางเดินทางของ IR และจะทำการประมวลผลจุดที่แสงหายไป ทำให้รู้ว่าจุดนั้นมีการสัมผัสเกิดขึ้น ดังรูปที่ 2.8 เทคโนโลยีนี้ถูกนำมาใช้ตามพิพิธภัณฑ์บางแห่งในสมัยใหม่ และค่อนข้างมีราคาที่สูงมาก [6]



รูปที่ 2.8 Touch frames

[Source: <http://www.touchescreen-me.com/technologies-comparison-infrared.php>]

2.2.1.3 Kinect

เป็นโนมูลค่าของเทคโนโลยีที่พัฒนาโดยบริษัท Microsoft เพื่อใช้เป็นอุปกรณ์เสริมในการควบคุมเครื่องเล่นเกม Xbox 360 การทำงานจะมีแหล่งกำเนิด IR และกล้อง 2 ตัว ดังรูปที่ 2.9 ทำงานควบคู่กันเพื่อบอกตำแหน่งของผู้ใช้ ตัวของ Kinect นั้นถูกประยุกต์ใช้ในหลาย ๆ อย่างมากกว่าการเล่นเกม เช่น เพื่อการออกกำลังกาย, เพื่อควบคุมการทำงานในอุปกรณ์บางชนิด ซึ่งในที่นี้เราจะนำมาควบคุมการทำงานของมือ ข้อเสียของ Kinect คือหากนำมาควบคุมการทำงานของมืออาจจะไม่เสถียรเท่าการใช้อุปกรณ์ที่ทำมาเพื่อใช้ในลักษณะนี้โดยเฉพาะ [7]



รูปที่ 2.9 Kinect

[Source: <http://gizmodo.com/5563047/what-is-xbox-360-kinect>]

2.2.1.4 Leap Motion

เป็นโมฆะน์คอนโทลเลอร์ที่ออกแบบมาเพื่อรับค่าของมือโดยเฉพาะ สามารถรับค่าในแกน X, Y, Z ได้อย่างเสถียร ในระดับนิวเม็ค Leap Motion ตั้งรูปที่ 2.10 เป็นที่นิยมมากในช่วงที่เปิดตัวออกมาใหม่ ๆ จนบริษัทผลิต laptop บางยี่ห้อ นำ Leap Motion มาเป็นส่วนหนึ่งของ laptop ยี่ห้อตนเอง (built-in) แต่จนถึงช่วงหนึ่งก็เลิกนิยมไป เนื่องจากข้อจำกัด หลาย ๆ ด้านของ Leap Motion เช่น ระยะที่สั้นที่การจับการเคลื่อนไหว [8]



รูปที่ 2.10 Leap Motion

[Source: <http://store-us.leapmotion.com/products/leap-motion-controller>]

ตาราง 2.2 เปรียบเทียบคุณสมบัติเทคโนโลยีรับข้อมูลแต่ละชนิด

ชื่อ	การรับข้อมูล	ข้อจำกัดของการใช้	ราคา
Optical Touchscreen	Touchscreen	ในที่แสงสว่างน้อยเท่านั้น	ไม่เกิน 10,000 บาท
Touch frames	Touchscreen	รับข้อมูลของวัตถุไม่ได้ (ได้เฉพาะนิวเม็ค)	40 นิวประمام 30,000 บาท
Kinect	Motion controller	รับข้อมูลโดยละเอียดไม่เสถียร (เช่นนิวเม็ค)	4,000 บาท
Leap Motion	Motion controller	ระยะรับข้อมูลสั้นมาก	3,000 บาท

เหตุผลที่เลือก Kinect เนื่องจากเราไม่ต้องการความละเอียดที่มากนัก และราคาไม่แพงมากนัก

2.2.2 การประมวลผลภาพ Image Processing

2.2.2.1 OpenCV

เป็น open source ของ Image processing library ที่เป็นที่นิยม มี method อยู่ ๆ ให้เลือกเยอะ และมีประสิทธิภาพมาก สามารถประมวลภาพได้เร็ว แม้แต่ภาพเคลื่อนไหวก็ตาม OpenCV แต่เดิมแล้วถูกพัฒนาโดยภาษา C++ แต่ก็มีผู้พัฒนาหลายทำ wrapper * ให้ OpenCV สามารถนำไปใช้กับภาษาอื่นได้ เช่น C# [9]

2.2.2.2 The Cimg

เป็น open source ของ Image processing library ข้อดีที่ทางผู้พัฒนาได้บอกไว้ คือ มีขนาดที่เล็กทำให้โปรแกรมที่นำไปใช้ไม่เปลืองเนื้อที่มาก ซึ่งหมายความว่ามีพื้นที่จำกัดในการพัฒนา ข้อเสียของ The Cimg คือไม่ค่อยเป็นที่นิยมเท่า OpenCV จึงไม่มีผู้นำ去做 wrapper ออกแบบมาเป็นภาษาอื่นมากนัก เช่น C# ก็ไม่สามารถใช้ได้ [10]

ตาราง 2.3 เปรียบเทียบคุณสมบัติเทคโนโลยีการประมวลผลภาพแต่ละชนิด

ชื่อ	platforms	ภาษาที่รองรับ	ข้อดี
OpenCV	หลากหลาย (Windows ได้)	C,C++ และมี wrapper มากมายทำให้ใช้ภาษาอื่น ๆ ได้ เช่น Python, C#	มี method ให้เลือกเยอะ
The Cimg	หลากหลาย (Windows ได้)	C,C++	ขนาดเล็ก

เหตุผลที่เลือก OpenCV เพราะมี wrapper สำหรับภาษา C# และมี method ให้เลือกใช้เยอะ

* การเขียนโค้ดมาคลุม ให้นำ library ของภาษาหนึ่ง ไปใช้กับภาษาอื่นๆ ได้

2.2.3 ส่วนต่อประสานกราฟิกกับผู้ใช้

2.2.3.1 JavaFX

เป็น framework สำหรับพัฒนาส่วนต่อประสานกราฟิกกับผู้ใช้ของภาษา Java ลักษณะคล้าย ๆ Javascript และเพิ่มความสามารถในการแสดงสื่อมีเดียต่าง ๆ เช่นแสดงรูปภาพ การทำแอนิเมชันเคลื่อนไหวของภาพ ลักษณะของ JavaFX จะไม่แยกส่วนของ view (code ในส่วนต่อประสานกราฟิก) กับ controller (code ในส่วนประมวลผล) ออกจากกันชัดเจน [11]

2.2.3.2 WPF : Windows Presentation Foundation

เป็น framework สำหรับพัฒนาส่วนต่อประสานกราฟิกกับผู้ใช้ของภาษา C# พัฒนาโดยบริษัท Microsoft ลักษณะของ WPF จะแยกส่วน layout ออกแบบจากส่วนประมวลผลชัดเจน และใช้ภาษา XAML (ภาษา Markup) ในการเขียนส่วนนี้ และในส่วนประมวลผลจะใช้ภาษา C# [12]

ตาราง 2.4 เปรียบเทียบคุณสมบัติของส่วนต่อประสานกราฟิกกับผู้ใช้แต่ละชนิด

ชื่อ	ใช้สำหรับภาษา	ลักษณะ	ข้อดี
JavaFX	Java	ไม่แยกส่วนของ view กับ controller	สามารถทำ data-binding ด้วยภาษา Java ได้เลย
WPF	C#	แยกส่วนของ view กับ controller ชัดเจน	data-binding ทำโดยใช้ XAML

เหตุผลที่เลือก WPF เพราะมีผู้พัฒนาใช้ C# ในการพัฒนาส่วนของ Image processing จึงใช้ WPF เพื่อให้ง่ายต่อการพัฒนาโดยรวม

2.2.4 สมาร์ทโฟนแอพพลิเคชั่น

2.2.4.1 Android

เป็นระบบปฏิบัติการบน Smartphone พัฒนาโดยบริษัท Google เป็นระบบปฏิบัติการแบบ Open Source รองรับ Smartphone ได้หลากหลาย [13]

2.2.4.2 iOS

เป็นระบบปฏิบัติการบน Smartphone พัฒนาโดยบริษัท Apple Inc. เป็นระบบปฏิบัติการแบบ Close Source ใช้งานกับ iPhone, iPad หรืออุปกรณ์ที่อยู่ภายใต้บริษัท Apple Inc. เท่านั้น [14]

ตาราง 2.5 เปรียบเทียบคุณสมบัติของสมาร์ทโฟนแอพพลิเคชั่นแต่ละชนิด

ชื่อ	Customizability	Programmed in	Storage	Device Price
Android	สามารถ customize ได้ หลากหลาย	C,C++,JAVA	สามารถเข้าถึงไฟล์ในเครื่องได้โดยตรง	ต่ำ - สูง
iOS	มีข้อจำกัด หากไม่ทำ การ jailbreak	C,C++,Objective-C, Swift	มีการป้องกันเข้าไฟล์ ในตัวมันเอง	สูง

ผู้พัฒนาเลือกพัฒนา Application บนระบบปฏิบัติการ Android เพราะมีการเข้าถึงไฟล์ในเครื่องได้โดยตรง และราคาของอุปกรณ์ที่ใช้ Android มีช่วงราคาที่กว้าง ทำให้ครอบคลุมกลุ่มผู้ใช้ที่หลากหลาย

2.2.5 โพรโทคอลที่การเข้มต่อ

2.2.5.1 TCP (Transmission Control Protocol)

เป็น Protocol ที่ใช้สื่อสารในเครือข่าย โดยมีหน้าที่ส่งและจัดการข้อมูล ให้ถูกต้องในเครือข่ายทาง มีกลไกในการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลที่ส่งในตัวมันเอง ทำงานอยู่บน Transport Layer

2.2.5.2 UDP (User Datagram Protocol)

เป็น Protocol ที่ใช้สื่อสารในเครือข่าย เช่นเดียวกันกับ TCP แต่หน้าที่เพียงแค่ ส่ง-รับข้อมูลเท่านั้น ไม่มีกลไก การตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล

ตาราง 2.6 เปรียบเทียบคุณสมบัติของโพรโทคอลที่การเข้ามต่อแต่ละชนิด [15]

	TCP	UDP
Connection	Connection-Oriented ก่อนจะเริ่มส่งข้อมูลแต่ละครั้ง จะต้องทำการสร้าง connection ก่อนโดยใช้ 3-way-hand-shake	Connectionless ไม่ต้องสร้าง connection ก่อนการส่งข้อมูล
Flow control	มี Flow control คอยตรวจสอบว่า ข้อมูลส่งถึงปลายทางหรือไม่ ถ้าไม่ถึง จะทำการส่งใหม่อีกครั้ง	ไม่มี Flow control หากข้อมูลส่งไม่ถึงปลายทางจะไม่สามารถรับรู้ได้ว่า ส่งไปไม่ถึง
Reliability	Reliability สูงเนื่องจากเป็น protocol ที่ใช้ flow control และ เป็นแบบ connection oriented	Reliability ต่ำเนื่องจากเป็น protocol ที่ไม่มี flow control และ เป็นแบบ connectionless
Congestion Control	มีการควบคุมปริมาณการส่ง ทำให้มีเสียงต่อการส่งไม่ถึงปลายทาง	ไม่มีการควบคุมปริมาณการส่ง อาจเกิดการสูญหายได้ ในกรณีที่เครือข่าย มีความหนาแน่น
Speed	ช้ากว่า UDP	เร็วกว่า TCP

เนื่องจากงานของผู้พัฒนา มีการส่งไฟล์ข้ามเครื่อง ดังนั้นผู้พัฒนาจึงเลือกที่จะใช้ TCP ในการทำงาน เพราะการส่งไฟล์ต้องการความถูกต้อง ครบถ้วนของข้อมูล ไม่จำเป็นต้องใช้ความเร็วในการส่งแบบ realtime

บทที่ 3 การออกแบบและระบบวิจัย

3.1 อุปกรณ์เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนา

1. Computer

Processor Intel(R) Core(TM) i7-3612QM CPU @ 2.10GHz

Memory : 8GB DDR3

Storage : 1 TB

Graphics : AMD Radeon HD 7600M

Operating System : Windows 10

2. Android Smartphones (ใช้ในการทดสอบ)

Sony Xperia M4 Aqua

OS : Android 5.0 (Lollipop)

Processor : Quad-core 1.5 GHz Cortex-A53 & Quad-core 1.0 GHz Cortex-A53

Memory : ROM 8GB, RAM 2GB

Memory card : Not supported

WiFi : Wi-Fi 802.11 a/b/g/n, dual-band, Wi-Fi Direct, DLNA, hotspot

Display : 5.0 inches, 720 x 1280 pixels

Sony Xperia Z5

OS : Android OS, v5.1.1 (Lollipop)

Processor : Quad-core 1.5 GHz Cortex-A53 & Quad-core 2.0 GHz Cortex-A57

Memory : ROM 32GB, RAM 3GB

Memory card : 4GB

WiFi : Wi-Fi 802.11 a/b/g/n/ac, dual-band, Wi-Fi Direct, DLNA, hotspot

Display : 5.2 inches, 1080 x 1920 pixels

3. Microsoft Kinect for Xbox 360
4. Short-Throw Projector
5. Router
6. โต๊ะติดกระจก หน้ากว้าง 76 cm x 76 cm ติดกระดาษลอกลาย

3.2 ภาษาและชุดเครื่องมือที่ช่วยในการพัฒนา

1. ภาษา C#, XAML และ Java
2. library OpenNI/NITE และ OpenCV
3. Visual Studio 2013
4. Android Studio 1.4.0.0
5. NetBeans 8.0.2

3.3 ทฤษฎีที่ใช้ในการพัฒนา

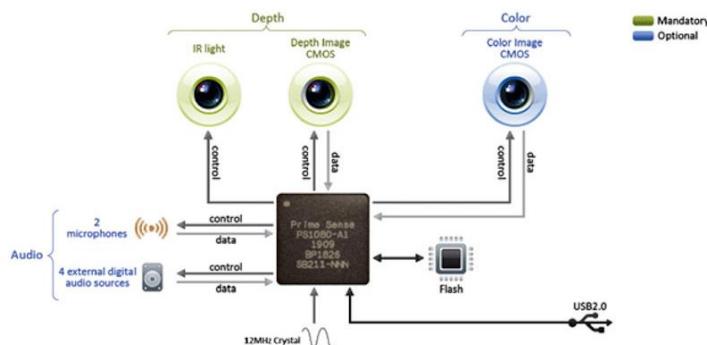
กลุ่มของเราได้ทำการค้นคว้าทฤษฎีต่าง ๆ ซึ่งเป็นส่วนที่จะนำมาพัฒนาและต่อยอดเพื่อให้ได้ถูกนำไปใช้ในโครงการนี้ ตามที่เรา妄想ไว้ในข้างต้น แบ่งออกเป็นส่วน ๆ ดังนี้

3.3.1 โมชั่นคอนโทรลเลอร์ (Motion controller)

ในการจับการเคลื่อนไหวของมือ, ลักษณะของมือ และการระบุตำแหน่งของโทรศัพท์มือถือ เราต้องใช้เทคโนโลยีที่เรียกว่าโมชั่นคอนโทรลเลอร์ (Motion controller) ซึ่งตัวที่เราเลือกมาันนี้มีชื่อว่า Kinect (รุ่น Kinect for Xbox 360) ถูกพัฒนาขึ้นครั้งแรกเพื่อเป็นอุปกรณ์เสริมสำหรับเครื่องเล่นวิดีโอเกมชื่อว่า Xbox 360 โดยบริษัท Microsoft ร่วมกับ PrimeSense ภายใต้อุปกรณ์ชิ้นนี้ประกอบด้วยอุปกรณ์ 3 อย่างที่เราต้องการ คือ อุปกรณ์ฉายแสงอินฟราเรด (Infrared) กล้องวัดความลึกของภาพ (Depth Camera) กล้องวิดีโอ (Video Camera) ตั้งภาพที่ 3.1 จากอุปกรณ์ทั้ง 3 อย่างดังที่กล่าวมาทำให้เราได้ภาพที่ต้องการ 2 รูปแบบ คือ

1. ภาพสี (RGB Image) ซึ่งเป็นภาพที่มีลักษณะเหมือนภาพที่เก็บจากกล้องวิดีโอทั่วไป สามารถบ่งบอกสีของวัตถุในภาพได้ในรูปแบบของสี RGB (Red: แดง, Green: เขียว, Blue: น้ำเงิน) สามารถให้ภาพสีได้ในความละเอียด UXGA (1600x1200) ภาพลักษณะนี้ถูกรับโดยใช้กล้องวิดีโอของ Kinect

2. ภาพความลึก (Depth Image) เป็นภาพที่บอกได้ถึงความลึกของรูปภาพ แต่ไม่สามารถบ่งบอกสีได้ แต่สามารถระบุได้ว่าวัตถุขึ้นต่าง ๆ ที่เห็นในภาพ อยู่ห่างจากตัวกล้องเป็นระยะเท่าไหร่ โดยหลักการทำงานคืออุปกรณ์ฉายแสงอินฟราเรด จะฉายแสงอินฟราเรดที่ไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่าได้ แสงที่ถูก.reflected กลับมาจะมีลักษณะเป็นจุดๆ 480 จุดในแนวตั้ง และ 640 จุดในแนวนอน จากนั้นกล้องวัดความลึกจะรับภาพระดับความสว่างของแสงอินฟราเรดที่ตกรอบบันวัตถุ หากภาพที่ได้มามีความสว่างมากแสดงว่าวัตถุนั้นอยู่ใกล้ตระกันข้ามหากวัตถุนั้นสว่างน้อยแสดงว่าวัตถุอยู่ไกล โดยปกติแล้วระยะที่ Kinect จับได้นั้นจะอยู่ที่ 0.8 เมตร ถึง 4 เมตร ห่างจากเลนส์ของกล้อง ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.1 Diagram การทำงานของ Kinect for Xbox 360

[Source: <https://langisser.files.wordpress.com/2011/03/kinect.pdf>]



รูปที่ 3.2 ระยะภาพความลึกที่ Kinect for Xbox 360 สามารถตรวจจับได้

[Source: <https://channel9.msdn.com/Series/KinectQuickstart/Working-with-Depth-Data>]

3.3.2 การประมวลผลภาพ

ในที่นี้เราเลือกใช้ library ของ OpenCV ในการช่วยเพื่อให้การประมวลผลภาพมีประสิทธิภาพที่ดี OpenCV เป็น library ของ programming functions ในทางด้าน Computer vision (รวมถึง Image processing) ซึ่งพัฒนาโดยภาษา C++ เป็นหลัก แต่โดยรวมแล้วโปรแกรมในโครงงานนี้จะใช้ C# เป็นหลักในการพัฒนา เพื่อให้เป็นการง่ายในการสื่อสารกันระหว่างส่วนต่าง ๆ ผู้จัดทำจึงเลือกที่จะใช้ Emgu CV ซึ่งเป็น wrapper ในการเขียนภาษา C# ของ OpenCV (ทำให้สามารถใช้ OpenCV โดยใช้ภาษา C# ได้)

ทฤษฎีด้านการประมวลผลภาพที่นำมาใช้ มีดังต่อไปนี้

3.3.2.1 Thresholding คือ การทำภาพให้แบ่งออกเป็นสีขาว และสีดำอย่างชัดเจน โดยสีทั้ง 2 จะมีจุดแบ่งที่จุดๆหนึ่ง เช่น ความเข้ม 150 เป็นจุดแบ่ง จุดที่มีสีที่ต่ำกว่า 150 จะเป็นสีดำ ส่วนสีที่มากกว่าจะเป็นสีขาว และสีขาว/ดำ จะเป็นสีๆหนึ่ง เช่น ความเข้ม 255 ส่วนคำนวณความเข้มเป็น 0 ดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 ภาพปกติ, ภาพ greyscale และภาพ thresholding

[Source: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/en/2/24/Lenna.png>]

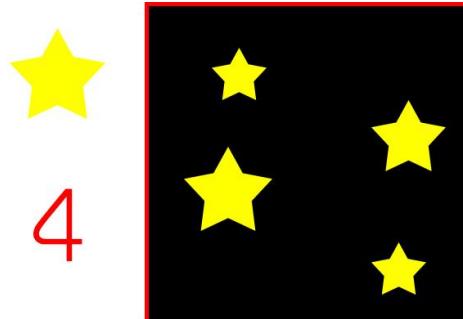
3.3.2.2 Blob Coloring คือ การแยกส่วนของสีต่าง ๆ ที่ไม่มีส่วนติดกัน (ไม่มี pixel ที่ติดกัน) ออกจากกัน ดังรูปที่ 3.4 ในที่นี้ผู้พัฒนาจะนำกรอบมาครอบ เพื่อนำไปวิเคราะห์ในส่วนต่อไป



รูปที่ 3.4 Blob Coloring โดยนำกรอบมาครอบภาพที่ไม่ติดกัน

[Source: <http://blogs.claritycon.com/blog/2012/11/blob-tracking-kinect-opencv-wpf/>]

3.3.2.3 Template Matching คือ เทียบภาพที่มี (ภาพต้นฉบับ) กับภาพต่าง ๆ เพื่อนำข้อมูลไปใช้ เช่น บอกร่องรอยของดาวในภาพ ดังรูปที่ 3.5 หรือเพื่อนำไปบอกรหัส แกน X, แกน Y



รูปที่ 3.5 Template Matching

3.3.3 WPF Application

WPF เป็น GUI framework ที่ทาง Microsoft พัฒนาขึ้นมาเพื่อให้ผู้พัฒนาโปรแกรม สามารถพัฒนาโปรแกรมที่มี GUI สวยงามได้ดียิ่งขึ้น (เดิมคือ WinForms ซึ่งเป็นค่า default ของ Visual Studio) ความสามารถของ WPF คือจะแยกส่วนออกแบบออกจากส่วนที่เป็นโปรแกรมมิ่ง และเพิ่มความสามารถในส่วนออกแบบให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น สามารถทำแอนิเมชัน (Animation) ได้โดยง่าย

