



Multiuser Virtual Reality System for Designing and Editing 3D Models

ระบบความจริงเสมือนสำหรับการออกแบบและแก้ไขแบบจำลองสามมิติร่วมกัน

นางสาวนภสร ลากเกียรติถาวร

นางสาวปติจิต เจริญวุฒิชัย

นางสาวภัทรกร ปัญญา

โครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมหุ่นยนต์และระบบอัตโนมัติ

สถาบันวิทยาการหุ่นยนต์ภาคสนาม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ปีการศึกษา 2562

Multiuser Virtual Reality System for Designing and Editing 3D Models

ระบบความจริงเสมือนสำหรับการออกแบบและแก้ไขแบบจำลองสามมิติร่วมกัน

นางสาวนภสร ลาภเกียรติถาวร

นางสาวปิติจิต เจริญวุฒิจร

นางสาวภัทรกร ปัญญา

โครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมหุ่นยนต์และระบบอัตโนมัติ

สถาบันวิทยาการหุ่นยนต์ภาคสนาม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ปีการศึกษา 2562

คณะกรรมการสอบโครงการ

..... กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ

(รศ.ดร.สยาม เจริญเสียง)

..... กรรมการ

(ผศ.ดร.สุภชัย วงศ์บุญยัง)

..... กรรมการ

(ดร.ณรงค์ศักดิ์ อธิสุนทรากุล)

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

หัวข้อโครงการ	ระบบความจริงเสมือนสำหรับการออกแบบและแก้ไขแบบจำลองสามมิติร่วมกัน
หน่วยกิต	6
ผู้เขียน	นางสาวนภสร ลาภเกียรติถาวร นางสาวปิติจิต เจริญวุฒิขจร นางสาวภัทรภร ปัญญา
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.ดร.สยาม เจริญเสียง
หลักสูตร	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมหุ่นยนต์และระบบอัตโนมัติ
คณะ	สถาบันวิทยาการหุ่นยนต์และระบบอัตโนมัติ
ปีการศึกษา	2562

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบความจริงเสมือน โดยผู้ใช้งานสามารถสร้างและแก้ไขแบบจำลองสามมิติร่วมกันได้ อีกทั้งผู้ใช้งานสามารถเห็นภาพจำลองสภาพแวดล้อมจริงที่ได้จากเคนใน รูปแบบของพ้อยคลาวด์ ในสภาพแวดล้อมเสมือน โดยระบบจะประกอบไปด้วยฟังก์ชันสำหรับการสร้างและแก้ไขแบบจำลองสามมิติ การปรับแต่งสี การบอกสัดส่วนจริงของวัตถุ การร่วมมือกันระหว่างผู้ใช้งาน การจำลองสภาพแวดล้อมจริง และการนำออกไฟล์สำหรับการพิมพ์แบบจำลองสามมิติ จากการศึกษาและทดลองระบบ พบว่า ผู้ใช้งานสองคนสามารถออกแบบและแก้ไขแบบจำลองด้วยเทคโนโลยีความจริงเสมือนได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่าการใช้งานคนเดียวในเวลาที่เท่ากัน ผู้ใช้งานสามารถนำแบบจำลองสามมิติมาขึ้นรูปได้จริงและทุกชิ้นสามารถใส่เข้าไปในกรอบช่องว่างของวัตถุที่ผู้วิจัยจัดทำขึ้นได้ โดยรูปทรงและขนาดมีความใกล้เคียงกับช่องว่างของวัตถุที่ผู้วิจัยจัดทำขึ้น อีกทั้งผู้ใช้งานรู้สึกพอใจและเห็นด้วยในส่วนของคุณภาพและการใช้งานและความสะดวกในการเรียนรู้

คำสำคัญ: ความจริงเสมือน/ผู้ใช้งานหลายคน/แบบจำลองสามมิติ/Unity3D

Project Title	Multiuser Virtual Reality System for Designing and Editing 3D Models
Project Credits	6
Candidate	Miss Noppasorn Larпкиattaworn Miss Pitijit Chareonwuttikajorn Miss Pattaraporn Punya
Project Advisor	Assoc. Prof. Dr. Siam Charoenseang
Program	Bachelor of Engineering
Field of study	Robotics and Automation Engineering
Faculty	Institute of Field Robotics
Academic Year	2019

Abstract

This research proposes the development of a virtual reality system in which multiple users could collaboratively design and edit 3D models. In the virtual environment, users also obtained the rendered version of the actual environment using the Kinect's point clouds. The proposed system provides several features of model building, coloring, realistic dimensions of actual environment, user's collaboration, and STL file exporting for 3D printing. The result found that multiple users could design and edit 3D models more efficiently than single user in the same amount of time. Users can print 3D model and insert to fit on a given box in the actual environment. In addition, users are satisfied and agree that the system is easy to learn and use.

Keywords: Virtual Reality/Multiuser/3D Model/Unity3D

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.สยาม เจริญเสียง เป็นอย่างสูงที่กรุณาให้เกียรติเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาอีกทั้งยังเสียสละเวลาอันมีค่ามาให้ความรู้ คำแนะนำ และคอยเป็นกำลังใจให้พวกเราตลอดมา จนวิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปได้

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.สุภชัย วงศ์บุญยัง และ ดร.ณรงค์ศักดิ์ ถิรสุนทรากุล ที่กรุณาให้เกียรติมาเป็นกรรมการสอบ และให้คำแนะนำเพื่อปรับปรุงวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้ดีขึ้น

ขอขอบคุณร้านสุกี้หมู 3d print ที่ให้การช่วยเหลือในด้านการขึ้นรูปแบบจำลอง

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณเพื่อนๆ และ ครอบครัว ที่คอยให้กำลังใจ และสนับสนุน จนวิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วง

สารบัญ

บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
รายการรูปประกอบ	ช
รายการตาราง	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตการพัฒนา	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	4
2.2 เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง	6
2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	13
2.4 การประเมินผล	18
บทที่ 3 รายละเอียดการพัฒนา	19
3.1 โครงสร้างของระบบ	19
3.2 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม	41
3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาระบบ	42
3.6 การรับส่งข้อมูลระหว่างผู้ใช้งานกับผู้ใช้งาน	45
3.7 อุปกรณ์เชื่อมต่อกับผู้ใช้งาน	46
3.8 แผนการดำเนินงาน	47

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	51
4.1 การประเมินประสิทธิภาพของระบบ	51
4.2 การทดสอบการทำงานของระบบ	53
4.3 ผลจากการตอบแบบสอบถามของผู้ทดลอง	65
4.4 ข้อเสนอแนะ	69
4.5 สรุป	70
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	71
5.1 การวิเคราะห์ผลการทดลอง	71
5.2 สรุป	75
5.3 ข้อเสนอแนะ	75
เอกสารอ้างอิง	76

รายงานรูปประกอบ

รูปที่ 2.1 ตาข่าย จากจุดและเส้นขอบ	5
รูปที่ 2.2 ชุดแว่นตา (Goggles)	7
รูปที่ 2.3 3 DOF และ 6 DOF	8
รูปที่ 2.4 VR Treadmill	8
รูปที่ 2.5 Room Scale	9
รูปที่ 2.6 HTC VIVE PRO	10
รูปที่ 2.7 ภาพคิเนค	10
รูปที่ 2.8 ตัวอย่างงานวิจัย ภาพของวัตถุ 8 มุมมอง จาก 3D Scanner System using a Kinect	13
รูปที่ 2.9 ภาพแสดงตำแหน่งของคิเนคและคน	15
รูปที่ 2.10 (A) รูปแสดงข้อมูลจากคิเนคตัวที่ 1 (B) รูปแสดงข้อมูลจากคิเนคตัวที่สอง จากภาพทั้งสอง Skeleton Joint คือจุดที่อยู่ตามตำแหน่งต่างๆของร่างกาย เช่น มือ เท้า เป็นต้น	15
รูปที่ 2.11 คอนเทนเนอร์เก็บวัตถุ	16
รูปที่ 2.12 วิธีการแก้ไขการหิบบ้างแบบ Parallel Objects	17
รูปที่ 2.13 วิธีการแก้ไขปัญหามุมมองแบบ Avatar Objects	17
รูปที่ 3.1 ภาพจำลองระบบก่อนเข้าโลกเสมือน	19
รูปที่ 3.2 ภาพจำลองระบบในโลกเสมือน	20
รูปที่ 3.3 ภาพจำลองในกรณีใช้เมาส์และคีย์บอร์ด	20
รูปที่ 3.4 โครงสร้างของระบบกรณีใช้ HTC VIVE	21
รูปที่ 3.5 โครงสร้างของระบบกรณีที่ใช้คอมพิวเตอร์	22
รูปที่ 3.6 แสดงตัวอย่างการจำลองสภาพแวดล้อม	22
รูปที่ 3.7 ตัวอย่างการสร้างรูปทรงโดยกดเมนูการสร้างรูปทรง (Create Shape)	23
รูปที่ 3.8 ตัวอย่างเมนูการสร้างรูปทรง (Create Shape) และเมนูย่อย	23
รูปที่ 3.9 ค่าที่ก่อกำเนิดการเปลี่ยนตำแหน่งของวัตถุหรือรูปทรง	24

รายงานสรุปประกอบ (ต่อ)

รูปที่ 3.10 คำที่บอกถึงการเปลี่ยนขนาดของวัตถุหรือรูปทรง	24
รูปที่ 3.11 การเปลี่ยนสีตามสีที่ Controller	25
รูปที่ 3.12 เปลี่ยนสีรูปทรงตามสีที่ Controller	25
รูปที่ 3.13 ตัวอย่างเมนูการลบวัตถุ (Delete)	26
รูปที่ 3.14 ตัวอย่างเมนูการสร้างวัตถุที่เหมือนกัน (Copy)	26
รูปที่ 3.15 ตัวอย่างเมนูการนำออกไฟล์ในรูปแบบ .STL (Export)	27
รูปที่ 3.16 ตัวอย่างเมนูการต่อวัตถุให้ยาวขึ้น (Extrude)	27
รูปที่ 3.17 ตัวอย่างเมนูการสร้างรูปทรง (Create Shape : Desktop Version)	28
รูปที่ 3.18 ตัวอย่างการกดใช้คำสั่งสร้างลูกบาศก์ (Cube)	28
รูปที่ 3.19 ตัวอย่างการกดใช้คำสั่งสร้างทรงกระบอก (Cylinder)	29
รูปที่ 3.20 ตัวอย่างการกดใช้คำสั่งสร้างทรงกลม (Sphere)	29
รูปที่ 3.21 ตัวอย่างการกดใช้คำสั่งสร้างแคปซูล (Capsule)	30
รูปที่ 3.22 ตัวอย่างการกดใช้คำสั่งเปลี่ยนสี (Color)	30
รูปที่ 3.23 ตัวอย่างเมนูย่อยแสดงสีที่สามารถเปลี่ยนได้	31
รูปที่ 3.24 ตัวอย่างการเปลี่ยนวัตถุเป็นสี Juniper	31
รูปที่ 3.25 ตัวอย่างเมนูการเปลี่ยนขนาดของวัตถุ	31
รูปที่ 3.26 ตัวอย่างเมนูการตัดเนื้องานวัตถุ	32
รูปที่ 3.27 ตัวอย่างแสดงเส้นสีขาวที่ลากเพื่อตัดเนื้องาน	32
รูปที่ 3.28 ตัวอย่างการตัดเนื้องานวัตถุ	33
รูปที่ 3.29 ตัวอย่างเมนูการเคลื่อนย้ายวัตถุ (Move)	33
รูปที่ 3.30 ตัวอย่างการเปลี่ยนตำแหน่งของวัตถุขึ้นบน	34
รูปที่ 3.31 ตัวอย่างเมนูลบวัตถุ (Cut)	34
รูปที่ 3.32 ตัวอย่างการลบวัตถุด้านบนออกไป	35
รูปที่ 3.33 ตัวอย่างเมนูการหมุนวัตถุ (Rotate)	35
รูปที่ 3.34 ตัวอย่างเมนูการต่อขยาย (Extrusion)	36

รายงานรูปประกอบ (ต่อ)

รูปที่ 3.35 ตัวอย่างเมนูย่อย Face Cube และ Vertices	36
รูปที่ 3.36 การใช้คำสั่ง Face Cube กดเลือกหน้าจะมีจุดสีขาวมาทั้ง 4 มุม	37
รูปที่ 3.37 เมื่อลากเมา์ออกมาจะมีรูปทรงสีขาวแสดงออกมา	37
รูปที่ 3.38 เมื่อปล่อยเมา์จะสร้าง Mesh ต่อขยายออกมา	37
รูปที่ 3.39 การใช้คำสั่ง Vertices กดที่วัตถุจะมีจุดสีแดงมาทั้ง 8 มุม	38
รูปที่ 3.40 หากขยับจุดออกมาจากตำแหน่งเดิมรูปทรงวัตถุจะเปลี่ยนไป	38
รูปที่ 3.41 ตัวอย่างเมนูการบอกสัดส่วน (Dimension)	38
รูปที่ 3.42 ตัวอย่างเมนูการนำออกไฟล์ (Export)	39
รูปที่ 3.43 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม	41
รูปที่ 3.44 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ในระบบแบบใช้ HMD	43
รูปที่ 3.45 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ในระบบแบบใช้จอยคอมพิวเตอร์	43
รูปที่ 3.46 รูป VIVE Controller	46
รูปที่ 4.1 กราฟระหว่าง Frame rate กับเวลาที่ใช้ทดลอง 15 นาที	52
รูปที่ 4.2 ภาพรวมของระบบในเวอร์ชัน VR	53
รูปที่ 4.3 สภาพแวดล้อมจำลองจากคิเนค	53
รูปที่ 4.4 การเปลี่ยนสีกล่อง	54
รูปที่ 4.5 การปรับขนาดแบบจำลอง	54
รูปที่ 4.6 นำมาเทียบกับสภาพแวดล้อมจำลอง	55
รูปที่ 4.7 การส่งออกไฟล์ในรูปแบบ .STL	55
รูปที่ 4.8 ภาพผู้เล่นสองคนอยู่ห้องเดียวกัน	57
รูปที่ 4.9 แสดงตัวอย่างวัตถุที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น	58
รูปที่ 4.10 มุมมองด้านบนของวัตถุที่ได้จากการขึ้นรูปสามมิติ	61
รูปที่ 4.11 มุมมองด้านข้างของวัตถุที่ได้จากการขึ้นรูปสามมิติ	61

รายงานรูปประกอบ (ต่อ)

รูปที่ 4.12 ขนาดของช่องว่างของวัตถุที่ผู้วิจัยจัดทำขึ้น	62
รูปที่ 4.13 ขนาดของชิ้นงานจำลอง	62
รูปที่ 4.14 Space Mouse ใช้ในการปรับมุมมองของวัตถุ	63

รายงานตาราง

ตารางที่ 4.1 แสดงชิ้นงานที่ผู้ร่วมทดลองสามารถทำได้ในระยะเวลา 10 นาที โดยเปรียบเทียบ การทดลองระหว่างการใช้งานคนเดียวและการใช้งานร่วมกันในระบบ	59
ตารางที่ 4.2 การหาค่า MAPE ระหว่างระยะของชิ้นงานที่พิมพ์กับระยะที่ผู้วิจัยกำหนดในแต่ละแกน	63
ตารางที่ 4.3 แสดงจำนวนชิ้นที่สามารถสร้างเสร็จได้ในการทำงานระหว่างไม่ใช้ Space Mouse และใช้ Space Mouse	64
ตารางที่ 4.4 คะแนนเฉลี่ยของความสะดวกในการใช้งาน (Ease of Use)	65
ตารางที่ 4.5 คะแนนเฉลี่ยของความสะดวกในการเรียนรู้ (Ease of Learning)	65
ตารางที่ 4.6 คะแนนเฉลี่ยของความพึงพอใจ (Satisfaction)	66
ตารางที่ 4.7 คะแนนเฉลี่ยของการประเมินคุณค่าเฉพาะทาง (Value for Specific Task)	66
ตารางที่ 4.8 คะแนนเฉลี่ยของความสะดวกในการใช้งาน (Ease of Use)	67
ตารางที่ 4.9 คะแนนเฉลี่ยของความสะดวกในการเรียนรู้ (Ease of Learning)	67
ตารางที่ 4.10 คะแนนเฉลี่ยของความพึงพอใจ (Satisfaction)	68
ตารางที่ 4.11 คะแนนเฉลี่ยของการประเมินคุณค่าเฉพาะทาง (Value for Specific Task)	68

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ในปัจจุบันได้มีการนำเทคโนโลยีมาปรับใช้เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถทำงานได้อย่างสะดวกสบายและมีประสิทธิภาพมากขึ้นบางครั้งการทำงานต้องอาศัยการร่วมมือกันของผู้ใช้งานซึ่งในความเป็นจริงอาจจะมีปัญหาด้านระยะทางหรือสถานที่ทำให้เกิดความเข้าใจที่ไม่ตรงกันและไม่สามารถทำงานร่วมกันได้ระบบเทคโนโลยีความจริงเสมือน (Virtual Reality, VR) เป็นการสร้างโลกเสมือนด้วยคอมพิวเตอร์กราฟิกส์จึงเป็นอีกหนึ่งทางเลือกเพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถสื่อสารได้อย่างถูกต้องและเข้าใจกันมากขึ้นโดยที่ผู้ใช้งานไม่จำเป็นต้องไปสถานที่จริง แต่สามารถรับรู้ได้เสมือนว่าอยู่ที่นั่น

เทคโนโลยีความจริงเสมือน เป็นเทคโนโลยีที่สามารถจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริง สามารถนำมาปรับใช้งาน ได้หลากหลายรูปแบบ ซึ่งผู้ใช้งานสามารถมีปฏิสัมพันธ์ได้ตอบกับสภาพแวดล้อมหรือหน้าต่างแสดงผลได้ อีกทั้งสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในเรื่องของการสร้างสถานการณ์จำลอง เพื่อลดความเสี่ยงในการทำพลาดในสถานการณ์จริง จากการจำลองสถานการณ์หรือจำลองสิ่งของต่างๆ ทั้งในด้านการทดสอบ การศึกษา และการเรียนรู้

ดังนั้นจึงทำให้เกิดการพัฒนาในครั้งนี้ คือ การพัฒนาระบบความจริงเสมือนสำหรับการออกแบบและแก้ไขแบบจำลองสามมิติร่วมกัน โดยแบ่งออกเป็นสี่ส่วนหลัก คือ ส่วนที่หนึ่งสำหรับรับภาพและจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริง ส่วนที่สองสำหรับเขียนโปรแกรมเพื่อใช้งานระบบเทคโนโลยีความจริงเสมือนร่วมกันของผู้ใช้งาน ส่วนที่สามสำหรับเขียนโปรแกรมเพื่อออกแบบและแก้ไขแบบจำลองสามมิติ และส่วนที่สี่สำหรับทดสอบระบบและวัดผลความถูกต้องของแบบจำลองสามมิติ

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาและพัฒนาระบบความจริงเสมือนสำหรับออกแบบและแก้ไขแบบจำลองร่วมกันได้
2. เพื่อช่วยทำให้ผู้ใช้งานสามารถออกแบบและแก้ไขแบบจำลองได้อย่างง่ายและเป็นธรรมชาติด้วยระบบความจริงเสมือน
3. เพื่อประเมินผลการทำงานของระบบความจริงเสมือนในการออกแบบและแก้ไขแบบจำลองสามมิติ

1.3 ขอบเขตการพัฒนา

1. ออกแบบและพัฒนาในส่วนของการเชื่อมต่อ (Interface) ระหว่างผู้ใช้งานกับคอมพิวเตอร์ โดยใช้งานผ่านระบบเทคโนโลยีความจริงเสมือนเพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถร่วมกันออกแบบและแก้ไขแบบจำลองสามมิติ ให้มีความเสมือนจริงทั้งขนาดและรูปร่าง
 2. ระบบเน้นในเรื่องของวิธีการการออกแบบ โดยประมาณขนาดของแบบจำลอง
 3. ทดสอบการใช้งานของระบบที่พัฒนาขึ้นโดยใช้วิธีทดสอบทางซอฟต์แวร์หรือการขึ้นรูปด้วยเครื่องพิมพ์สามมิติ
 4. แบบจำลองสามมิติที่จะนำไปแสดงผลผ่าน เครื่องพิมพ์สามมิติ (3D Printer) ออกมาเป็นแบบจำลองสามมิติ ในโลกจริงต้องมีขนาดไม่เกิน 25x21x21 ตารางเซนติเมตร
 5. แสดงผลผ่านทาง VR Headset และใช้ VR Controller แทนการควบคุม
 6. สถานที่ที่ใช้ในการออกแบบแบบจำลอง คือบริเวณห้อง 503 และ ห้องแลป HCI ชั้น 5 ดิคฟิโปปี้ มีความกว้างไม่เกิน 2 เมตร ความยาวไม่เกิน 1.5 เมตร ความสูงไม่เกิน 2 เมตร
- หลังจากเหตุการณ์การระบาดของไวรัส Covid-19 ทำให้ไม่สามารถใช้ VR ในการพัฒนาต่อไปได้ และพื้นที่ที่ใช้ในการออกแบบแบบจำลองก็ไม่สามารถใช้พื้นที่เดิมได้ ส่งผลให้ต้องปรับเปลี่ยนของเขตการพัฒนาในหัวข้อที่ 5 และ 6 เป็นดังนี้
5. แสดงผลผ่านหน้าจอคอมพิวเตอร์ ใช้เมาส์และคีย์บอร์ดในการควบคุม
 6. ใช้การเชื่อมต่อผ่าน WIFI/LAN ในระบบออนไลน์
- และเพิ่มในเรื่องของการเก็บภาพสามมิติมาแสดงผล เป็นหัวข้อที่ 7 ดังนี้
7. ใช้เทคนิคเก็บผลสภาพแวดล้อมเพื่อแสดงผล Point Cloud Data จากผู้ใช้งานฝั่งหนึ่งไปสู่อีกฝั่งหนึ่ง

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถเข้าใจการทำงานของระบบเทคโนโลยีความจริงเสมือน (Virtual Reality) สามารถออกแบบโปรแกรมในการใช้งานระบบได้
2. สามารถเข้าใจการออกแบบแบบจำลองสามมิติ และนำไปประยุกต์ใช้กับโครงการได้
3. ได้ระบบเทคโนโลยีความจริงเสมือนที่สามารถทำการการออกแบบและแก้ไขแบบจำลองสามมิติ โดยมีผู้ใช้งานสองคนทำงานร่วมกัน

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน

ในกระบวนการดำเนินการพัฒนานี้ ได้ทำการแบ่งขั้นตอนการดำเนินงานเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของงานโดยมีรายละเอียดดังนี้

1. ศึกษาซอฟต์แวร์ที่สามารถพัฒนาระบบเทคโนโลยีความจริงเสมือน
2. ศึกษาและทดลองหาอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง
3. พัฒนาส่วนสแกนพื้นที่และเก็บข้อมูลเพื่อสร้างสภาพแวดล้อมจำลอง
4. ทดลองและแก้ไขระบบส่วนสแกนพื้นที่และเก็บข้อมูลเพื่อสร้างสภาพแวดล้อมจำลอง
5. พัฒนาโปรแกรมเพื่อให้ผู้ใช้สามารถออกแบบและแก้ไขแบบจำลองสามมิติได้
6. ทดสอบและแก้ไขระบบส่วนออกแบบและแก้ไขแบบจำลองสามมิติ
7. พัฒนาระบบให้ผู้ใช้สามารถทำงานร่วมกันได้ (Multiuser usage)
8. ทดสอบระบบและแก้ไขระบบส่วนการใช้งานร่วมกันของผู้ใช้
9. พัฒนาโปรแกรมทดสอบการใช้งานเพื่อวัดผล
10. เก็บผลประโยชน์จากผู้ใช้
11. จัดทำรายงาน
12. ส่งเล่มและไฟล์โครงการงานใส่แผ่นซีดี

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาระบบ จะประกอบไปด้วยการสร้างแบบจำลองสามมิติ การนำข้อมูลพอยต์คลาวด์ (Point Cloud Data-PCD) มาใช้ ระบบเสมือนจริงหรือเทคโนโลยีความจริงเสมือน (Virtual Reality) การเก็บข้อมูลและการแสดงผลข้อมูลสามมิติ

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 การสร้างแบบจำลอง (Modelling) [1]

การสร้างแบบจำลองของวัตถุสามมิติในคอมพิวเตอร์นั้น คือ การกำหนดนิยาม หรือภาษาที่อธิบายรูปทรงของวัตถุให้กับคอมพิวเตอร์ ซึ่งโดยปกติเราสามารถแบ่งระดับชั้นของแบบจำลอง (Hierarchical Level of Model) หรือ นิยามของวัตถุในโลกของคอมพิวเตอร์กราฟิกส์ออกเป็น

1. ระดับโฮโมโทปี (Homotopy Level) เป็นการนิยามในระดับล่างสุด นิยามวัตถุต่างๆ เป็นความสัมพันธ์ หรือฟังก์ชัน บอกลักษณะของวัตถุ หรือส่วนของวัตถุนั้นๆ ในระดับเล็กที่สุด เช่น การนิยามจุด เส้น หรือระนาบ
2. ระดับเซต (Set Level) เป็นการนิยามวัตถุโดยจัดกลุ่มขององค์ประกอบ หรือสมาชิกต่างๆ ที่นิยามในระดับโฮโมโทปีเข้าด้วยกัน เพื่อเป็นการอธิบายองค์ประกอบของวัตถุนั้น เช่น เป็นเซตที่ประกอบด้วย จุดก็จุด เส้นตรงก็เส้น และระนาบจำนวนเท่าใด
3. ระดับทอพอโลยี (Topology Level) เป็นการนิยามวัตถุเพิ่มเติมจากระดับเซต โดยกำหนดความสัมพันธ์ หรือคุณสมบัติของสมาชิกที่ประกอบกันเป็นวัตถุที่จะคงที่ ไม่เปลี่ยนแปลง และเป็นเอกลักษณ์เช่นลักษณะการเชื่อมต่อของสมาชิก หรือ องค์ประกอบต่างๆ ในเซตที่อธิบายวัตถุ ลำดับการเรียงจุดและเส้นบนพื้นผิว เป็นต้น
4. ระดับเรขาคณิต (Geometry Level) เป็นการนิยามวัตถุโดยกำหนดคุณสมบัติทางเรขาคณิตให้กับองค์ประกอบต่างๆ เช่น กำหนดตำแหน่ง พิกัดขององค์ประกอบ

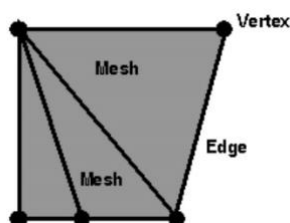
ของวัตถุ ซึ่งอาจทำได้ โดยการกำหนดสมการ การกำหนดฟังก์ชันจับคู่ตำแหน่ง หรือ การใช้ภาษานิยามแบบจำลอง