3.3.3.1 C# Programming เป็นภาษาหลักที่ใช้ในการพัฒนาของ WPF Application ใช้ในส่วนคิดคำนวณ ประมวลผลข้อมูลต่าง ๆ นอกเหนือไปเป็นส่วนติดต่อกับส่วนอื่น ๆ เช่น รับค่าจากส่วนของ Image processing มาใช้ รับค่าจาก Database มาใช้ รวมถึงการเรียกใช้ library ต่าง ๆ ด้วยเช่นกัน

3.3.3.2 XAML เป็นภาษา Markup (ลักษณะเดียวกับ HTML) ใช้ในส่วนติดต่อกับผู้ใช้ หรือส่วนหน้าตาของโปรแกรม (GUI : Graphical User Interface) เช่น สั่งให้แสดงรูปภาพที่ตำแหน่งไหน ขนาดเท่าไหร่ ห่างจากขอบเท่าไหร่ หรือเมื่อกดปุ่มนี่แล้ว ให้อีกภาพหนึ่งเลื่อนไปทางขวา 100 pixel และขยายขนาดเป็น 200% จากรูปเดิม

3.3.4 JAVA with Android SDK

3.3.4.1 Java เป็นภาษาหลักที่ใช้ในการพัฒนา Android Application สามารถเขียนโปรแกรมแบบเชิงวัตถุ ทำให้พัฒนาระบบที่มีความซับซ้อนได้ดี อีกทั้งยังมี library ต่างๆ อยู่จำนวนความหลากหลายในการเขียนโค้ด ทำให้ความยาวของโค้ดสั้นลงกว่าภาษา C หรือ C++

3.3.4.2 Android SDK (Android Software Development Kit) เป็นชุดโปรแกรมที่ใช้สำหรับพัฒนาโปรแกรม Android โดยเฉพาะ โดยภายในจะมี Library ต่างๆ ที่จำเป็นต่อการพัฒนาโปรแกรม และ Emulator ที่จำลองสภาพแวดล้อมของ Android เพื่อใช้ในการทดสอบโปรแกรม

3.3.4.3 XML เป็นภาษาที่มีโครงสร้างแบบ tag ใช้เป็นไฟล์ที่ควบคุมหน้าแสดงผล และยังสามารถเชื่อมต่อกับ Java file ที่ทำงานอยู่เบื้องหลัง เพื่อส่งข้อมูลถึงกันได้

3.3.4.4 AsyncTask คือคลาสที่ยอมให้ทำงานเบื้องหลังการทำงานหลักของ Android application ได้ เช่น ใช้ส่งไฟล์ต่างๆ สร้างหน้าโหลดข้อมูลเพื่อให้เกิดการตอบสนองกับผู้ใช้งาน

3.3.5 Network

โครงการของเราจำเป็นต้องมีการส่งไฟล์ ระหว่าง Android Smartphone กับ PC ซึ่งเป็นการเชื่อมต่อแบบ Server และ Client โดยจะให้ PC เป็น Server และ Android smartphone เป็น Client

3.3.5.1 TCP (Transmission Control Protocol) เป็น protocol ใช้รับส่งและควบคุมข้อมูลให้มีความครบถ้วนสมบูรณ์ ทำงานอยู่บน Transport Layer

3.3.5.2 Socket เป็นช่องทางการติดต่อสื่อสารระหว่างอุปกรณ์สองตัว ทั้ง server และ client โดยการที่จะติดต่อกันได้นั้น client จะเป็นต้องทราบ IP และ port ของ socket ฝั่ง server เสียก่อน แล้วจึงทำการเชื่อมต่อตาม IP และ port นั้น

3.3.5.3 Socket Programming เป็นการเขียนโปรแกรมเพื่อเชื่อมต่อ server และ client

3.3.5.4 Wireless LAN เป็นระบบเครือข่ายที่เชื่อมต่อคอมพิวเตอร์แบบไร้สาย โดยใช้คลื่นวิทยุเป็นสื่อกลาง

3.4 ลักษณะซอฟต์แวร์ที่พัฒนา

ในโครงการนี้มีหลายส่วนประกอบ และมีซอฟต์แวร์มากกว่า 1 ตัว ซึ่งแต่ละส่วนประกอบจะนำมาใช้ร่วมกันเป็นโครงการขึ้นหนึ่ง แต่ในทั้งนี้ทั้งนั้นจะขอแยกเขียนในส่วนนี้ออกเป็นแต่ละส่วนย่อย ๆ ดังต่อไปนี้

3.4.1 ซอฟต์แวร์ด้านการประมวลผลภาพ

3.4.1.1 ประมวลผลภาพของมือ (Hand detection)

1. สามารถนำภาพความลึกในระยะที่ต้องการ มาวิเคราะห์ได้
2. สามารถจับภาพของมือของคน โดยบอกได้ว่ามีดังกล่าวอยู่ในตำแหน่งแกน X, แกน Y

3.4.1.2 ประมวลผลภาพวัตถุที่อยู่บนโต๊ะ

1. สามารถบอกได้ว่าวัตถุที่อยู่บนโต๊ะ อยู่ที่ตำแหน่งแกน X, แกน Y ที่เท่าไหร่
2. สามารถเปรียบเทียบภาพที่แสดงอยู่ในสมาร์ทโฟน ที่วางอยู่บนโต๊ะเป็นรูปอะไร เช่น หัวใจ, วงกลม
3. สามารถแยกสมาร์ทโฟนมีรูปร่างหน้าตาเหมือนได้ว่าเป็นคนละเครื่องกัน

3.4.2 ซอฟต์แวร์บนสมาร์ทโฟน Android

1. สามารถแสดงผลรูปภาพ และระบุตัวตนของเครื่องที่แตกต่างกันได้
2. สามารถแสดงสถานะการเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์เครื่องหลักได้
3. สามารถรับส่งข้อมูลระหว่างตนเองกับคอมพิวเตอร์เครื่องหลักได้ โดยไม่ต้องใช้สายในการเชื่อมต่อ

3.4.3 ซอฟต์แวร์ส่วนต่อประสานกราฟิกกับผู้ใช้

1. สามารถแสดงผลไฟล์ภายในสมาร์ทโฟนได้
2. สามารถแสดงสถานะการเชื่อมต่อระหว่างมือถือได้
3. สามารถแสดงไฟล์รูปภาพ, เสียง และวิดีโอได้

3.4.4 ซอฟต์แวร์ส่วนเชื่อมต่อระหว่างสมาร์ทโฟนและคอมพิวเตอร์

1. สามารถอ่าน และเขียนข้อมูลในคอมพิวเตอร์ได้
2. สามารถติดต่อกับสมาร์ทโฟน Android นำข้อมูลมาใช้ และส่งข้อมูลเข้าไปหาได้

3.5 ข้อจำกัดของซอฟต์แวร์

3.5.1 ซอฟต์แวร์ด้านการประมวลผลภาพ

3.5.1.1 ประมวลผลภาพของมือ (Hand detection)

1. สามารถบอกร่างของมือได้ในระยะที่กำหนด (ระยะของกล้อง)
2. สามารถแยกมือได้พร้อมกันไม่เกิน 2 มือ
3. ใช้ได้เฉพาะกับ Microsoft Kinect for Xbox 360 เท่านั้น
4. ความแม่นยำไม่เท่ากับ Touch Screen โดยตรง

3.5.1.2 ประมวลผลภาพวัตถุที่อยู่บนโต๊ะ

1. โทรศัพท์มือถือที่นำมาใช้ จะต้องเปิดซอฟต์แวร์ของทางโครงงานนี้ไว้เสมอ

3.5.2 ซอฟต์แวร์บนสมาร์ทโฟน Android

1. สมาร์ทโฟนต้องเป็น Android เวอร์ชัน 4.0 – 5.1
2. สมาร์ทโฟนต้องมี RAM มากกว่า 1GB

3.5.3 ซอฟต์แวร์ส่วนต่อประสานกราฟิกกับผู้ใช้

ไฟล์รูปภาพ, เสียง และวิดีโอ สามารถใช้ได้เฉพาะบางนามสกุล (format) เท่านั้น

3.5.4 ซอฟต์แวร์ส่วนเชื่อมต่อระหว่างสมาร์ทโฟนและคอมพิวเตอร์

การอ่าน และเขียนข้อมูลจะทำได้ในความเร็วที่จำกัดเท่านั้น

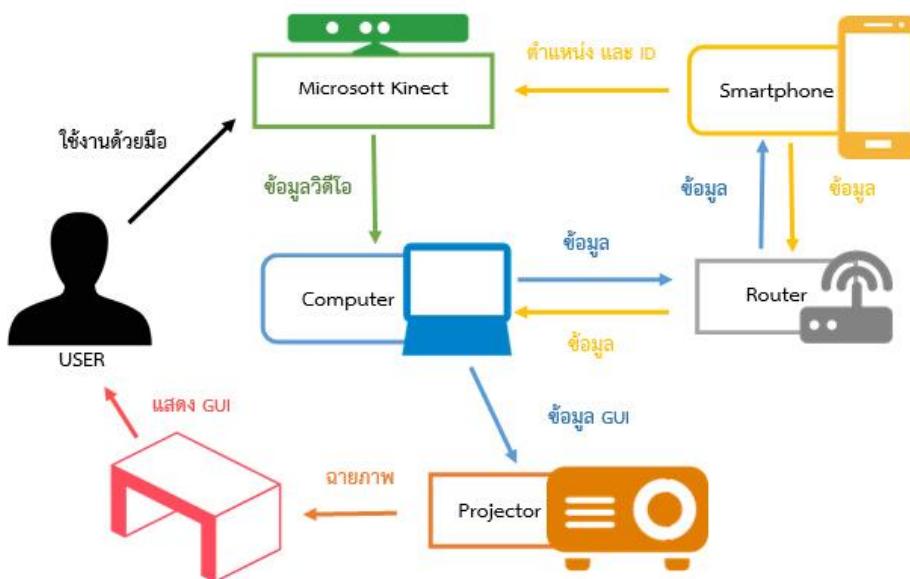
3.5.4 สภาพแวดล้อมในการใช้งาน

การทำงานจะไม่เสถียรเมื่อใช้งานในที่ส่วนตัว เพราะแสงจะรบกวนการทำงานของกล้อง

3.6 ໂດອະແກຣມແສດງການทำงานຂອງຮບບ ແລະ ການໃໝ່ງານ

3.6.1 ໂດອະແກຣມໂດຍຮວມ

ຮູບທີ 3.6 ແສດງໂດອະແກຣມໂດຍຮວມຂອງຮບບ ໂດຍເຮື່ອຈາກ User ອີ່ຜູ້ໃໝ່ງານ ໃ້ຈານ Smart Table ແລະ ກລັ້ນ Microsoft Kinect ທຳນໍາທີ່ຕ່າງກົດກົດການໃໝ່ງານ ອີ່ດ້ານໜຶ່ງ Microsoft Kinect ທຳນໍາທີ່ຈັບຕຳແໜ່ງສມາർଟໂຟນ ຈາກນັ້ນສ່ວນຂໍ້ມູນຈາກທັງ 2 ສ່ວນໄປຢັ້ງຄົມພິວເຕົວ ຄົມພິວເຕົວທີ່ກຳນົດກຳນົດ ແລະ ສ່ວນຮູບພາບໄປຢັ້ງໂປຣເຈເຕົວ ແລະ ແສດງຜລອອກບນໂຕີ້ຂ່າຍ ໃນສ່ວນຂອງການເຂື່ອມຕ່ອສມາർଟໂຟນກັບຄົມພິວເຕົວນັ້ນ ຈະມີການເຂື່ອມຕ່ອຳຜ່ານ Router



ຮູບທີ 3.6 ໂດອະແກຣມໂດຍຮວມ

User : ດັບຄຸມການທຳນໍາຂອງຮບບ ພ່ານທາງມື້ອ

Microsoft Kinect : ຈັບກາພຂອງມື້ອຈາກ User ແລະ ຈັບກາພຕຳແໜ່ງຂອງ Smartphone ແລະ ID ຂອງ Smartphone ທີ່ແສດງອອກຜ່ານທາງໜ້າຈອ

Smartphone : ແສດງກາພ ID ອອກທາງຈອ ແລະ ຮັບສ່ວນຂໍ້ມູນໃຫ້ກັບ Computer

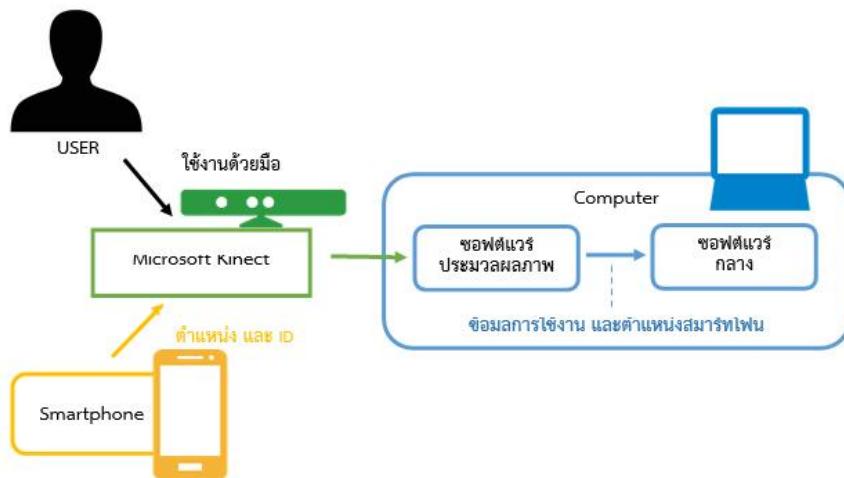
Computer : ນຳກາພຈາກ Kinect ມາປະມວລຜລ, ຮັບສ່ວນຂໍ້ມູນກັບ Smartphone ແລະ ແສດງຜລກາພ (GUI) ພ່ານທາງ Projector

Router : ເປັນທາງຜ່ານຂໍ້ມູນຮ່ວງ Computer ແລະ Smartphone

Projector : ລາຍກາພ GUI ທີ່ໄດ້ຮັບຈາກ Computer ລົງບນໂຕີ້ ເພື່ອໃຫ້ຜູ້ໃໝ່ງານຮັບວິຊ້

3.6.2 ໂດຍແກຣມສ່ວນປະມາລຸພລກາພ

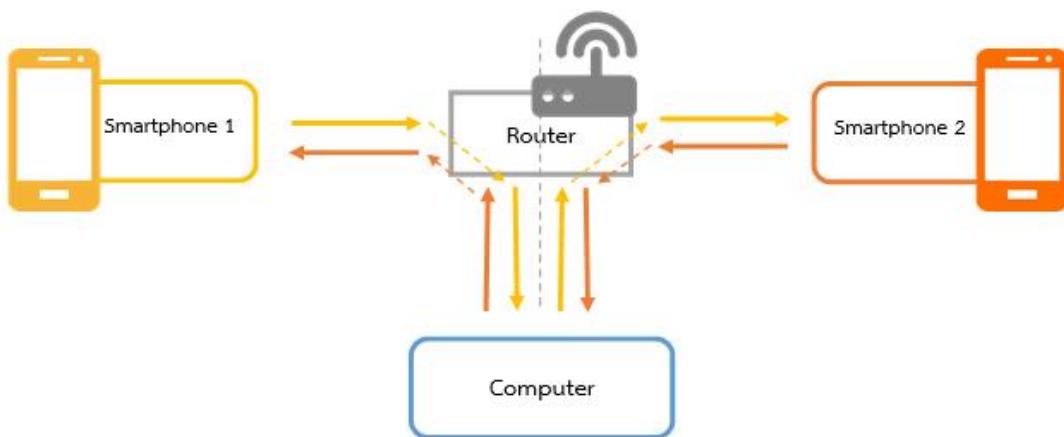
ໃນສ່ວນຂອງການປະມາລຸພລກາພນັ້ນ ຈະທຳຜ່ານ Microsoft Kinect ທີ່ຈະປະມາລຸພລ 2 ອຳຍ່າງຄື່ອງ ການໃຊ້ຈານຈາກ User ແລະ ສາມາດໂທໂຟນທີ່ວາງອູ່ບຸນໄດ້ (ຈຳຕຳແໜ່ງຂອງວັດຖຸ) ຈາກນັ້ນຈະສ່ວນຂໍ້ມູນໄປຢັ້ງຄອມພິວເຕອົວ ດັ່ງຮູບທີ່ 3.7



ຮູບທີ່ 3.7 ໄດຍແກຣມສ່ວນປະມາລຸພລກາພ

3.6.3 ໄດຍແກຣມການສ່ວນຂໍ້ມູນຮ່ວງສາມາດໂທໂຟນ-ສາມາດໂທໂຟນ

ໃນການສ່ວນຂໍ້ມູນຈາກສາມາດໂທໂຟນໄປຢັ້ງສາມາດໂທໂຟນອີກເຄື່ອງ ຈະຕ້ອງສ່ວນຜ່ານ Router ໄປຢັ້ງຄອມພິວເຕອົວກ່ອນ ຈາກນັ້ນຄອມພິວເຕອົວຈະສ່ວນໄປຢັ້ງສາມາດໂທໂຟນອີກເຄື່ອງ ດັ່ງຮູບທີ່ 3.8



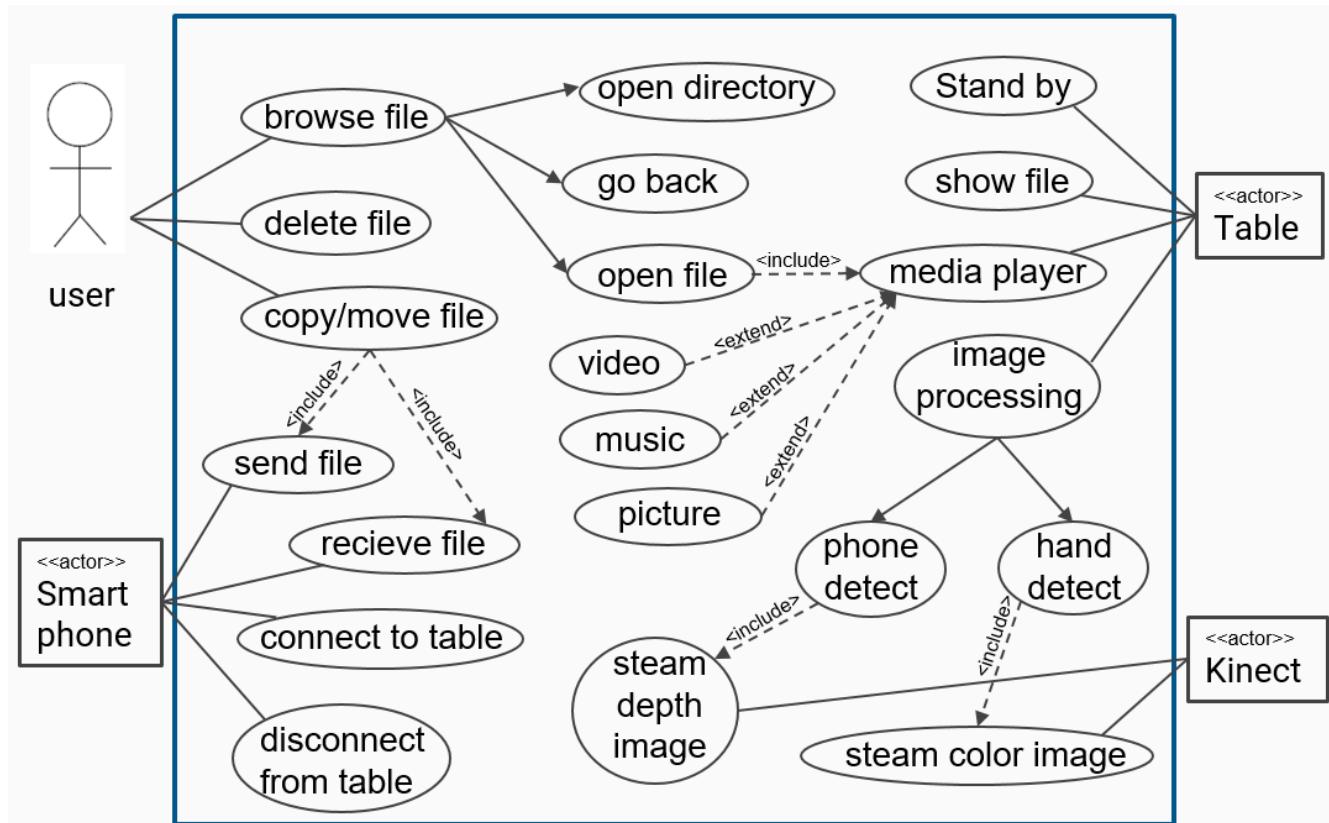
ຮູບທີ່ 3.8 ໄດຍແກຣມການລ່ວງຂໍ້ມູນຮ່ວງສາມາດໂທໂຟນ-ສາມາດໂທໂຟນ