5. ระดับมโนภาพ (Visualization Level) เป็นการนิยามวัตถุในระดับบนสุด คือ การกำหนดองค์ประกอบแสดงคุณสมบัติภายนอกที่มองเห็น เช่น สี ลวดลาย แสงเงา ความคล้าสี เป็นต้น

เราสามารถกำหนดแบบจำลองในแต่ละระดับขึ้นอยู่กับลักษณะของงาน และจุดประสงค์ ที่ต้องการนำไปใช้ เช่น ต้องการแสดงความเหมือนจริง ก็น่าจะสร้างแบบจำลองระดับมโนภาพ หรือ หากต้องการสร้างแบบจำลองเพื่อใช้ค้นหาในฐานข้อมูลก็อาจจะต้องสร้างแบบจำลอง ในระดับที่ลึกลงไป เช่น ระดับเรขาคณิต หรือ ระดับทอพอโลยี เป็นต้น

2.1.2 การสร้างแบบจำลองพื้นผิว (Surface Modeling)

แบบจำลองพื้นผิวคือการแสดงวัตถุโดยการแสดงพื้นผิวประกอบกันเป็นรูปทรงของวัตถุ เนื่องจากสามารถแสดงผิวของวัตถุ ทำให้สามารถแสดงส่วนที่เป็นเนื้อของวัตถุได้เช่น สีของผิว ลวดลาย เงา เป็นต้น แบบจำลองพื้นผิวจะใช้พื้นผิวย่อยเล็กๆ หรือเรียกว่า แพทช์ (Patch) หลายๆชิ้นในการประมาณ เป็นพื้นผิวของแบบจำลอง โดยทั่วไปในปริภูมิสามมิติจะกำหนดพิกัดสามจุดเป็นสามเหลี่ยมโดย แบบจำลองพื้นผิวที่เป็นที่นิยมมีหลายวิธี เช่น เมชรูปหลายเหลี่ยม (Polygon Mesh) เป็นเซตของพื้นผิว ระนาบติดกันของรูปหลายเหลี่ยมประกอบด้วย จุด (Vertices) และ เส้นขอบ (Edges) ประกอบกันเป็นตาข่าย (Mesh) ดังรูป 2.1 เมชแบบรูปหลายเหลี่ยมสามารถใช้ประมาณรูปร่างของวัตถุด้วยพื้นผิวโค้ง สามารถลดความผิดในการแทนวัตถุให้มีเพียงเล็กน้อยหรือเพียงบางจุด โดยการเพิ่มจำนวนรูปหลายเหลี่ยม จะทำให้สามารถประมาณรูปร่างได้ใกล้เคียงมากขึ้น แต่ก็จะเป็นการเพิ่มเนื้อที่ในการจัดเก็บและเวลาในการประมวลผลมากขึ้นตามมา และ หากรูปทรงขยายบริเวณเส้นขอบจะชัดขึ้นทำให้ภาพดูหยาบ



รูปที่ 2.1 ตาข่าย จากจุดและเส้นขอบ [2]

2.2 เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง

2.2.1 ระบบเสมือนจริงหรือเทคโนโลยีความจริงเสมือน (Virtual Reality) [3]

เป็นเทคโนโลยีที่ถูกสร้างขึ้นเพื่อจำลองภาพสามมิติ หรือสภาพแวดล้อมที่เสมือนจริงผ่านระบบคอมพิวเตอร์ โดยต้องใช้งานผ่านอุปกรณ์ต่างๆ เช่น แว่นตา ถุงมือ เมาส์ เป็นต้น การใช้เทคโนโลยีความจริงเสมือน ผู้ใช้จะรู้สึกตัดขาดจากโลกจริง และ ความรู้สึกถึงความมีอยู่ (Psychological Presence) โดยที่ความจดจ่อทางร่างกายอยู่ในระดับระบบสัมผัสเต็มรูปแบบ (Fully Immersive System) ผู้ใช้รู้สึกตัดขาดจากโลกจริงอย่างสมบูรณ์แบบโดยสภาพแวดล้อมเสมือนจริง กล่าวคือผู้ใช้จะรู้สึกเหมือนอยู่ในโลกจริงแต่ ในความเป็นจริงแล้วอยู่ในโลกที่ถูกสร้างขึ้นด้วยเทคโนโลยีความจริงเสมือน เทคโนโลยีความจริงเสมือนสามารถเลียนแบบการรับรู้สัมผัสของโลกทางกายภาพได้โดยสร้างการรับรู้หลายทางในสิ่งแวดล้อมสามมิติขึ้นมา ความเป็นจริงเสมือนสามารถสร้างเนื้อหาสาระของสิ่งที่แสดงให้เห็นโดยคอมพิวเตอร์

2.2.1.1 ประเภทของเทคโนโลยีความจริงเสมือน

สามารถแบ่งออกตามวิธีการติดต่อกับผู้ใช้งานได้ 5 ประเภท ดังนี้

1. Desktop VR or Window on World Systems (WoW): เป็นการ ใช้จอภาพธรรมดา (จอคอมพิวเตอร์ทั่วไป) ในการแสดงภาพเสมือนจริง
2. Video Mapping: เป็นการ นำวิดีโอมาเป็นอุปกรณ์นำเข้าข้อมูล และใช้เทคนิคคอมพิวเตอร์ในการแสดงผลกราฟิกแบบ WoW ซึ่งมีทั้งแบบสองมิติและสามมิติ ทำให้ผู้ใช้สามารถเห็นตัวเอง และการเปลี่ยนแปลงของตนเองจากจอภาพได้
3. Immersive Systems: เป็นเทคโนโลยีความจริงเสมือนสำหรับส่วนบุคคล โดยใช้จอภาพสวมศีรษะ ในการแสดงภาพและเสียงของโลกเสมือน
4. Telepresence: เป็นระบบเสมือนจริงที่มีการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณระยะไกลไว้ที่อุปกรณ์หนึ่ง ซึ่งอาจจะเป็นหุ่นยนต์ หรืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อื่น เพื่อให้เชื่อมต่อการใช้งานเข้ากับผู้ใช้
5. Augmented/Mixed Reality Systems: การรวมกันของ Telepresence กับระบบเทคโนโลยีความจริงเสมือนโดยใช้ Telepresence เป็นตัวนำเข้าข้อมูล และระบบเทคโนโลยีความจริงเสมือน (VR) ในการแสดงผลภาพเสมือนจริงให้กับผู้ใช้ได้เห็น เช่นการแสดงผลภาพเสมือนจริงสมองของคนไข้ให้กับศัลยแพทย์ชม

2.2.1.2 ฮาร์ดแวร์ของระบบเทคโนโลยีความจริงเสมือน (Virtual Reality Hardware)

1. Head-mounted Display (HMD) จอภาพสวมศีรษะหรือที่รู้จักกันว่า “ชุดแว่นตา” (Goggles) ดังตัวอย่างรูปที่ 2.2 ประกอบด้วยแว่นตาที่บรรจุจอมอนิเตอร์ขนาดเล็กซึ่งทำด้วยกระจก สามมิติเรียกว่า “stereoscopic glasses” ทำมุมกว้างประมาณ 140 องศา เพื่อให้ผู้ใช้สามารถมองเห็นสิ่งที่ป็นนามธรรมในลักษณะ สามมิติ ในโลกของความเป็นจริงเสมือนได้



รูปที่ 2.2 ชุดแว่นตา (Goggles) [4]

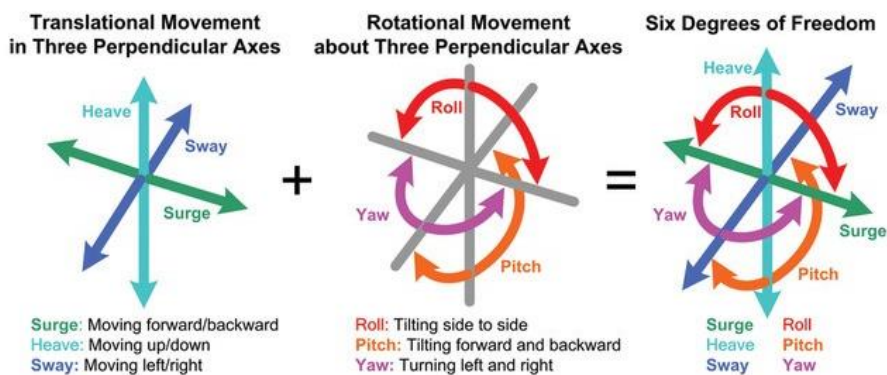
2. คอนโทรลเลอร์ (Controller) หรือ อุปกรณ์ควบคุม ปัจจุบันมีด้วยกันหลายรูปแบบ ดังนี้

(1) Joystick/Gamepad

(2) คอนโทรลเลอร์จับการเคลื่อนไหว (Tracking Controllers)

แบ่งออกเป็น 3 แบบ ดังรูปที่ 2.3

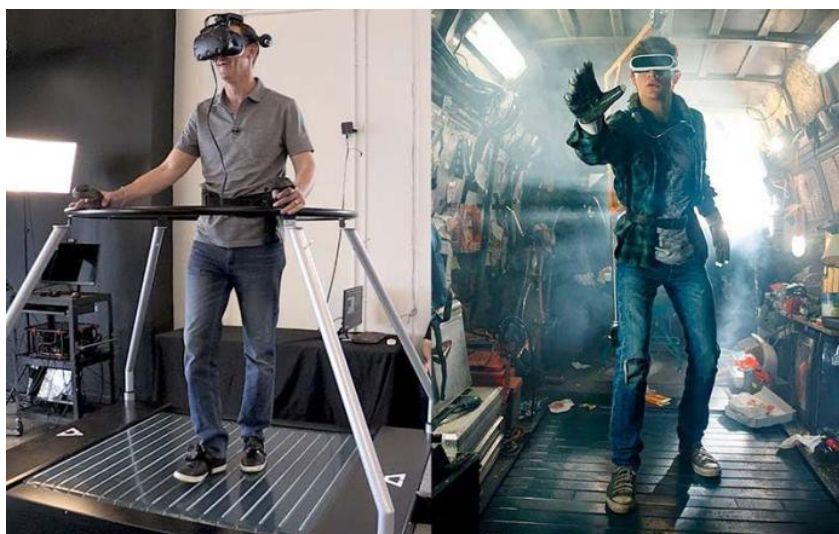
- 3 DoF Controller จับการเคลื่อนไหวอยู่แค่ 3 แกนคือ ม้วนหน้า-ม้วนหลัง หมุนในแนวแกน ทวนเข็มนาฬิกา-ตามเข็มนาฬิกา แล้วก็ หมุนในแนวราบ ทวนเข็มนาฬิกา-ตามเข็มนาฬิกา
- 6 DoF Controller การจับการเคลื่อนไหวแบบ 6 แกน เพิ่มเติมจาก 3 DoF Controller ไปอีก 3 แกน ซึ่งก็คือ เลื่อนไปข้างหน้า-ข้างหลัง เลื่อนไปด้านซ้าย-ขวา และ เลื่อนขึ้น-เลื่อนลง รวมถึง Tracker ที่เอาไว้ใช้ปะอุปกรณ์เสริมเพื่อจับการเคลื่อนไหวในส่วนอื่น



รูปที่ 2.3 3 DOF และ 6 DOF [5]

- ถุงมือ VR (VR Gloves) นอกจากจะจับการเคลื่อนไหวแบบ 6 DOF แล้ว ยังสามารถออกแรงกระทำที่นิ้วมือของผู้ใช้งานได้ เช่น หากผู้ใช้งาน บีบกระป๋องใน VR ถุงมือก็จะออกแรงต้านเป็นรูปทรงกระบอก ให้มือของผู้ใช้งานรู้สึกที่กำลังบีบกระป๋องอยู่จริงๆ

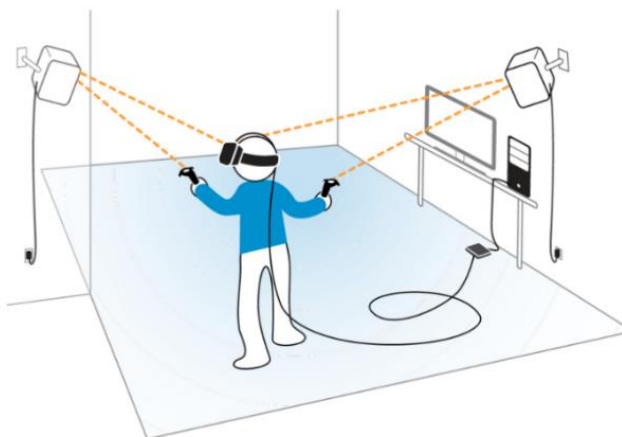
(3) คู่วิ่งเสมือนจริง (VR Treadmill) จำลองการวิ่งในโลกจริงไปยังโลกเสมือน ทำให้ผู้ใช้งานรู้สึกเหมือนได้วิ่งจริงๆ ดังตัวอย่างรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 VR Treadmill [6]

(4) ชุดเกราะ VR (VR Suit) ถูกสร้างมาเพื่อสร้างแรงปะทะจากโลกความเป็นจริงเสมือน ให้มาแสดงการกระทำกับตัวผู้ใช้งานในโลกจริง

3. Room Scale คือพื้นที่ที่ตัวจัดการเคลื่อนไหวที่กำลังเชื่อมต่อ จับการเคลื่อนไหวของคอนโทรลเลอร์ต่างๆ ว่าตัวเราอยู่ในตำแหน่งใดในห้อง แล้วนำไปแสดงผลในโลกความเป็นจริงเสมือนให้ตามนั้น ดังตัวอย่างรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 Room Scale [7]

2.2.2 HTC VIVE Pro

เป็นระบบความจริงเสมือน ซึ่งประกอบไปด้วย อุปกรณ์แสดงผล HMD และมีลำโพงแบบ Stereo มีไมโครโฟนสำหรับรับเสียงผู้ใช้งาน มีกล้องสองตัวด้านหน้าอยู่ตรงตำแหน่งลูกตาของผู้ใช้งาน ดังรูปที่ 2.6 และมี Controller สองตัวสำหรับรับคำสั่งด้วยการกดปุ่มต่างๆ ทั้งมือข้างขวาและซ้าย และมี Base Station สำหรับตรวจจับตำแหน่งของผู้ใช้ และทิศทางของอุปกรณ์ ข้อดีของ HTC VIVE Pro คือ HMD ถูกอัปเดตให้สามารถแสดงผลที่ความละเอียด 2880x1660 px (ข้างละ 1400x1600 px) การควบคุมด้วย Controller มีการตอบสนองที่รวดเร็ว แม่นยำ ทำให้สามารถบังคับด้วยมือได้ง่าย และสายรัดศีรษะออกแบบมาให้สวมง่าย และปรับน้ำหนักให้สมดุลขึ้น ข้อเสีย คือต้องใช้งานร่วมกับเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีคุณภาพสูงมาก ไม่สามารถใช้งานร่วมกับอุปกรณ์ที่ใช้แสง Infrared (IR) ได้จะทำให้ระบบทำงานผิดพลาด



รูปที่ 2.6 HTC VIVE Pro [8]

2.2.3 การเก็บข้อมูลและการแสดงผลข้อมูลสามมิติ

2.2.3.1 อุปกรณ์คิเนค (Azure Kinect) [9]

เป็นอุปกรณ์ประเภทกล้องจากบริษัทไมโครซอฟต์ โดยภายในอุปกรณ์คิเนคประกอบด้วย อุปกรณ์ฉายแสงอินฟราเรด (Infrared) กล้องวัดความลึกของภาพ (Depth Camera) กล้องวิดีโอ (Video Camera) ไมโครโฟน และเซนเซอร์ (Sensor) ดังรูปที่ 2.7 อุปกรณ์คิเนคสามารถจำลองสภาพแวดล้อมเป็นสามมิติและสามารถตรวจจับการเคลื่อนไหว



รูปที่ 2.7 ภาพคิเนค [10]

หลักการของอุปกรณ์ต่างๆภายในคิเนค

เริ่มจากการฉายแสงอินฟราเรดออกจากตัวคิเนคซึ่งไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า แสงที่ถูกฉายออกมาจะมีลักษณะเป็นจุดๆ หลังจากนั้น กล้องวัดความลึกจะรับภาพระดับความสว่างของแสงอินฟราเรดที่ตกกระทบลงบนวัตถุ ส่งไปให้เซนเซอร์เพื่อทำการวัดความลึกตามแนวแกน Z (Axis-Z) ทำให้สามารถจำลองสภาพแวดล้อมเป็นสามมิติได้ หากความสว่างมีมากแสดงว่าวัตถุนั้นอยู่ใกล้ ในทางตรงกันข้ามหากมีความสว่างน้อยลงแสดงว่าวัตถุนั้นอยู่ไกลออกไป หลังจากนั้น กล้องวัดความลึกจะรับภาพระดับความสว่างของแสงอินฟราเรดที่ตกกระทบลงบนวัตถุ ส่งไปให้เซนเซอร์เพื่อทำการวัดความลึกตามแนวแกน Z (Axis-Z) ทำให้สามารถจำลองสภาพแวดล้อมเป็นสามมิติได้ หากความสว่างมีมากแสดงว่าวัตถุนั้นอยู่ใกล้ ในทางตรงกันข้ามหากมีความสว่างน้อยลงแสดงว่าวัตถุนั้นอยู่ไกลออกไป นอกจากนี้ คิเนคยังทำการบันทึกใบหน้าของผู้ใช้งานและยังสามารถใช้เสียงในการควบคุมการใช้งานได้อีกด้วย เมื่อได้ระดับความลึกของภาพแล้ว ทำให้เซนเซอร์ของคิเนคสามารถแยกผู้ใช้ออกจากสภาพแวดล้อมภายในห้องได้ เช่น ผับ ที่นั่งเล่น หรือแม้แต่การจำแนกท่ามือของผู้ใช้อยู่ข้างหน้าหรือข้างหลัง ส่วนของกล้องวิดีโออีกหนึ่งชิ้นนั้นใช้สำหรับรับภาพผู้ใช้เข้าไปแสดงในเกม

2.2.3.2 พอยต์คลาวด์ (Point Cloud)

เป็นกลุ่มของจุดสามมิติเก็บค่าของตำแหน่งของขอบของวัตถุในพิกัด X, Y, Z เพื่อใช้ในการประมวลผลต่อไปพอยต์คลาวด์สามารถเก็บได้ในรูปแบบของฐานข้อมูล หรือ เท็กซ์ไฟล์ในลักษณะ CSV การประมวลผลรวมถึงการค้นหาระยะทาง การหามุมองศา การเปลี่ยนแปลงของพื้นผิว

2.2.3.3 โปรแกรมที่ใช้ในการพัฒนาระบบ (Game Engine)

คือ โปรแกรม Unity เป็นเกมเอนจินสำหรับการสร้างเกม ซึ่งในช่วงแรกๆ Unity จะรองรับพอร์ตเกมบน Windows, OS X และเว็บไซต์เท่านั้น แต่ในปัจจุบันได้มีการเพิ่มความสามารถของ Unity ให้รองรับ พอร์ตบนแพลตฟอร์มอื่นๆ เกือบทุกแพลตฟอร์ม อีกทั้งยังสามารถดาวน์โหลดแบบจำลองสามมิติ ภาพ และเสียง ได้ผ่านทาง Asset store ของทาง Unity ซึ่งภาษาในการพัฒนาเกมสับน Unity มี 2 ภาษา คือ C# และ JavaScript

2.2.3.4 เครื่องพิมพ์สามมิติ (3D Printer) [11]

คือ เครื่องจักรที่ใช้กระบวนการเติมเนื้อวัสดุ เพื่อทำให้เกิดเป็นรูปร่างที่สามารถจับต้องได้ตามที่ต้องการ โดยอาศัยข้อมูลในรูปแบบดิจิทัล ซึ่งการเติมเนื้อหรือพิมพ์วัสดุลงไปในนั้นเรียกว่า Additive Process ซึ่งการพิมพ์นั้นจะค่อยเป็นไปทีละชั้น เครื่องพิมพ์สามมิติ นั้นก่อนที่จะพิมพ์งานได้ ต้องมีข้อมูลในรูปแบบของ Digital ซึ่งสามารถใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์จำพวก CAD (Computer Aided Design) ในการออกแบบ นอกจากจะใช้คอมพิวเตอร์ในการออกแบบแล้ว ยังสามารถใช้ สแกนเนอร์สามมิติ ในการเปลี่ยนวัตถุในโลกความจริงไปเป็นไฟล์ดิจิทัล ที่สามารถนำไปใช้งานกับเครื่องพิมพ์สามมิติเมื่อได้โมเดลหรือชิ้นงานในรูปแบบของไฟล์ดิจิทัลแล้ว ก็จะนำไฟล์นั้นไปทำการ Slice หรือตัดเลเยอร์งานออกมาให้เป็นแผ่นบางๆ เพื่อที่จะให้ เครื่องพิมพ์สามมิติ พิมพ์แผ่นหรือชั้นบางๆ นั้นทับต่อกัน จนเกิดเป็นวัตถุสามมิติขึ้นมา

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

(1) งานวิจัยเรื่องระบบการเก็บภาพสามมิติด้วยคิเนค (3D Scanner System using a Kinect) โดย จักรพันธ์ ยกเซ็น ปารเมศ ลิ้มตระกูล และฐิติวรรณ ศรีนาค (2015)

ได้ทำการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้งานแบบจำลองสามมิติโดยการสร้างอุปกรณ์สแกนเนอร์ราคาถูกลง และแบบจำลองที่ได้ยังเป็นประโยชน์แทนการขึ้นรูปสำหรับนักออกแบบงานกราฟิกส์ ใช้เครื่องมือทางเทคโนโลยีคือ คิเนค (Kinect) เพื่อเก็บข้อมูลเป็น พอยต์คลาวด์ (Point Cloud) และ สร้างแบบจำลองสามมิติ (3D Model) ซึ่งสามารถมองเห็นภาพแบบจำลองนี้ผ่านหน้าแสดงผลได้โดยผ่านกระบวนการที่เรียกว่า “เรนเดอร์สามมิติ” (3D Rendering) ดังรูปที่ 2.8

ซึ่งงานวิจัยนี้ มีส่วนที่เกี่ยวข้องกันคือ ส่วนการเก็บข้อมูล เทคโนโลยีที่ใช้เก็บข้อมูล และการสร้างแบบจำลองสามมิติ [12]



รูปที่ 2.8 ตัวอย่างงานวิจัย ภาพของวัตถุ 8 มุมมอง จาก 3D Scanner System using a Kinect.

โดยจักรพันธ์ ยกเซ็น ปารเมศ ลิ้มตระกูล และฐิติวรรณ ศรีนาค.2015 [12]

(2) งานวิจัยเรื่องการรวมกันระหว่างการสร้างโครงสร้างสามมิติใหม่กับระบบเสมือนจริง (Integrating 3D Reconstruction and Virtual Reality) โดย Francisco Navarro, Javier Fdez, Mario Garzón, Juan Jesús Roldán, และ Antonio Barrientos [13]

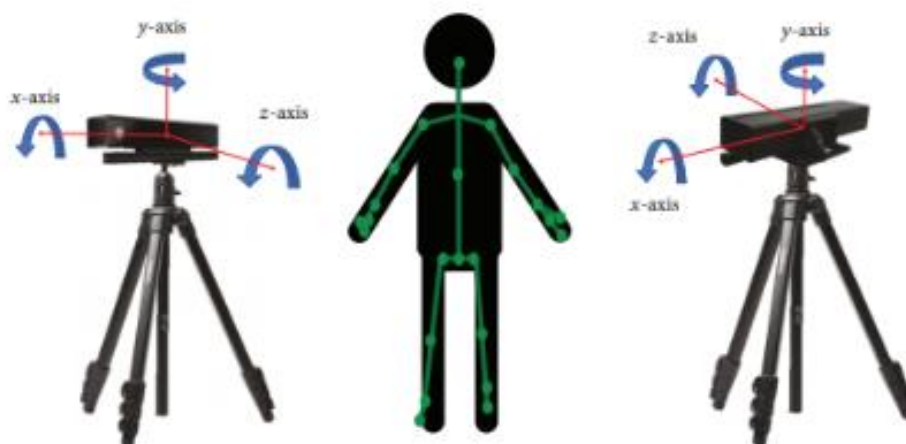
ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับการรวมกันระหว่างการสร้างโครงสร้างสามมิติใหม่กับระบบเสมือนจริง (Integrating 3D Reconstruction and Virtual Reality) โดยมีการเปรียบเทียบอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองสามมิติ คือ กล้อง RGB-D และ Lidar ซึ่งมีการเก็บข้อมูลเป็น Point Cloud แล้วใช้ ICP ในการปรับข้อมูล แล้ว Mesh Creation เพื่อให้ได้ภาพสามมิติที่ดูสมจริงมากขึ้น มีการใช้โปรแกรม Unity ในการนำแบบจำลองสามมิติไปประยุกต์ใช้กับระบบเสมือนจริง โดยผ่านอุปกรณ์ต่างๆ เช่น HTC VIVE

ซึ่งงานวิจัยนี้ มีส่วนที่เกี่ยวข้องกันคือ ส่วนการเก็บข้อมูล เทคโนโลยีที่ใช้เก็บข้อมูล และการสร้างแบบจำลองสามมิติ และมีการเปรียบเทียบเทคโนโลยีที่ใช้เก็บข้อมูล

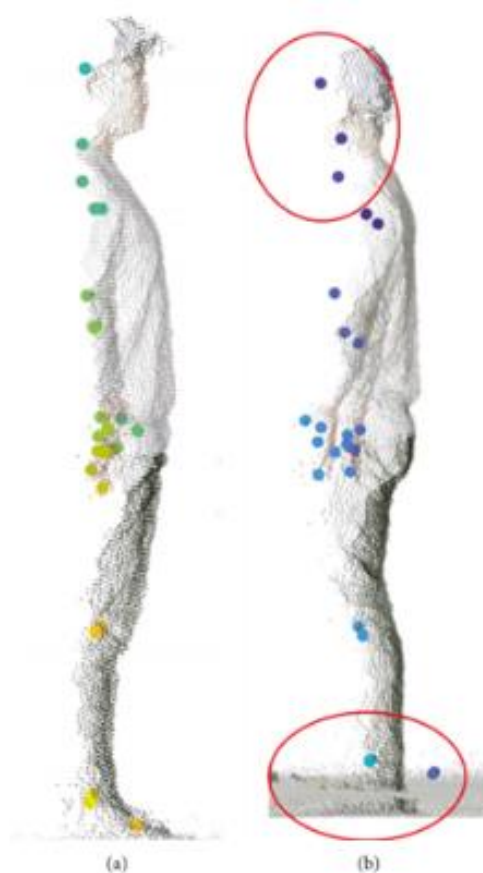
(3) งานวิจัยเรื่องการพอยต์คลาวด์สามมิติรอบทิศทางโดยใช้คิเนคสองตัว (Omnidirectional 3D Point Clouds Using Dual Kinect Sensors) โดย Seokmin Yun, Jaewon Choi, and Chee Sun Won