3.7 ໂດະແກຣມພາຂ່າ UML

3.7.1 Use Case Diagram

ຮູບທີ 3.9 ແສດ use case diagram ຂອງຮບບໂດຍມີ actor ອູ້ 4 ອຳກ່າວ ໄດ້ແກ່

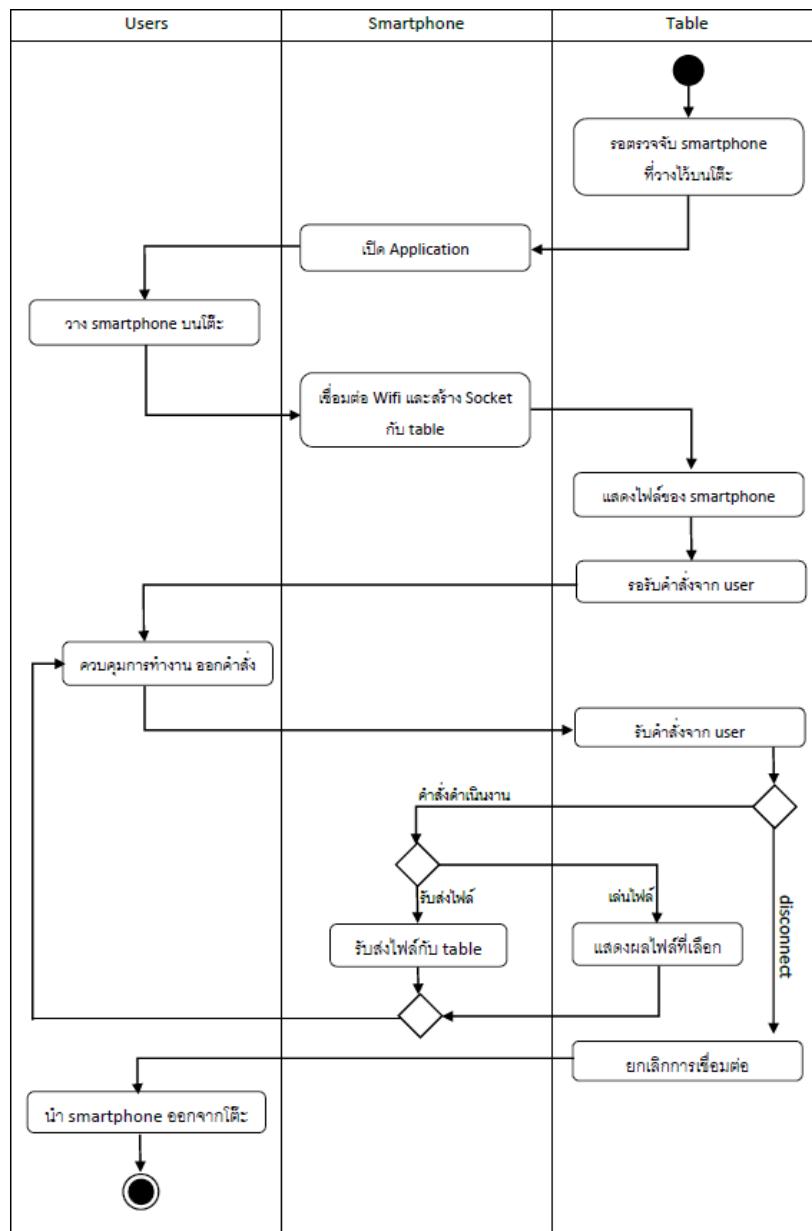
1. ຜູ້ໃຊ້ (user) : ຜູ້ໃຊ້ສາມາດ browse file, delete file, copy file ໄດ້ ໂດຍການການ browse file ສາມາດເຂົ້າໄປໃນ directory, ຍັນກລັບມາທີ່ directory ເຕີມ ແລະເລີນໄຟລ໌ຜ່ານ media player ຂອງໂທີ່ໄດ້
2. ໂທີ່ (table) : ເນື່ອເຮັ່ມການທຳການ ໂທີ່ຈະ stand by ເພື່ອຮອກເຊື່ອມຕ່າງສາມາດໂທິນ ເນື່ອມີການເຊື່ອມຕ່າງເຂົ້າມາແລ້ວຈະທຳການ image processing ເພື່ອໃຫ້ຕຳແໜ່ງຂອງສາມາດໂທິນ ແລ້ວແສດງໄຟລ໌ທີ່ອູ້ໃນເຄື່ອງ
3. ສາມາດໂທິນ (smartphone) : ສາມາດໂທິນສາມາດເຊື່ອມຕ່າງກັບໂທີ່ນສ່າງໄຟລ໌ໄປທີ່ໂທີ່, ວັບໄຟສ່າງໂທີ່ ແລະຕັດການເຊື່ອມຕ່າງກັບໂທີ່ໄດ້
4. Kinect : Kinect ຈະທຳການສ່າງກາພສອງໝົດໄປທີ່ໂທີ່ເພື່ອເຂົ້າສູ່ຮບວນການ image processing ໄດ້ແກ່ ກາພຈາກລັ້ງສີ ໃຊ້ສໍາຫຼັບຕຽບຈັບສາມາດໂທິນ ແລະຄາພຈາກລັ້ງວັດຮະຍໃໝ່ໃນການຕຽບຈັບມືອງຜູ້ໃຊ້



ຮູບທີ 3.9 Use Case Diagram

3.7.2 Activity Diagram

เริ่มต้นโดยจะตรวจสอบสมาร์ทโฟน เมื่อผู้ใช้เปิด application แล้วนำสมาร์ทโฟนมาวางบนโต๊ะ จะทำการเชื่อมต่อ กัน โดยจะแสดงไฟล์ที่มีอยู่ในสมาร์ทโฟน ผู้ใช้สามารถส่งไฟล์ไปหาโต๊ะ หรือเลือกที่จะแสดงไฟล์ขึ้นบนโต๊ะได้ เมื่อใช้งานเสร็จเรียบร้อยแล้ว ผู้ใช้สามารถกดปุ่มเพื่อยกเลิกการเชื่อมต่อได้

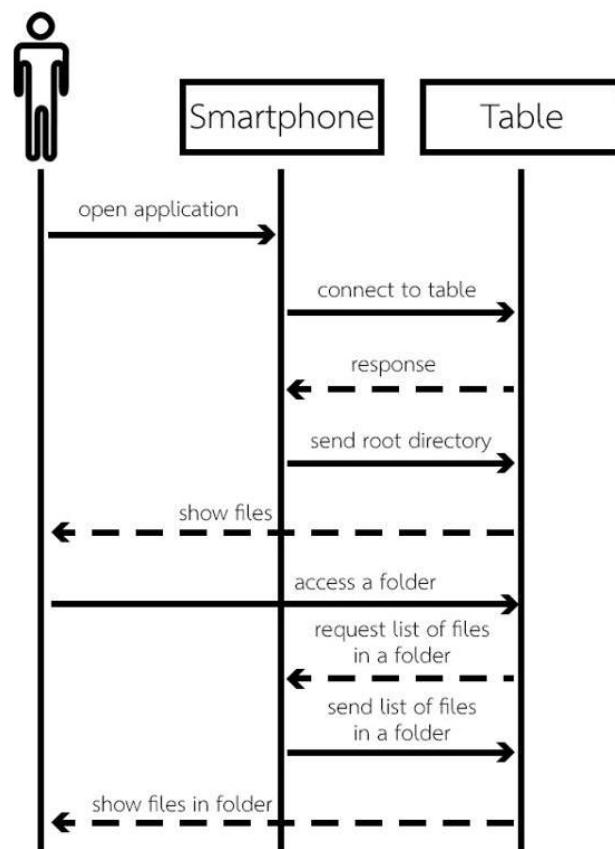


รูปที่ 3.10 Activity Diagram

3.7.3 Sequence Diagram

3.7.3.1 Browse File

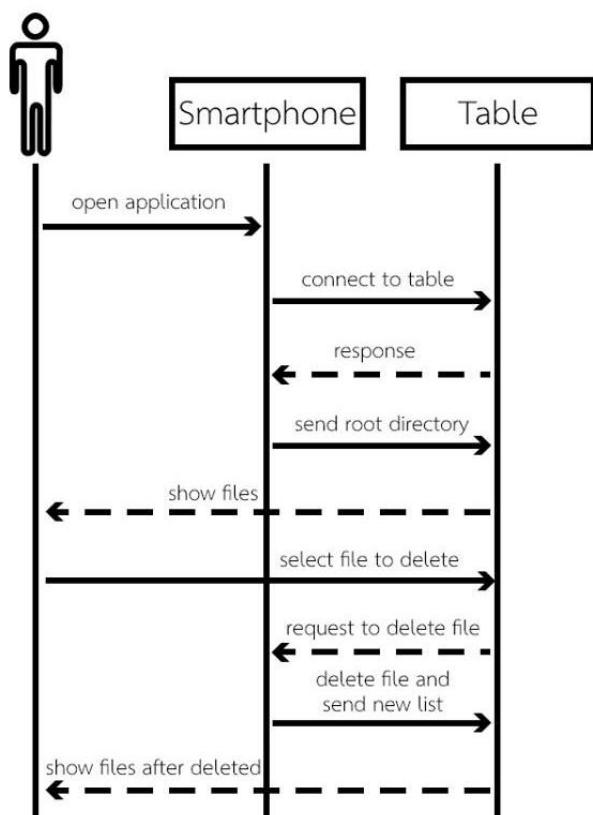
รูปที่ 3.11 แสดงลำดับการทำงานของการ browse file เริ่มแรกผู้ใช้เปิด application สมาร์ทโฟนจะทำการเชื่อมต่อกับโต๊ะ เมื่อเชื่อมต่อแล้วโต๊ะจะตอบกลับเพื่อขอ root directory ของสมาร์ทโฟน และนำมาแสดงบนหน้าจอ ผู้ใช้สามารถ browse file ได้โดยการกดเข้าไปใน folder หรือกดปุ่ม back เพื่อย้อนกลับ โต๊ะจะทำการขอรายชื่อไฟล์ที่อยู่ใน directory นั้นๆ มาแสดงให้ผู้ใช้เห็นบนหน้าจอ



รูปที่ 3.11 Sequence Diagram (Browse File)

3.7.3.2 Delete File

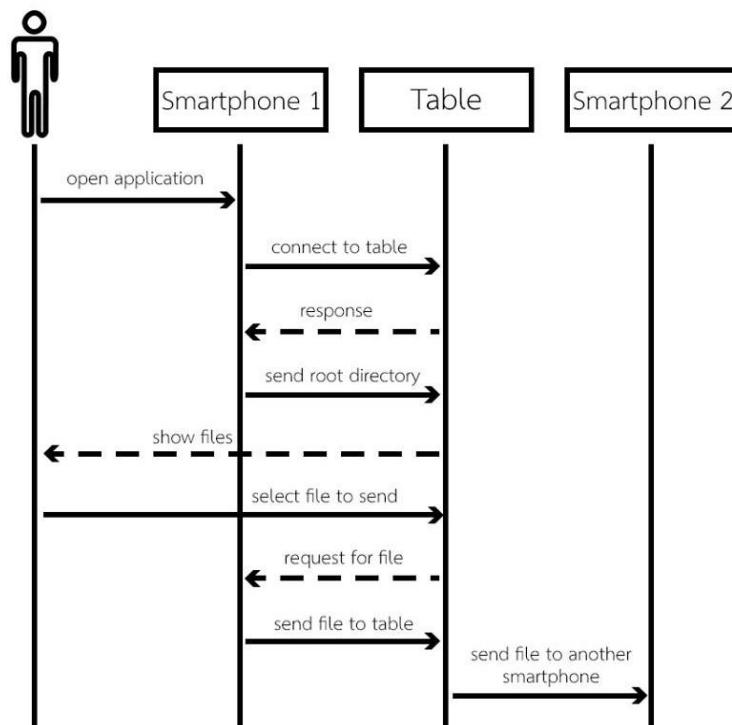
รูปที่ 3.12 แสดงลำดับการทำงานของการ delete file เริ่มแรกผู้ใช้เปิด application สามารถiphone จะทำการเชื่อมต่อกับโต๊ะ เมื่อเชื่อมต่อแล้วโต๊ะจะตอบกลับเพื่อขอ root directory ของสมาร์ทโฟน และวันน้ำมาแสดงบนหน้าจอ ผู้ใช้สามารถลบไฟล์โดยเลือกไฟล์ที่ต้องการลบ จากนั้นโต๊ะจะส่งชื่อไฟล์ที่เราเลือกให้สมาร์ทโฟนเพื่อทำการลบ เมื่อลบเสร็จแล้วสมาร์ทโฟนจะส่งรายชื่อไฟล์ใน directory นั้นหลังลบไฟล์ไปแล้วให้โต๊ะเพื่อทำการอัพเดท



รูปที่ 3.12 Sequence Diagram (Delete File)

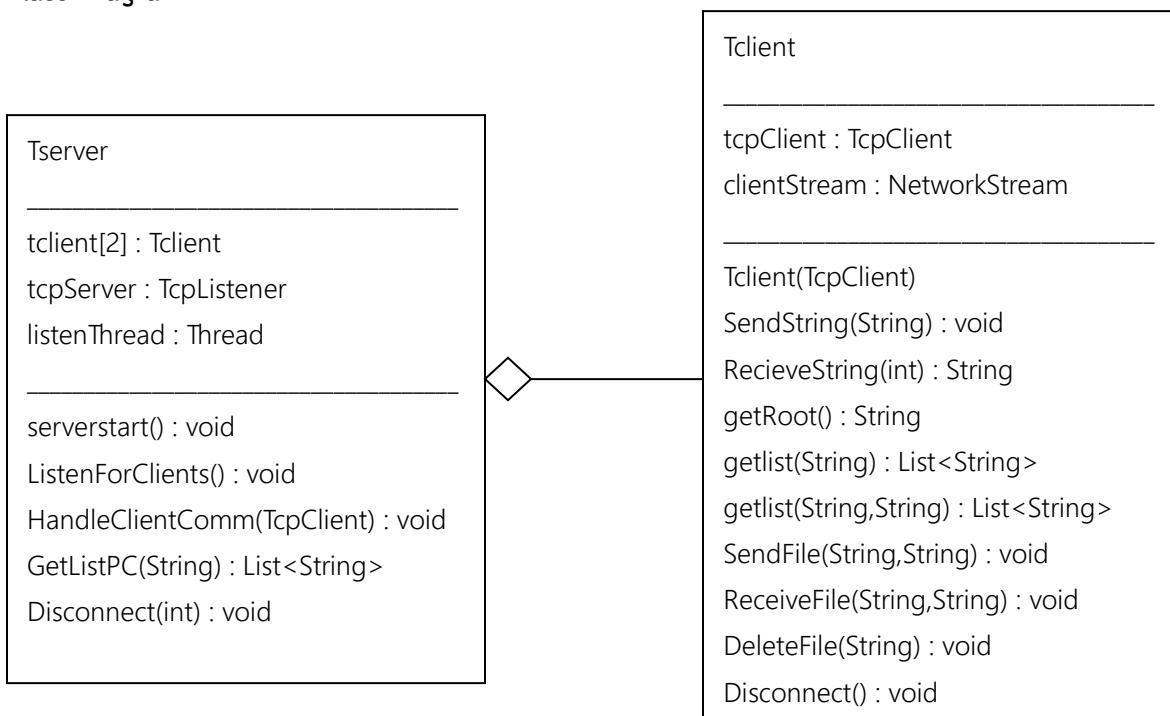
3.7.3.3 Copy/Move File

รูปที่ 3.13 แสดงลำดับการทำงานของการ copy/move file เริ่มแรกผู้ใช้เปิด application スマาร์ทโฟนจะทำการเชื่อมต่อกับโต๊ะ เมื่อเชื่อมต่อแล้วโต๊ะจะตอบกลับเพื่อขอ root directory ของสมาร์ทโฟน และนำมาแสดงบนหน้าจอ ผู้ใช้สามารถส่งไฟล์ไปยังสมาร์ทโฟนอีกเครื่องหนึ่งได้โดยการเปิดไฟล์ที่ต้องการ แล้วกดปุ่มส่ง โต๊ะจะทำการขอไฟล์จากสมาร์ทโฟนมา แล้วทำการส่งไฟล์นั้นต่อไปยังสมาร์ทโฟนอีกเครื่องหนึ่ง



รูปที่ 3.13 Sequence Diagram (Copy/Move File)

3.7.4 Class Diagram



รูปที่ 3.14 Class Diagram

Class Tserver

มีหน้าที่รับการเชื่อมต่อจาก Smartphone ประกอบด้วย

Variable

<code>tclient[2] : Tclient</code>	ใช้เป็นพื้นที่สำหรับให้บริการกับ Smartphone
<code>tcpServer : TcpListener</code>	ใช้เป็นตัวรับการเชื่อมต่อจาก Smartphone
<code>listenThread : Thread</code>	ทำให้สามารถรองรับการเชื่อมต่อ Smartphone มากกว่า 1 เครื่องได้

Method

<code>serverstart() : void</code>	เรียกเพื่อเริ่มการทำงาน
<code>ListenForClients() : void</code>	สร้าง Thread ให้สามารถรองรับการเชื่อมต่อหลายเครื่องได้
<code>HandleClientComm(TcpClient) : void</code>	ตรวจสอบจำนวนเครื่องที่เชื่อมต่ออยู่ ถ้าเกินสองจะลบทิ้ง

GetListPC(String) : List<String>

ส่ง Directory ของ PC เข้าไป และส่งกลับมาเป็นรายชื่อไฟล์ทั้งหมดที่อยู่ใน Directory นั้น

Disconnect(int) : void

ส่งหมายเลข Smartphone (0 หรือ 1) เข้าไป และตัดการเชื่อมต่อ Smartphone เครื่องนั้น

Class Tclient

มีหน้าที่ส่งคำสั่งให้ SmartPhone ในการทำ Function ต่างๆ ประกอบด้วย

Variable

tcpClient : TcpClient ใช้ติดต่อกับ Smartphone

clientStream:NetworkStream ใช้เป็นตัวรับส่งข้อมูลระหว่าง PC และ Smartphone

Method

Tclient(TcpClient)

กำหนดค่าเริ่มต้นให้ tcpClient

SendString(String) : void

ส่งข้อความให้ Smartphone

RecieveString(int) : String

รับข้อความจาก Smartphone โดยส่งความยาวข้อความที่จะรับเข้าไป

getRoot() : String

รับ Root Directory ของ Smartphone

getlist(String) : List<String>

ส่ง Directory ของ Smartphone เข้าไป จะได้รายชื่อไฟล์ทั้งหมดที่อยู่ใน Directory นั้น

getlist(String,String) : List<String>

ส่ง Directory ของ Smartphone และชนิดไฟล์เข้าไป จะได้รายชื่อไฟล์ชนิดนั้นทั้งหมดที่อยู่ใน Directory นั้น

SendFile(String,String) : void

ส่ง Directory ของ PC และ Smartphone เข้าไป จะส่งไฟล์จาก Directory ของ PC และ

บันทึกลงใน Directory ของ Smartphone

ReceiveFile(String, String) : void

ส่ง Directory ของ PC และ Smartphone เข้าไป จะได้รับไฟล์จาก Directory ของ Smartphone และบันทึกลงใน Directory ของ PC

DeleteFile(String) : void

ส่ง Directory ของไฟล์บน Smartphone ที่ต้องการจะลบทิ้ง

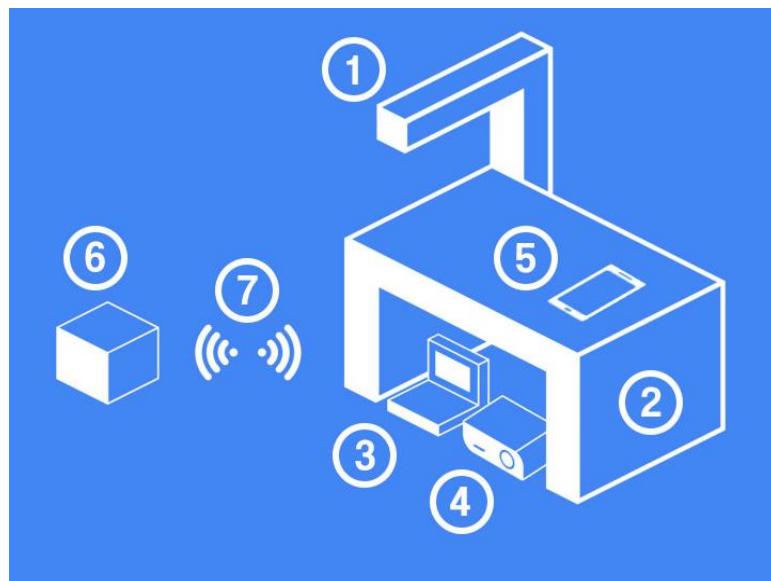
Disconnect() : void

ตัดการเชื่อมต่อจาก Smartphone

3.8 Sketch Design

จากรูปที่ 3.15 เป็นรูป Sketch design ของ SmartTable ซึ่งประกอบด้วยอุปกรณ์หลักๆ 7 อย่าง คือ

- | | |
|----------------|---------------|
| 1. Kinect | 5. Smartphone |
| 2. ตัวโต๊ะ | 6. Router |
| 3. คอมพิวเตอร์ | 7. ลำโพง |
| 4. Projector | |



รูปที่ 3.15 Sketch design ของ SmartTable

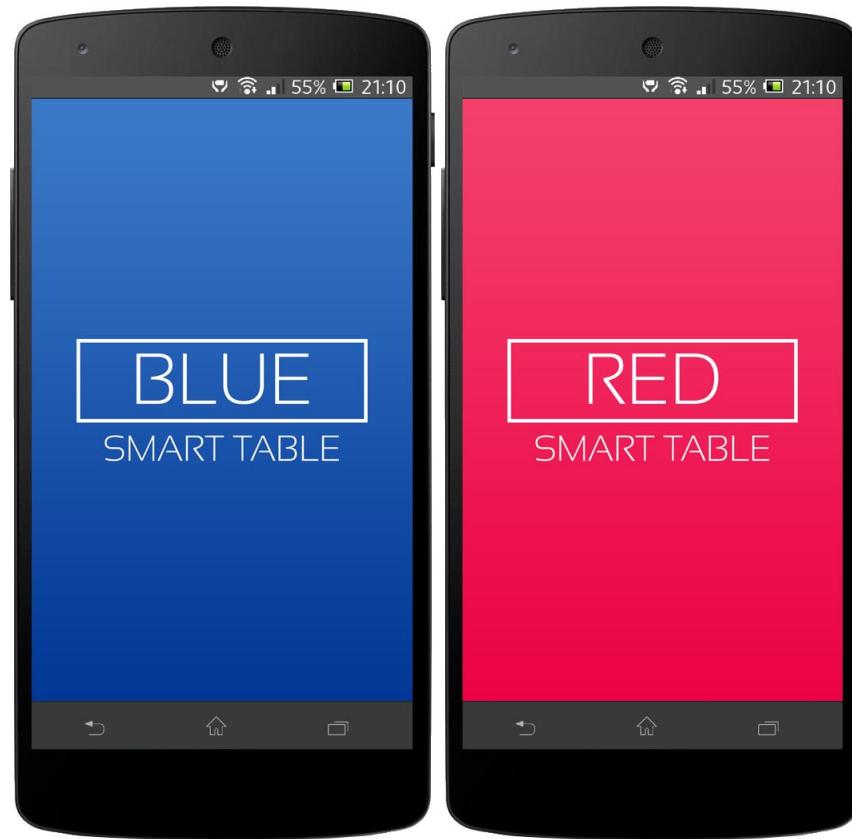
3.9 การออกแบบจากภาพส่วนต่อประสานกราฟิกกับผู้ใช้

3.9.1 ส่วนต่อประสานกับผู้ใช้บนซอฟต์แวร์ Android

เมื่อเปิดแอปพลิเคชัน Smart Table : Interactive Table for Data Communication ขึ้นมาจะมีปุ่ม “CONNECT” เพื่อให้สมาร์ทโฟนเครื่องนั้นเชื่อมต่อกับ Smart Table (ต้องวางบนโต๊ะในจุดที่กำหนดก่อน) เมื่อทำการกดที่ปุ่ม “CONNECT” จะทำการเชื่อมต่อ และช่วงระหว่างการเชื่อมต่อ จะขึ้นข้อความว่า “CONNECTING” ดังรูปที่ 3.16



รูปที่ 3.16 ซอฟต์แวร์ Android : หน้าจอเริ่มต้น และ หน้าจอ CONNECTING รอการเชื่อมต่อ



รูปที่ 3.17 ซอฟต์แวร์ Android : หน้าจอเชื่อมต่อ

เมื่อスマาร์ทโฟนเครื่องนั้นทำการเชื่อมต่อกับ Smart Table และ Server ทางผู้ใช้งานคอมพิวเตอร์จะทำการสุ่มสัญลักษณ์ และสีขึ้นมาแสดงบนจอสมาร์ทโฟน ดังรูปที่ 3.17 หากผู้ใช้ต้องการตัดการเชื่อมต่อ (disconnect) ต้องทำบน Smart Table

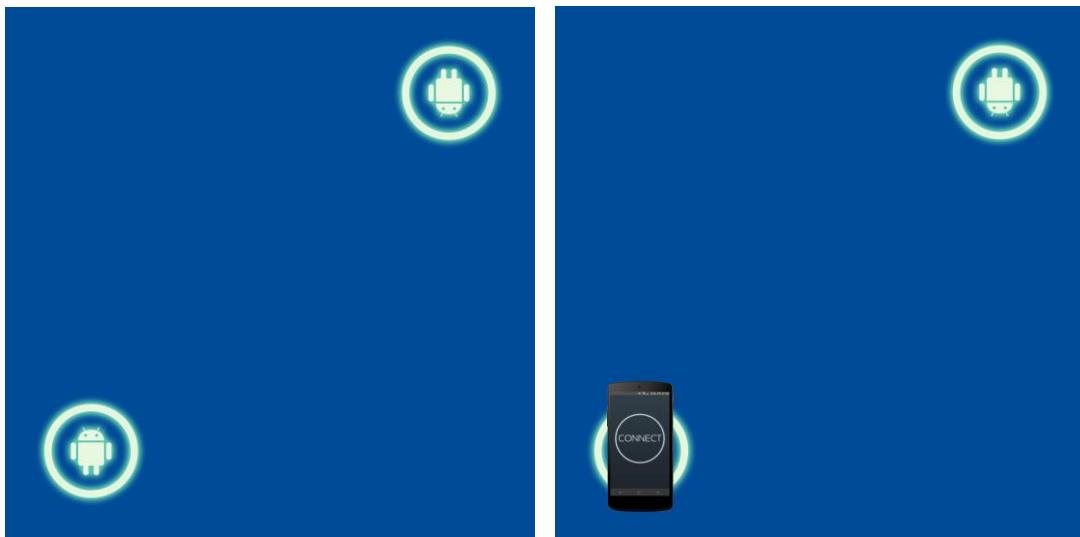


รูปที่ 3.18 ซอฟต์แวร์ Android : ไอคอน

รูปที่ 3.18 เป็นรูปไอคอนบนสมาร์ทโฟน ก่อนจะเข้าไปยังแอพพลิเคชัน Smart Table

3.9.2 ส่วนต่อประสานกับผู้ใช้งานซอฟต์แวร์ Windows

เมื่อเปิดระบบของ Smart Table ขึ้นมา จะมีสัญลักษณ์วงกลมและสัญลักษณ์ Android ขึ้นมาที่มุ่งชี้ยังล่างของทั้ง 2 ฝั่ง ดังรูปที่ 3.19 เพื่อบอกว่าให้วางสมาร์ทโฟน Android ที่บริเวณนั้นเพื่อทำการเชื่อมต่อเพื่อใช้งาน Smartphone Mode นอกจากนี้ผู้ใช้สามารถกดมือ (click) ที่สัญลักษณ์วงกลม และเลือกใช้ PC Mode ได้

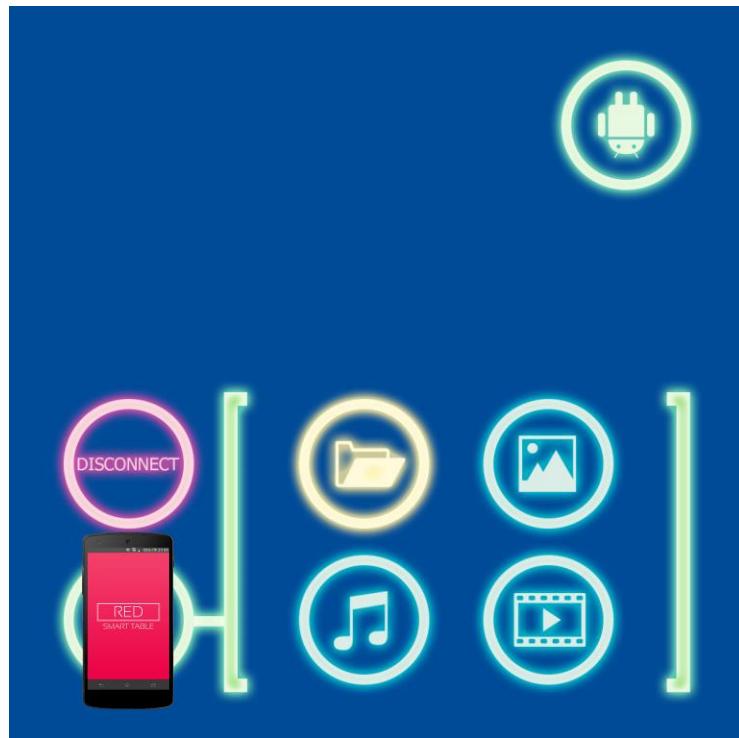


รูปที่ 3.19 ซอฟต์แวร์ Windows : หน้าจอเริ่มต้น และตำแหน่งการวางสมาร์ทโฟน

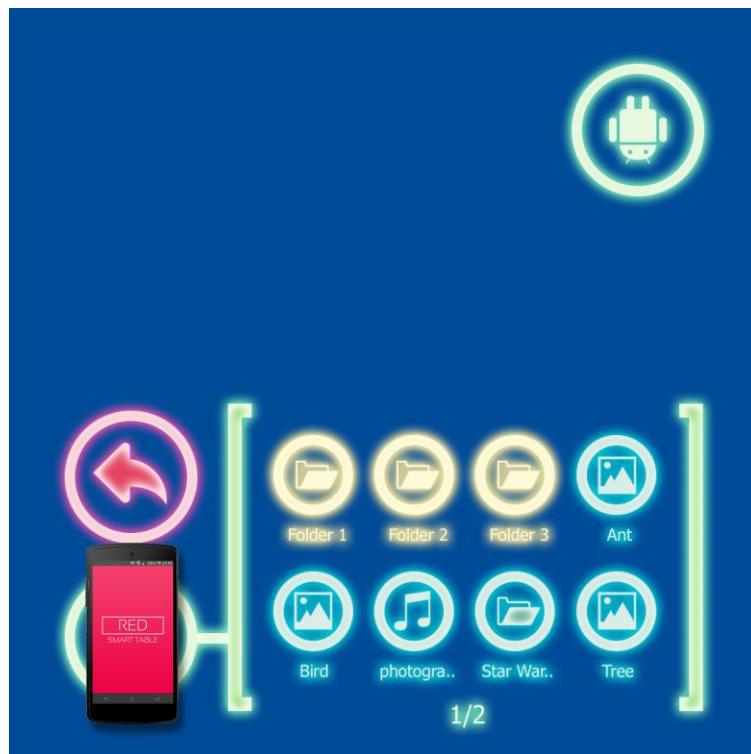
3.9.2.1 Smartphone Mode

หลังจากการวางสมาร์ทโฟน ตามรูปที่ 3.19 และกดปุ่ม “CONNECT” แล้ว จะเข้าสู่หน้าจอเมนูหลักของสมาร์ทโฟน ทางด้านซ้ายจะเป็นปุ่ม “DISCONNECT” เมื่อกดจะทำการตัดการเชื่อมต่อกับสมาร์ทโฟนเครื่องนั้น ทางขวาจะเป็นไอคอน เมนู 4 อย่าง ดังรูปที่ 3.20 คือ

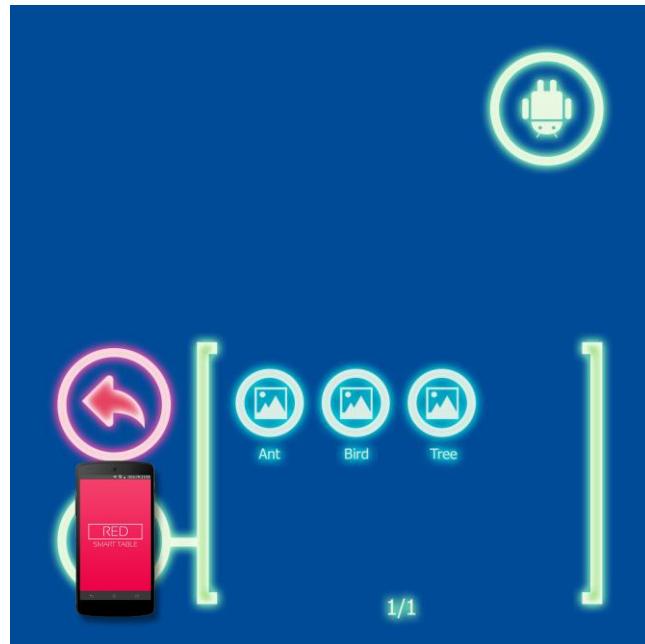
1. Files : เปิดดูไฟล์ทั้งหมดในสมาร์ทโฟน ดังรูปที่ 3.21
2. Photos : เปิดดูไฟล์ที่เป็นรูปภาพ ดังรูปที่ 3.22
3. Music : เปิดดูไฟล์ที่เป็นเพลง
4. Videos : เปิดดูไฟล์ที่เป็นวิดีโอ



รูปที่ 3.20 ซอฟต์แวร์ Windows : หน้าจอเมนูหลัก Smartphone Mode เชื่อมต่อสมาร์ทโฟน 1 เครื่อง

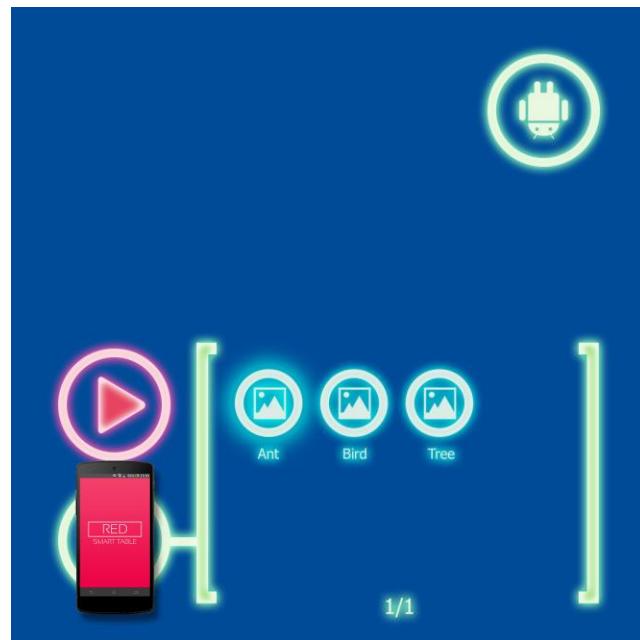


รูปที่ 3.21 ซอฟต์แวร์ Windows : เข้าสู่เมนู Files



รูปที่ 3.22 ซอฟต์แวร์ Windows : เข้าสู่เมนู Photos

เมื่อเข้าสู่เมนูแล้ว ปุ่ม “DISCONNECT” จะเปลี่ยนกลายเป็นปุ่ม “BACK” ดังรูปที่ 3.21, 3.22 แทน เมื่อเลือกที่ปุ่มนี้จะทำการกลับไปสู่หน้าก่อนหน้านี้นั่นเอง

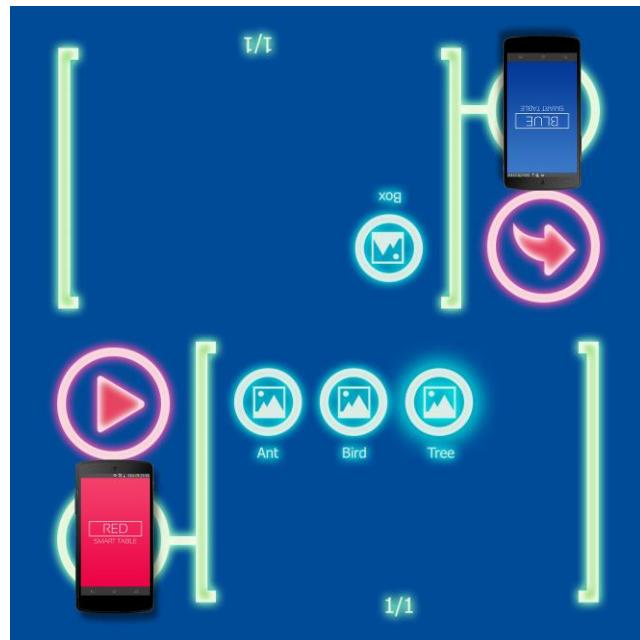


รูปที่ 3.23 ซอฟต์แวร์ Windows : เมื่อทำการเลือกไฟล์

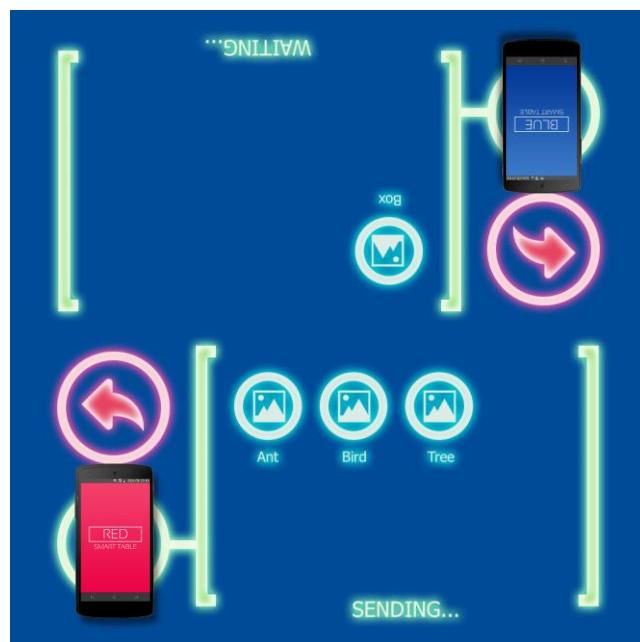


รูปที่ 3.24 ซอฟต์แวร์ Windows : เมื่อทำการเปิดไฟล์

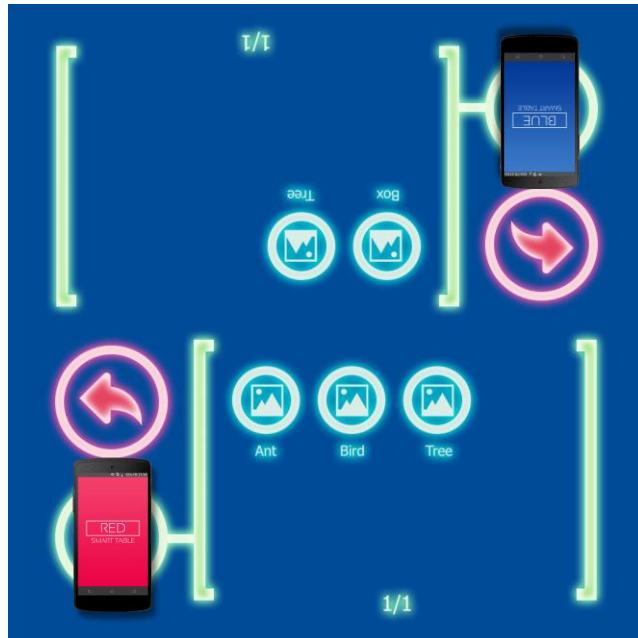
หากต้องการเปิดไฟล์ ให้ทำการเลือกไฟล์โดยการกดมือ (click) ที่ไฟล์นั้น ที่ไฟล์จะมีแสงสว่างขึ้นมา และปุ่มทางซ้ายจะเปลี่ยนจาก “BACK” กลายเป็น “PLAY” ตามรูปที่ 3.23 และเมื่อเลือกที่ “PLAY” ไฟล์นั้นจะแสดงออกมากดังรูปที่ 3.24 จากนั้นปุ่มทางซ้ายจะเปลี่ยนกลับเป็น “BACK” ซึ่งจะเป็นปุ่มปิดการแสดงของไฟล์นั้น นั่นเอง



รูปที่ 3.25 ซอฟต์แวร์ Windows : หน้าจอเมนูหลัก เชื่อมต่อสมาร์ทโฟน 1 เครื่อง



รูปที่ 3.26 ซอฟต์แวร์ Windows : ระหว่างรอทำการคัดลอกไฟล์

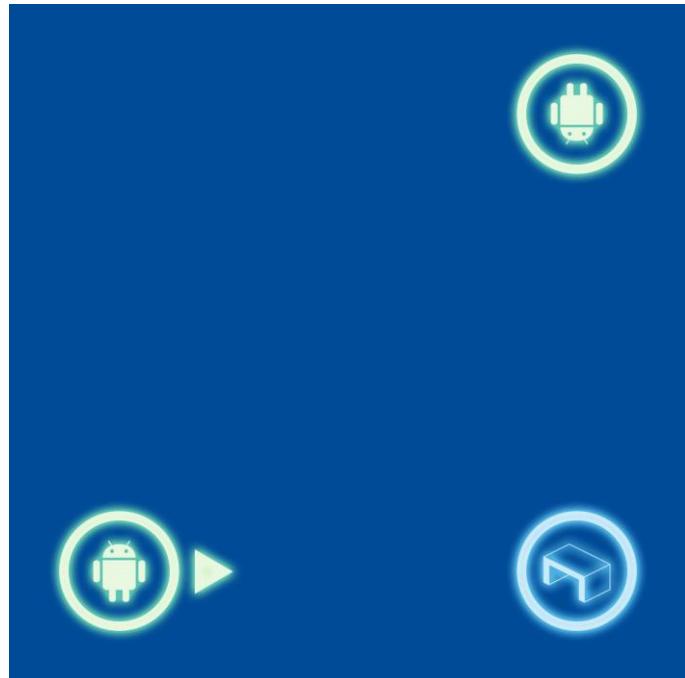


รูปที่ 3.27 ซอฟต์แวร์ Windows : ทำการคัดลอกไฟล์สำเร็จ

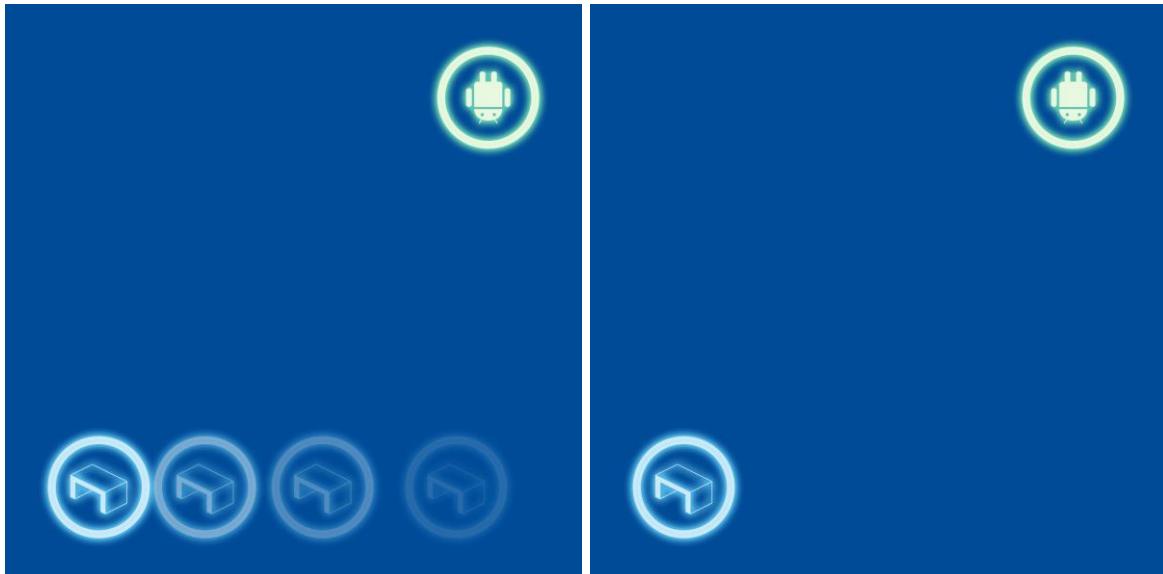
ในการคัดลอกไฟล์จากสมาร์ทโฟนเครื่องหนึ่งไปยังสมาร์ทโฟนอีกเครื่องหนึ่ง ผู้ใช้ต้องทำการเชื่อมต่อสมาร์ทโฟน 2 เครื่องเข้าสู่ระบบห้อง 2 ฝั่งพร้อมกัน จากนั้นผู้ใช้ฝั่งที่ไม่ไฟล์ให้ทำการเลือกไฟล์ที่ต้องการคัดลอก ดังรูปที่ 3.25 จากนั้นให้ทำการวางไว้ที่พื้นที่ว่างของผู้ใช้อีกฝั่งหนึ่ง เมื่อทำเช่นนี้แล้ว Smart Table จะเข้าสู่หน้าจอคัดลอกไฟล์ ดังรูปที่ 3.26 และเมื่อเสร็จสิ้น ไฟล์จากเครื่องที่หนึ่งจะไปแสดงที่อีกเครื่องหนึ่ง ดังรูปที่ 3.27