เป็นงานวิจัยเกี่ยวกับการนำข้อมูลพอยน์คลาวด์ที่ได้จากคิเนค 2 ตัวที่วางหันเข้าหากัน ดังรูปที่ 2.9 โดยมีวัตถุอยู่ตรงกลาง ซึ่งงานวิจัยนี้ใช้คนที่ยืนอยู่ระหว่างคิเนคเซนเซอร์ เป็นตัวอ้างอิงตำแหน่ง เนื่องจากพอยน์คลาวด์ที่ได้จากคิเนค มีความคลาดเคลื่อน จึงต้องมีการอ้างอิงตำแหน่งโดยอาศัยตำแหน่ง Skeleton Joint มาเปรียบเทียบกับข้อมูลทั้งสองชุดจากคิเนค ดังรูปที่ 2.10 แล้วทำการปรับข้อมูลโดยการนำข้อมูลสองชุดมาซ้อนทับกัน จากนั้นทำการหมุนในแนวแกน Y และแกน X และเลื่อนตำแหน่งของข้อมูล จากนั้นใช้ ICP ปรับข้อมูลอีกครั้ง แล้วทำการ denoising ข้อมูลที่เกิดความคลาดเคลื่อนจากภาพจริง โดยอยู่ห่างจากตำแหน่งที่ควรอยู่มากเกินไป ให้ไปอยู่ในตำแหน่งที่ใกล้เคียงกับพอยน์คลาวด์อื่นๆ เมื่อได้ข้อมูลที่ปรับเรียบร้อยแล้ว จึงทำการทดสอบ โดยการเปลี่ยนจากคนเป็นทรงกระบอก แล้วทำงานเปลี่ยนตำแหน่งไปเรื่อยๆ เพื่อดูความคลาดเคลื่อนระหว่างตำแหน่งของแบบจำลองกับตำแหน่งจริง [14]

งานวิจัยชิ้นนี้เกี่ยวข้องกับงานที่จะทำในส่วนของการเก็บภาพโดยใช้คิเนคสองตัว การปรับพอยน์คลาวด์ที่ได้จากคิเนค รวมถึงการนำข้อมูลพอยน์คลาวด์ทั้งสองชุดมารวมกัน เพื่อให้ได้ภาพที่ใกล้เคียงกับภาพจริงมากที่สุด



รูปที่ 2.9 ภาพแสดงตำแหน่งของคิเนคและคน [14]



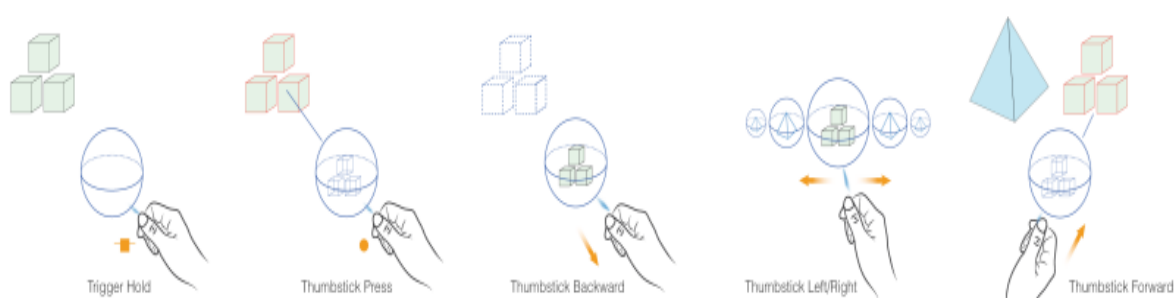
รูปที่ 2.10 (a) รูปแสดงข้อมูลจากคิเนคตัวที่ 1 (b) รูปแสดงข้อมูลจากคิเนคตัวที่สอง จากภาพทั้งสอง Skeleton Joint คือจุดที่อยู่ตามตำแหน่งต่างๆของร่างกาย เช่น มือ เท้า เป็นต้น[14]

(4) งานวิจัยเรื่อง Enabling Fluid Individual and Collaborative Editing in Virtual Reality

โดย Haijun Xia¹, Sebastian Herscher², Ken Perlin², Daniel Wigdor¹ [15]

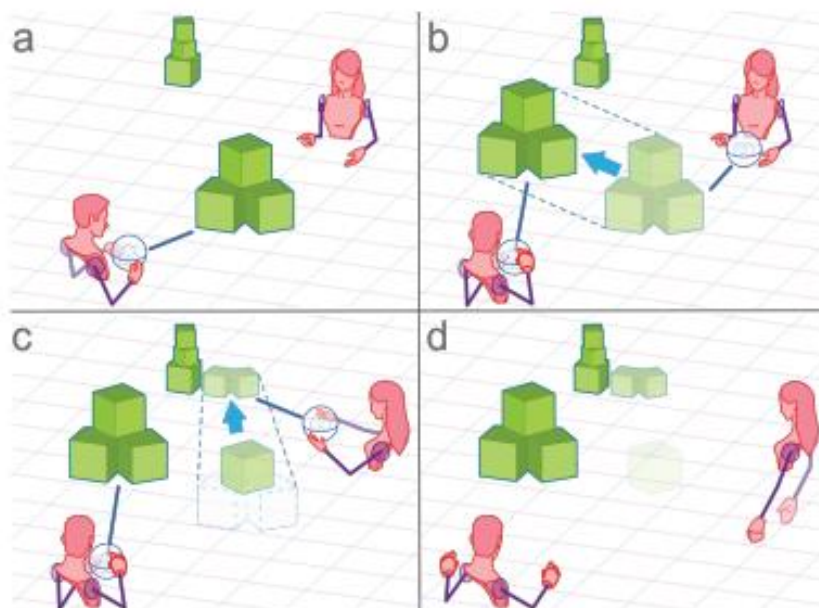
เป็นงานวิจัยที่ได้ทำเกี่ยวกับการย้ายสิ่งของเพื่อสร้างเมืองใน VR โดยสามารถทำงานร่วมกันกับผู้อื่นได้ในรูปแบบของ Collaborative โดยวิธีการของเขาเขามีการจัดการกับวัตถุและอวาตาร์ของคนอยู่ 3 แบบ

1. Container เป็นวิธีการเก็บสิ่งของเข้าไปในคอนเทนเนอร์ของระบบ โดยที่สามารถหยิบเข้ามาใส่และเอาออกได้ อีกทั้งยังสามารถเล่นการเคลื่อนไหวโดยการหมุนคอนเทนเนอร์ดังรูปที่ 2.11



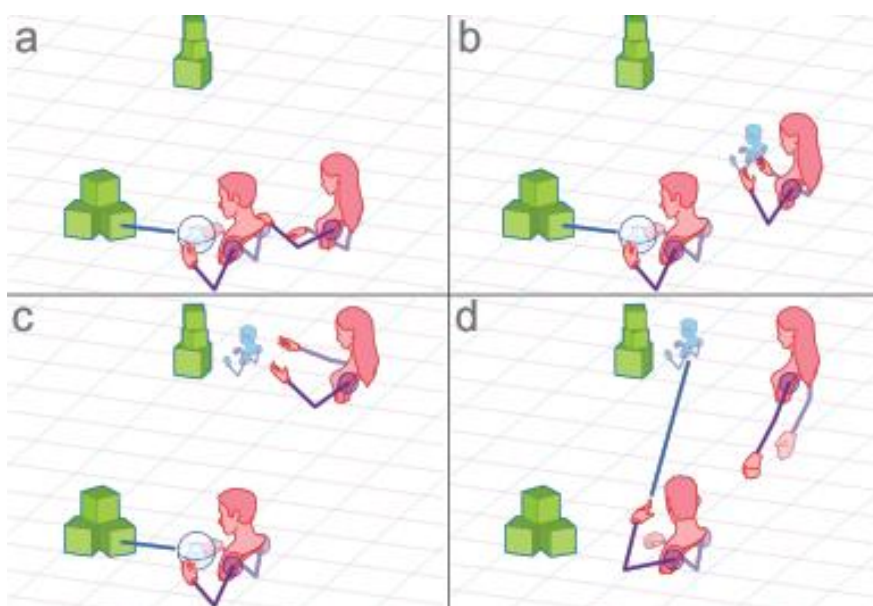
รูปที่ 2.11 คอนเทนเนอร์เก็บวัตถุ [15]

2. Parallel Objects เป็นการจัดการปัญหาของการหยิบวัตถุเดียวกันของผู้ใช้งาน 2 คนเพื่อแก้ไขข้อผิดพลาดเรื่องของดีเลย์ (Delay) โดยเมื่อผู้ใช้งานคนที่ 1 หยิบวัตถุไปไว้ที่อื่น ผู้ใช้งานคนที่ 2 ที่หยิบพร้อมกันก็สามารถหยิบวัตถุนั้นได้ ซึ่งตัววัตถุจะทำการคัดลอกตัวมันเองไปยังทั้งผู้ใช้งานคนที่ 1 และ 2 แต่ถ้าวัตถุนั้นมีคนมากระทำแค่คนเดียววัตถุนั้นจะไม่ทำการคัดลอกตัวเองและจะถูกย้ายตามการกระทำนั้นๆ ดังรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 วิธีการแก้ไขการหยิบซ้ำแบบ Parallel Objects [15]

3. Avatar Objects เป็นวิธีการทำอวาตาร์ให้เป็นเหมือนวัตถุหนึ่ง ผู้ใช้งานที่ต้องการให้ผู้ร่วมงานเห็นมุมมองของตน สามารถทำได้โดยการหยิบอวาตาร์ตัวนั้นไปวางที่มุมที่ต้องการและตัวผู้ใช้งานเองสามารถเทเลพอร์ตตัวเองไปยังพื้นที่นั้นๆ ได้ ดังรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 วิธีการแก้ไขปัญหามุมมองแบบ Avatar Objects [15]

2.4 การประเมินผล

2.4.1 ความสามารถของระบบ (System performance)

(1) ประเมินว่าระบบที่พัฒนาสามารถรองรับการออกแบบและแก้ไขแบบจำลองสามมิติร่วมกันผู้อื่นได้

2.4.2 ความสามารถในการใช้งาน (Usability)

(1) ประเมินว่าระบบที่พัฒนาทำให้ผู้ใช้งานสามารถเข้าใจวิธีการใช้งานได้ง่ายมีความเป็นธรรมชาติ โดยสามารถประเมินจากเวลาที่ใช้ในระบบทดสอบ

(2) ประเมินว่าระบบที่พัฒนาทำให้ผู้ใช้งานเห็นภาพแบบจำลองสมจริง

2.4.3 คุณค่าของงานเฉพาะทาง (Value for specific task)

(1) ประเมินว่าระบบที่พัฒนาทำให้ผู้ใช้งานสามารถออกแบบและแก้ไขแบบจำลองสามมิติและสังพิมพ์ชิ้นงานสามมิติได้

2.5 สรุป

เทคโนโลยีความจริงเสมือนถูกใช้อย่างกว้างขวางในหลายๆ บทบาท สำหรับการจำลองสภาพแวดล้อมเสมือน และการสร้างแบบจำลองของวัตถุสามมิติจำเป็นต้องใช้เทคโนโลยีในด้านอื่นๆ เข้ามาช่วย เช่น เทคโนโลยีการตรวจจับภาพ และโปรแกรมเพื่อพัฒนาเกม เป็นต้น การพัฒนาระบบเทคโนโลยีความจริงเสมือนจำเป็นต้องรู้จักเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องรวมทั้งทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาระบบนี้

จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในข้างต้นมีการใช้อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับระบบเทคโนโลยีความจริงเสมือนในจุดประสงค์ต่างๆ เช่น การแสดงผลข้อมูลด้วยกราฟิก การปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้ใช้งานกับระบบ การติดต่อสื่อสารระหว่างผู้ใช้งาน เป็นต้น ซึ่งอุปกรณ์แต่ละตัวมีคุณสมบัติ ข้อดี และข้อเสียแตกต่างกัน ดังนั้นจึงต้องเลือกอุปกรณ์ให้สอดคล้องกับจุดประสงค์ที่จะพัฒนา

บทที่ 3 รายละเอียดการพัฒนา

ในบทนี้เป็นการอธิบายเกี่ยวกับการพัฒนาเทคโนโลยีความจริงเสมือนให้สามารถใช้งานร่วมกันระหว่างผู้ใช้สองคน ร่วมกันออกแบบและแก้ไขแบบจำลองสามมิติ โดยเน้นให้ใช้งานได้ง่าย และ เป็นธรรมชาติ โดยในบทนี้จะเป็นการนำข้อมูลที่หาในบทที่ 2 มาใช้ในการออกแบบและพัฒนาระบบ ซึ่งจะกล่าวถึงแนวทางเกี่ยวกับระบบที่รองรับการทำงานของผู้เล่นหลายคนที่มีปฏิสัมพันธ์กับระบบเดียวกันในเวลาเดียวกันได้ ขั้นตอนการทำงานของระบบ เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาระบบ การเชื่อมต่อของอุปกรณ์ในระบบ การรับ-ส่งข้อมูลระหว่างผู้ใช้งานกับระบบ และการดำเนินงานการพัฒนาระบบ

3.1 โครงสร้างของระบบ (System Structure)

3.1.1 รูปจำลองระบบ (System Scenario)

3.1.1.1 กรณีที่ใช้ VR ในการพัฒนาระบบ ดังรูปที่ 3.1 แสดงการจำลองสถานการณ์การใช้งานโดยมีผู้ใช้งาน 2 คน ต้องการช่วยกันออกแบบและแก้ไขแบบจำลองผ่านเทคโนโลยีความจริงเสมือน (VR) จึงใส่แว่น VR เพื่อเข้าไปยังระบบ โดยสภาพแวดล้อมที่จำลองใน VR เป็นสภาพแวดล้อมที่ได้จากการเก็บข้อมูลของภาพในห้องจริง โดยเมื่อเข้าไปในระบบดังรูปที่ 3.2 ผู้ใช้งานสามารถมองเห็นสภาพแวดล้อมจำลองและเห็นผู้ใช้งานอีกคน เมื่อผู้ใช้งานต้องการออกแบบและแก้ไขแบบจำลองสามารถทำร่วมกันได้และสามารถทดสอบผ่านทางซอฟต์แวร์หรือสามารถบันทึกแบบจำลองในรูปแบบ .STL file สำหรับสั่งพิมพ์ผ่านเครื่องพิมพ์สามมิติได้ โดยมี การจำลองสภาพแวดล้อมด้วยอุปกรณ์किनคและแสดงผลผ่านทาง HTC VIVE



รูปที่ 3.1 ภาพจำลองระบบก่อนเข้าโลกเสมือน



รูปที่ 3.2 ภาพจำลองระบบในโลกเสมือน

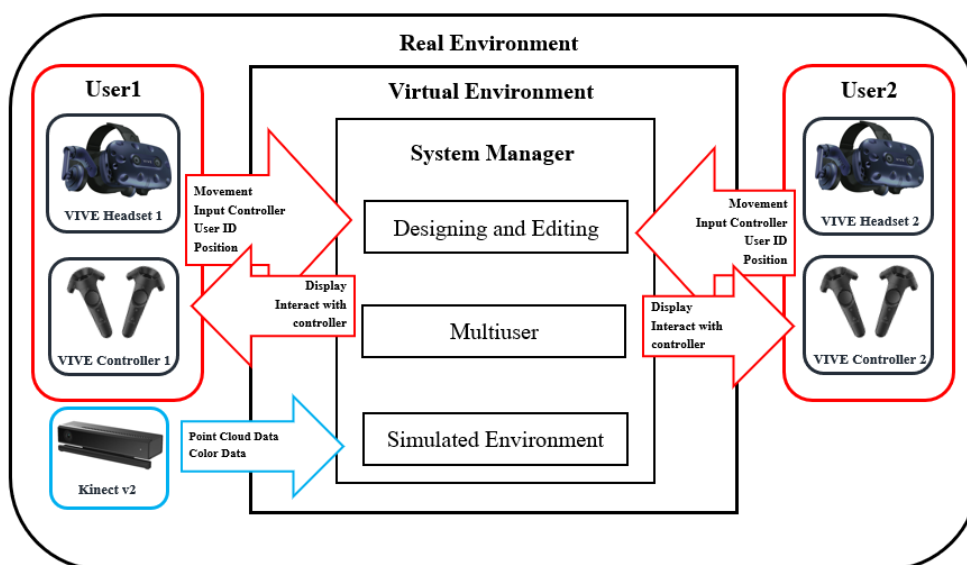
3.1.1.2 กรณีที่ใช้คอมพิวเตอร์ เมาส์ และคีย์บอร์ดในการพัฒนาระบบ จากรูปที่ 3.3 จะเห็นว่าผู้ใช้งานคนที่ 1 และผู้ใช้งานคนที่ 2 จะใช้ คอมพิวเตอร์ในการเล่นแทน VR และใช้เมาส์และคีย์บอร์ดแทน VR Controller ในการควบคุม ผู้ใช้งานทั้งสองคนจะเชื่อมต่อกันผ่าน WIFI/LAN และผู้ใช้งานต้องการออกแบบและแก้ไขแบบจำลองสามารถทำร่วมกันได้และสามารถทดสอบผ่านทางซอฟต์แวร์หรือสามารถบันทึกแบบจำลองในรูปแบบ .STL file สำหรับสั่งพิมพ์ผ่านเครื่องพิมพ์สามมิติได้ โดยมีการจำลองสภาพแวดล้อมด้วยอุปกรณ์คินค



รูปที่ 3.3 ภาพจำลองในกรณีใช้เมาส์และคีย์บอร์ด

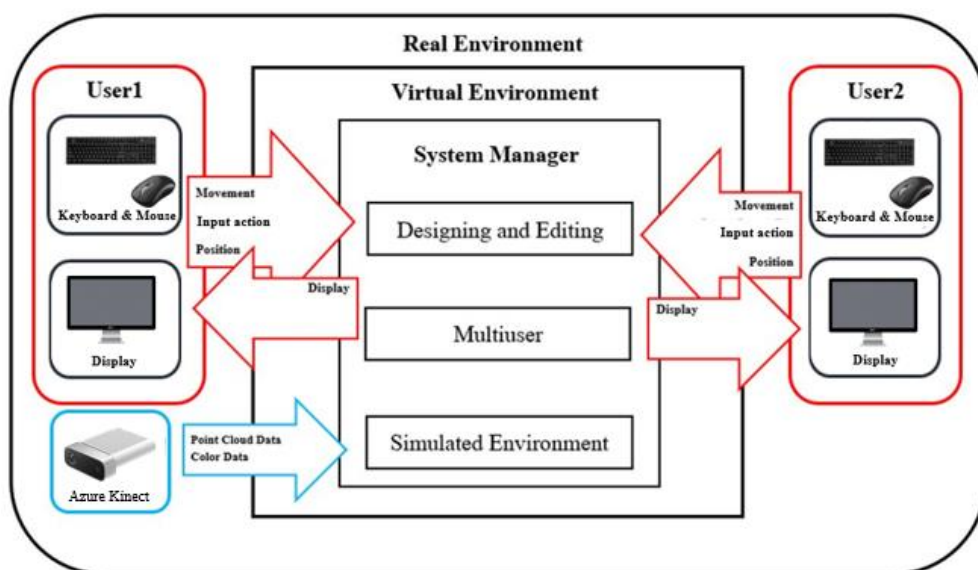
3.1.2 การออกแบบระบบ (System Design)

(1) โปรแกรมหลักจะพัฒนามาบนโปรแกรม Unity โดยการรับค่าจาก VR Controller และ VR Headset ไปประมวลผลใน Unity เพื่อแสดงผลตอบกลับผ่านทางหน้าจอแสดงผลบน VR Headset ให้ผู้ใช้งาน โดยโปรแกรมใน Unity จะมีระบบอยู่ทั้งหมด 3 ระบบหลักๆ คือ (1) ระบบ Multiplayer ที่สามารถเชื่อมต่อกับผู้ใช้งานอื่นๆ ได้ (2) ระบบจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริง เพื่อจำลองสภาพแวดล้อมโดยการรับค่าเป็นพอยคลาวด์จากอุปกรณ์คิเนคและส่งค่าไปยังโปรแกรม Unity (3) ระบบการออกแบบและแก้ไขแบบจำลอง จากนั้นเมื่อมีแบบจำลองแล้วสามารถนำออกแบบจำลองสามมิติในรูปแบบ .STL file เพื่อนำไปใช้พิมพ์กับเครื่องพิมพ์สามมิติ ดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 โครงสร้างของระบบกรณีใช้ HTC VIVE

(2) กรณีที่ใช้คอมพิวเตอร์ เมาส์ และคีย์บอร์ดในการพัฒนาระบบ โดยรับค่าการเคลื่อนไหว การกระทำและค่าตำแหน่งไปยังระบบ มีการประมวลผลกลับทางหน้าจอ ดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 โครงสร้างของระบบกรณีที่ใช้คอมพิวเตอร์

3.1.3 ระบบจำลองสภาพแวดล้อม

การจำลองสภาพแวดล้อม มีการใช้คิเนคในการเก็บข้อมูลของสภาพแวดล้อมจริงสามมิติ โดยเก็บข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบพอยต์คลาวด์ และนำข้อมูลมาปรับและสร้างแบบจำลองสามมิติ โดยผ่านทางโปรแกรม Unity เพื่อให้ได้แบบจำลองที่ใกล้เคียงกับแบบจริง

เริ่มจากการใช้ Azure Kinect sdkv1.4.0 เพื่อเชื่อมต่อคิเนคกับ Unity และใช้ Azure Kinect library ในการเก็บข้อมูลสีและ point cloud ของสภาพแวดล้อมจริงในรูปแบบของอาร์เรย์ แล้วนำข้อมูลทั้งสองชุดมาสร้าง mesh แล้วแสดงผลผ่าน HTC VIVE โดยใช้ Steam VR ตัวอย่างดังรูปที่

3.6

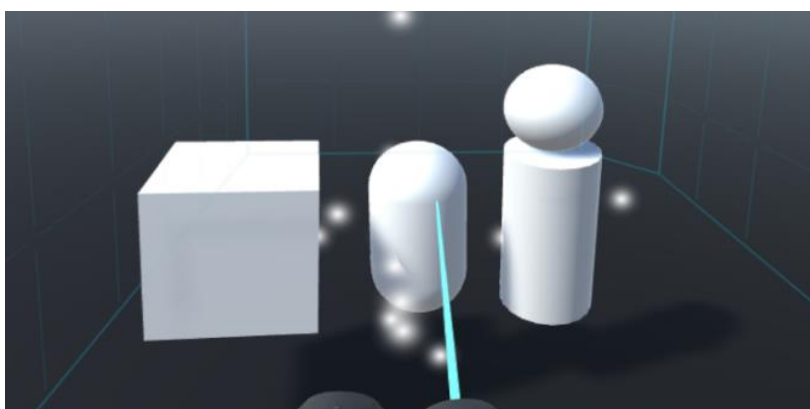


รูปที่ 3.6 แสดงตัวอย่างการจำลองสภาพแวดล้อม

3.1.4 ระบบการออกแบบและแก้ไขแบบจำลองสามมิติ

ผู้ใช้งานสามารถออกแบบและแก้ไขแบบจำลองสามมิติในโลกความเป็นจริงเสมือน ผ่านการใช้งาน คอนโทรลเลอร์ รวมทั้งการปรับแต่งสี และการปรับขนาดของแบบจำลองสามมิติให้มีขนาดและรูปทรงตามความต้องการของผู้ใช้ ซึ่งผ่านทางโปรแกรม Unity ใช้ภาษา C# ในการพัฒนาระบบโดยมีคำสั่งดังนี้

3.1.4.1. การสร้างรูปทรง (Create Shape) คือการสร้างรูปทรงพื้นฐาน ได้แก่ ทรงกลม (Sphere) ลูกบาศก์ (Cube) ทรงกระบอก (Cylinder) และแคปซูล (Capsule) ซึ่งขนาด และตำแหน่งของรูปทรง จะถูกกำหนดไว้ตามโค้ด ตัวอย่างการสร้างรูปทรงแสดงดังรูปที่ 3.7 และเมนูการสร้างรูปทรงจะแสดงดังรูปที่ 3.8 ด้านข้างจะแสดงเมนูย่อยที่สามารถกดเพื่อเลือกสร้างรูปทรงต่างๆ

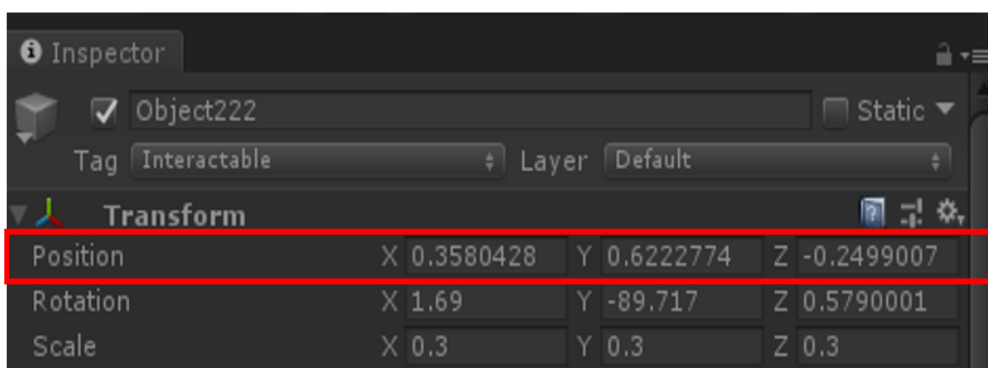


รูปที่ 3.7 ตัวอย่างการสร้างรูปทรงโดยกดเมนูการสร้างรูปทรง (Create Shape)



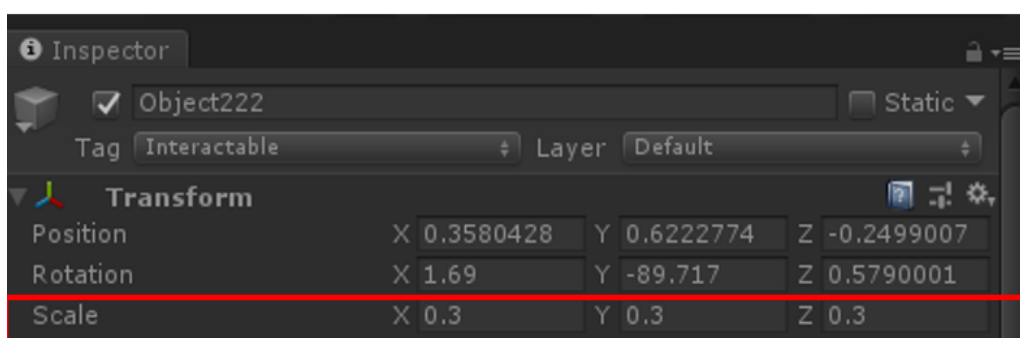
รูปที่ 3.8 ตัวอย่างเมนูการสร้างรูปทรง (Create Shape) และเมนูย่อย

3.1.4.2. การเคลื่อนย้ายวัตถุ (Move) คือการที่ผู้ใช้สามารถใช้ Controllers ไปสัมผัสกับรูปทรงที่ได้สร้างมาจากคำสั่งที่ 3.1.4.1. แล้วทำการกด เพื่อให้มีการปฏิสัมพันธ์กันระหว่าง Controllers และรูปทรงที่สร้างมา สามารถขยับรูปทรงนั้นไปวางได้ตามต้องการได้ เมื่อเคลื่อนย้ายรูปทรงนั้นไปยังตำแหน่งที่ต้องการได้แล้วก็ทำการปล่อยที่กดไว้เป็นการ Drop รูปทรงหรือวัตถุไว้ยังตำแหน่งนั้นสามารถสังเกตการเปลี่ยนตำแหน่งของวัตถุหรือรูปทรงได้จากรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 ค่าที่บอกถึงการเปลี่ยนตำแหน่งของวัตถุหรือรูปทรง

3.1.4.3. การขยายขนาดของวัตถุ (Size) คือการที่ผู้ใช้งานใช้ Controllers ทั้งสองข้างไปทำการกดค้างไว้ เพื่อให้มีการปฏิสัมพันธ์กันระหว่าง Controllers และรูปทรงที่สร้างมาจากคำสั่งที่ 3.1.4.2. แล้วดึง Controllers ให้ห่างออกจากกัน รูปทรงที่สร้างมาจะขยายขนาดตามระยะห่างของ Controllers และถ้าหากนำ Controller มาใกล้กันจะทำให้รูปทรงที่มีการปฏิสัมพันธ์มีขนาดที่เล็กลง สามารถสังเกตการเปลี่ยนขนาดของวัตถุหรือรูปทรงได้จากรูปที่ 3.10



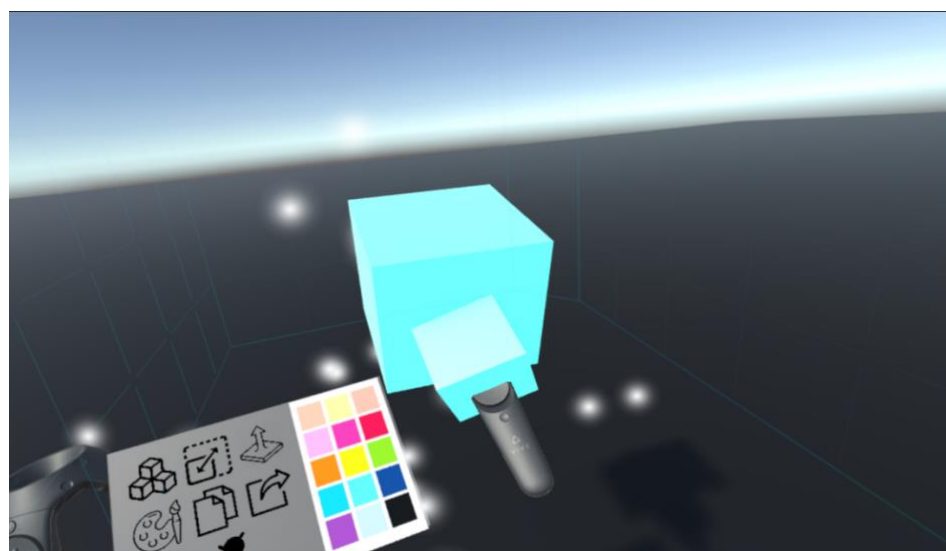
รูปที่ 3.10 ค่าที่บอกถึงการเปลี่ยนขนาดของวัตถุหรือรูปทรง

3.1.4.4. การปรับแต่งสี (Colors) คือการที่ผู้ใช้สามารถเปลี่ยนสีของรูปทรงต่างๆ ให้มีสีตามต้องการ ซึ่งสีมีให้เลือกดังรูปที่ 3.11 โดยผู้ใช้สามารถเลือกเมนูการปรับแต่งสี จากนั้นเลือกสี

ที่ต้องการ แล้วนำ Controller ไปชนกับรูปทรงต่างๆ เพื่อให้มีการปฏิสัมพันธ์กันระหว่าง Controllers และรูปทรงที่ต้องการจะเปลี่ยนสีจะเปลี่ยนสีตามสีที่ Controller แสดงดังรูปที่ 3.12

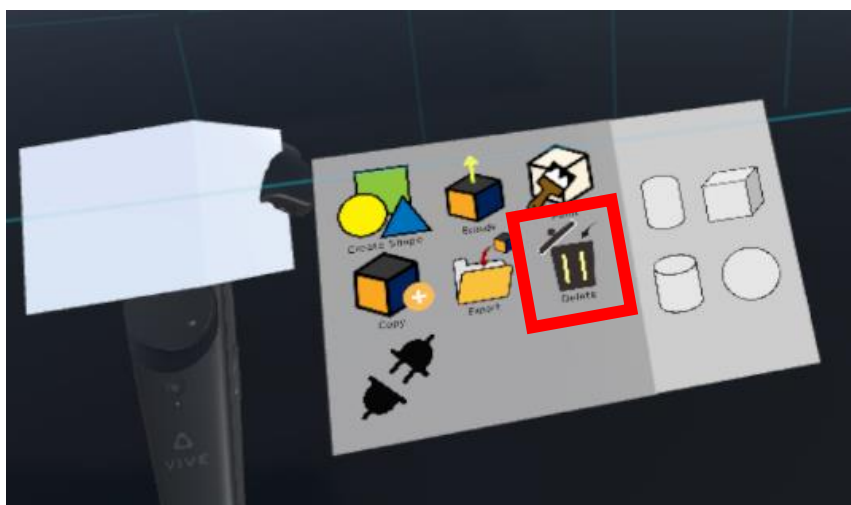


รูปที่ 3.11 การเปลี่ยนสีตามสีที่ Controller



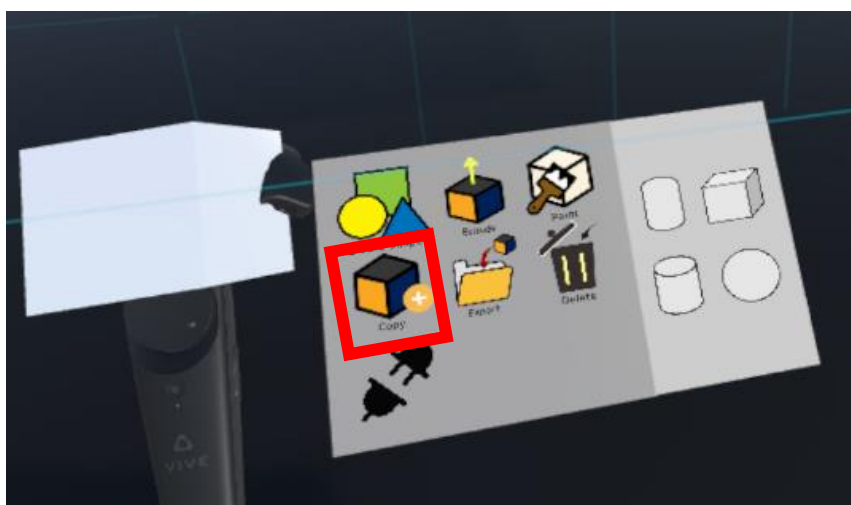
รูปที่ 3.12 เปลี่ยนสีรูปทรงตามสีที่ Controller

3.1.4.5. การลบวัตถุ (Delete) เมื่อผู้ใช้ต้องการจะลบรูปทรงที่ได้สร้างมา ผู้ใช้สามารถกด Trigger ที่รูปทรงหรือวัตถุที่ต้องการลบจากนั้นกดเมนู Delete รูปทรงหรือวัตถุที่ผู้ใช้ได้ทำการเลือกไปก็จะหายไป โดยกดเมนูที่แสดงไว้ดังรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13 ตัวอย่างเมนูการลบวัตถุ (Delete)

3.1.4.6. การสร้างวัตถุที่เหมือนกัน (Copy) หากผู้ใช้งานต้องการจะสร้างรูปทรงหรือวัตถุที่มีลักษณะเหมือนดังรูปทรงหรือวัตถุเดิม ผู้ใช้งานสามารถใช้ Controllers กดเลือกรูปทรงหรือวัตถุที่ต้องการสร้างให้ลักษณะดั้งเดิม หรือเรียกว่า วัตถุต้นแบบ จากนั้นกดเมนู Copy รูปทรงหรือวัตถุนั้นก็จะถูกทำการสร้างมาเพิ่มโดยมีลักษณะดั้งเดิม โดยกดเมนูที่แสดงไว้ดังรูปที่ 3.14



รูปที่ 3.14 ตัวอย่างเมนูการสร้างวัตถุที่เหมือนกัน (Copy)

3.1.4.7. การนำออกไฟล์ในรูปแบบ .STL (Export) หากผู้ใช้งานต้องการที่จะนำวัตถุที่ได้สร้างมาออกไปในรูปแบบ .STL ผู้ใช้งานสามารถใช้ Controllers กดเลือกรูปทรงหรือวัตถุที่ต้องการนำออก แล้วกดเมนู Export ไฟล์.STL ของรูปทรงหรือวัตถุนั้นก็จะเก็บไปยังคอมพิวเตอร์ที่ผู้ใช้งานกำลังใช้งานอยู่ โดยกดเมนูที่แสดงไว้ดังรูปที่ 3.15



รูปที่ 3.15 ตัวอย่างเมนูการนำออกไฟล์ในรูปแบบ .STL (Export)

3.1.4.8. การต่อวัตถุให้ยาวขึ้น (Extrude) เมื่อผู้ใช้งานต้องการต่อวัตถุให้มีบางส่วนยาวขึ้น ผู้ใช้สามารถเลือกได้ว่าจะใช้ส่วนของวัตถุนั้นยาวขึ้น โดยมีเมนูย่อยให้เลือกคือ 1. ด้าน (Face) และ 2. จุด (Vertex) หลังจากเลือกเมนูย่อยแล้ว ผู้ใช้สามารถใช้ Controllers กดเลือกทรงหรือวัตถุที่ต้องการจะต่อให้ยาวขึ้น แล้วลาก Controllers ออกมาจากวัตถุนั้นๆ วัตถุจะมีบางส่วนยาวขึ้นโดยกดเมนูที่แสดงไว้ดังรูปที่ 3.16

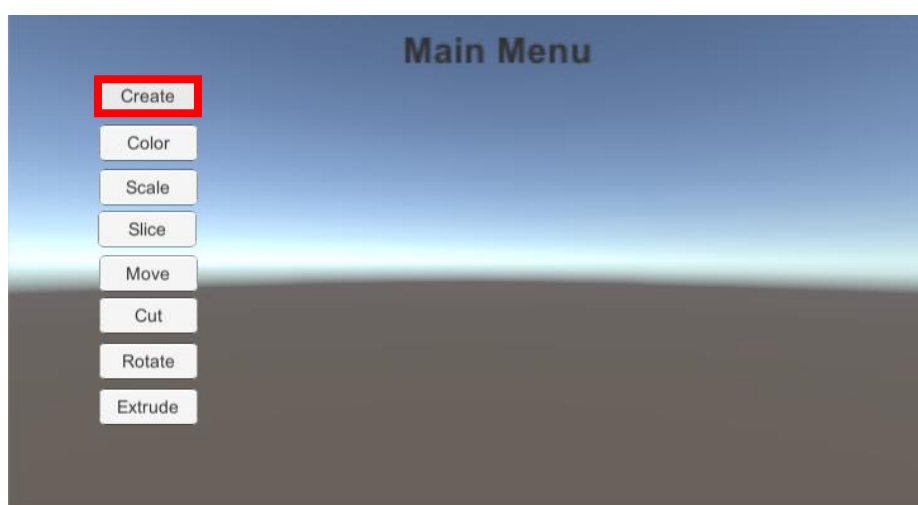


รูปที่ 3.16 ตัวอย่างเมนูการต่อวัตถุให้ยาวขึ้น (Extrude)

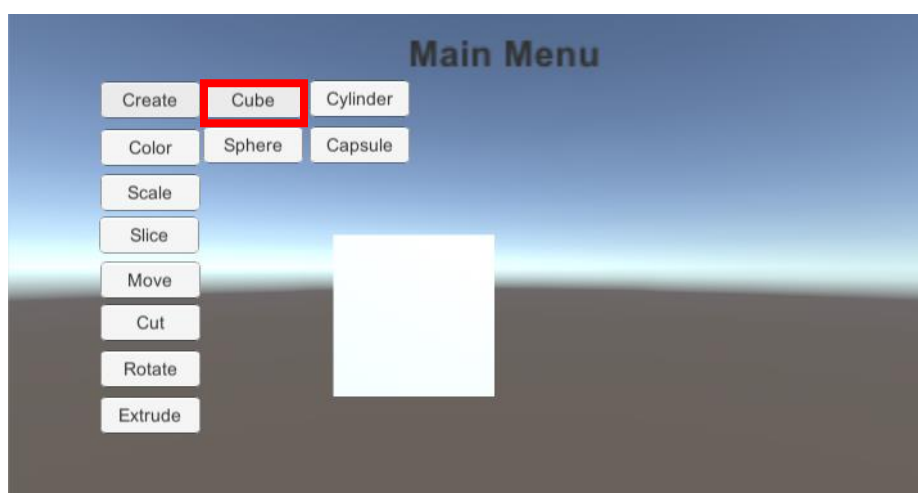
3.1.4.9. Desktop Version เนื่องจากสถานการณ์การแพร่ระบาดของไวรัส COVID-19 ทำให้ไม่สามารถพัฒนาระบบใน VR ต่อได้ จึงเปลี่ยนมาพัฒนาระบบการออกแบบและแก้ไขแบบจำลองสามมิติ โดยใช้เมาส์และคีย์บอร์ดเป็นตัวสั่งการแทน Controllers ของ VR และแสดงผลผ่านทาง Desktop Display แทน VR Headset ซึ่งคำสั่งที่ใช้งานโดยใช้เมาส์และคีย์บอร์ด

ในการใช้งานคำสั่ง และมีคำสั่งที่เพิ่มเพื่อให้ผู้ใช้ ใช้งานระบบการออกแบบและแก้ไขแบบจำลองสามมิติผ่าน Desktop ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น คำสั่งดังกล่าวได้แก่

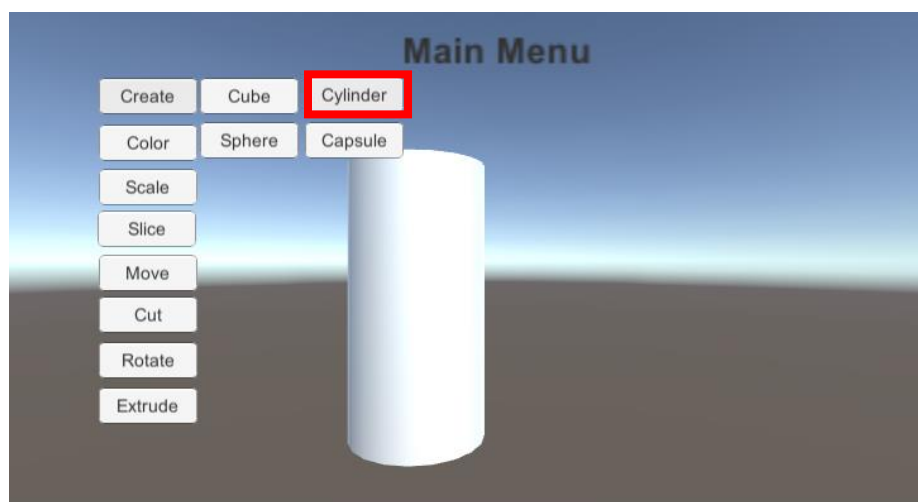
- การสร้างรูปทรง (Create Shape) หากผู้ใช้งานต้องการที่จะสร้างวัตถุหรือรูปทรงขึ้นพื้นฐานที่ ผู้ใช้งานสามารถกดเลือกเมนู Create ดังรูปที่ 3.17 จากนั้น จะแสดงเมนูเพิ่มเติมให้ใช้เมาส์กดเลือกรูปทรงที่ต้องการดังรูปที่ 3.18-3.21



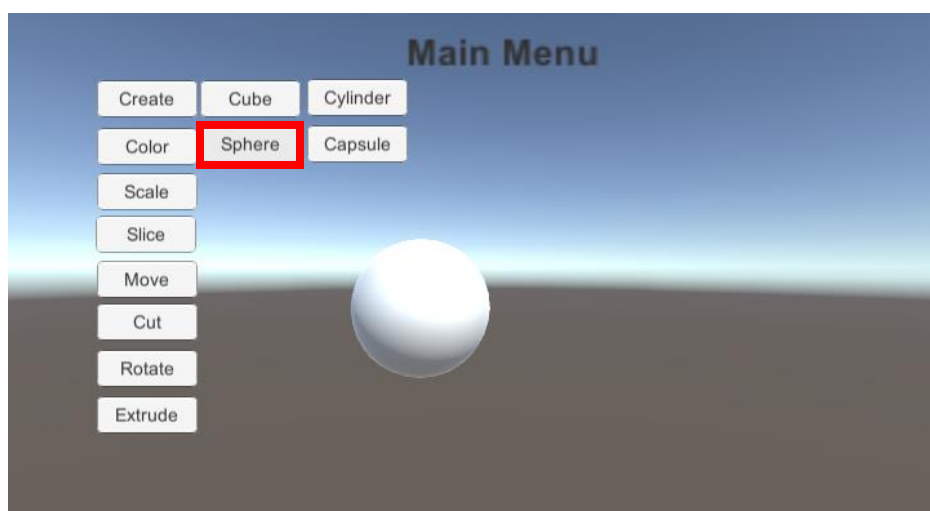
รูปที่ 3.17 ตัวอย่างเมนูการสร้างรูปทรง (Create Shape : Desktop Version)



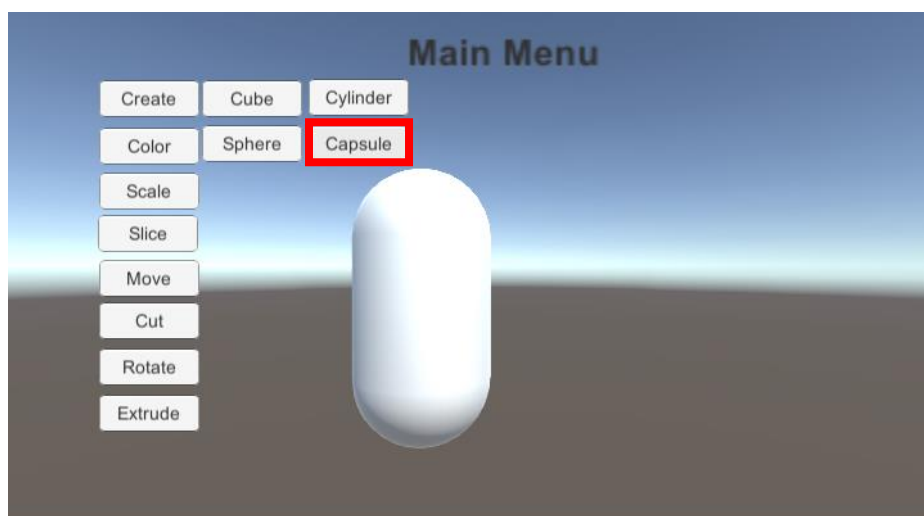
รูปที่ 3.18 ตัวอย่างการกดใช้คำสั่งสร้างลูกบาศก์ (Cube)



รูปที่ 3.19 ตัวอย่างการกดใช้คำสั่งสร้างทรงกระบอก (Cylinder)

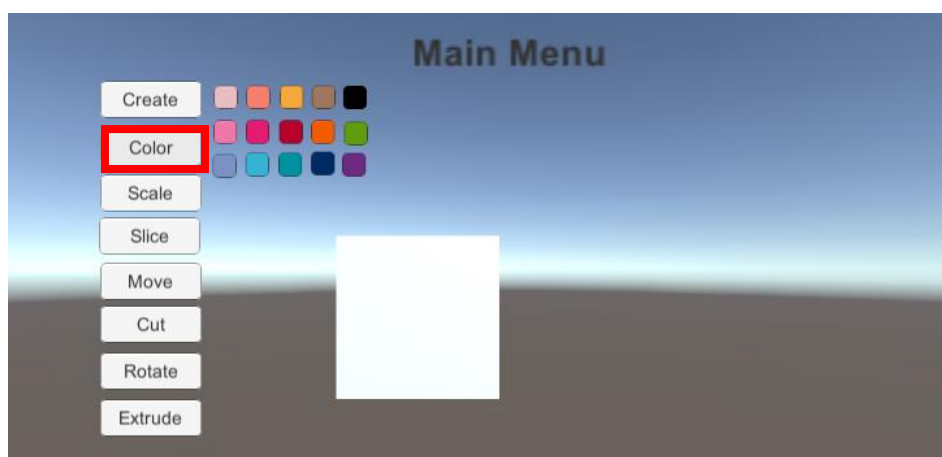


รูปที่ 3.20 ตัวอย่างการกดใช้คำสั่งสร้างทรงกลม (Sphere)



รูปที่ 3.21 ตัวอย่างการกดใช้คำสั่งสร้างแคปซูล (Capsule)

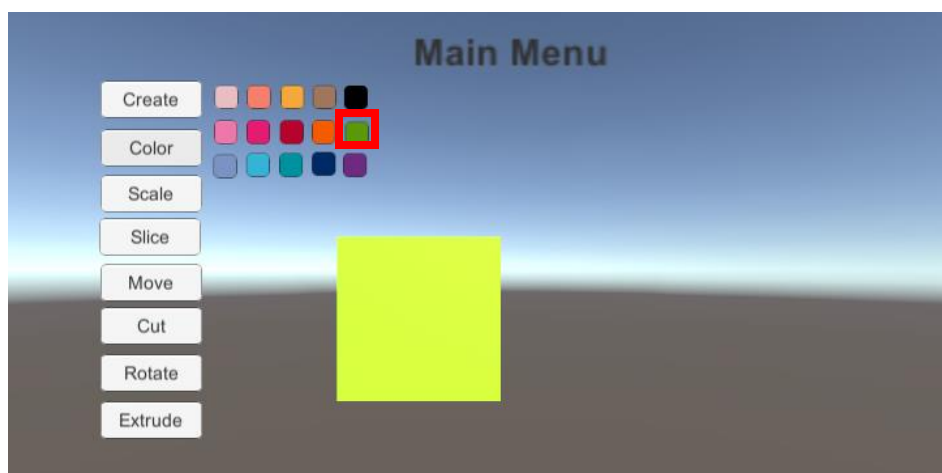
- การเปลี่ยนสี (Color) ผู้ใช้งานสามารถเปลี่ยนสีของวัตถุหรือรูปทรงที่ต้องการได้โดยคลิกเมาส์ซ้ายที่วัตถุเพื่อทำการเลือกวัตถุที่ต้องการก่อน แล้วจึงกดที่เมนู Color ดังรูปที่ 3.22 จากนั้นจะมีเมนูย่อยแสดงขึ้นมาดังรูปที่ 3.23 ซึ่งประกอบไปด้วยสีทั้งหมด 15 สี ได้แก่ สีที่มีชื่อสีและรหัสสีดังนี้ Slipper (F2C6CB), Peachy (FF8573), Daffodil (FFB040), Birch (A67C63), Pansy (7F98CC), Jellybean (F77DB0), Perry (EB1E77), Beet (C0032E), Carrot (FF6002), Pacific (39BADE), Laguna (0099A5), Juniper (63A40C), Bombay (002C68), Grape (732D86) และ Pitch (000000) รูปที่ 3.24 แสดงตัวอย่างการเปลี่ยนสีวัตถุเป็นสี Juniper



รูปที่ 3.22 ตัวอย่างการกดใช้คำสั่งเปลี่ยนสี (Color)

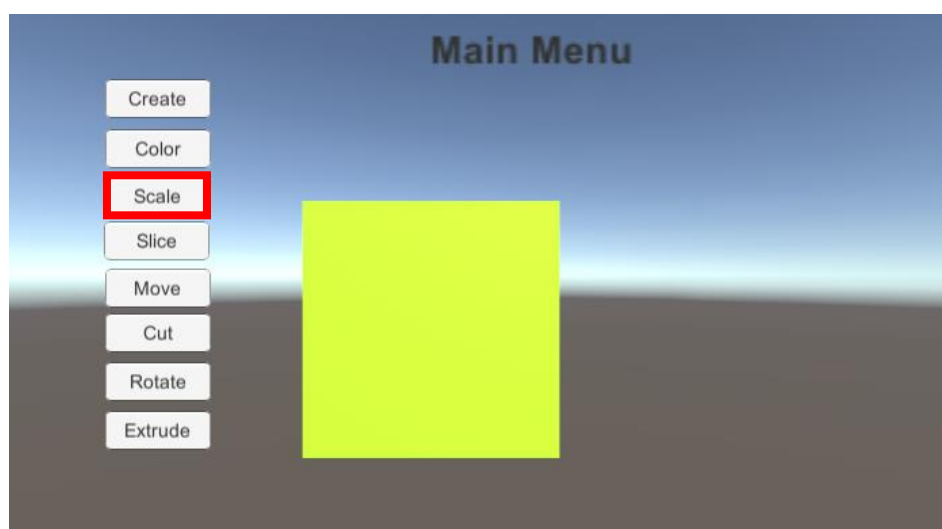


รูปที่ 3.23 ตัวอย่างเมนูย่อยแสดงสีที่สามารถเปลี่ยนได้



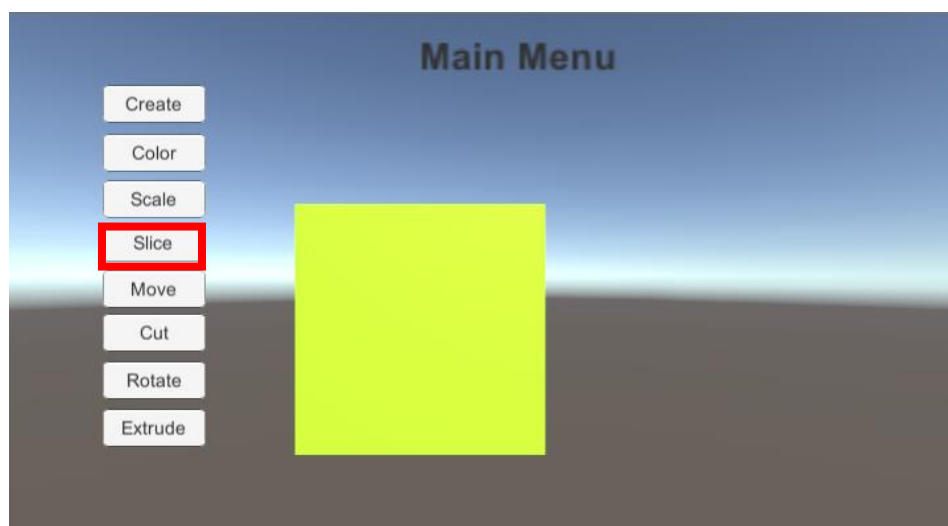
รูปที่ 3.24 ตัวอย่างการเปลี่ยนวัตถุเป็นสี Juniper