3.9.2.2 PC Mode

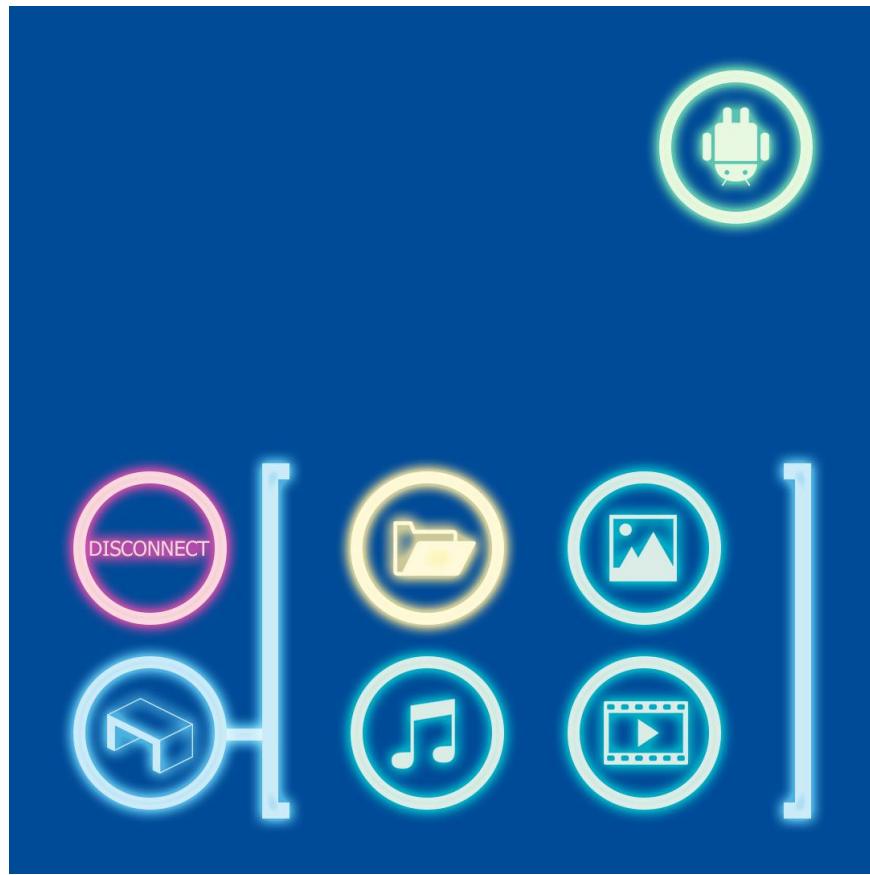
เมื่อทำการเลือกไอคอน Android ที่หน้าจอเริ่มต้น จะปรากฏไอคอน “TABLE” ขึ้นที่ทางขวาล่างของหน้าจอ ดังรูปที่ 3.28 เมื่อผู้ใช้ทำการเลือกไอคอนดังกล่าวโดยการสักไปด้านซ้าย ดังรูปที่ 3.29,3.30 จะเข้าสู่ PC Mode และสามารถเข้าถึงไฟล์ใน PC ได้เหมือนกันกับ Smartphone Mode ดังรูปที่ 3.31



รูปที่ 3.28 ซอฟต์แวร์ Windows : ปรากฏไอคอน “TABLE”



รูปที่ 3.29, 3.30 ซอฟต์แวร์ Windows : เข้าสู่ PC Mode



รูปที่ 3.31 ซอฟต์แวร์ Windows : หน้าจอเมนูหลัก PC Mode

3.10 การออกแบบการส่งข้อมูล

3.10.1 รูปแบบที่ใช้

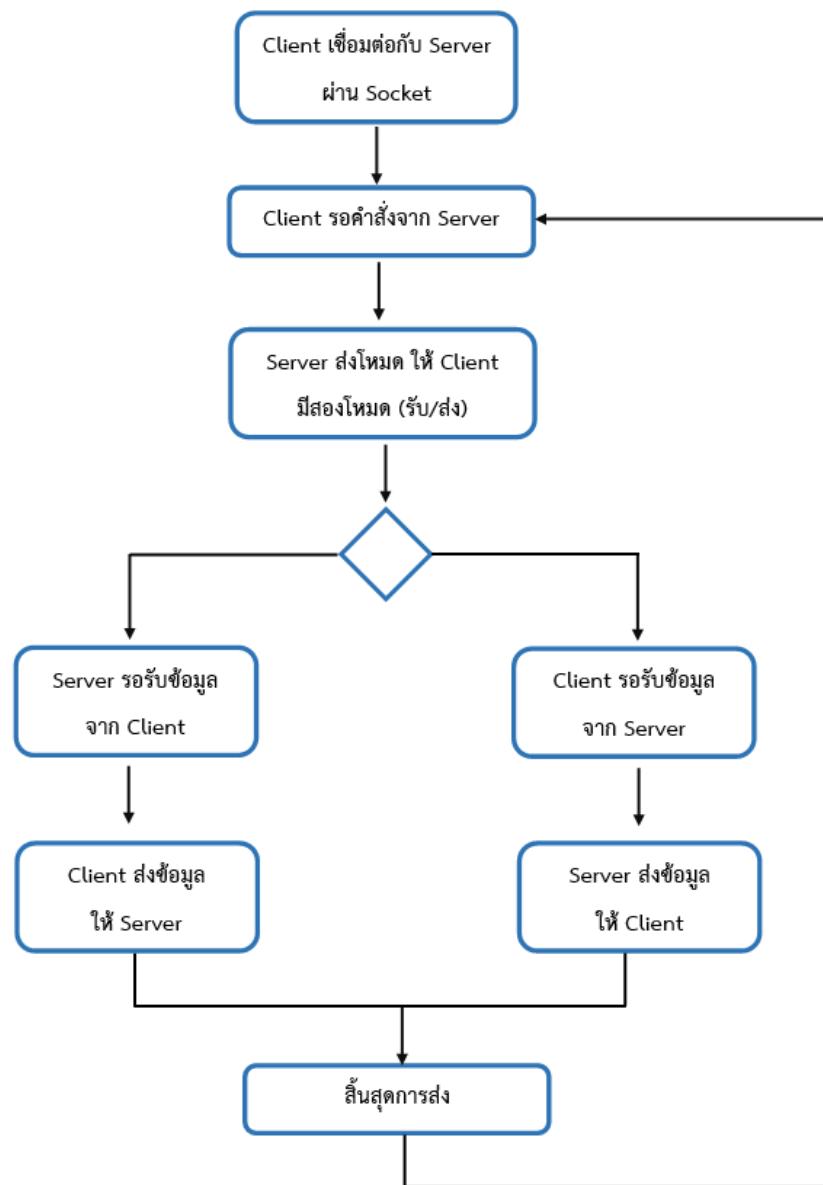
Protocol : TCP (Socket)

Client : Android Smartphone

Server : Computer

3.10.2 แผนภาพขั้นตอนการเชื่อมต่อ

รูปที่ 3.32 แสดงขั้นตอนการเชื่อมต่อระหว่าง server (เตี๊ยะ) และ client (สมาร์ทโฟน) เริ่มจาก client เชื่อมต่อกับ server ผ่านทาง socket ที่เปิดไว้อยู่ เมื่อเชื่อมต่อเรียบร้อยแล้ว client จะรอคำสั่งจาก server ว่าจะให้ส่งข้อมูลมาให้ server หรือรับข้อมูลจาก server และทำการรับส่งข้อมูลหากัน เมื่อทำการรับส่งข้อมูลเรียบร้อยแล้ว client จะอรับคำสั่งต่อไปจาก server จนกว่าจะยกเลิกการเชื่อมต่อ



รูปที่ 3.32 แผนภาพขั้นตอนการเชื่อมต่อ

บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล

4.1 ซอฟต์แวร์

4.1.1 ซอฟต์แวร์ด้านการประมวลผลภาพ

ในส่วนของซอฟต์แวร์ด้านการประมวลผลภาพ เราเลือกที่จะพัฒนาโดยใช้ภาษา C# บนโปรแกรม Visual Studio 2013 ซึ่งเราเลือกใช้กล้อง Microsoft Kinect มาเป็นส่วนรับข้อมูล (Input method) แต่แล้วก็เกิดปัญหานี้ในการเชื่อมต่อระหว่าง Microsoft Kinect for Xbox 360 กับ PC เนื่องจากอุปกรณ์ชิ้นนี้ไม่ได้ถูกออกแบบมาเพื่อให้ใช้กับระบบปฏิบัติการ Windows โดยตรง จึงต้องใช้ program library ที่ชื่อว่า OpenNI และ NiTE ดังรูปที่ 4.1 ซึ่งเวอร์ชันที่เลือกใช้คือ

- OpenNI-Windows-x64-2.2
- NiTE-Windows-x64-2.2



รูปที่ 4.1 โลโก้ของ OpenNI, NiTE

[Source: <http://blog.jorgeivanmeza.com/wp-content/uploads/2011/12/openni.jpg>,

http://openni.ru/wp-content/uploads/NITE_MW.png]

เนื่องด้วย กลุ่มของเราใช้สถาปัตยกรรมแบบ 64-bit ของระบบปฏิบัติการ Windows จึงเลือกใช้เวอร์ชันดังกล่าว แต่เมื่อนำมาใช้แล้ว คอมพิวเตอร์ที่ใช้กล้องไม่ยอมรับให้ใช้เวอร์ชันดังกล่าว กลุ่มของเราจึงค้นหาข้อมูลเพื่อแก้ไขปัญหานี้จากอินเทอร์เน็ต ซึ่งได้ข้อสรุปว่า เวอร์ชันของสถาปัตยกรรมแบบ 64-bit นั้นยังมีปัญหาอยู่ ไม่สามารถนำมาใช้งานได้สมบูรณ์ เราจึงเปลี่ยนมาใช้

- OpenNI-Windows-x86-2.2
- NiTE-Windows-x86-2.2

หรือเวอร์ชันของสถาปัตยกรรมแบบ 32-bit และก็สามารถใช้งานได้ปกติ

อีกส่วนหนึ่งของ Microsoft Kinect for Xbox 360 คือ Kinect SDK for Windows ซึ่งเป็น SDK (Software Development Kit : ชุดเครื่องมือสำหรับนักพัฒนาซอฟต์แวร์) ที่บริษัท Microsoft ออกแบบมาให้นักพัฒนาทั่วไปสามารถนำ Kinect ไปพัฒนาซอฟต์แวร์ได้โดยอิสระ ซึ่งเวอร์ชันล่าสุด คือ

- Kinect for Windows SDK 2.0 รุ่ปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 ภาพโฆษณา Kinect SDK ซึ่งทำอุปกรณ์ให้กับ Kinect for Windows

[Source: <http://www.blogcdn.com/www.engadget.com/media/2011/06/kinect-windows-2011-06-16.jpg>]

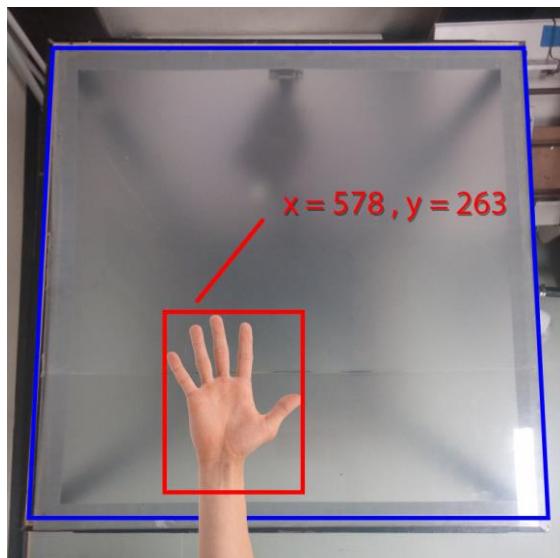
กลุ่มของเราจึงนำ SDK ชุดนี้มาใช้ในการพัฒนาซอฟต์แวร์ แต่เมื่อทำการ Compile ซอฟต์แวร์ที่พัฒนาขึ้น กลับเกิด Error ขึ้น ทำให้ผลลัพธ์ไม่ได้ออกมาตามที่ต้องการ กลุ่มของเราจึงค้นหาข้อมูลเพื่อแก้ไขปัญหานี้ด้วยวิธีการเดิม และได้ข้อสรุปว่า SDK เวอร์ชันดังกล่าวไม่สามารถใช้งานได้กับ Microsoft Kinect for Xbox 360 และ library OpenNI, NiTE ต้องใช้เวอร์ชันที่นักพัฒนา library ทำการพัฒนาในช่วงเวลานั้น หรือ

- Kinect for Windows SDK 1.8

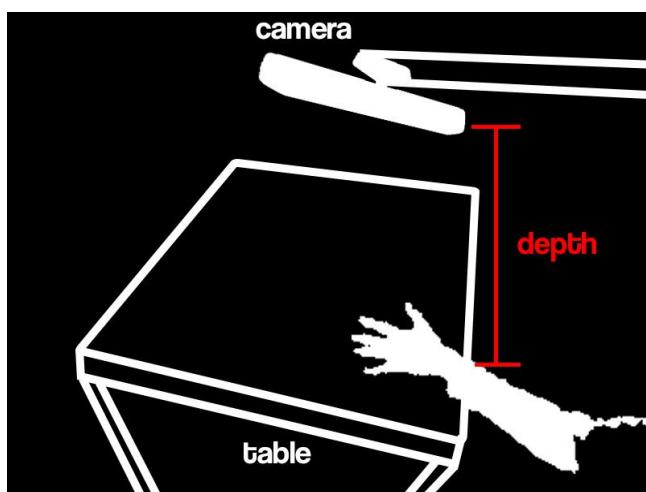
ซึ่งเมื่อเปลี่ยนมาใช้เวอร์ชันดังกล่าว ก็สามารถ Compile ซอฟต์แวร์ได้ตามปกติ

1. ประมวลผลภาพของมือ (Hand detection)

ลักษณะการใช้งานในส่วนนี้ จะเป็นการพัฒนาซอฟต์แวร์เพื่อให้ผู้ใช้สามารถควบคุมการใช้งาน Smart Table ผ่านทางกล้องที่จับภาพ โดยกล้องจะจับภาพของมือ และบอกตำแหน่งว่าตอนนี้มือของผู้ใช้อยู่ที่พิกัดใด ดังรูปที่ 4.3 จากนั้นจะนำไปวิเคราะห์ตามสมการที่ออกแบบไว้เพื่อให้เดาจุดที่ผู้ใช้ต้องการเลือก จากนั้นก็นำพิกัดนั้นไปใช้ในซอฟต์แวร์ส่วนประมวลผล และแสดงออกทางส่วนต่อประสานกับผู้ใช้



รูปที่ 4.3 ลักษณะการใช้งานของ การประมวลผลภาพของมือ



ในส่วนแรก เราจะรับภาพความลึก (Depth Image) ผ่านทาง Kinect ดังรูปที่ 4.4 โดยกำหนดค่าไว้ที่ค่าๆ หนึ่ง ซึ่งในที่นี้ตั้งไว้ที่ 80 cm ถึง 81 cm หากมีวัตถุอยู่ในระยะตั้งกล่าว จะมีภาพเกิดขึ้นมา ดังตัวอย่าง รูปที่ 4.5

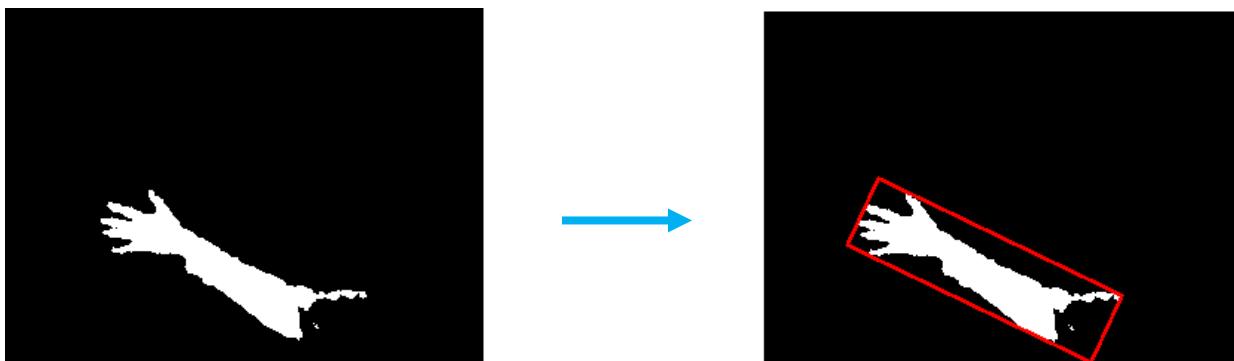
รูปที่ 4.4 ลักษณะการใช้งานของ การประมวลผลภาพของมือ

จากนั้นเราจะทำการ Thresholding (อ้างอิงทฤษฎีตามบทที่ 3, 3.3.2.1 Thresholding) จะได้ภาพดังรูปที่ 4.6



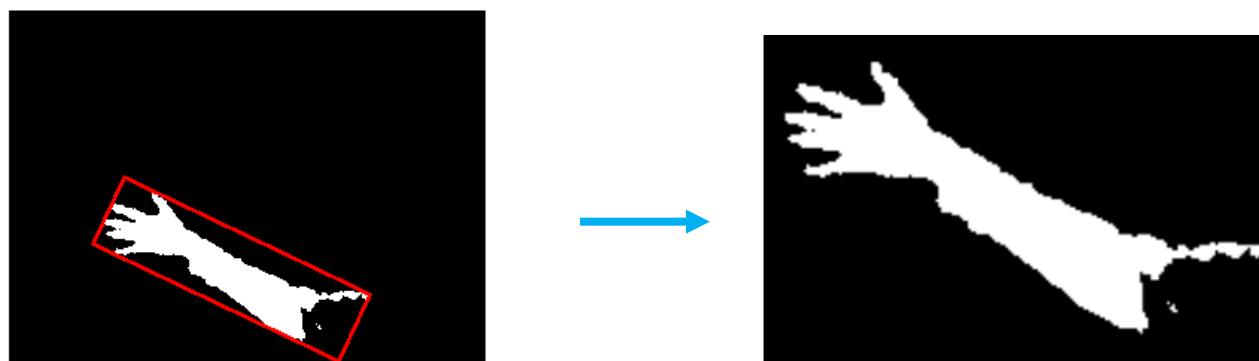
รูปที่ 4.5 Depth Image และ รูปที่ 4.6 Threshold Image

จากนั้นจะนำภาพ Threshold Image มาทำการ Blob Coloring เพื่อหาพิกัดของภาพ (อ้างอิงทฤษฎีตามบทที่ 3, 3.3.2.2 Blob Coloring) จะได้รูปภาพที่ 4.7



รูปที่ 4.6 Threshold Image และ รูปที่ 4.7 Blob Coloring Image

เมื่อได้ภาพ Blob Coloring Image เราจะทำการตัดภาพเฉพาะส่วนที่ขอบสีแดงออกมานั้น ดังรูปที่ 4.8 เพื่อแยกมือของผู้ใช้ออกจากกันในกรณีที่มีผู้ใช้มากกว่า 1 คน