- การปรับขนาด (Scale) ผู้ใช้งานสามารถปรับขนาดของวัตถุที่ต้องการโดยการกดเลือกที่วัตถุก่อนแล้วจึงกดที่เมนู Scale ดังรูปที่ 3.25 จากนั้นหากต้องการใช้ขนาดเล็กลงหรือใหญ่ขึ้นสามารถปรับได้จาก Scroll บนเมาส์ เมื่อพอใจกับขนาดที่ได้แล้วให้ปล่อย Scroll และกดเลือกเมนูอื่นต่อไป

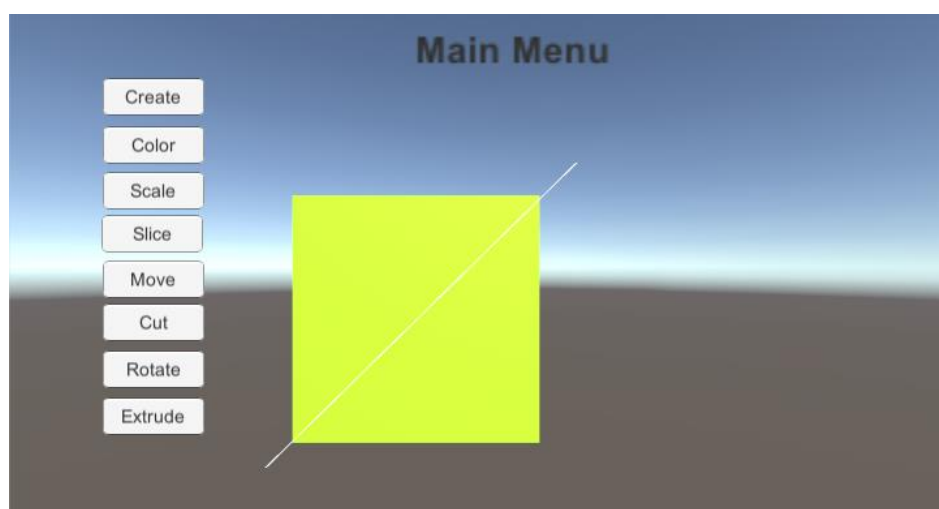


รูปที่ 3.25 ตัวอย่างเมนูการเปลี่ยนขนาดของวัตถุ

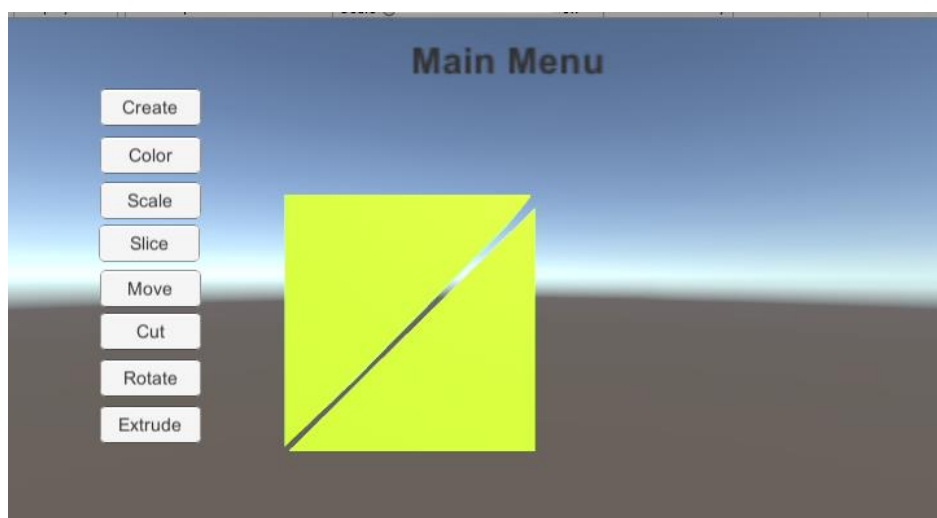
- การตัดเฉือน (Slice cut) เมื่อผู้ใช้งานต้องการตัดวัตถุหรือรูปทรง โดยการตัดเฉือนบางส่วนออกไป ผู้ใช้งานสามารถเลือกวัตถุที่ต้องการแล้วเลือกเมนู Slice ดังรูปที่ 3.26 และใช้เมาส์ลากเส้นสีขาวดังรูปที่ 3.27 และกดเพื่อตัดบางส่วนของวัตถุนั้นออกไป ตัวอย่างวัตถุที่ถูกตัดแสดงดังรูปที่ 3.28



รูปที่ 3.26 ตัวอย่างเมนูการตัดเฉือนวัตถุ

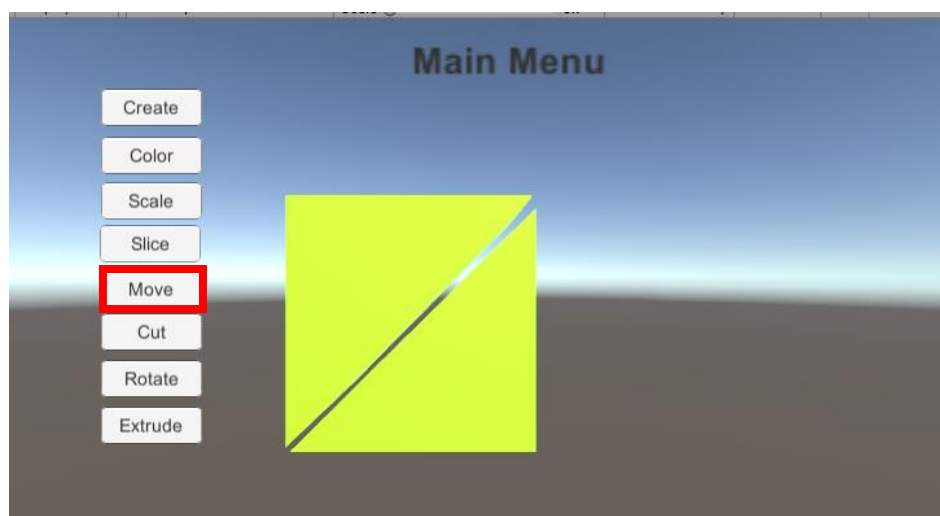


รูปที่ 3.27 ตัวอย่างแสดงเส้นสีขาวที่ลากเพื่อตัดเฉือน

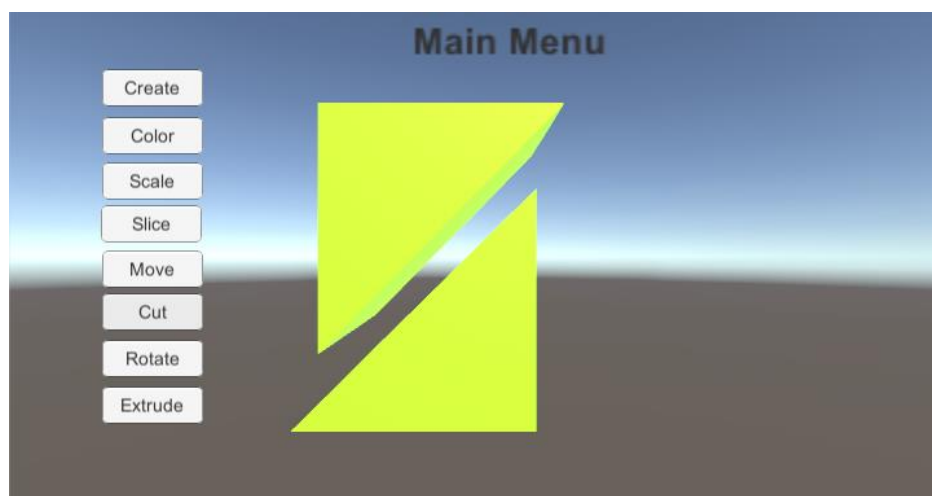


รูปที่ 3.28 ตัวอย่างการตัดเฉือนวัตถุ

- การเคลื่อนย้าย (Move) หากผู้ใช้งานต้องการที่จะเปลี่ยนตำแหน่งของวัตถุหรือรูปทรงที่ผู้ใช้งานได้สร้างขึ้นมา ผู้ใช้งานสามารถกดเลือกรูปทรงนั้นๆและกดที่เมนู Move ดังรูปที่ 3.29 จากนั้นคลิกเมาส์ค้างและขยับเมาส์ ไปยังตำแหน่งใหม่ที่ต้องการให้วัตถุขยับไป เมื่อได้ตำแหน่งที่ต้องการแล้วให้ทำการปล่อยเมาส์เพื่อวางวัตถุ ตัวอย่างการเปลี่ยนตำแหน่งวัตถุดังรูปที่ 3.30 ต้องการเปลี่ยนตำแหน่งของวัตถุที่อยู่ด้านบน

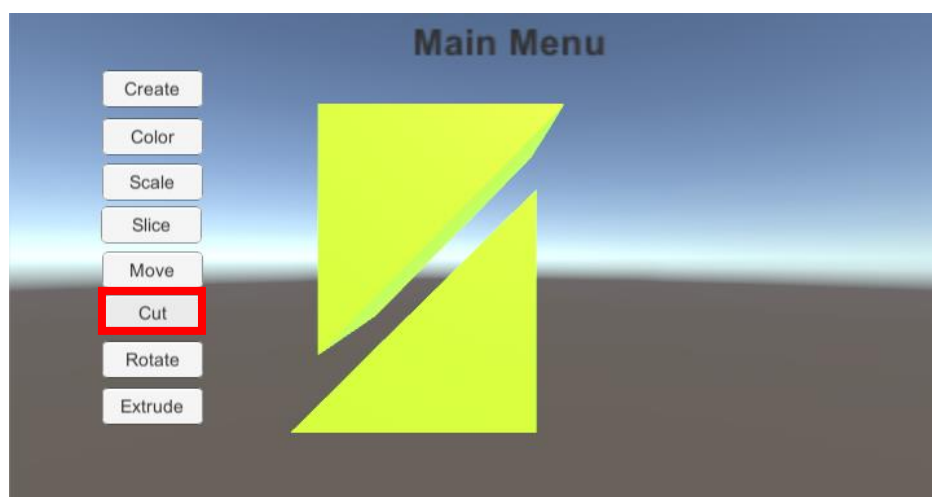


รูปที่ 3.29 ตัวอย่างเมนูการเคลื่อนย้ายวัตถุ (Move)

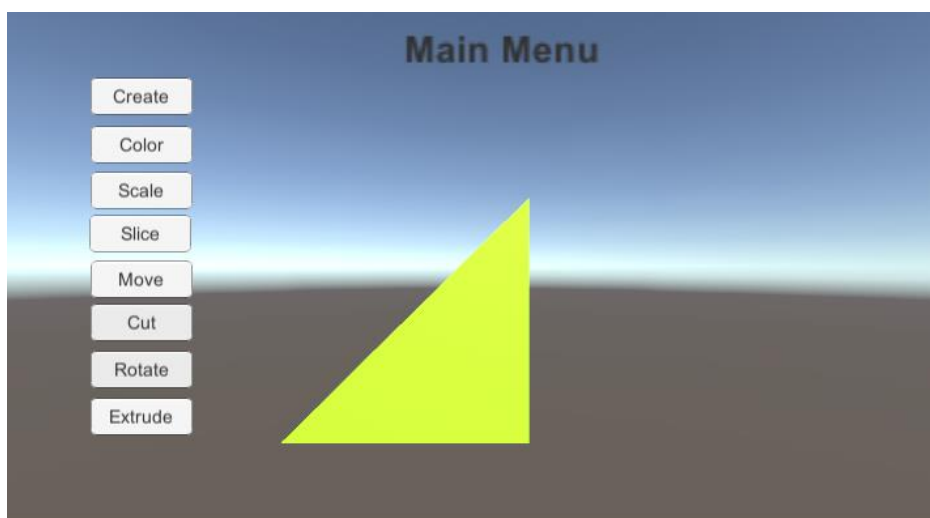


รูปที่ 3.30 ตัวอย่างการเปลี่ยนตำแหน่งของวัตถุขึ้นบน

- การลบวัตถุ (Cut/Delete) หากต้องการลบวัตถุที่ไม่จำเป็นออกสามารถกดเลือกวัตถุที่ต้องการลบและกดเลือกเมนู Cut ดังรูปที่ 3.31 ตัวอย่างการลบวัตถุที่ไม่ต้องการออกดังรูปที่ 3.32 ซึ่งลบวัตถุด้านบนออกไป

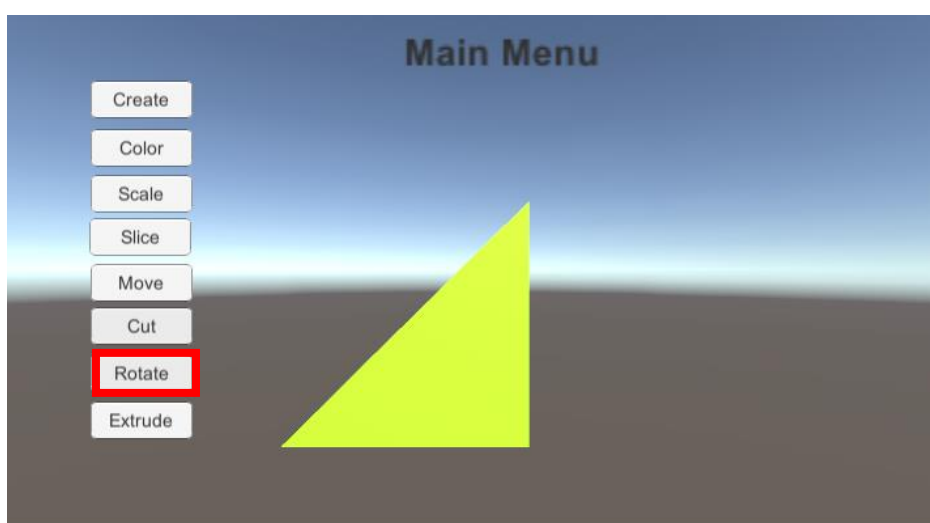


รูปที่ 3.31 ตัวอย่างเมนูลบวัตถุ (Cut)



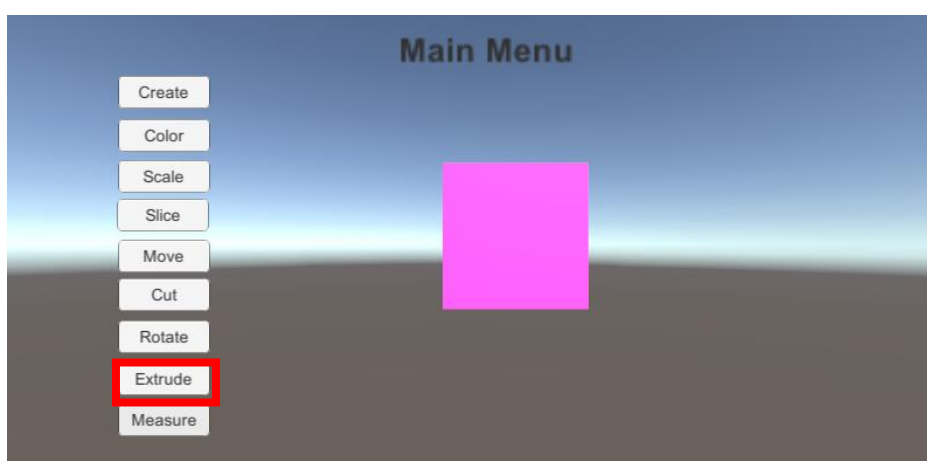
รูปที่ 3.32 ตัวอย่างการลบวัตถุด้านบนออกไป

- การหมุน (Rotation) หากผู้ใช้งานต้องการที่จะหมุนวัตถุหรือรูปทรงที่ผู้ใช้งานได้สร้างขึ้นมา ผู้ใช้งานสามารถกดเลือกรูปทรงนั้นๆและกดที่เมนู Rotate ดังรูปที่ 3.33 จากนั้นขยับเมาส์ เพื่อหมุนวัตถุหรือรูปทรงไปในทิศทางที่ต้องการ

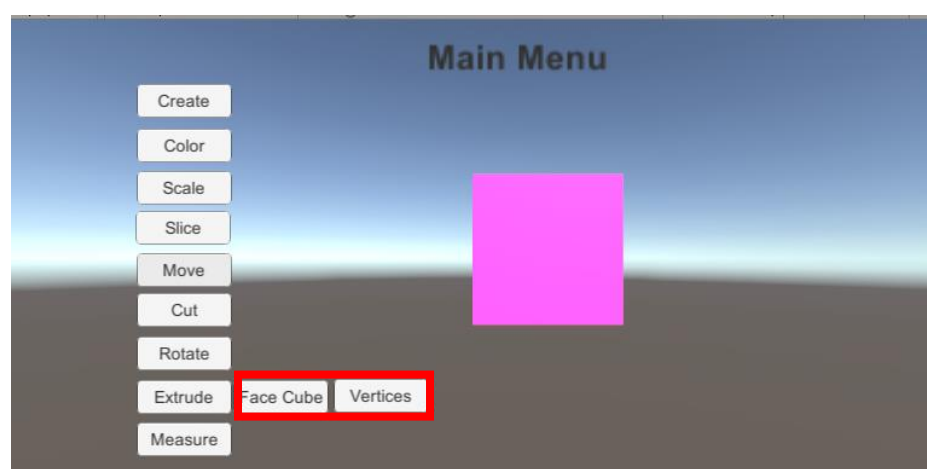


รูปที่ 3.33 ตัวอย่างเมนูการหมุนวัตถุ (Rotate)

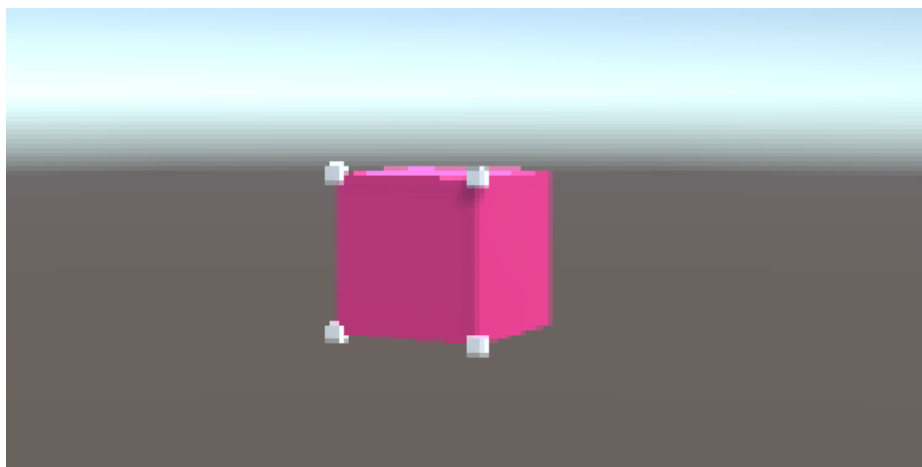
- การต่อขยาย (Extrusion) หากผู้ใช้งานต้องการที่ต่อขยายหรือปรับเปลี่ยนรูปทรงของวัตถุที่ผู้ใช้งานได้สร้างขึ้นมา ผู้ใช้งานสามารถกดเลือกรูปทรงนั้นๆ และกดที่เมนู Extrude ดังรูปที่ 3.34 จากนั้นจะแสดงเมนูย่อยดังรูปที่ 3.35 ประกอบด้วยเมนู Face Cube ที่ผู้ใช้งานจะสามารถกดเลือกหน้าของลูกบาศก์เพื่อทำการต่อขยายดังรูปที่ 3.36-3.38 และเมนู Vertices หากกดเลือกใช้เมนูนี้ จะขึ้นจุดสีแดงที่ตำแหน่ง (0,0,0) ซึ่งหากทำการเปลี่ยนตำแหน่งของจุดสีแดง รูปทรงของวัตถุที่กดใช้เมนูนี้ก็จะเปลี่ยนไป ตัวอย่างดังรูปที่ 3.39 และรูปที่ 3.40



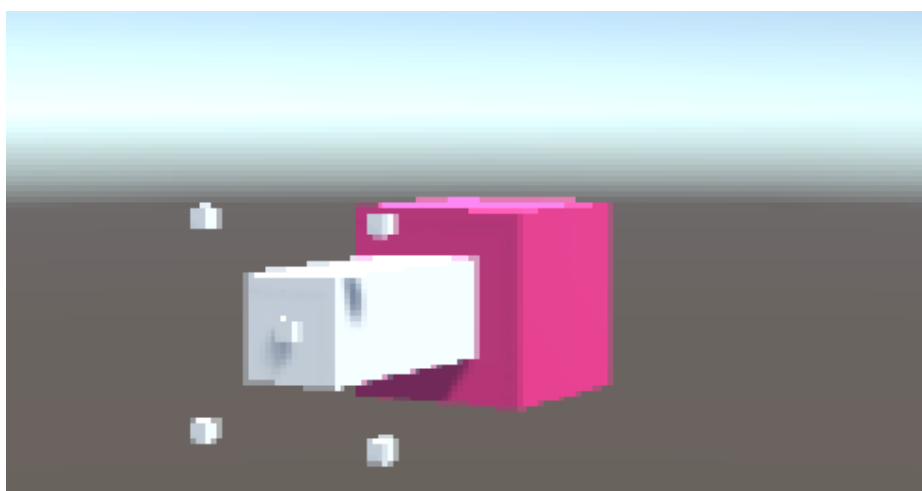
รูปที่ 3.34 ตัวอย่างเมนูการต่อขยาย (Extrusion)



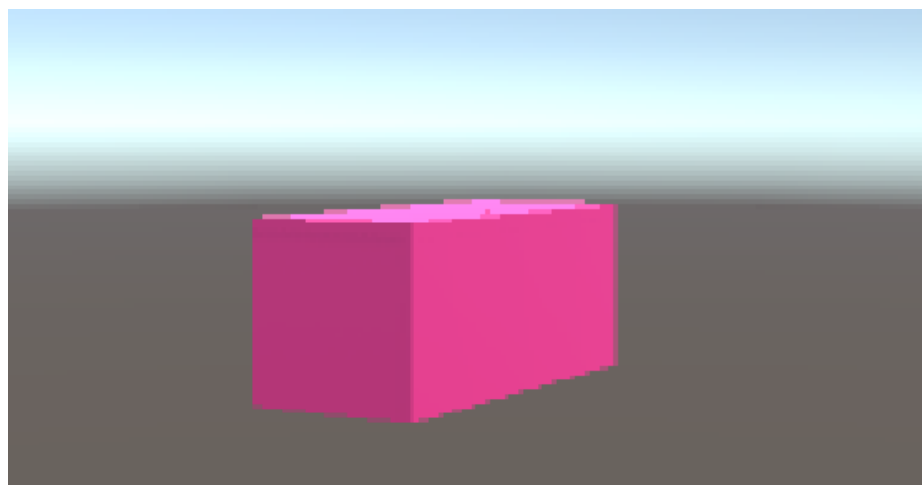
รูปที่ 3.35 ตัวอย่างเมนูย่อย Face Cube และ Vertices



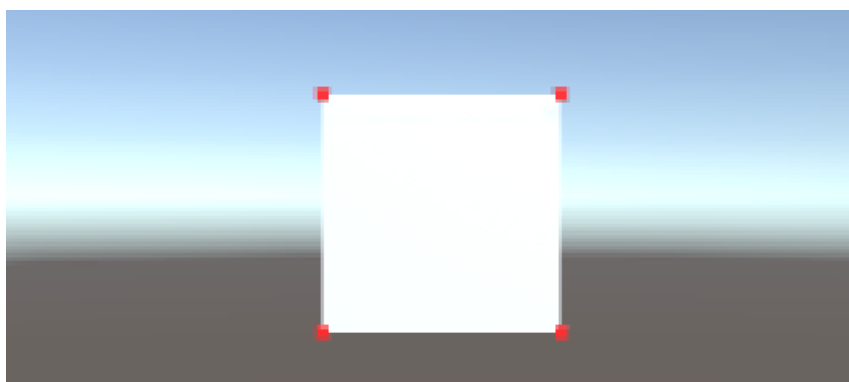
รูปที่ 3.36 การใช้คำสั่ง Face Cube กดเลือกหน้าจะมีจุดสีขาวมาทั้ง 4 มุม



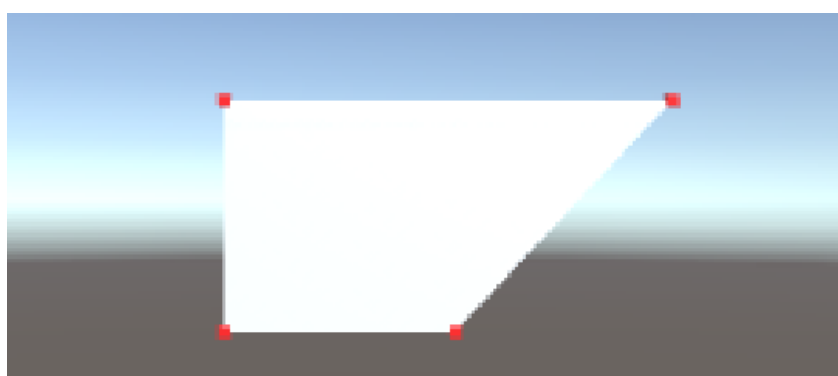
รูปที่ 3.37 เมื่อลากเมา์ออกมาจะมีรูปทรงสีขาวแสดงออกมา



รูปที่ 3.38 เมื่อปล่อยเมา์จะสร้าง Mesh ต่อขยายออกมา

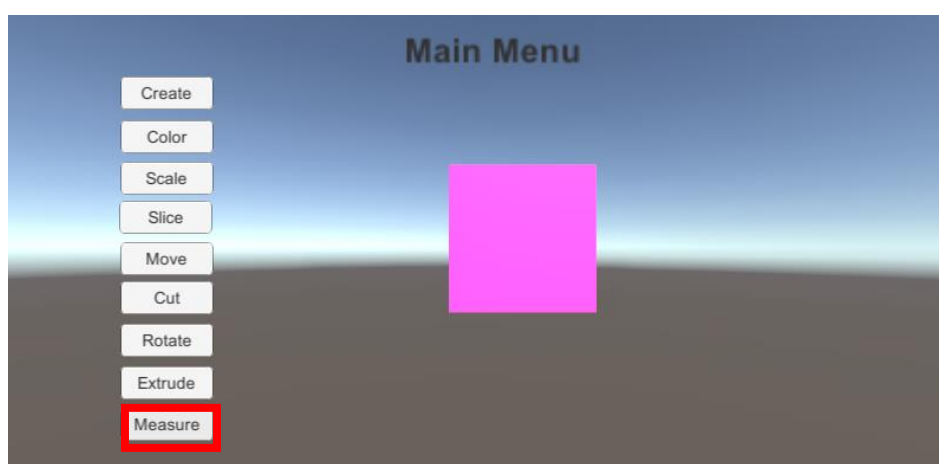


รูปที่ 3.39 การใช้คำสั่ง Vertices กดที่วัตถุจะมีจุดสีแดงมาทั้ง 8 มุม



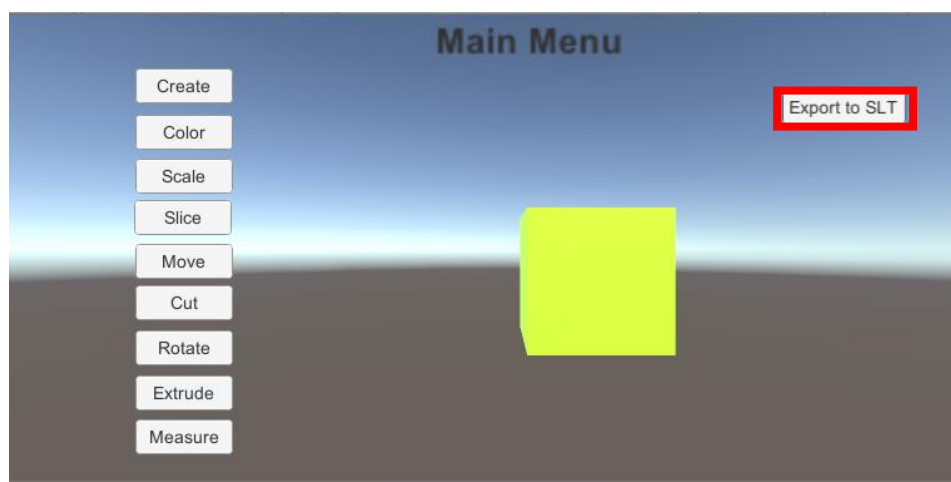
รูปที่ 3.40 หากขยับจุดออกมาจากตำแหน่งเดิมรูปทรงวัตถุจะเปลี่ยนไป

- การบอกสัดส่วน (Dimension) ถ้าผู้ใช้งานต้องการทราบสัดส่วนของวัตถุที่ผู้ใช้งานกำลังทำการออกแบบและแก้ไขอยู่นั้น ผู้ใช้งานสามารถกดที่วัตถุดังกล่าวและกดเลือกเมนู Measure ดังรูปที่ 3.41 หลังจากนั้นจะมีการแสดงขนาดของ Mesh ของวัตถุนั้น



รูปที่ 3.41 ตัวอย่างเมนูการบอกสัดส่วน (Dimension)

- การนำออกไฟล์ (Export) ถ้าผู้ใช้งานต้องการนำวัตถุหรือรูปทรงที่สร้างไว้ในโปรแกรมออกมาเป็นไฟล์ .STL เพื่อนำไปพิมพ์ผ่านเครื่องพิมพ์สามมิติ ผู้ใช้งานสามารถกดที่เมนู Export to STL ดังรูปที่ 3.42



รูปที่ 3.42 ตัวอย่างเมนูการนำออกไฟล์ (Export)

3.1.5 ระบบการร่วมมือกันของผู้ใช้งาน

3.1.5.1 ผู้ใช้สามารถทำงานออกแบบและแก้ไขแบบจำลองกับผู้ใช้งานอื่นๆได้โดยการเข้าสู่โปรแกรม ผู้ใช้งานจะสามารถมองเห็นแบบจำลองเดียวกันกับผู้ใช้งานอีกคน และสามารถร่วมกันออกแบบ แก้ไขแบบจำลองและพูดคุยผ่าน VR แต่ไม่สามารถแก้ไขวัตถุขึ้นเดียวกันพร้อมกันได้

3.1.5.2 กรณีที่เปลี่ยนใช้งานระบบผ่าน Desktop ผู้ใช้สามารถทำงานออกแบบและแก้ไขแบบจำลองกับผู้ใช้งานอื่นๆได้โดยการเข้าสู่โปรแกรม ใช้การควบคุมผ่านเมาส์และคีย์บอร์ด ผู้ใช้งานจะสามารถมองเห็นแบบจำลองเดียวกันกับผู้ใช้งานอีกคน และสามารถร่วมกันออกแบบ แก้ไขแบบจำลอง แต่ไม่สามารถแก้ไขวัตถุขึ้นเดียวกันพร้อมกันได้

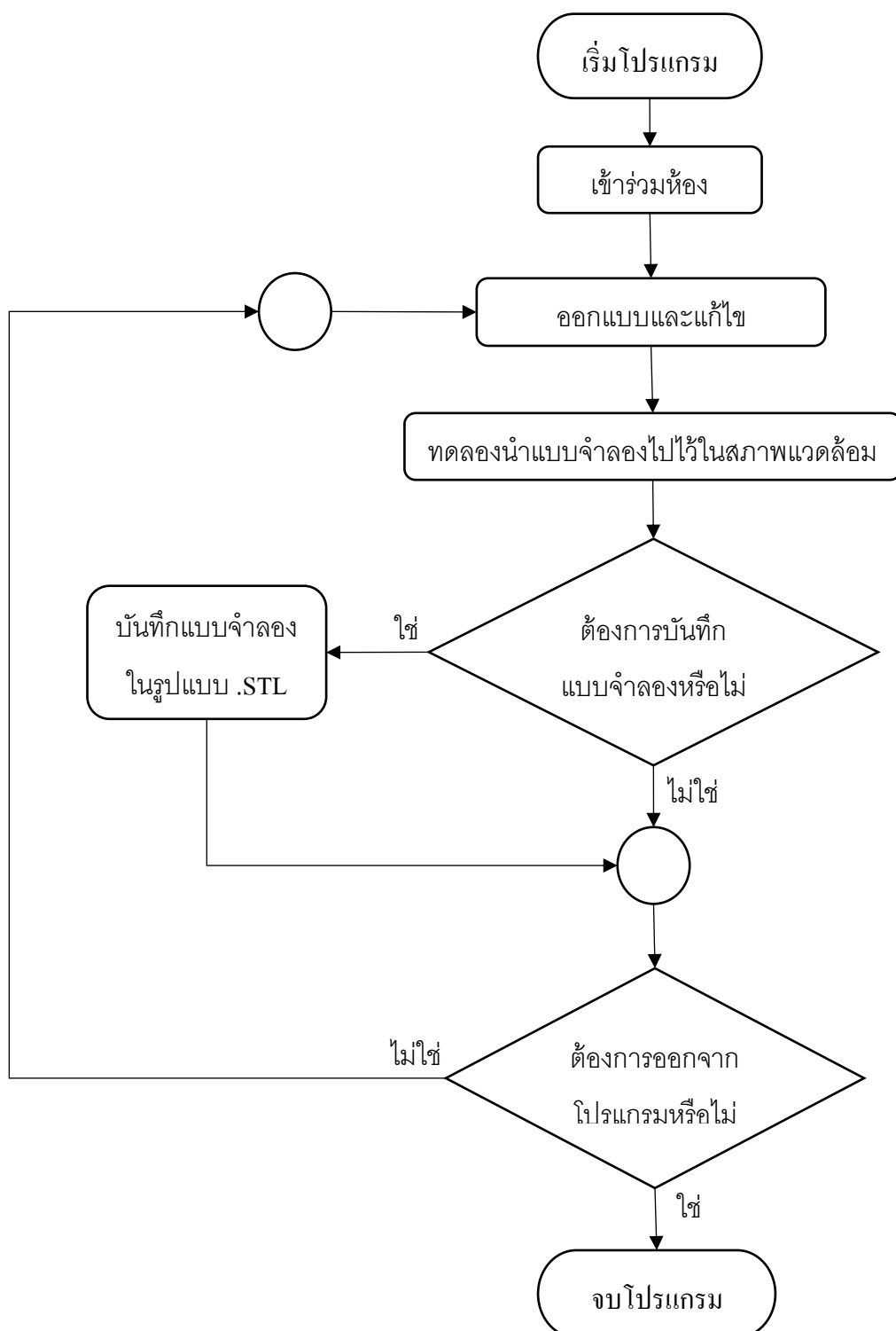
3.1.6 การทดสอบระบบ

(1) ทดสอบผ่านซอฟต์แวร์ (Software Testing) โดยให้ผู้ใช้งานทำการทดลองตามที่ผู้วิจัยกำหนดขึ้น โดยนำแบบจำลองสามมิติที่ทำการแก้ไขเสร็จแล้วนั้น ไปวางยังตำแหน่งที่ต้องการในโลกความเป็นจริงเสมือน

(2) ทดสอบผ่านฮาร์ดแวร์ (Hardware Testing) การทดสอบนี้จะให้ผู้ใช้งานสั่งการ นำแบบจำลองสามมิติที่ทำการแก้ไขแล้วในโลกความเป็นจริงเสมือนและบันทึกในรูปแบบ .STL แล้วนำไปแสดงผลผ่าน เครื่องพิมพ์สามมิติ (3D Printer) ออกมาเป็น แบบจำลองสามมิติ ในโลกจริง แล้วนำแบบจำลองสามมิติที่พิมพ์ออกมาจากเครื่องพิมพ์สามมิติ มาวางในตำแหน่งที่ต้องการในโลกจริง หากวางได้พอดีหรือขนาดในโลกเสมือนสอดคล้องกับโลกจริงจะถือว่าระบบสามารถใช้งานได้จริง

นอกจากนี้ยังมีการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบ โดยจะมีแบบสอบถามเพื่อวัดของความสะดวกในการใช้งาน (Ease of Use) ความสะดวกในการเรียนรู้ (Ease of Learning) และ คุณค่าเฉพาะทาง (Value for Specific Task)

3.2 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม (Flow chart)



รูปที่ 3.43 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม

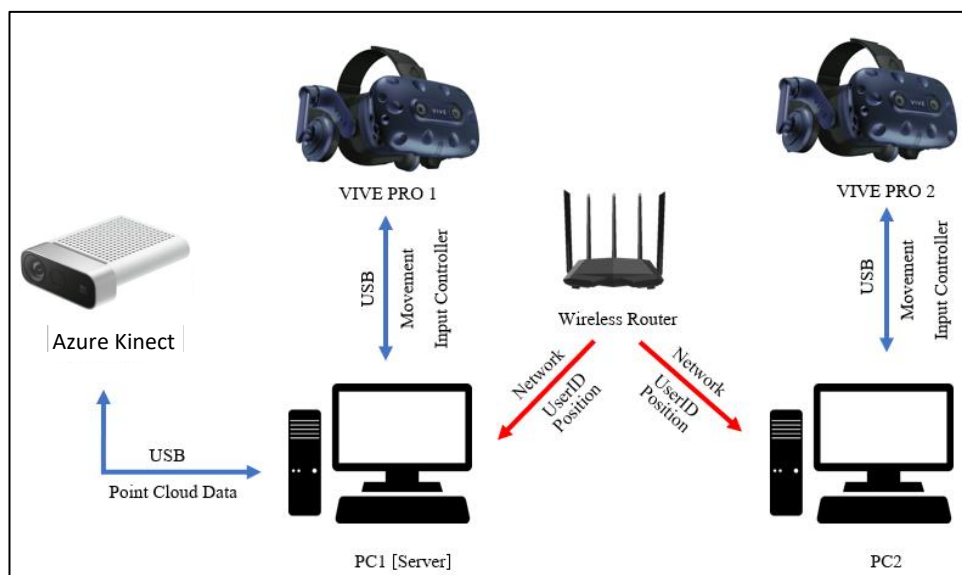
จากรูปที่ 3.43 เมื่อเริ่มโปรแกรม โปรแกรมจะนำผู้ใช้งานเข้าห้องจำลอง ผู้ใช้งานสามารถสร้างหรือแก้ไขแบบจำลองสามมิติภายในห้องจำลอง เมื่อสร้างหรือแก้ไขแบบจำลองเรียบร้อยแล้ว ผู้ใช้สามารถนำแบบจำลองสามมิติที่ได้สร้างหรือแก้ไข นำไปเปรียบเทียบกับสภาพแวดล้อมจำลองที่ได้จากสภาพแวดล้อมจริง ผู้ใช้งานสามารถทำการเลือกบันทึกแบบจำลองในรูปแบบ .STL หลังจากนั้นผู้ใช้งานสามารถเลือกระหว่างออกแบบและแก้ไขแบบจำลองเพิ่มเติม หรือออกจากโปรแกรม

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาระบบ

โครงการนี้ใช้ซอฟต์แวร์ในการพัฒนาระบบ ซึ่งเป็นซอฟต์แวร์ที่สามารถใช้ได้โดยไม่มีค่าใช้จ่ายในการพัฒนา มีรายละเอียดดังนี้

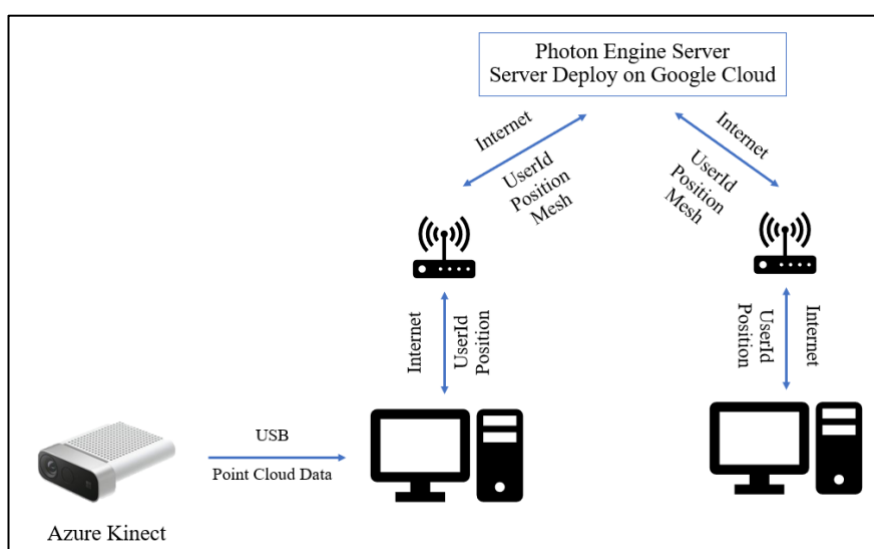
1. Unity 2018.4.19f1 LTS (Unity 3D) เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาเกม (Game Engine) เป็นซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์สามมิติ สามารถสร้างแอปพลิเคชันได้หลากหลายรูปแบบและยังสามารถใช้งานร่วมกับ VR มีการออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้งาน (User Interface: UI) โดยจะผ่าน Unity 3D เป็นหลักรวมทั้งสามารถสร้างสภาพแวดล้อมเสมือนและการปฏิสัมพันธ์ระหว่างกับระบบ
2. Microsoft Visual Studio Community 2019 เป็น IDE (Integrated Development Environment) ที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมด้วยภาษา C# เพื่อใช้งานกับ Unity 3D และยังเป็น Compiler สามารถเขียนโปรแกรมเพื่อนำไปใช้แสดงผลผ่าน VR ได้อีกด้วย
3. Steam VR เป็น Plugin ที่ใช้ร่วมกับ VR เช่น HTC VIVE หรือ Oculus Rift เป็นต้น จะเป็นเครื่องมือที่ทำให้สามารถเชื่อมต่อการใช้งานระหว่าง VR กับ Computer PC ผ่าน Unity 3D ได้ง่ายขึ้น
4. STL Builder [16] เป็น Open Source ที่ใช้ในการเซฟไฟล์ของวัตถุในโปรแกรม Unity เป็นไฟล์ .STL โดยตัว Source Code เป็นวิธีการคำนวณขนาดของวัตถุโดยนำมาเขียนในรูปแบบ Ascii ผ่านภาษา C#
5. Microsoft Azure Kinect Sensor [17] เป็นเครื่องมือในการพัฒนาซอฟต์แวร์ที่ช่วยในการสร้างโปรแกรมประยุกต์สำหรับอุปกรณ์ Azure Kinect โดยมี Library ต่างๆที่จำเป็นต่อการพัฒนา

3.4 การเชื่อมต่อของอุปกรณ์ในระบบ



รูปที่ 3.44 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ในระบบแบบใช้ HMD

(1) ในกรณีที่ใช้ อุปกรณ์ HTC VIVE การทำงานร่วมกันด้วยเทคโนโลยีความจริงเสมือนร่วมกันหลายคนจำเป็นต้องมีการรับส่งข้อมูลผ่านแลนไร้สาย (Wireless Local Area Network) ระหว่างผู้ใช้งาน โดยระบบจะต้องสามารถคงข้อมูลการทำงานไว้อย่างต่อเนื่องแม้ผู้ใช้งานคนใดออกจากจากระบบไป ซึ่งจะเก็บข้อมูลไว้ที่ระบบศูนย์กลาง (Server) มีการเชื่อมต่อจาก Azure Kinect ด้วย USB เพื่อส่งข้อมูลมาประมวลผล และการเชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับ HTC VIVE Pro จะเชื่อมต่อโดย USB ดังรูป 3.44



รูปที่ 3.45 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ในระบบแบบใช้จอคอมพิวเตอร์

(2) ในกรณีที่เชื่อมต่ออุปกรณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ในการทำงานร่วมกันจำเป็นต้องมีการรับส่งข้อมูลโดยผ่านอินเทอร์เน็ตเนื่องจากผู้ใช้งานอยู่ต่างที่กัน และจะเชื่อมต่อกันด้วย Server ของ Photon และ Sever ที่ทำขึ้นเพื่อรับส่งข้อมูลโดยระบบจะมีการเชื่อมต่อ Azure Kinect ด้วย USB เพื่ออ่านค่าของกล้องและจำลองสถานะแวดล้อมและส่งข้อมูลไปให้ผู้ใช้งานอีกคนหนึ่ง ดังรูป 3.45

3.5 การรับ-ส่งข้อมูลระหว่างผู้ใช้งานกับระบบ

การรับ-ส่งข้อมูลของระบบจะสามารถแบ่งออกเป็นสามรูปแบบหลัก คือ

1. การส่งข้อมูลระหว่าง Azure Kinect กับ Unity 3D:

Azure Kinect และ Unity รับส่งข้อมูลผ่านการใช้งานของ Microsoft Azure Kinect Sensor โดยการเรียกใช้งานกล้องและเก็บข้อมูลความลึกและสี ต่อกับข้อมูลไปประยุกต์ใช้ในโปรแกรม Unity

2. การรับ-ส่งข้อมูลระหว่าง Photon กับ Unity 3D:

Photon Engine เป็น Network Engine สำหรับการเขียน Sever สำหรับทำเกมออนไลน์ เพื่อเขียนรับส่งข้อมูลการเคลื่อนไหว การทำงานของผู้ใช้งานที่เข้ามาใช้งานโปรแกรมมากกว่า 1 คนและทำให้ผู้ใช้งานสามารถสื่อสารกันด้วยท่าทางหรือเสียงได้

3. การส่งข้อมูลระหว่าง Unity 3D กับ STL Format Type:

การส่งข้อมูลจาก Unity กับ STL เป็นการส่งข้อมูลขนาดของวัตถุที่อยู่ในโปรแกรม Unity โดยต้องทำการเปรียบเทียบหน่วยในโปรแกรมและหน่วยที่ได้จริงให้มีความใกล้เคียงกันและทำการสร้างไฟล์ .STL ในรูปแบบของ ASCII

3.6 การรับส่งข้อมูลระหว่างผู้ใช้งานกับผู้ใช้งาน

3.6.1 การรับและส่งข้อมูลผ่าน Socket Server

(1) การรับและส่งข้อมูลคิเนค โดยผู้ใช้งานจะสามารถส่งค่าคิเนคได้ ถ้าผู้ใช้งานต่อคิเนคขณะใช้โปรแกรม การส่งค่า Point Cloud ที่ได้จากการสแกนจากคิเนคในรูปแบบของ Json และแปลง Json ให้อยู่ในรูปแบบของ .txt file แล้วจึงส่งค่าจาก .txt file ไปยังผู้ใช้งานอีกคน เมื่อผู้ใช้งานส่งค่าเรียบร้อยแล้ว ผู้ใช้งานอีกคนจะสามารถโหลดข้อมูลและแสดงผลในรูปแบบของ Game object

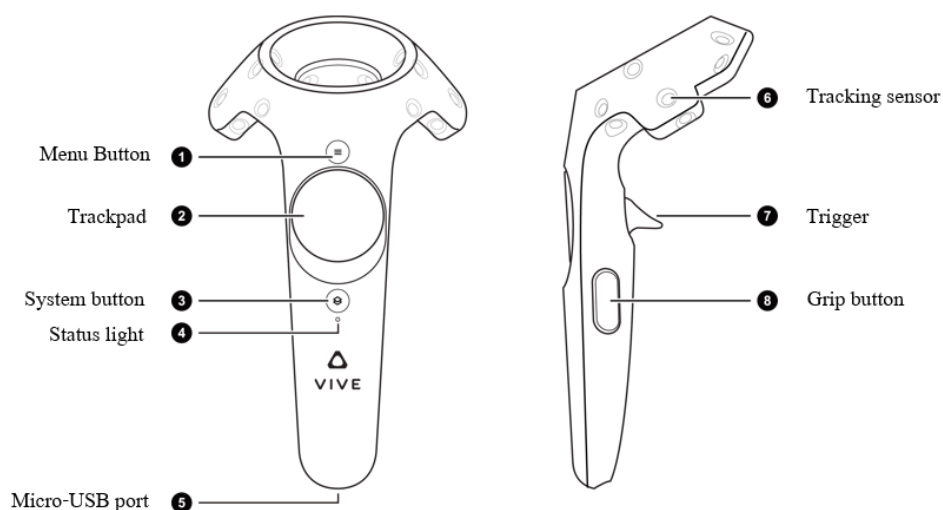
(2) การรับและส่งข้อมูล Game object ที่ Mesh ถูกเปลี่ยนแปลง เมื่อผู้ใช้งานต้องการอัปเดต Game object ผู้ใช้งานจะส่งค่าชื่อและ ID ของ Game object ที่ต้องการอัปเดตไปยังผู้ใช้งานอีกคน เมื่อผู้ใช้งานอีกคนได้ค่าขอ จะทำการส่งค่า Vertices และ Triangles ของ Game object ตาม ID ที่ได้รับในรูปแบบของ Json กลับไปยังผู้ใช้งาน และนำข้อมูลที่ได้รับมาคำนวณ mesh ของ Game object ใหม่

3.6.2 การรับและส่งข้อมูลผ่าน photon server

การรับและส่งข้อมูลใช้ฟังก์ชัน OnPhotonSerializeView ของ photon โดยข้อมูลต่างๆจะถูกอัปเดตทันที เมื่อข้อมูลเกิดการเปลี่ยนแปลง ข้อมูลที่รับและส่งผ่าน photon server ประกอบไปด้วย การเห็นการสร้าง การเปลี่ยนสี การเปลี่ยนขนาด และการเคลื่อนย้ายวัตถุ รวมถึงการเคลื่อนที่ของผู้ใช้งานคนอื่น

3.7 อุปกรณ์เชื่อมต่อกับผู้ใช้งาน

การใช้งานคอมพิวเตอร์ผู้ใช้งานสามารถป้อนคำสั่งผ่านการควบคุมเมาส์ (Mouse) แสดงตำแหน่งเป็น Cursor สามารถสั่ง Click หรือ Drag หรือ Drop ให้คอมพิวเตอร์ประมวลผลคำสั่งได้ ในส่วนของอุปกรณ์ VR จะใช้ Controller ในการป้อนคำสั่ง Controller จะมีข้างซ้าย และข้างขวา ซึ่งกำหนดให้สามารถใช้ข้างซ้ายเพื่อแสดงแถบเมนู และ Controller แต่ละข้างจะมีส่วนประกอบ คือ Trackpad ใช้ควบคุมทิศทางการเลื่อนบนแถบเมนู System Button ใช้สำหรับเปิดปิด Controller ถัดมาบริเวณด้านหลังของ Controller จะมีปุ่ม Trigger ทำหน้าที่เหมือนคำสั่ง Click ของเมาส์ หากกดค้างสามารถป้อนคำสั่ง Drag และเมื่อปล่อยปุ่ม จะส่งคำสั่ง Drop คล้ายกับคำสั่งของเมาส์ และบริเวณด้านข้างของ Controller จะมีปุ่ม Trackpad Press ที่ใช้สำหรับสั่งคำสั่งได้ดังรูปที่ 3.46



รูปที่ 3.46 รูป VIVE Controller [18]

3.8 สรุป

การพัฒนาระบบความจริงเสมือนสำหรับการออกแบบและแก้ไขแบบจำลองสามมิติร่วมกันสามารถแบ่งออกเป็นส่วนหลักๆ ได้ทั้งหมดสี่ส่วน คือ

3.8.1 ระบบจำลองสภาพแวดล้อม

อุปกรณ์ที่ใช้ในการพัฒนาส่วนนี้ได้แก่ Azure Kinect ใช้สำหรับสแกนสภาพแวดล้อมเพื่อจำลองเป็นสภาพแวดล้อมเสมือน แสดงผลผ่าน โปรแกรม Unity 3D และทำการเชื่อมต่อกับ VR ให้สามารถแสดงผลที่ส่วนแสดงผล HMD หรือแว่น VR

การพัฒนาระบบผ่าน Desktop Version เนื่องจากสถานการณ์การแพร่ระบาดของเชื้อไวรัส Covid-19 ทำให้การจำลองสภาพแวดล้อมจะแสดงผลผ่านโปรแกรม Unity 3D บน Desktop เท่านั้นไม่เชื่อมต่อกับ VR อีกต่อไป

3.8.2 ระบบการออกแบบและแก้ไขแบบจำลองสามมิติ

อุปกรณ์ที่ใช้ในการพัฒนาส่วนนี้ได้แก่ โปรแกรม Unity 3D และ Microsoft Visual Studio Community 2019 ใช้สำหรับเขียนโปรแกรม ภาษา C# ให้สามารถสร้าง และแก้ไขแบบจำลองสามมิติได้ และทำการเชื่อมต่อกับ VR ผ่าน SteamVR เพื่อใช้งานร่วมกับ Controllers ของ VR และแสดงผลที่ส่วนแสดงผล HMD หรือแว่น VR