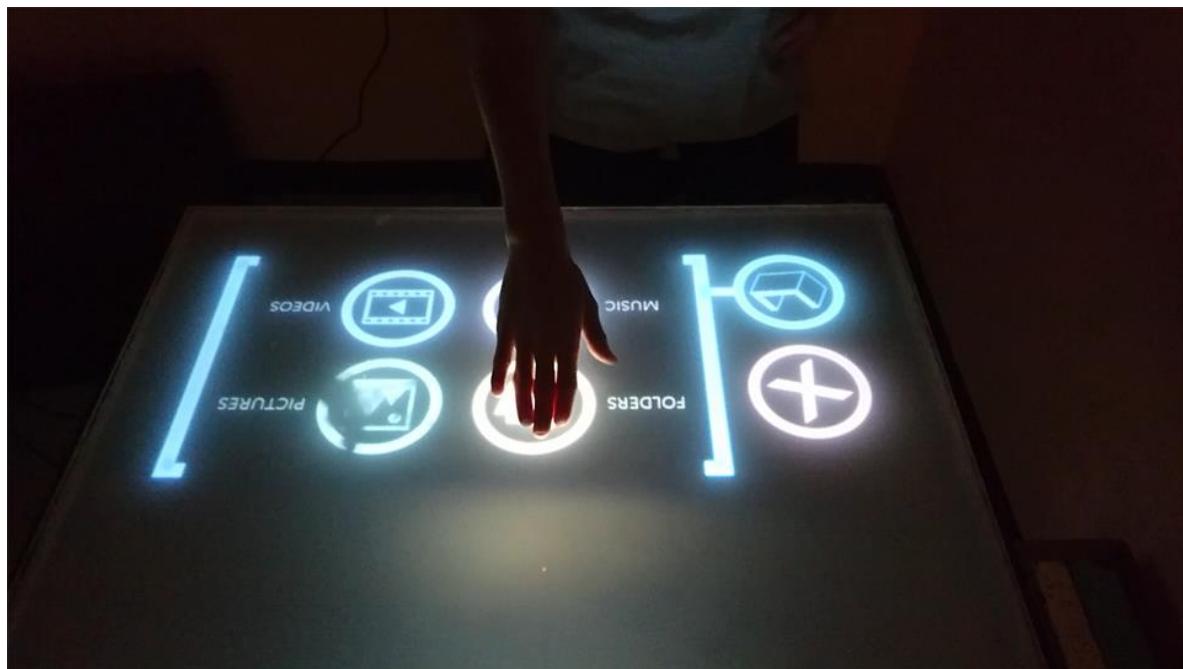
รูปที่ 4.7 Blob Coloring Image และ รูปที่ 4.8 Split Image

จากขั้นตอนดังกล่าว ทำให้เราสามารถแยกมือของผู้ใช้คนต่าง ๆ ออกจากกันได้ และสามารถระบุได้ว่ามือของผู้ใช้คนนั้นอยู่ที่ตำแหน่งไหน ดังรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 พิกัดของมือ

เมื่อเรารู้ตำแหน่งของมือที่สัมผสหน้าจอแล้ว นำค่าที่ได้ไปคำนวณลงในส่วนของซอฟต์แวร์ส่วนต่อประสานกราฟิก กับผู้ใช้ เพื่อให้ผู้สามารถรับรู้ได้ว่าเรารสัมผัสไปที่ส่วนไหนของโน๊ตบุ๊ก ก็จะได้ระบบประมวลผลภาพของมือที่เสร็จสมบูรณ์ ดังรูปที่ 4.10

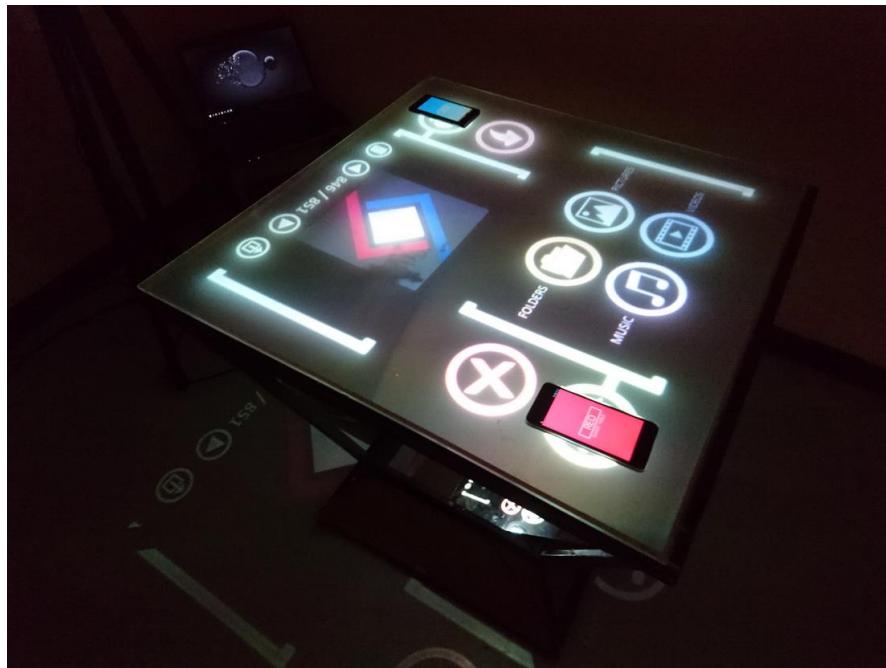


รูปที่ 4.10 ระบบประมวลผลภาพของมือ

4.1.1.2 ประมวลผลภาพวัตถุที่อยู่บนโต๊ะ

เมื่อスマาร์ทโฟนเครื่องที่ต้องการเชื่อมต่อ กับระบบ Smart Table ทำการเปิด application ขึ้นมา จะมีรูปภาพแสดง ID ของスマาร์ทโฟนเครื่องนั้น ID นี้จะมีหน้าที่ระบุว่า ตอนนี้ Smart Table ทำการเชื่อมต่อกับスマาร์ทโฟนเครื่องไหน อยู่ เช่น ID “BLUE” จะแสดงสีน้ำเงิน, ID “RED” จะแสดงสีแดง

และเมื่อมีการเชื่อมต่อระหว่างスマาร์ทโฟนกับ Smart Table กล้อง Kinect จะนำภาพส่วนของ ภาพสี (RGB Image) มาทำการวิเคราะห์เพื่อหาตำแหน่งของภาพสีน้ำเงิน และภาพสีแดง และบอกว่าスマาร์ทโฟนเครื่องดังกล่าวอยู่ที่ ตำแหน่งไหน ดังรูปที่ 4.11



รูปที่ 4.11 การระบุพิกัดของスマาร์ทโฟน

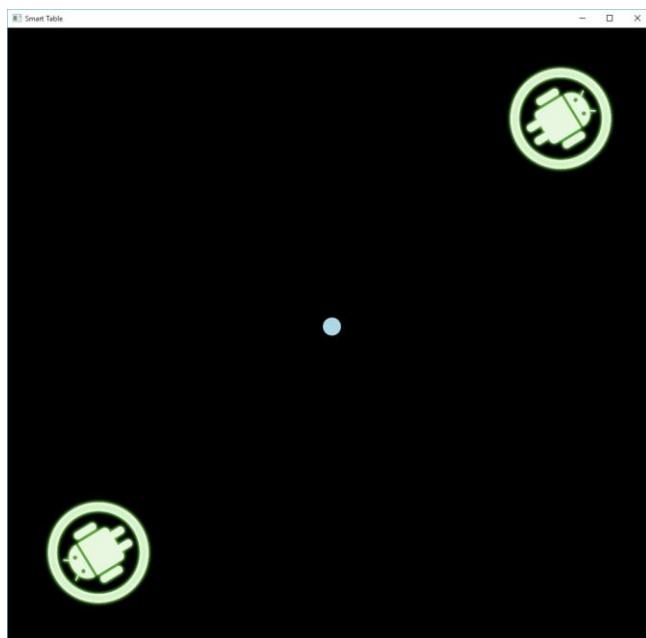
4.1.2 ซอฟต์แวร์บนสมาร์ทโฟน Android

ผู้พัฒนาได้เลือกใช้ซอฟแวร์ Android Studio เวอร์ชัน 1.4.0.0 ในการพัฒนา โดยภาษาที่เลือกใช้คือ ภาษา Java ส่วนของการใช้งาน เมื่อกดเปิด Application (SmartTable) บน Android Smartphone จะปรากฏหน้าจอ Smartphone เป็นหน้าหลัก เมื่อผู้ใช้สัมผัสที่จุดใดจุดหนึ่งบนหน้าจอ Smartphone จะทำการเชื่อมต่อกับโต๊ะ หาก เชื่อมต่อแล้วจำนวน Smartphone เกินจำนวนที่กำหนด Server จะส่งสัญญาณบอกให้ยกเลิกการเชื่อมต่อ แต่ถ้าสามารถ เชื่อมต่อได้ Smartphone จะได้รับหมายเลข ID และเปลี่ยนหน้าไปเป็นรูปภาพตามหมายเลขที่ได้รับ แล้วรับคำสั่งจาก Server เช่น ขอรายชื่อไฟล์ รับส่งไฟล์ หรือยกเลิกการเชื่อมต่อ

4.1.3 ซอฟต์แวร์ส่วนต่อประสานกราฟิกกับผู้ใช้

ในส่วนของซอฟต์แวร์ด้านการประมวลผลภาพ เราเลือกที่จะพัฒนาโดยใช้ภาษา C# บนโปรแกรม Visual Studio 2013 และพัฒนาในรูปแบบของ XAML ซึ่งง่ายต่อการพัฒนาด้านกราฟิก และแอนิเมชัน

4.1.3.1 เริ่มต้นการใช้งาน

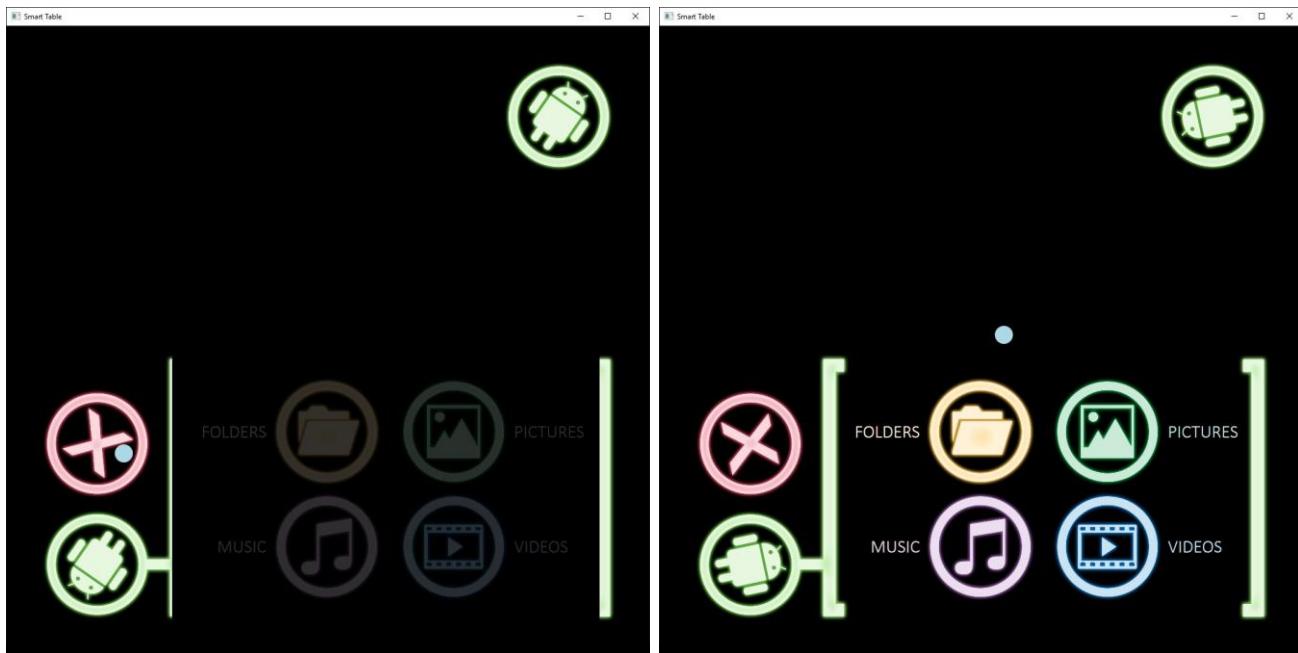


รูปที่ 4.12 หน้าจอเริ่มต้น

เมื่อทำการเปิดซอฟต์แวร์ขึ้นมา จากรูปที่ 4.12 จะมีไอคอนรูป Android แสดงอยู่ เพื่อเป็นการบอกว่าบริเวณนั้นให้ นำスマาร์ทโฟนมาวางเพื่อเชื่อมต่อ ส่วนจุดสีฟ้าตรงกลางของภาพ คือ Cursor ของผู้ใช้ ดังรูปที่ 4.12 หากไม่มีการทำ การเชื่อมต่อกับ Kinect จะต้องใช้ Mouse ในการควบคุมจุด ๆ นั้น แต่หากเชื่อมต่อกับ Kinect จะใช้มือในการควบคุมจุด ๆ นั้น

ในหน้าจอเริ่มต้นใช้งาน ระบบจะมีให้เลือกใช้งานได้ 2 รูปแบบ คือ Smartphone Mode และ PC Mode

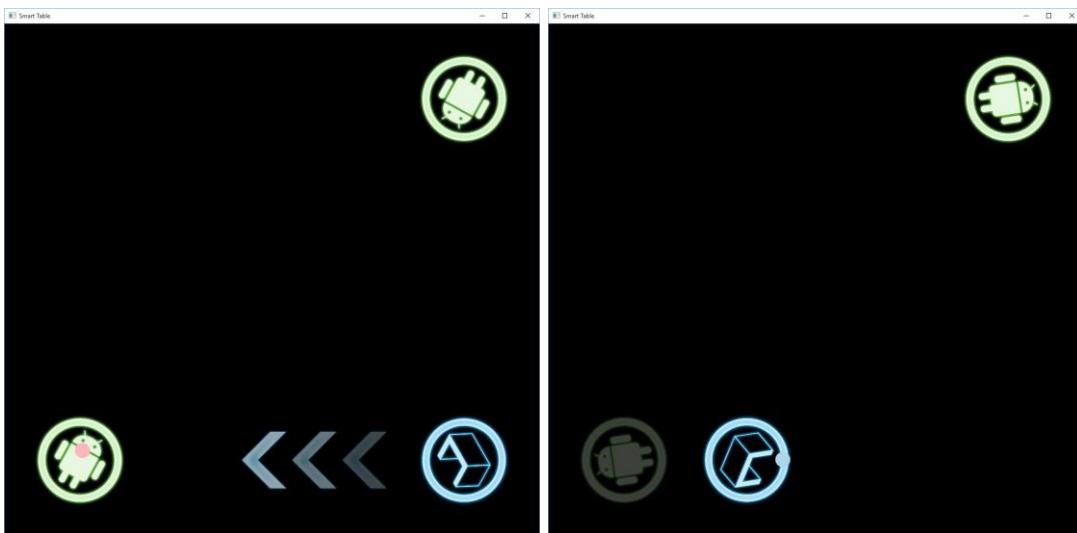
4.1.3.2 การเชื่อมต่อ กับสมาร์ทโฟน (Smartphone Mode)



รูปที่ 4.13 แอนิเมชันแสดงหน้าจอเข้าสู่การเชื่อมต่อ และ รูปที่ 4.14 เชื่อมต่อแล้วสมบูรณ์

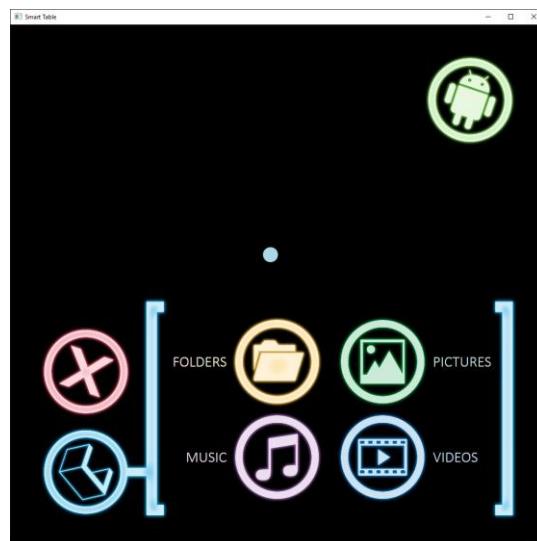
เมื่อนำสมาร์ทโฟนมาวางบน Smart Table และเปิดแอพพลิเคชันขึ้นมาทำการกดปุ่มเชื่อมต่อ ในทุกๆ 3 วินาที ซอฟแวร์บนคอมพิวเตอร์จะทำการตรวจสอบการเชื่อมต่อของสมาร์ทโฟนกับคอมพิวเตอร์ ซึ่งหากมีความต้องการเชื่อมต่อ ของสมาร์ทโฟน อุปกรณ์ทั้ง 2 จะเริ่มทำการเชื่อมต่อกัน และเข้าสู่เมนูหลักในการใช้งานของ Smart Table ดังรูป 4.13 และ รูป 4.14 ซึ่งแบ่งไฟล์ต่างๆ ออกเป็น 4 ส่วน คือ Folders, Pictures, Music และ Videos ดังรูปที่ 4.13 และผู้ใช้สามารถทำการ Disconnect โดยกดที่ปุ่มกากรบทสีแดงทางด้านซ้าย

4.1.3.3 การใช้งาน PC Mode



รูปที่ 4.15 เริ่มต้น PC Mode และ รูปที่ 4.16 เข้าสู่ PC Mod

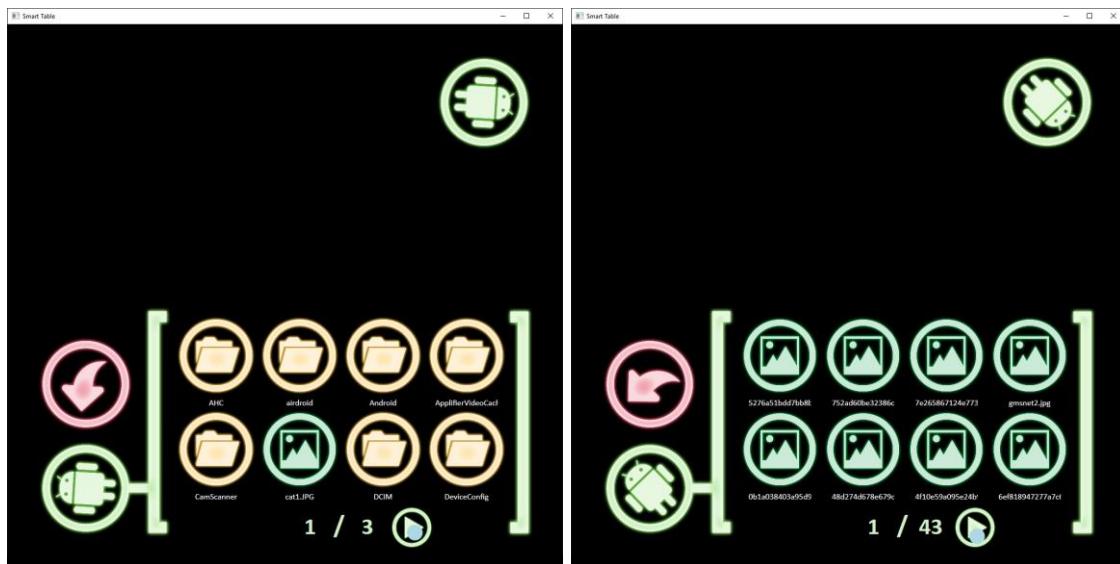
ผู้ใช้สามารถเข้าสู่ PC Mode (ใช้งานผ่าน Smart Table โดยไม่เชื่อมต่อกับสมาร์ทโฟน) โดยกดที่ไอคอน Android จะมีไอคอน PC Mode จะแสดงขึ้นมาทางด้านขวา หากเราทำการเลื่อนไอคอนไปตามลูกศรดังรูปที่ 4.15,4.16 จะเข้าสู่ PC Mode แต่หากเรายังไม่ลาก และปล่อยทิ้งไว้ 5 วินาที ไอคอน PC Mode จะหายไป และกลับสู่หน้าจอเริ่มต้น



รูปที่ 4.17 PC Mode

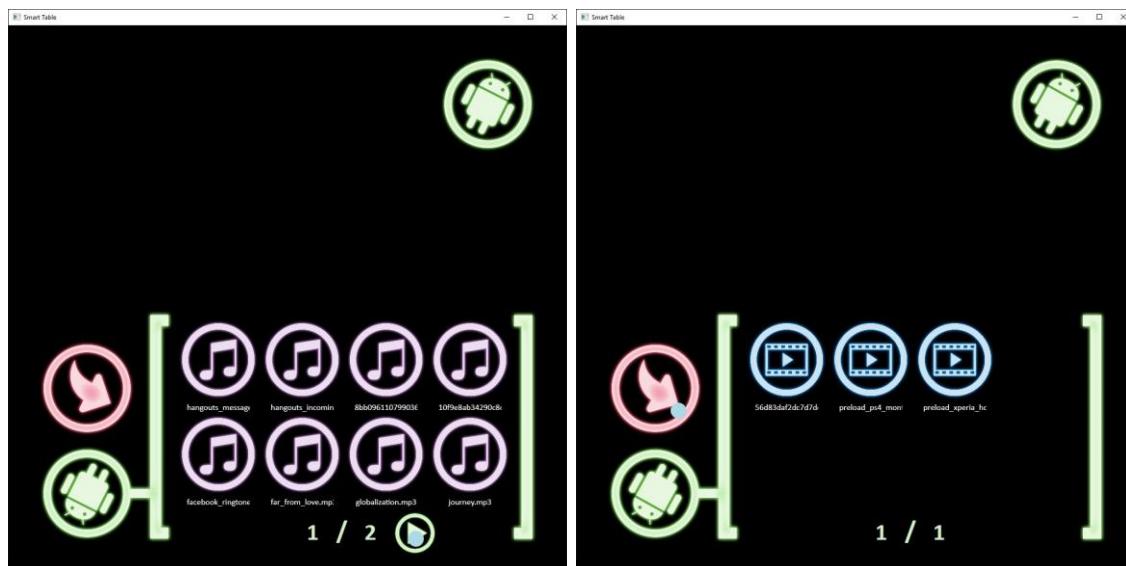
เมื่อเข้าสู่ PC Mode จะเข้าสู่เมนูหลัก ลักษณะเหมือน Smartphone Mode และสามารถออกจาก PC Mode โดยกดปุ่มกาบบาทสีแดงทางด้านซ้ายชั้นกัน ดังรูปที่ 4.17