การพัฒนาระบบผ่าน Desktop Version โดยใช้เมาส์และคีย์บอร์ดในการควบคุมการทำงานและแสดงผลผ่านโปรแกรม Unity 3D สามารถทำได้ทั้งหมด 9 เครื่องมือได้แก่ 1. สร้างรูปทรง 2. เปลี่ยนสี 3.ปรับขนาด 4.ตัดเฉือนวัตถุ 5. เคลื่อนย้ายวัตถุ 6.ลบวัตถุ 7.หมุนวัตถุ 8.ต่อขยายวัตถุ 9.บอกขนาดของวัตถุ และ 10.นำออกไฟล์ .STL ซึ่งเครื่องมือทั้ง 10 อย่างนี้สามารถใช้งานเพื่อแก้ไขและออกแบบแบบจำลองสามมิติได้ร่วมกันระหว่างผู้ใช้งาน 2 คน เนื่องด้วยข้อจำกัดในการแก้ไขแบบจำลองร่วมกันทำให้ไม่สามารถใช้เครื่องมือบางเครื่องมือก่อนหน้านี้ เช่น การสร้างวัตถุที่เหมือนกัน หากเป็นกรณีใช้งานระบบคนเดียวก็จะสามารถใช้เครื่องมือนี้ได้ แต่ถูกนำออกไปเนื่องจากระบบนี้พัฒนามาเพื่อให้ใช้งานร่วมกันระหว่างผู้ใช้งาน 2 คน

3.8.3 ระบบการร่วมมือกันของผู้ใช้งาน

การพัฒนาในส่วนนี้ใช้ Photon Engine ซึ่งเป็น Network Engine สำหรับพัฒนาระบบ Multiplayer ทำให้ผู้ใช้งานสามารถเชื่อมต่อกันได้ โดยผู้ใช้งานสามารถใช้งานร่วมกันผ่านอินเทอร์เน็ตของแต่ละคนและมีส่วน Server ที่ได้ deploy ขึ้นบน Google cloud เพื่อรับส่งค่า mesh หรือพื้นผิวผ่าน network เนื่องจาก Photon Engine มีข้อจำกัดในการอัปเดตค่าพื้นผิว โดย Server ที่สร้างขึ้นมีหน้าที่ให้การรับส่ง byte ที่ได้ทำการเก็บข้อมูลพื้นผิวในรูปแบบของ Json file

3.8.4 การทดสอบระบบ

การทดสอบระบบจะทดสอบว่าระบบที่พัฒนาขึ้นมานั้นสามารถใช้งานได้ตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ ระบบทั้งหมดที่กล่าวมาจะต้องสามารถทำงานร่วมกันได้อย่างสอดคล้องกับวัตถุประสงค์และขอบเขตที่ได้ตั้งไว้โดยทดสอบ 2 รูปแบบคือ 1.ทดสอบทางโปรแกรม (Software Testing) โดยมีการกำหนด Mission ในการทดลองในคือ ให้ผู้ใช้งานออกแบบและแก้ไขโมเดลสามมิติ ให้สามารถใส่เข้าไปในช่องว่างของ วัตถุที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น และ 2.ทดสอบทางฮาร์ดแวร์ (Hardware Testing)) เป็นการทดสอบโดยใช้เครื่องพิมพ์สามมิติซึ่งจะทดสอบขนาดของโมเดลสามมิติในโลกเสมือนเทียบกับโลกจริง

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง

ในบทนี้จะกล่าวถึงการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของระบบ (Performance) และความสามารถในการใช้งานของระบบนี้ จึงมีการทดลองวัด Frame Rate และ Network Speed เพื่อประเมินผลประสิทธิภาพการแสดงผล การประเมินผลความสามารถของในการใช้งานระบบของผู้ใช้งาน ด้วยการวัดเวลาที่ผู้ใช้งานใช้ในการเรียนรู้และแก้ไขปัญหาตามโจทย์ที่กำหนด โดยผู้ร่วมทดลองจะทดลองเล่นร่วมกันสองคนช่วยกันแก้ไขปัญหาตามที่กำหนดไว้ แล้วนำวัตถุสามมิติที่ผ่านการแก้ปัญหามาโจทย์มาขึ้นรูปด้วยเครื่องปริ้นสามมิติ และส่วนสุดท้ายหลังจากใช้งานระบบจะเป็นการวัดความสะดวกในการใช้งาน (Ease of Use) ความสะดวกในการเรียนรู้ (Ease of Learning) และความพึงพอใจ (Satisfaction) โดยการทำแบบสอบถาม รวมทั้งสอบถามเกี่ยวกับคุณค่าเฉพาะทาง (Value for specific task) และข้อเสนอแนะหลังจากใช้งานระบบที่พัฒนาขึ้น ตัวเลือกในการสอบถามดังกล่าวใช้ Likert Scale เป็นตัวกำหนดระดับของตัวเลือกในแบบสอบถาม

4.1 การประเมินประสิทธิภาพของระบบ

4.1.2 การใช้ทรัพยากรของเครื่องคอมพิวเตอร์ในระบบเล่นคนเดียว

การใช้งานระบบที่พัฒนาขึ้นจำเป็นต้องใช้ Script สำหรับออกแบบและแก้ไขวัตถุสามมิติ รวมทั้งการร่วมมือกันสร้างวัตถุ การทำงานดังกล่าวจะมีการใช้งานทรัพยากรของเครื่องคอมพิวเตอร์เพิ่มขึ้นส่งผลให้การประสิทธิภาพในการทำงานของระบบลดลง ดังนั้นจึงได้มีการจัดการทดลองเพื่อวัด Frame rate ซึ่งในการแสดงผลผ่านเทคโนโลยีความจริงเสมือนให้ผู้ใช้งานรู้สึกเสมือนว่ามีวัตถุเสมือนอยู่จริงนั้น ประสิทธิภาพของเทคโนโลยีความจริงเสมือนที่ความละเอียดภาพอยู่ที่ 720P เท่ากับ 1280x720 Pixels ควรมี Frame Rate มากกว่า 90 FPS [19] สำหรับ Frame Rate ทั่วไปค่าที่ยอมรับได้คือมากกว่า 24 FPS และสำหรับการทำงานแบบ Multiplayer ควรมี Frame rate อยู่ระหว่าง 30 ถึง 60 FPS [20]



รูปที่ 4.1 กราฟระหว่าง Frame rate กับเวลาที่ใช้ทดลอง 15 นาที

สำหรับการใช้งานระบบในคอมพิวเตอร์ (Desktop) ซึ่งก็ใช้งานระบบด้วยการเรียกใช้ Script จำนวนมาก จะมีการใช้งานทรัพยากรของเครื่องคอมพิวเตอร์เพิ่มขึ้นส่งผลให้ การประสิทธิภาพในการทำงานของระบบลดลง โดย Frame rate ที่เหมาะสมสำหรับกรณีนี้อยู่ระหว่าง 24-60 FPS เช่นเดียวกันกับ VR การทำงานร่วมกันภายในระบบจะต้องมีการรับส่งค่า การเปลี่ยนแปลงสำหรับการออกแบบและแก้ไขวัตถุสามมิติ

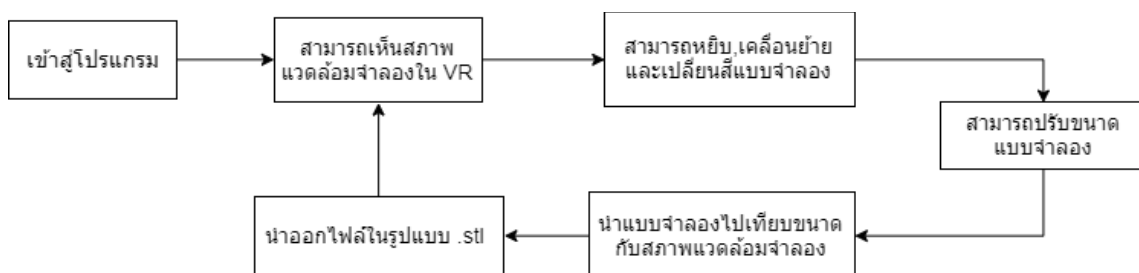
4.1.2 การใช้ทรัพยากรอินเทอร์เน็ตในการรับส่งข้อมูลในระบบผู้เล่นหลายคน

การใช้งานในระบบ Multiuser จำเป็นต้องใช้อินเทอร์เน็ตในการรับส่งค่าของแบบจำลอง ให้ผู้ใช้งานสามารถเห็นวัตถุเหมือนกันทั้งสองคน ซึ่งระบบที่ได้พัฒนาขึ้นมีการใช้ Server ของ Photon Engine และ Server ที่ได้พัฒนาขึ้นเองโดยนำไป Deploy บน Google Cloud โดยผู้พัฒนาได้ออกแบบการทดลองโดย ให้ผู้ทดลองทำภารกิจและเก็บจำนวนข้อมูลที่รับและส่งในรูปแบบของ bytes จากนั้นนำมาคำนวณหาความเร็วขั้นต่ำที่สามารถใช้งานระบบได้

4.2 การทดสอบการทำงานของระบบ

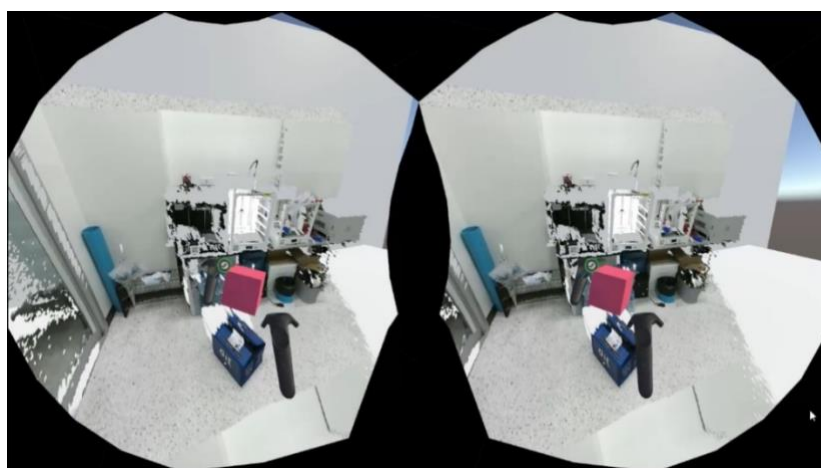
4.2.1 การทดลองระบบในเวอร์ชัน VR

ระบบจะสามารถทำงานได้ตามการทำงานดังรูปที่ 4.2



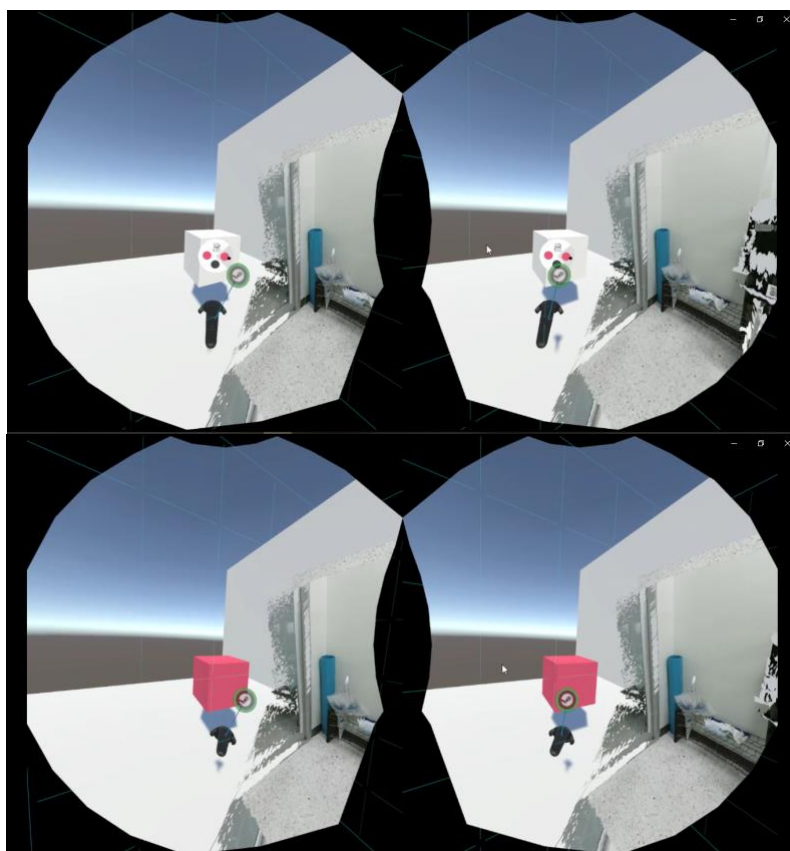
รูปที่ 4.2 ภาพรวมของระบบในเวอร์ชัน VR

(1) ผู้ใช้งานสามารถเห็นสภาพแวดล้อมจำลองใน VR เริ่มจากการเข้าสู่ระบบ ผู้ใช้งานจะเห็นพื้นที่ทำงานและเห็นภาพ Point Cloud จาก กล้องคิเนคโดยสภาพแวดล้อมได้จัดเตรียมไว้ดังรูปที่ 4.3



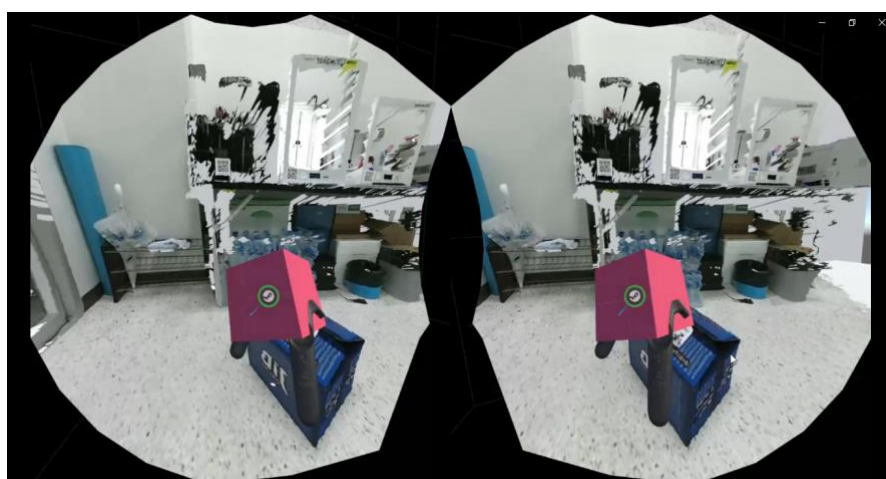
รูปที่ 4.3 สภาพแวดล้อมจำลองจากคิเนค

(2) ผู้ใช้งานจะสามารถหยิบแบบจำลองและเคลื่อนย้ายกล่องและเปลี่ยนสีได้ ผู้ใช้งานสามารถหยิบแบบจำลองซึ่งในที่นี้คือ กล่องลูกบาศก์ โดยผู้ใช้งานสามารถเปลี่ยนสีของลูกบาศ์ได้จากการกด Touch Pad ของ Controller ข้างซ้ายเพื่อให้เมนูบาร์ปรากฏ ดังรูปที่ 4.4



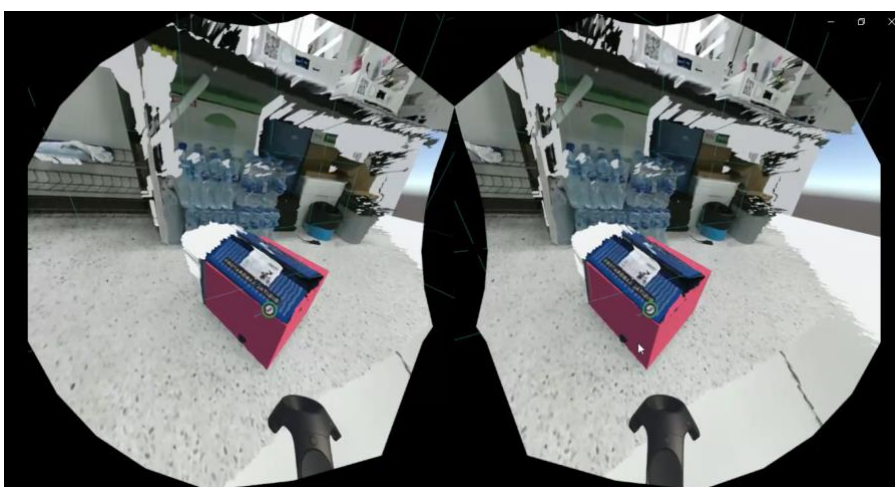
รูปที่ 4.4 การเปลี่ยนสีกล่อง

(3) จากนั้นผู้ใช้งานสามารถปรับขนาดของแบบจำลองได้จากการกด Trigger ของ Controllers ทั้ง 2 ข้างและย่อขยายจากการขยับมือดังรูปที่ 4.5



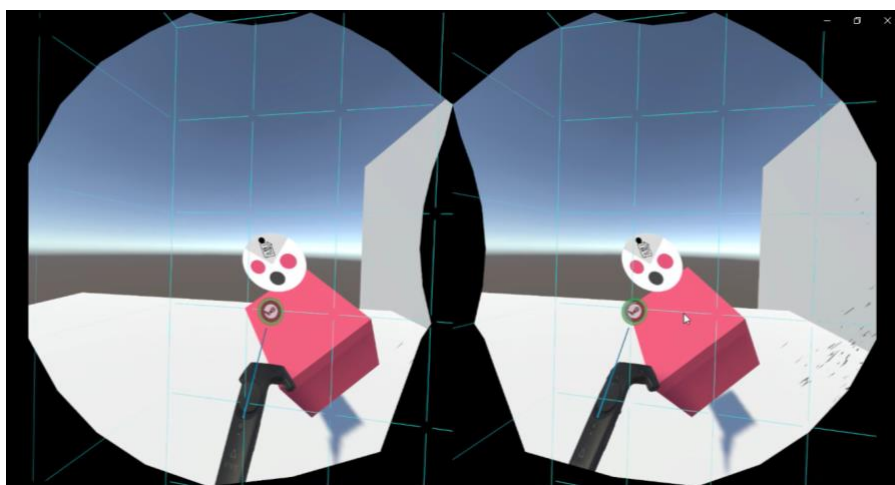
รูปที่ 4.5 การปรับขนาดแบบจำลอง

(4) ผู้ใช้งานสามารถนำแบบจำลองไปเทียบกับกล่องในสภาพแวดล้อมจำลองได้
เมื่อมีสภาพแวดล้อมจำลองและต้องการจะทำการขนาดของลูกบาศก์ให้เท่ากับกล่องใน
สภาพแวดล้อมจำลอง สามารถนำกล่องมาเทียบเพื่อให้ได้ตรงตามที่ต้องการได้ดังรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 นำมาเทียบกับสภาพแวดล้อมจำลอง

(5) เมื่อแก้ลูกบาศก์เสร็จแล้ว ผู้ใช้งานสามารถส่งออกไฟล์ในรูปแบบ .STL ได้จาก
ไอคอน .STL ในเมนูบาร์ดังรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 การส่งออกไฟล์ในรูปแบบ .STL

4.2.2 การทดสอบ Desktop Version

เนื่องจากปัญหาการแพร่ระบาดของไวรัส Covid-19 ทำให้ไม่สามารถทดลองการใช้งานระบบผ่านทาง VR ได้และได้เปลี่ยนมาพัฒนาและทดลองระบบโดยใช้งานผ่าน Desktop โดยใช้เมาส์และคีย์บอร์ดในการควบคุมซึ่งได้กำหนดให้มีการทดลอง 2 รูปแบบ คือ

(1) ผ่านทางโปรแกรม (Software Testing) โดยมีการกำหนด Mission ในการทดลองในคือ ให้ผู้ใช้งานออกแบบและแก้ไขโมเดลสามมิติ ให้สามารถใส่เข้าไปในช่องว่างของ วัตถุที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ที่มีอยู่ในโปรแกรมโดยใช้เครื่องมือที่มีให้ทั้ง 10 เครื่องมือ โดยมีการกำหนดเวลาในการทดลอง 10 นาที เก็บผลกับผู้ทดลองจำนวน 30 คน ซึ่งจะทำทดสอบแบบใช้งานคนเดียว และทำการทดสอบแบบจับคู่ และการทดสอบเพื่อหาค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้จากระบบ รายละเอียดการทดสอบสามารถศึกษาได้จากหัวข้อที่ 4.2.3

(2) ผ่านทางฮาร์ดแวร์ (Hardware Testing) ทดสอบโดยการ ใช้พีเจเจอร์ Export ในการ Export โมเดลสามมิติ โดยจะทำการหา Error ที่ได้จากการปรี้นผ่านเครื่องพิมพ์สามมิติ รายละเอียดการทดสอบในส่วนนี้จะอยู่ในหัวข้อที่ 4.2.4

และมีสมมุติฐานในการทำการทดสอบการใช้งานระบบ ดังนี้คือระบบที่พัฒนาขึ้นช่วยให้ผู้ใช้งานสองคนสามารถออกแบบและแก้ไขชิ้นงานสามมิติด้วยเทคโนโลยีความจริงเสมือนได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่าการใช้งานโดยคนเดียว ในเวลาที่เท่ากัน

4.2.3 การทดสอบระบบผ่านทางโปรแกรม (Software Testing)

การทดสอบระบบผ่านทางโปรแกรมจะแบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือการทดสอบใช้งานระบบเพียงคนเดียว การทดสอบใช้งานระบบร่วมกันสองคน และการทดสอบความคลาดเคลื่อนจากการสร้างวัตถุสามมิติในระบบ

การทดสอบการใช้งานระบบคนเดียว ผู้ใช้งานจะเป็นเจ้าของห้องและผู้ใช้งานคนอื่นจะไม่สามารถเข้าร่วมห้องเดียวกันได้ วิธีการทดลองเพื่อประเมินผลการทำงานผู้ใช้งานคนเดียวมีดังนี้

(1) กำหนดให้ผู้ใช้งานสร้างห้องจำลองด้วยเทคโนโลยีความจริงเสมือน

(2) สอนการใช้งานระบบเป็นเวลา 2-3 นาที โดยการพูดและการสาธิตวิธีการใช้งานให้กับผู้ใช้งาน

(3) กำหนดเวลาผู้ใช้งานทดลองระบบเป็นเวลา 10 นาที โดยให้ผู้ใช้งานออกแบบและแก้ไขวัตถุสามมิติให้มีรูปทรงและขนาดสอดคล้องกับช่องว่างของวัตถุที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นดังรูปที่

4.9

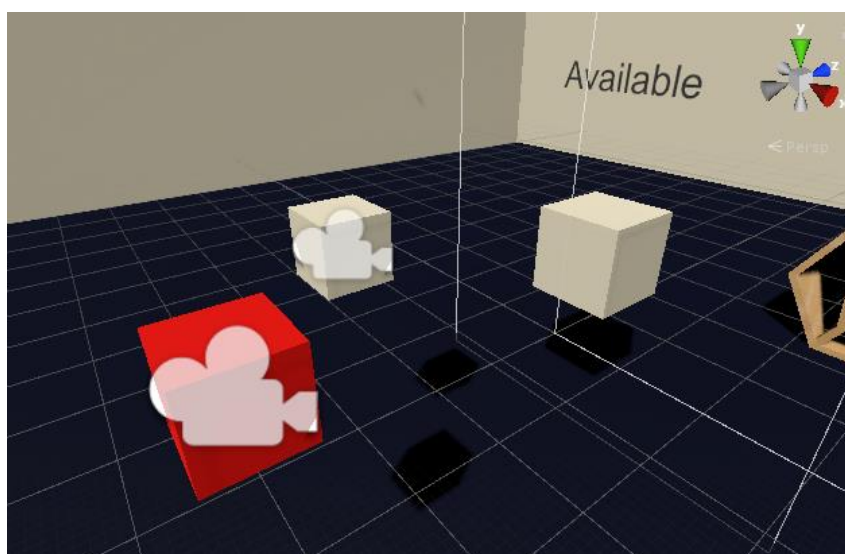
(4) เมื่อครบเวลาที่กำหนด ผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลจำนวนวัตถุสามมิติที่ผู้ใช้งานสามารถทำได้สอดคล้องกับช่องว่าง

(5) ให้ผู้ใช้งานทำแบบสอบถาม เพื่อประเมินผลการใช้งานระบบ

การทดสอบการทำงานร่วมกันในระบบร่วมกันสองคน ผู้ใช้งานคนที่หนึ่งจะเป็นเจ้าของห้อง (Host) และผู้ใช้งานคนที่สอง จะเป็นผู้ที่เข้าไปร่วมในห้องที่เจ้าของห้องสร้างขึ้น ซึ่งผู้ใช้งานทั้งสองจะต้องเห็นกันและกันในรูปแบบของตัวคนสมมุติ (Avatar) การทดลองนี้ทดลองเพื่อประเมินผลการทำงานร่วมกันดังนี้

(1) กำหนดให้ผู้ใช้งานสามารถเข้ามาร่วมห้องเดียวกันผ่านเทคโนโลยีความจริงเสมือน

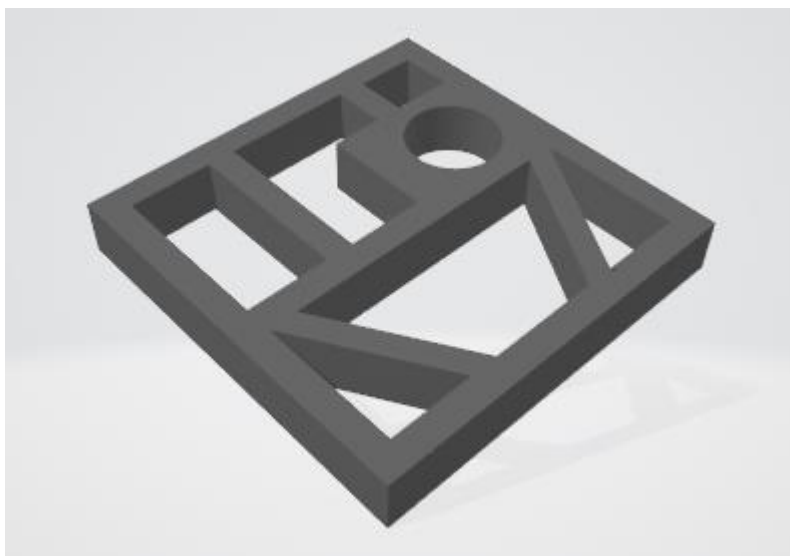
- ผู้ใช้งานทั้งสองอยู่ในพื้นที่ทดลองที่ต่างกัน ผู้ใช้งานสามารถสื่อสารกันผ่าน Photon โดยผู้ใช้งานคนที่หนึ่งจะยืนอยู่ในพื้นที่ทดลองที่มีการเก็บภาพไปสร้างวัตถุที่นำไปแสดงผลในระบบ และผู้ใช้งานคนที่สองจะยืนอยู่ในพื้นที่ทดลองอีกพื้นที่หนึ่ง
- กำหนดให้ผู้ใช้งานคนที่หนึ่งสร้างห้อง และผู้ใช้งานคนที่สองเข้าร่วมไปยังห้องเดียวกันในโลกเสมือน ผู้ใช้งานทั้งสองจะสามารถเห็นกันและกันดังรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 ภาพผู้เล่นสองคนอยู่ห้องเดียวกัน