4.1.3.4 การเลือกไฟล์



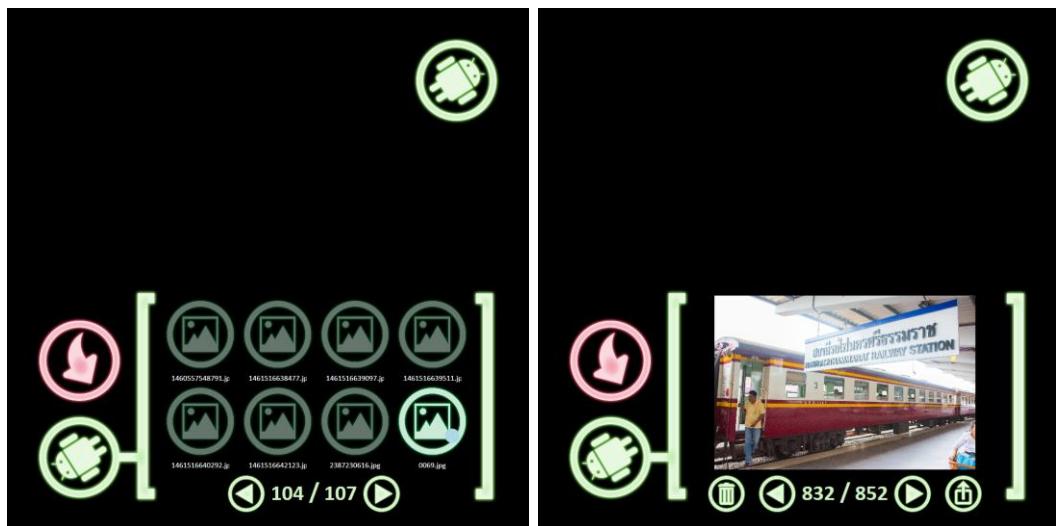
รูปที่ 4.18 เลือกเข้า Folders และ รูปที่ 4.19 เลือกเข้า Pictures

เมื่อกดเลือกประเภทของไฟล์ จะเข้าไปสู่หน้าของเมนูย่อยของ Smart Table ซึ่งจะมีไฟล์ต่างๆ ตามแต่ละประเภท เช่น หากเลือก Folders จะเป็นการเข้าไปสู่ไฟล์ทั้งหมดในสมาร์ทโฟนเครื่องนั้น (หรือหากใน PC Mode จะเป็นไฟล์ทั้งหมดในคอมพิวเตอร์เครื่องนั้น) ดังรูปที่ 4.18 หากเลือก Pictures, Music หรือ Videos จะเป็นการดึงไฟล์ประเภทนั้นทั้งหมดที่มีในเครื่อง มาแสดงบน Smart Table ตั้งรูปที่ 4.19, 4.20 และ 4.21 ตามลำดับ



รูปที่ 4.20 เลือกเข้า Music และ รูปที่ 4.21 เลือกเข้า Videos

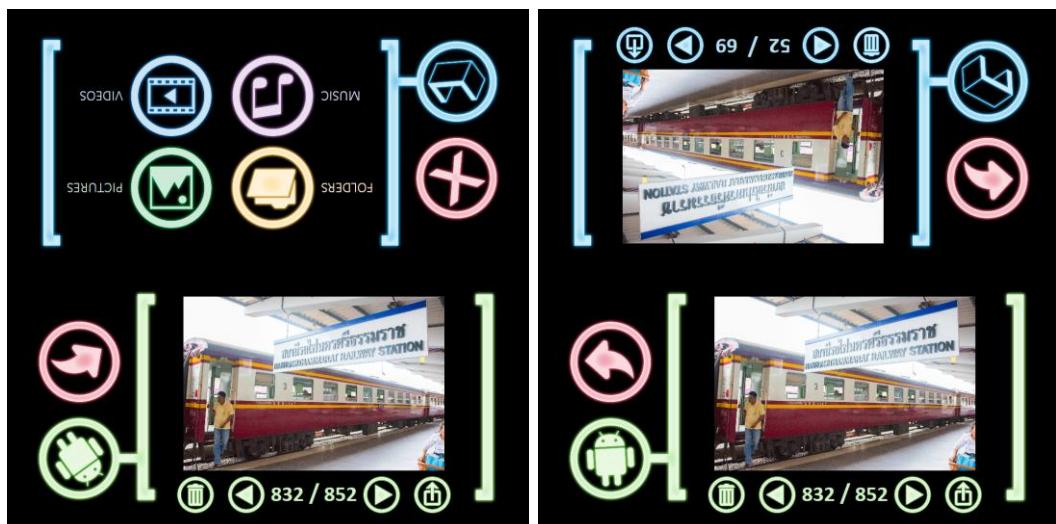
4.1.3.5 การเปิดไฟล์



รูปที่ 4.22 เลือกเปิดไฟล์รูปภาพ และ รูปที่ 4.23 เปิดไฟล์รูปภาพ

เมื่อทำการคลิกที่ไฟล์ ดังในรูปที่ 4.22 ไฟล์ที่เราเลือกจะเด่นขึ้นมา จากนั้น Smart Table จะทำการแสดงไฟล์ที่เราเลือก ดังรูปที่ 4.23 และจะมีคำสั่งใหม่ขึ้นมาให้ใช้ คือ ลบไฟล์ และส่งไฟล์

4.1.3.6 การส่งไฟล์

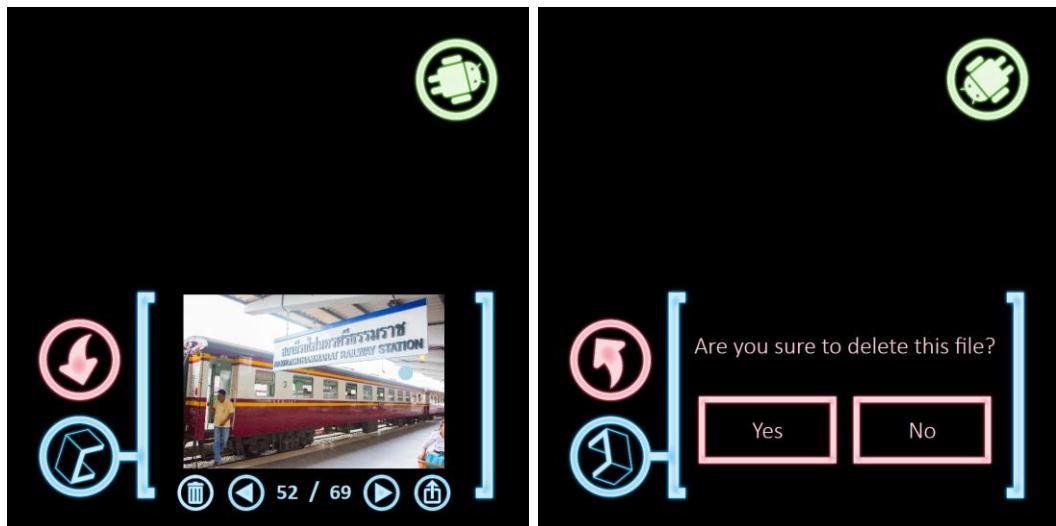


รูปที่ 4.24 เชื่อมต่อเครื่องที่ 2 และ รูปที่ 4.25 ส่งไฟล์

ก่อนจะทำการส่งไฟล์ ผู้ที่ 2 จะต้องทำการเชื่อมต่อกับสมาร์ทโฟนเพื่อเข้าสู่ Smartphone หรือเข้าสู่ PC Mode จากนั้นให้เครื่องที่ต้องการส่ง ลากไฟล์จากผู้ที่ 2 ไปยังอีกผู้ที่ 2 หรือกดปุ่มส่งไฟล์ ไฟล์จะไปยังเครื่องอีกผู้ที่ 2 ดังรูปที่ 4.24, 4.25

4.1.3.7 การลบไฟล์

เมื่อเปิดไฟล์ที่ต้องการจะลบ ดังรูปที่ 4.26 และทำการกดปุ่มลบไฟล์ Smart Table จะสอบถามอีกรอบว่าต้องการจะลบไฟล์นี้จริงๆ หรือไม่ดังรูปที่ 4.27 หากกด No จะย้อนกลับไปที่รูปที่ 4.26 และหากกด Yes ไฟล์ที่เลือกจะถูกลบออกจากเครื่องทันที



รูปที่ 4.26 เปิดภาพที่ต้องการจะลบ และ รูปที่ 4.27 ลบไฟล์

4.1.4 ซอฟต์แวร์ส่วนเชื่อมต่อระหว่างสมาร์ทโฟนและคอมพิวเตอร์

ในส่วนของซอฟต์แวร์ส่วนเชื่อมต่อระหว่างสมาร์ทโฟนและคอมพิวเตอร์ จะมีการแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนของคอมพิวเตอร์ พัฒนาโดยใช้ภาษา C# บนโปรแกรม Visual Studio 2013 และส่วนของสมาร์ทโฟน พัฒนาโดยใช้ภาษา Java บน Android Studio 1.4.0.0

4.1.4.1 ส่วนของคอมพิวเตอร์

ส่วนคอมพิวเตอร์ที่ใช้เชื่อมต่อกับ Smartphone จะสร้างเป็น Class เพื่อทำหน้าที่นี้โดยเฉพาะ ภายใน Class จะประกอบไปด้วย

- TcpClient Socket (Variable) 2 ตัว เพื่อรับการทำงานของ Smartphone 2 เครื่อง
- ListenForClients (Method) สำหรับคอยรับและจัดการ Smartphone ที่จะเชื่อมต่อเข้ามา
- getRoot (Method) ขอ root directory จาก Smartphone
- getList (Method) ขอรายชื่อไฟล์ใน directory ที่เราต้องการ
- SendFile (Method) ส่งไฟล์ไปยัง Smartphone
- ReceiveFile (Method) รับไฟล์จาก Smartphone
- DeleteFile (Method) ลบไฟล์ใน Smartphone
- Disconnect (Method) ส่งสัญญาณเพื่อให้ Smartphone ยกเลิกการเชื่อมต่อ

4.1.4.2 ส่วนของสมาร์ทโฟน

ส่วนของ Smartphone จะมี 2 Activity คือ HomeActivity และ MainActivity

HomeActivity จะเป็นหน้าแรกของ Application เมื่อสัมผัสที่หน้าจอ จะทำการเชื่อมต่อไปที่ Server และเปลี่ยนเป็น MainActivity ทำหน้าที่เปลี่ยนรูปภาพแสดงผลให้เป็นไปตามหมายเลขที่ Smartphone ได้รับแล้วค่อยรับคำสั่งจาก Server โดยมีคำสังदิញ្ញ

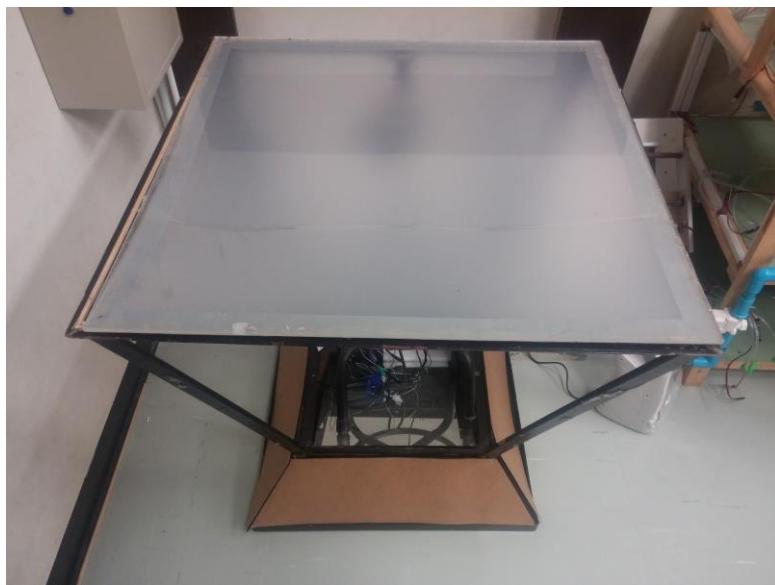
- getRoot ส่ง root directory ให้ Server
- getList ส่งรายชื่อไฟล์ใน Directory ที่ Server ขอมา
- SendFile ส่งไฟล์ไปยัง Server
- ReceiveFile รับไฟล์จาก Server
- Disconnect ยกเลิกการเชื่อมต่อกับ Server และเปลี่ยนหน้ากลับไปเป็น HomeActivity

4.2 การประกอบชิ้นส่วน

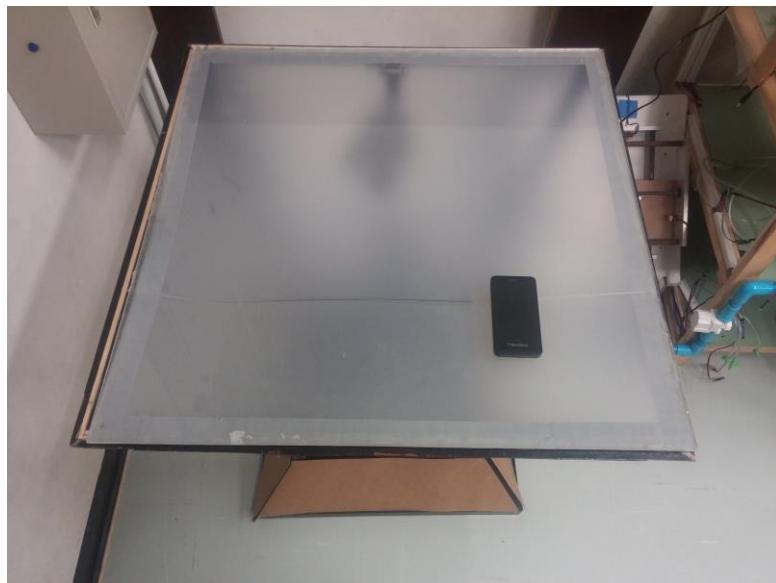
ในส่วนนี้ เราได้นำโครงโต๊ะที่มีการประกอบเสร็จแล้วมาใช้ในการพัฒนา ซึ่งโต๊ะดังกล่าวมีขนาด 30 นิ้ว x 30 นิ้ว มีหน้าโต๊ะใส และแผ่นอะคริลิกขาวขุ่นเพื่อให้ภาพที่ฉายมาจากโปรเจคเตอร์แสดงอยู่บนโต๊ะ (ไม่ทะลุผ่านโต๊ะ)



รูปที่ 4.28 ขนาดของโต๊ะ



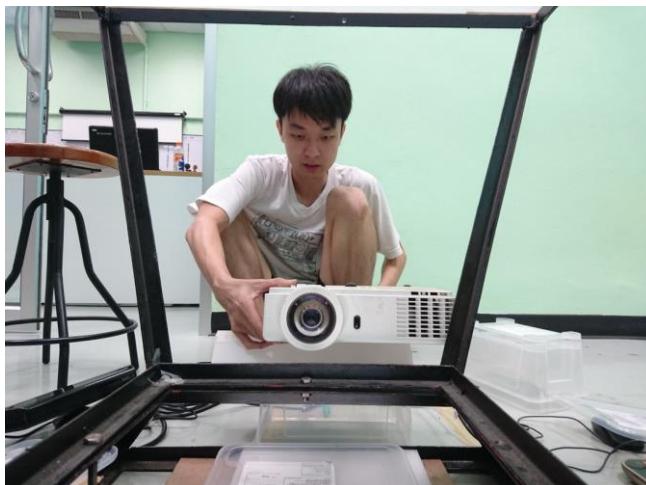
รูปที่ 4.29 โครงโต๊ะ



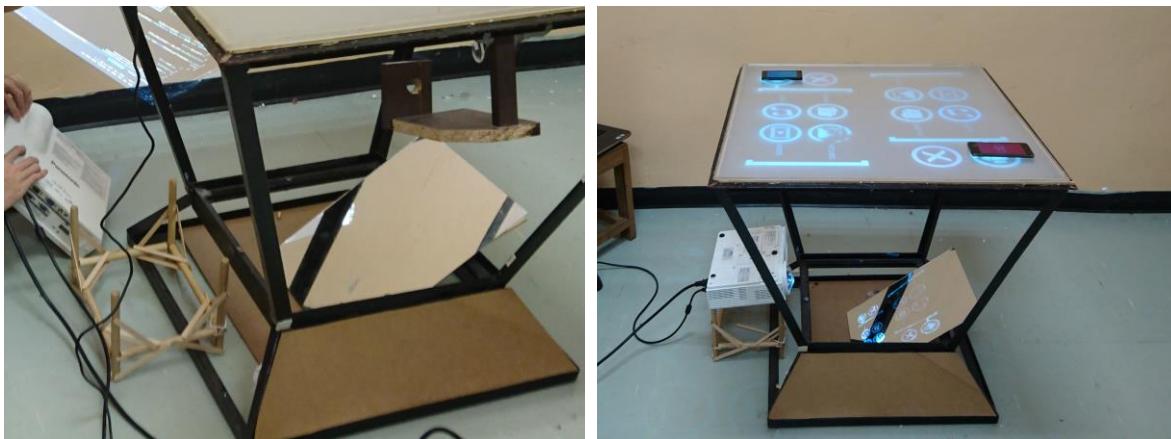
รูปที่ 4.30 โครงตัวเขียว เทียบกับสมาร์ทโฟนขนาดหน้าจอ 4 นิ้ว

4.2.1 การประกอบตัวเขียวกับโปรเจคเตอร์

นำโปรเจคเตอร์ที่เรามี โดยในที่นี้ใช้ Short-Throw Projector ซึ่งสามารถฉายภาพให้มีขนาดกว้างได้มากกว่า โปรเจคเตอร์ปกติ ในระยะที่เท่ากัน และสะท้อนกระจกเงาเพื่อเพิ่มขนาดกว้างให้มากขึ้น (หากเป็นโปรเจคเตอร์ปกติ อาจจะต้องใช้กระจกเงา 2 แผ่น) จากนั้นหาระยะและมุ่งที่เหมาะสมในการสะท้อน ดังรูปที่ 4.31, 4.32



รูปที่ 4.31, 4.32 วัดมุมโปรเจคเตอร์ที่เหมาะสม



รูปที่ 4.33 ขาตั้ง และ รูปที่ 4.34 ประกอบเสร็จ

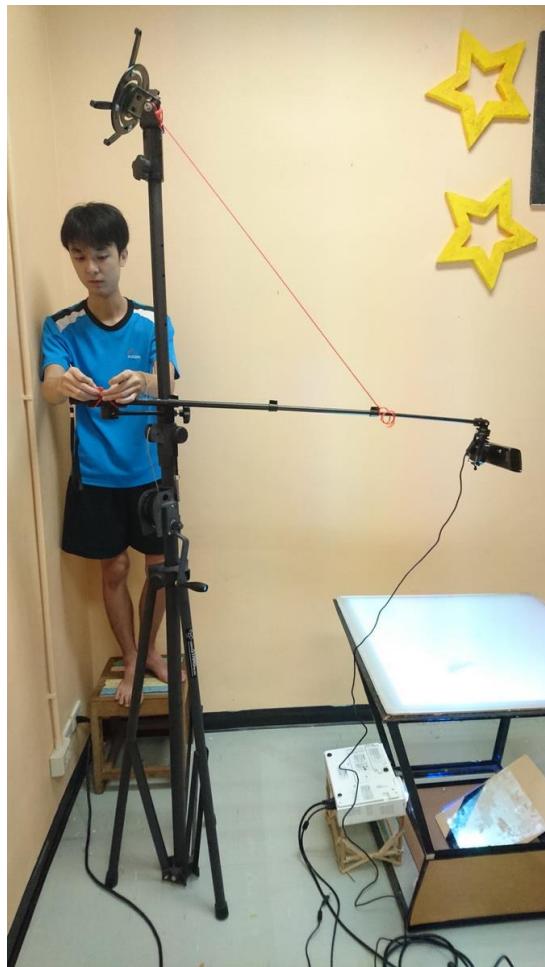
เมื่อได้ระยะและมุมที่เหมาะสม ทำขาตั้งที่มีขนาดพอติดกับมุมที่ต้องการ จากนั้นนำโปรเจคเตอร์ไปวาง จัดตำแหน่งให้พอดี จะได้ตัวฉายภาพโปรเจคเตอร์ที่สวยงาม ดังรูปที่ 4.33 ,4.34

4.2.2 การประกอบตัวเข้ากับ Microsoft Kinect



รูปที่ 4.35 ขาตั้งกล้อง และ รูปที่ 4.36 ไม้เซลฟี่

ในที่นี้เราต้องการให้กล้อง Kinect รับภาพตรงกลางของตัวพอดี จึงต้องทำส่วนประกอบ 2 อย่างมาประกอบกัน 1 คือ ขาตั้งกล้อง ดังรูปที่ 4.35 และ 2 คือ ไม้เซลฟี่ ดังรูปที่ 4.36

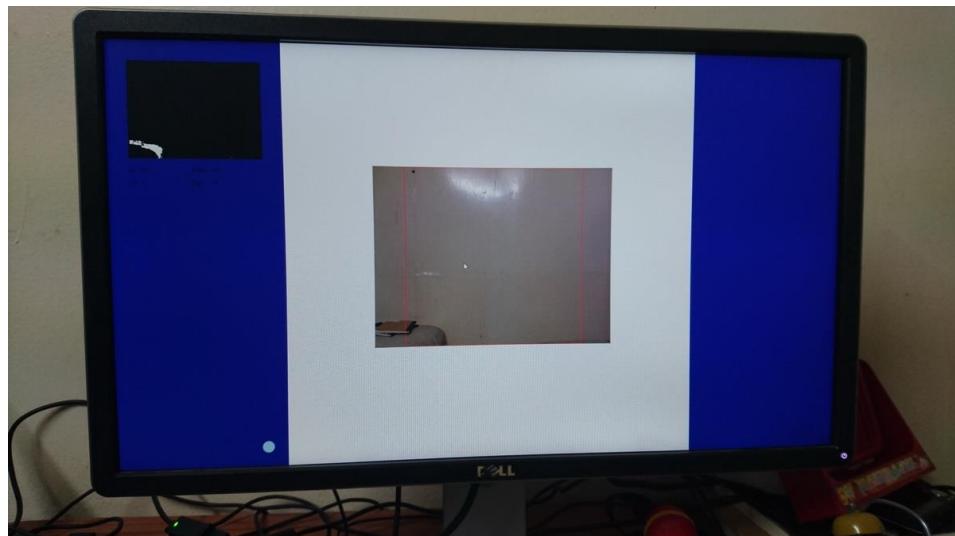


รูปที่ 4.37 ประกอบขาตั้งกล้องและไม้เซลฟี่เข้าด้วยกัน

เราเลือกที่จะใช้เชือกที่มีความแข็งแรงพอสมควรในการผูกยึดส่วนประกอบทั้ง 2 เข้าด้วยกัน จากนั้นก็นำ Kinect ไปติดไว้กับปลายไม้เซลฟี่ ดังรูปที่ 4.37 จัดตำแหน่งให้เหมาะสม ก็จะเสร็จสมบูรณ์

4.2.3 การ Mapping ระหว่างโปรเจคเตอร์ และ Microsoft Kinect

ในการ Mapping ระหว่างโปรเจคเตอร์ และ Microsoft Kinect นั้น เราได้ทำการพัฒนาซอฟต์แวร์ในการ Calibration ขึ้นมา โดยซอฟต์แวร์นี้จะแสดงพื้นที่สีขาว เราจะต้องเคลื่อนโปรเจคเตอร์ให้สีขาวไปพอดีกับโต๊ะ จากนั้นจะมีภาพจากกล้องของ Kinect ให้เลื่อน Kinect ให้พื้นสีขาว ตั้งรูปที่ 4.38 ที่ฉายลงบนโปรเจคเตอร์ให้ตรงกับเส้นขอบสีแดง เมื่อพอดีแล้ว ภาพจากโปรเจคเตอร์ที่ฉายลงบนโต๊ะจะพอดีกับภาพของ Microsoft Kinect ที่รับเข้าไปประมวลผล



รูปที่ 4.38 ซอฟต์แวร์ Calibration

4.3 ขั้นงานที่เสร็จสมบูรณ์

ตามรูป 4.39, 4.40, 4.41, 4.42, 4.43, 4.44, 4.45, 4.46 เป็นรูปขั้นงานที่เสร็จสมบูรณ์ โดยมี Feature ดังนี้

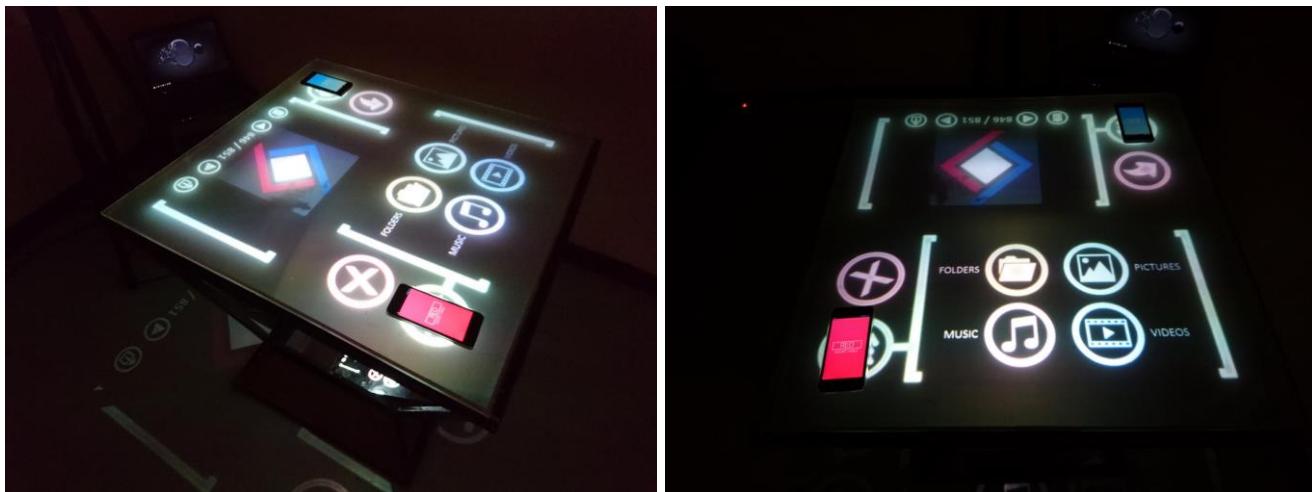
- จับตำแหน่งของมือที่วางบนโต๊ะได้
- เชื่อมต่อและเข้าถึงไฟล์ต่างๆใน Smartphone ได้
- ส่งไฟล์จาก Smartphone เครื่องหนึ่งไปยังอีกเครื่องหนึ่งได้
- แสดงไฟล์ รูป, วิดีโอ, เพลง บนโต๊ะได้



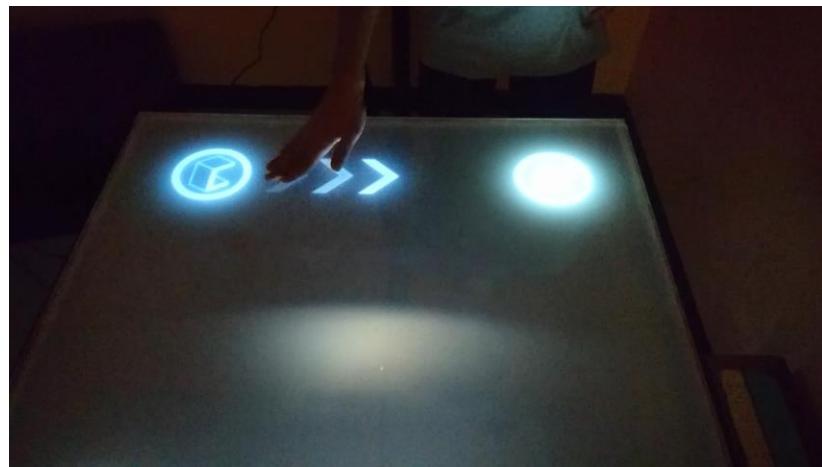
รูปที่ 4.39, 4.40 ชิ้นงานที่ เสร็จสมบูรณ์



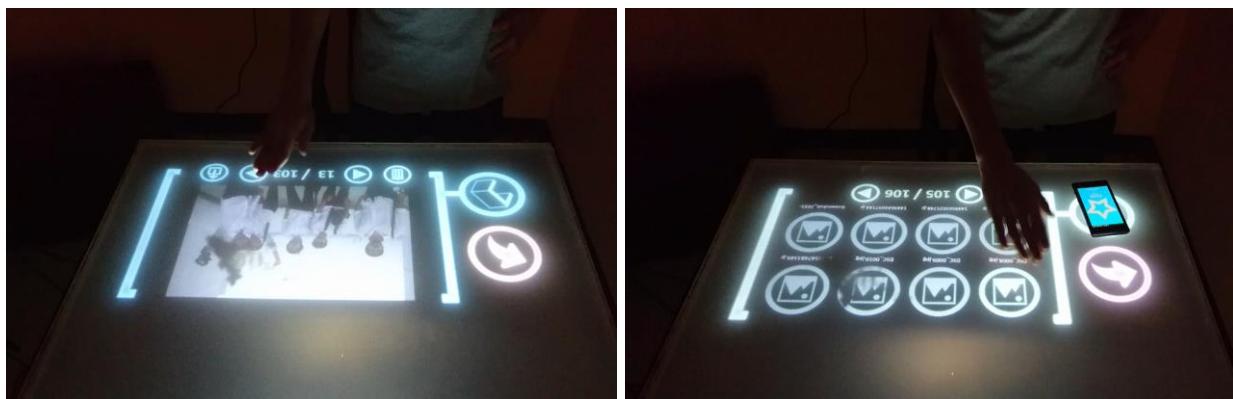
รูปที่ 4.41 ชิ้นงานที่ เสร็จสมบูรณ์



รูปที่ 4.42, 4.43 ขั้นงานที่เสร็จสมบูรณ์



รูปที่ 4.44 ขั้นงานที่เสร็จสมบูรณ์



รูปที่ 4.45 , 4.46 ขั้นงานที่เสร็จสมบูรณ์

บทที่ 5 บทสรุป

5.1 ตารางแสดงความคืบหน้าของการทำโครงการ

พัฒนาชั้นการทำงานของซอฟต์แวร์	สถานะการทำงาน
ซอฟต์แวร์ด้านการประมวลผลภาพ	เสร็จสมบูรณ์
ประมวลผลภาพของมือ	เสร็จสมบูรณ์
ประมวลผลภาพสามารถท์โฟนที่อยู่บนโต๊ะ	เสร็จสมบูรณ์
ซอฟต์แวร์บนสมาร์ทโฟน Android	เสร็จสมบูรณ์
ซอฟต์แวร์ส่วนต่อประสานกราฟิกกับผู้ใช้	เสร็จสมบูรณ์
ระบบเชื่อมต่อข้อมูล	เสร็จสมบูรณ์
คลาสที่ใช้ในการติดต่อของห้องส่องด้าน (C#, Java)	เสร็จสมบูรณ์
ซอฟต์แวร์ส่วนต่อประสานกราฟิกกับผู้ใช้	เสร็จสมบูรณ์
การเลือกไฟล์ เข้าสู่หน้าของไฟล์เดอร์ต่าง ๆ และการแยกประเภทของไฟล์	เสร็จสมบูรณ์
การเล่นไฟล์รูปภาพ, เสียง และวิดีโอ	เสร็จสมบูรณ์
การคัดลอกไฟล์ และลบไฟล์	เสร็จสมบูรณ์
ซอฟต์แวร์ส่วนเชื่อมต่อระหว่างสมาร์ทโฟนและคอมพิวเตอร์	เสร็จสมบูรณ์
ระบบเชื่อมต่อข้อมูล	เสร็จสมบูรณ์
ระบบปรับ-ส่งไฟล์	เสร็จสมบูรณ์
การประกอบขึ้นส่วน	เสร็จสมบูรณ์
แสดงภาพจากคอมพิวเตอร์ ลงบน Smart Table	เสร็จสมบูรณ์
ติดตั้ง Microsoft Kinect เข้ากับ Smart Table	เสร็จสมบูรณ์

5.2 ปัญหาที่พบและแนวทางในการแก้ไข

1. ในตอนแรก โครงการนี้จะต้องมีงบพัฒนาที่ค่อนข้างสูง เนื่องจากระบบห้าสกรีนในปัจจุบันนั้น หากต้องการหน้าจอที่มีขนาดใหญ่ (ซึ่งจำเป็นต้องใช้ในโครงการนี้) จะมีราคาที่สูงมาก และกลุ่มของเราไม่มีงบพัฒนาที่สูงนัก ทำให้ไม่สามารถทำโครงการนี้ต่อไปได้

กลุ่มของเราจึงทำการปรึกษา กับอาจารย์ที่ปรึกษาถึงเรื่องของงบประมาณ และการพัฒนาโครงการ อาจารย์ให้คำแนะนำถึงวิธีการใหม่ในการทำระบบห้าสกรีน โดยเปลี่ยนจากระบบห้าสกรีนราคาแพงในปัจจุบัน ไปเป็นการใช้กล้องในการจับภาพ ซึ่งนอกจากความแม่นยำจะลดลงแล้ว การพัฒนาอาจจะต้องยากมากขึ้น แต่สามารถใช้อุปกรณ์ที่มีอยู่แล้วเพื่อประยุกต์ใช้ได้ ซึ่งไม่ต้องเสียงบประมาณ แต่เปลี่ยนเป็นการรีเมชของภาควิชาแทน ปัญหานี้จึงถูกแก้ไขเป็นที่สุด

2. ในส่วนของการพัฒนาโครงการนี้นั้น มีรายละเอียดที่ต้องพัฒนามาก และอาจจะไม่ทัน หากใช้ 2 ภาคการศึกษาในการพัฒนา ยกตัวอย่างรายละเอียดเช่น การพัฒนาระบบทัชกรีนขึ้นมาใหม่ ซึ่งโดยปกติแล้วจะใช้ 2 ภาคการศึกษาในการพัฒนาระบบนี้เพียงอย่างเดียว นอกเหนือนี้ยังมีระบบเชื่อมต่อข้อมูลของสมาร์ทโฟนและคอมพิวเตอร์, แอพพลิเคชั่นบนสมาร์ทโฟน, หน้าจอแสดงผลการใช้งานของโต๊ะ และงานประกอบโต๊ะ จากการไปปรึกษากับอาจารย์ที่ปรึกษา ซึ่งให้ข้อเสนอว่า ส่วนไหนที่เคยมีคนพัฒนาไว้ให้นำมาต่อยอด ส่วนไหนที่เยอะเกินไปตัดส่วนที่ไม่จำเป็นออก และหากแบ่งเวลาได้ ๆ และตั้งใจพัฒนาอย่างสม่ำเสมอ โครงการนี้ก็จะเสร็จสมบูรณ์อุ่นมาทันเวลา

3. ในการทำ Hand Detection ตอนแรกนั้นเราออกแบบให้เป็น Floating Touchscreen ซึ่งผู้สามารถใช้งานได้โดยไม่ต้องสัมผัสพื้นผิวโต๊ะ เพียงแค่นำมืออยู่กางออก บริเวณนั้นจะขึ้น cursor ขึ้นมา แต่เมื่อทำการพัฒนา ความสามารถของคอมพิวเตอร์ที่นำมาพัฒนาค่อนข้างมีข้อจำกัด (ความสามารถของ Processor ไม่เพียงพอต่อการทำงาน) ทำให้เมื่อทำแล้ว cursor จะห่วงในการใช้งาน ไม่ตรงกับมือของผู้ใช้ เราจึงจำเป็นต้องเปลี่ยนเป็นแบบสัมผัสที่พื้นผิวแทน

4. การทำ Template Matching นั้น ในตอนแรกเราจะพัฒนาให้สมาร์ทโฟนแสดงอุปกรณ์ต่างๆ เช่น ดาว, พระจันทร์ แต่เนื่องจากการ Template Matching ให้ได้ตรงกับรูปดังกล่าวนั้นต้องใช้ประสิทธิภาพของเครื่องคอมพิวเตอร์ค่อนข้างสูง ภายหลังจึงเปลี่ยนไปเป็นเปรียบเทียบของสีแทน หากสีตรงกับที่กำหนดไว้ ก็จะสามารถรับรู้ว่า สมาร์ทโฟนอยู่ที่ตำแหน่งไหนใน Smart Table

5.3 แนวทางการพัฒนาในอนาคต

1. ระบบการใช้งาน สามารถใช้งานได้่ายกว่านี้ เสถียรกว่าก่อน
2. ผู้ใช้สามารถเข้ามาย้อมต่อสมาร์ทโฟนโดยวางที่พิภัต์หนบันโดยกดได้
3. ออกแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ได้ให้ดูดียิ่งขึ้น
4. มี features ให้ใช้งานมากขึ้น
5. เปลี่ยนการแสดงภาพด้วย Projector เป็นหน้าจอโทรศัพท์ เพื่อลดพื้นที่ติดต่อ
6. เปลี่ยนจากใช้ IR Camera เป็น Touch frames เพื่อความเสถียรที่มากขึ้น และลดพื้นที่

5.4 การนำโปรแกรมไปใช้งาน

โครงการที่เสร็จสมบูรณ์ของเรานั้น สามารถนำไปใช้เป็นสื่อการสอนในการประชุม เพื่อให้ผู้ใช้แต่ละคนสามารถนำเสนอสื่อต่างๆ เช่น รูปภาพ, เพลง หรือวิดีโอ ที่ตนเองเตรียมมาได้อย่างสะดวก ง่ายดาย และยังสามารถแบ่งปันไปให้กับบุคคลต่างๆ ที่ต้องการสื่อสารนั้นๆ ด้วย

สำหรับร้านที่ให้บริการเกี่ยวกับสมาร์ทโฟน เช่น ศูนย์การค้าขายสมาร์ทโฟน, ศูนย์บริการเครือข่ายของโทรศัพท์ สามารถใช้ในการนำเสนอความสามารถต่างๆ ของสมาร์ทโฟนเครื่องนั้น และสามารถแบ่งปันไฟล์ต่างๆ ในเครื่องได้

นอกจากนี้ พิพิธภัณฑ์แสดงผลงานต่างๆ ในปัจจุบันที่มักนำ Interactive Computing เข้ามาประยุกต์ให้ดูน่าสนใจ สามารถนำโครงการนี้ไปประยุกต์ให้ดูโดดเด่นขึ้นไปอีก

โครงการในส่วนของระบบตรวจสอบการเคลื่อนไหวของมือ และระบบตรวจจับตำแหน่งของวัตถุ ยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ในหลายๆ สถานการณ์ เช่น ในร้านอาหาร เพื่อให้ผู้ใช้ดูเมนูอาหารที่วางอยู่บนajanจริงๆ เมื่อมีของจริงให้เห็นก่อนจะสั่ง หรือไปประยุกต์ใช้กับเกมหรือกีฬา เช่น หมากรุก ปิงปอง หรือสนุ๊กเกอร์

บรรณานุกรม

1. Wikipedia, "Microsoft PixelSense", Wikipedia [ออนไลน์] , เข้าถึงได้จาก :
https://en.wikipedia.org/wiki/Microsoft_PixelSense [17 พฤศจิกายน 2558].
2. Johannes Luderschmidt, "The TwinTable – A Multi-Touch Tabletop System for Tangible Interaction", johannesluderschmidt [ออนไลน์] , เข้าถึงได้จาก :
<http://johannesluderschmidt.de/the-twintable-a-multi-touch-tabletop-system-for-tangible-interaction/2048/> [3 พฤศจิกายน 2558].
3. Ideum, "Duet Multitouch Coffee Tables", Ideum [ออนไลน์] , เข้าถึงได้จาก :
<http://ideum.com/touch-tables/platform-coffee/> [3 พฤศจิกายน 2558].
4. Martin Kaltenbrunner, "Tangible Music Tables", tangible music [ออนไลน์] , เข้าถึงได้จาก :
<http://modin.yuri.at/tangibles/?list=1> [3 พฤศจิกายน 2558].
5. Johannes Luderschmidt, "The Multi-Touch Table Virttable [Update]", johannesluderschmidt [ออนไลน์] , เข้าถึงได้จาก : <https://johannesluderschmidt.de/the-multi-touch-table-virttable/153/> [3 พฤศจิกายน 2558].
6. Touch Screen Middle East, "Infrared Touch Screen Technology", Touch Screen Middle East [ออนไลน์] , เข้าถึงได้จาก : <http://www.touchescreen-me.com/technologies-comparison-infrared.php> [3 พฤศจิกายน 2558].
7. Mark Wilson, "What Is Xbox 360 Kinect?", gizmodo [ออนไลน์] , เข้าถึงได้จาก :
<http://gizmodo.com/5563047/what-is-xbox-360-kinect> [10 พฤศจิกายน 2558].
8. LEAP MOTION, "LEAP MOTION CONTROLLER", LEAP MOTION [ออนไลน์] , เข้าถึงได้จาก :
<http://store-us.leapmotion.com/products/leap-motion-controller> [10 พฤศจิกายน 2558].

9. Itseez, "About OpenCV", OpenCV [ออนไลน์] , เข้าถึงได้จาก : <http://opencv.org/about.html> [14 พฤศจิกายน 2558].
10. David Tschumperlé, "What is Clmg?", Cimg [ออนไลน์] , เข้าถึงได้จาก : <http://cimg.eu/> [14 พฤศจิกายน 2558].
11. Monica Pawlan, "JavaFX Overview", Oracle [ออนไลน์] , เข้าถึงได้จาก : <http://docs.oracle.com/javafx/2/overview/jfxpub-overview.htm> [20 พฤศจิกายน 2558].
12. ศุภชัย สมพานิช. พัฒนาแอพพลิเคชันด้วย WPF 4.5 ใน VB 2012 และ VC# 2012 สำหรับมือใหม่. พิมพ์ครั้งที่ 2. 2555
13. Wikipedia, "Android (operating system)", Wikipedia [ออนไลน์] , เข้าถึงได้จาก : [https://en.wikipedia.org/wiki/Android_\(operating_system\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Android_(operating_system)) [21 พฤศจิกายน 2558].
14. Wikipedia, "iOS", Wikipedia [ออนไลน์] , เข้าถึงได้จาก : <https://en.wikipedia.org/wiki/IOS> [21 พฤศจิกายน 2558].
15. VIVEK GITE, "What is the difference between UDP and TCP internet protocols", nixCraft [ออนไลน์] , เข้าถึงได้จาก : <http://www.cyberciti.biz/faq/key-differences-between-tcp-and-udp-protocols/> [21 พฤศจิกายน 2558].