(2) ให้ผู้ใช้งานร่วมกันออกแบบและแก้ไขวัตถุสามมิติร่วมกันได้ โดยกำหนดเวลา 10 นาที

- ผู้วิจัยแสดง โจทย์ ซึ่งคือการออกแบบและแก้ไขวัตถุสามมิติให้มีรูปทรงและขนาดสอดคล้องกับช่องว่างของวัตถุที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นดังรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 แสดงตัวอย่างวัตถุที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

(3) เมื่อครบเวลาที่กำหนด ผู้วิจัยเก็บข้อมูลจำนวนวัตถุสามมิติที่ผู้ใช้งานทั้งสองสามารถทำได้สอดคล้องกับขนาดและรูปทรงของวัตถุที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยมีค่าไม่เกิน 2 มิลลิเมตรจากขอบทุกขอบ

(4) ให้ผู้ใช้งานทั้งสองทำแบบสอบถาม เพื่อประเมินผลการใช้งานระบบ

ตารางที่ 4.1 แสดงชิ้นงานที่ผู้ร่วมทดลองสามารถทำได้ในระยะเวลา 10 นาที โดยเปรียบเทียบการทดลอง ระหว่างการใช้งานคนเดียวและการใช้งานร่วมกันในระบบ ($n = 30$)

ผู้ร่วมทำ การทดลอง	จำนวนชิ้นงานที่ผู้ร่วมทดลองทดลอง ใช้งานคนเดียวสามารถทำได้ใน ระยะเวลา 10 นาที (ชิ้น)	จำนวนชิ้นงานที่ผู้ร่วมทดลองทดลอง ใช้งานร่วมกันสามารถทำได้ใน ระยะเวลา 10 นาที (ชิ้น)
A	4	5
B	3	
C	1	5
D	3	
E	2	5
F	3	
G	5	7
H	4	
I	3	4
J	4	
K	4	5
L	3	
M	4	5
N	3	
O	4	5
P	4	
Q	4	6
R	5	
S	4	4
T	3	
U	3	5
V	2	
W	3	7

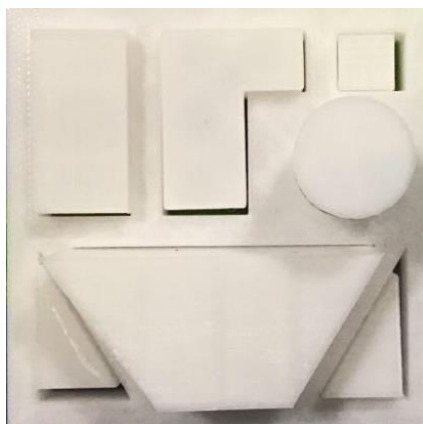
X	4	
ผู้ร่วมทำ การทดลอง	จำนวนชิ้นงานที่ผู้ร่วมทดลองทดลอง ใช้งานคนเดียวสามารถทำได้ใน ระยะเวลา 10 นาที (ชิ้น)	จำนวนชิ้นงานที่ผู้ร่วมทดลองทดลอง ใช้งานร่วมกันสามารถทำได้ใน ระยะเวลา 10 นาที (ชิ้น)
Y	3	5
Z	4	
AA	4	5
BB	4	
CC	3	5
DD	4	
จำนวนชิ้นงานเฉลี่ย	3.47	5.21

จากตารางที่ 4.1 เปรียบเทียบจำนวนชิ้นงานที่ผู้ร่วมทดลองสามารถทำได้ในระยะเวลา 10 นาทีทำการทดลองคนเดียวและทำการทดลองร่วมกัน พบว่าภายในเวลา 10 นาที ผู้ใช้งานระบบคนเดียวสามารถสร้างชิ้นงานได้สำเร็จจำนวนเฉลี่ย 3.47 หรือประมาณ 3 ชิ้นจากทั้งหมด 7 ชิ้น และผู้ใช้งานร่วมกันสามารถสร้างชิ้นงานได้สำเร็จจำนวนเฉลี่ย 5.21 หรือประมาณ 5 ชิ้นจากทั้งหมด 7 ชิ้น

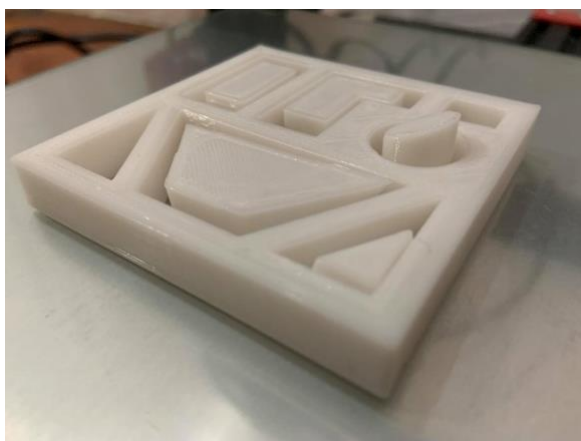
4.2.4 การทดสอบการใช้งานร่วมกันในระบบผ่านทางฮาร์ดแวร์ (Hardware Testing)

การทดสอบระบบทางฮาร์ดแวร์โดย ประเมินความแม่นยำของการออกแบบและแก้ไขวัตถุสามมิติด้วยเทคโนโลยีความจริงเสมือน แล้วนำมาพิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์สามมิติ มีวิธีการดำเนินการดังนี้

- ให้ผู้ใช้งาน Export เพื่อนำวัตถุสามมิตินั้นออกมาเก็บไว้ในคอมพิวเตอร์ในรูปแบบ .STL และนำไปขึ้นรูปด้วยเครื่องพิมพ์สามมิติดังรูปที่ 4.10 และรูปที่ 4.11 จากนั้นนำโมเดลสามมิติมาเปรียบเทียบกับวัตถุจริง

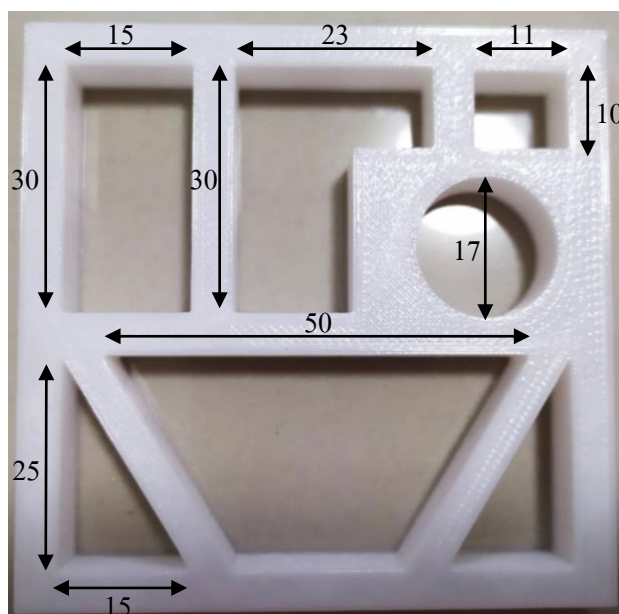


รูปที่ 4.10 มุมมองด้านบนของวัตถุที่ได้จากการขึ้นรูปสามมิติ

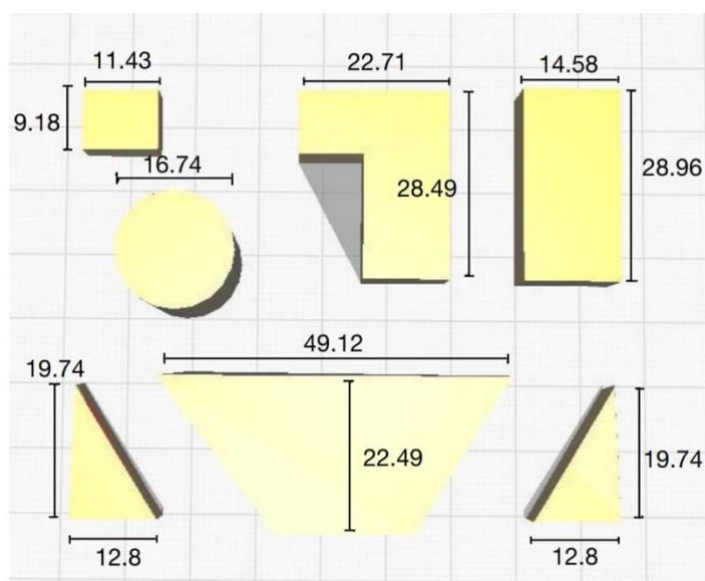


รูปที่ 4.11 มุมมองด้านข้างของวัตถุที่ได้จากการขึ้นรูปสามมิติ

จากรูปที่ 4.10 และ 4.11 แสดงวัตถุที่ขึ้นรูปด้วยเครื่องพิมพ์สามมิติ ขนาดของแบบจำลองสามมิติที่ขึ้นรูปผ่านเครื่องพิมพ์สามมิตินั้นสามารถใส่เข้าไปในกรอบช่องว่างของวัตถุที่ผู้วิจัยจัดทำขึ้นได้ รูปทรงและขนาดก็มีความใกล้เคียงกับช่องว่างของวัตถุที่ผู้วิจัยจัดทำขึ้น โดยสามารถวัดค่า Mean Absolute Percentage Error ระหว่างขนาดของช่องว่างของวัตถุที่ผู้วิจัยจัดทำขึ้นดังรูปที่ 4.12 และชิ้นงานจำลองดังรูปที่ 4.13 โดยแต่ละด้านทั้งหมดจำนวน 7 ชิ้น จากสูตร $MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{A_i - F_i}{A_i} \right|$ โดย n คือจำนวนชิ้นงาน A คือขนาดของชิ้นงานที่พิมพ์ และ F คือขนาดของช่องว่างของวัตถุ ซึ่งสามารถหาความคลาดเคลื่อนในแกน X เท่ากับ 5.79% ในแกน Y เท่ากับ 10.04% และในแกน Z เท่ากับ 4.21% ดังตารางที่ 4.2



รูปที่ 4.12 ขนาดของช่องว่างของวัตถุที่ผู้วิจัยจัดทำขึ้น



รูปที่ 4.13 ขนาดของชิ้นงานจำลอง

ตารางที่ 4.2 การหาค่า MAPE ระหว่างระยะของชิ้นงานที่พิมพ์กับระยะที่ผู้วิจัยกำหนดในแต่ละแกน

File	x_cad	x_expect	x_%error	y_cad	y_expect	y_%error	z_cad	z_expect	z_%error
box 1	11.43	11	3.90909091	9.18	10	8.2	9.54	10	4.6
box 2L	22.71	23	1.26086957	28.49	30	5.03333333	10.43	10	4.3
box 3	14.58	15	2.8	28.96	30	3.46666667	9.68	10	3.2
cylinder	16.74	17	1.52941176	16.74	17	1.52941176	9.71	10	2.9
tri 1	12.8	15	14.66666667	19.74	25	21.04	10.12	10	1.2
pig	49.12	50	1.76	22.49	25	10.04	11.21	10	12.1
tri 2	12.8	15	14.66666667	19.74	25	21.04	10.12	10	1.2
Average percent error			5.79895794			10.049916			4.21428571

4.2.5 การทดสอบระบบโดยการใช้และไม่ใช้ Space mouse

เนื่องจากสถานการณ์ Covid-19 ทำให้ต้องพัฒนาระบบผ่านคอมพิวเตอร์แทนการใช้ HTC VIVE controllers ที่ทำหน้าที่ควบคุมมุมมอง การหมุนและเปลี่ยนขนาดของโมเดลสามมิติ ผู้พัฒนาเล็งเห็นถึงอุปกรณ์ Space mouse ดังรูปที่ 4.14 ที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการปรับเปลี่ยนมุมมอง และอาจจะช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถทำการออกแบบและแก้ไขโมเดลได้ง่ายขึ้น



รูปที่ 4.14 Space Mouse ใช้ในการปรับมุมมองของวัตถุ [21]

ผู้พัฒนาทำการทดสอบการใช้งานระบบร่วมกับ Space mouse โดยให้ผู้ทดลองทำตามภารกิจที่ได้มอบหมายและกำหนดเวลาให้ผู้ทดลองมีเวลาในการออกแบบและแก้ไขโมเดลสามมิติเป็นเวลา 10 นาที เพื่อเปรียบเทียบและหาผลลัพธ์ของจำนวนชิ้นงานที่ผู้ทดลองสามารถทำได้

โดยตั้งสมมุติฐานว่า การใช้ Space mouse สามารถช่วยให้การใช้งานในระบบง่ายและรวดเร็วยิ่งขึ้น

ตารางที่ 4.3 แสดงจำนวนชิ้นที่สามารถสร้างเสร็จได้ในการทำงานระหว่างไม่ใช้ Space mouse และใช้ Space mouse (n=10)

ผู้ทดลอง	จำนวนที่ผู้ทำการทดลองทำได้ โดยไม่ใช้ Space mouse (ชิ้น)	จำนวนที่ผู้ทำการทดลองทำได้ ใช้ Space mouse (ชิ้น)
A	2	5
B	4	4
C	3	4
D	5	4
E	4	5
F	4	7
G	5	4
H	5	5
I	5	5
J	3	5
จำนวนชิ้นงานเฉลี่ย	4.00	4.80

ผลจากตารางที่ 4.3 พบว่าผู้ทำการทดลองที่ไม่มีประสบการณ์ในการใช้ Space mouse มาก่อน เมื่อได้ใช้ Space mouse มีแนวโน้มที่จะทำภารกิจสำเร็จมากกว่าเมื่อใช้ระบบโดยไม่ใช้ Space mouse ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก Space mouse มีส่วนช่วยให้การทำงานรวดเร็วและสะดวกมากขึ้นในส่วนของการปรับมุมมอง รวมทั้งอาจเกิดจากที่ผู้ใช้งานได้เคยมีประสบการณ์ในการทำภารกิจโดยไม่ใช้ Space mouse มาก่อนหน้าแล้ว ซึ่งจากสัมภาษณ์ผู้ใช้งานให้ความคิดเห็นว่า ถ้าสามารถออกแบบระบบให้รองรับ Space mouse ได้ดีขึ้นเช่นเปลี่ยนจากการใช้งานคีย์บอร์ดควบคุมมุมมองของผู้เล่น ไปเป็นใช้ Space mouse ในการควบคุมมุมมองของผู้เล่นแทน จะช่วยให้การทำงานมีประสิทธิภาพมากขึ้นด้วย

4.3 ผลจากการตอบแบบสอบถามของผู้ทดลอง

4.3.1 แบบสอบถามสำหรับการทดลองในเทคโนโลยีความจริงเสมือน (VR)

จากแบบสอบถาม Use Questionnaire [22] และมีเกณฑ์การวัดผลโดยการมีตัวเลือกจาก Likert Scale ซึ่งแบ่งตัวเลือกออกเป็น 5 ตัวเลือกได้แก่ Strongly Disagree (1), Disagree (2), Neutral (3), Agree (4), Strongly Agree (5) แล้วนำคำตอบของผู้ทดลองจำนวน 10 คน มาหาค่าเฉลี่ยของแต่ละคำถามได้ดังตารางที่ 4.4 ตารางที่ 4.5 ตารางที่ 4.6 และตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.4 คะแนนเฉลี่ยของความสะดวกในการใช้งาน (Ease of Use) (n = 10)

คำถามในแบบสอบถาม	คะแนนเฉลี่ย
It is simple to use.	3.80
It requires the fewest steps possible to accomplish what I want to do with it.	3.70
It is flexible.	3.70
I can use it without written instructions.	2.80
I can use it successfully every time.	3.80
คะแนนเฉลี่ย	3.56

ตารางที่ 4.5 คะแนนเฉลี่ยของความสะดวกในการเรียนรู้ (Ease of Learning) (n = 10)

คำถามในแบบสอบถาม	คะแนนเฉลี่ย
I learned to use it quickly.	3.80
I easily remember how to use it.	4.00
It is easy to learn to use it.	3.70
I quickly become skillful with it.	3.70
คะแนนเฉลี่ย	3.80

ตารางที่ 4.6 คะแนนเฉลี่ยของความพึงพอใจ (Satisfaction) (n = 10)

คำถามในแบบสอบถาม	คะแนนเฉลี่ย
I am satisfied with it.	3.70
I would recommend it to a friend.	3.80
It is fun to use.	4.20
It works the way I want it to work.	3.50
It is wonderful.	4.00
I feel I need to have it.	3.20
คะแนนเฉลี่ย	3.73

ตารางที่ 4.7 คะแนนเฉลี่ยของการประเมินคุณค่าเฉพาะทาง (Value for Specific Task) (n = 10)

คำถามในแบบสอบถาม	คะแนนเฉลี่ย
การใช้เทคโนโลยีความจริงเสมือนในการแสดงข้อมูลต่างๆ ในระบบที่พัฒนาขึ้น ช่วย ให้การทำงานร่วมกันให้มีความสะดวกมากขึ้น	3.50
การจำลองการออกแบบและการแก้ไขวัตถุสามมิติด้วยระบบที่พัฒนาขึ้นช่วยเพิ่มความ มั่นใจก่อนการทำงานจริง	3.80
การใช้เทคโนโลยีความจริงเสมือนทำงานร่วมกันทำให้ผู้ใช้งานสื่อสารกันได้ดี และ เข้าใจกันมากขึ้น	3.50
คะแนนเฉลี่ย	3.60

4.3.2 แบบสอบถามสำหรับการทดลองในคอมพิวเตอร์ (Desktop)

จากแบบสอบถาม USE Questionnaire [31] และมีเกณฑ์การวัดผลโดยการใช้ตัวเลือกจาก Likert Scale ซึ่งแบ่งตัวเลือกออกเป็น 5 ตัวเลือกได้แก่ Strongly Disagree (1), Disagree (2), Neutral (3), Agree (4), Strongly Agree (5) แล้วนำคำตอบของผู้ทดลองจำนวน 30 คน มาหาค่าเฉลี่ยของแต่ละคำถามได้ดังตารางที่ 4.8 ตารางที่ 4.9 ตารางที่ 4.10 และตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.8 คะแนนเฉลี่ยของความสะดวกในการใช้งาน (Ease of Use) (n = 30)

คำถามในแบบสอบถาม	คะแนนเฉลี่ย
It is simple to use.	3.57
It requires the fewest steps possible to accomplish what I want to do with it.	3.33
It is flexible.	3.20
I can use it without written instructions.	3.17
I can use it successfully every time.	3.27
คะแนนเฉลี่ย	3.31

ตารางที่ 4.9 คะแนนเฉลี่ยของความสะดวกในการเรียนรู้ (Ease of Learning) (n = 30)

คำถามในแบบสอบถาม	คะแนนเฉลี่ย
I learned to use it quickly.	3.87
I easily remember how to use it.	3.97
It is easy to learn to use it.	3.80
I quickly become skillful with it.	3.70
คะแนนเฉลี่ย	3.84

ตารางที่ 4.10 คะแนนเฉลี่ยของความพึงพอใจ (Satisfaction) (n = 30)

คำถามในแบบสอบถาม	คะแนนเฉลี่ย
I am satisfied with it.	3.73
I would recommend it to a friend.	2.97
It is fun to use.	4.03
It works the way I want it to work.	3.00
It is wonderful.	3.33
I feel I need to have it.	2.63
คะแนนเฉลี่ย	3.28

ตารางที่ 4.11 คะแนนเฉลี่ยของการประเมินคุณค่าเฉพาะทาง (Value for specific task) (n = 30)

คำถามในแบบสอบถาม	คะแนนเฉลี่ย
การใช้เทคโนโลยีความจริงเสมือนใน Desktop Version ในการแสดงข้อมูลต่างๆ ในระบบที่พัฒนาขึ้น ช่วยให้การทำงานร่วมกันให้มีความสะดวกมากขึ้น	3.73
การจำลองการออกแบบและการแก้ไขวัตถุสามมิติด้วยระบบที่พัฒนาขึ้นช่วยเพิ่มความมั่นใจก่อนการทำงานจริง	3.87
การใช้เทคโนโลยีความจริงเสมือนใน Desktop Version ทำงานร่วมกันทำให้ผู้ใช้งานสื่อสารกันได้ดี และเข้าใจกันมากขึ้น	2.93
คะแนนเฉลี่ย	3.52

4.4 ข้อเสนอแนะ

4.4.1 สำหรับการใช้งานผ่าน VR

ข้อเสนอแนะด้าน User Interface

1. ควรมีคำอธิบายเมนูหรือการใช้งาน Controllers ตลอดการใช้งานระบบ
2. ถ้าเพิ่มคำอธิบายภาษาไทยสั้นๆ เพื่ออธิบายสำหรับผู้ที่ไม่เข้าใจคำสั่งด้านโปรแกรม หรือผู้ใช้งานทั่วไป

ข้อเสนอแนะด้านการใช้งานระบบ

1. กดเลือกเมนูยาก และกดเมนูย่อย ของเมนูเปลี่ยนสี (Change Colors) ยาก
2. ภาพเบลอบ้างครั้ง ถ้าสวมแว่น VR ไม่พอดี
3. น่าจะมีเสียงเพื่อให้การใช้งานระบบสนุกและน่าตื่นเต้นมากขึ้น

ข้อเสนอแนะด้านประสิทธิภาพของระบบ

1. ภาพมีการสั่นไหวบ้างบางครั้ง
2. บางครั้ง Controllers ลอยจากตำแหน่งที่ถืออยู่
3. สำหรับผู้ไม่เคยใช้งาน จะรู้สึกว่ายากกว่าที่คิด แต่ทำให้เข้าใจการออกแบบวัตถุสามมิติมากขึ้น และได้เรียนรู้การใช้งานเทคโนโลยีความจริงเสมือนด้วย
4. วัตถุสามมิติที่ได้จาก Kinect มีบางช่วงขาดหายไป เช่นด้านหลังของวัตถุสามมิติ

4.4.2 สำหรับการใช้งานผ่าน Desktop

ข้อเสนอแนะด้าน User Interface

1. ควรมีการอธิบายปุ่มต่างๆว่าใช้สำหรับทำอะไร

ข้อเสนอแนะด้านการใช้งานระบบ

1. ควรมีการอธิบายการใช้งานว่าต้องกดเลือกวัตถุก่อนเสมอ
2. อยากให้มีเสียงเพิ่มความสนุกสนาน
3. อยากให้มีการสอนใช้เบื้องต้นก่อนหรือมี Video Tutorial
4. ขยับรูปทรงยากมากถ้ามันมีขนาดเล็กลง

5. ควรมีปุ่มสำหรับการรีเซ็ตค่าหรือการย้อนกลับเมื่อวัตถุมีการเปลี่ยนแปลง

ข้อเสนอแนะด้านประสิทธิภาพของระบบ

1. ระบบบางอย่างยังไม่เสถียรเท่าที่ควร
2. วัตถุสามมิติที่ได้จากคิเนคมีบางช่วงขาดหายไปไม่ต่อเนื่องกัน

4.5 สรุป

การทดลองที่กล่าวมาข้างต้นในหัวข้อที่ 4.1 เป็นการประเมิน Frame rate ของระบบขณะใช้งานระบบ หัวข้อที่ 4.2 เป็นการประเมินผลของการใช้งานระบบ ทั้งการใช้งานร่วมกันของผู้ใช้งาน และการใช้งานระบบออกแบบและแก้ไขวัตถุสามมิติในโลกเทคโนโลยีความจริงเสมือนร่วมกันของผู้ใช้งาน หัวข้อที่ 4.2.2 การทดลอง Desktop Version เป็นการเปลี่ยนเครื่องมือที่ใช้ในการทดลองจาก VR มาเป็น Desktop เนื่องจากปัญหาการแพร่ระบาดของไวรัส Covid-19 ซึ่งการทดสอบการใช้งานของระบบจะแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบคือ ทดสอบทางด้าน Software และ Hardware ต่อมาในหัวข้อที่ 4.3 เป็นการประเมินความสะดวกในการใช้งาน (Ease of Use) ความสะดวกในการเรียนรู้ (Ease of Learning) และความพึงพอใจ (Satisfaction) และคุณค่าเฉพาะทาง (Value for specific task) ของทั้งใช้งานโดยเทคโนโลยีความจริงเสมือนและแบบคอมพิวเตอร์ (Desktop) หัวข้อที่ 4.4 คือข้อเสนอแนะจากผู้ร่วมทำการทดลองเพื่อนำไปปรับปรุงในอนาคต

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

ในบทนี้จะกล่าวถึงการสรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะในการปรับปรุงระบบ เพื่อการวิเคราะห์ผลการทดลองด้านประสิทธิภาพของระบบ ความสามารถในการใช้งานระบบ และคุณค่าเฉพาะทางของระบบ รวมถึงแนวทางในการพัฒนาระบบต่อไปในอนาคต ผลจากแบบสอบถามในหัวข้อที่ 4.6 ที่มีเกณฑ์การวัดผล โดยมีตัวเลือกจาก Likert Scale ซึ่งแบ่งตัวเลือกออกเป็น 5 ตัวเลือกได้แก่ Strongly Disagree (1), Disagree (2), Neutral (3), Agree (4), Strongly Agree (5) สามารถแปลงข้อมูลเชิงปริมาณเป็นข้อมูลเชิงคุณภาพ ผลการวิเคราะห์ข้อมูลมีรายละเอียดดังนี้

5.1 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

5.1.1 ด้านประสิทธิภาพของระบบ

(1) การใช้ทรัพยากรของเครื่องคอมพิวเตอร์ในระบบเล่นคนเดียว

ผลการทดลองเพื่อประเมินประสิทธิภาพของระบบแสดงให้เห็นว่าสามารถวัด Frame rate เฉลี่ยตลอดการใช้งานในระบบ VR Multiplayer มีค่าเท่ากับ 55.46 FPS ซึ่งมีค่ามากกว่าค่าที่ยอมรับได้ที่ 24 FPS และ ที่ความละเอียดภาพอยู่ที่ 720P หรือ 1280x720 สามารถวัดค่า Frame rate เฉลี่ยตลอดการใช้งานในระบบ Desktop Version อยู่ระหว่าง 48.35 FPS ซึ่งมีค่าเฉลี่ยมีค่าที่ยอมรับได้ที่ 24 FPS

(2) การใช้ทรัพยากรอินเทอร์เน็ตในการรับส่งข้อมูลในระบบผู้เล่นหลายคน

ผลจากการทดลองการใช้ระบบ Photon server มีการรับส่งค่าของ ตำแหน่ง ขนาด และ องศาของวัตถุ โดยในกรณีที่ผู้ทดลอง 2 คน มีการรับค่าการเปลี่ยนแปลงเฉลี่ย 589.76 byte/s เท่ากับ 4.72 Kbps และมีการส่งค่าการเปลี่ยนแปลงเฉลี่ย 585.01 bytes/s เท่ากับ 4.68 Kbps การรับส่งข้อมูลจะทำการรับส่งข้อมูลผ่าน Server ที่ได้ Deploy บน Google Cloud มีการรับส่งค่า Byte Internet ในระหว่างการรับส่งค่าเพื่อร่วมกันแก้ไข โมเดลสามมิติระหว่างผู้เล่นหลายคนพบว่าในระหว่างการส่งข้อมูลพื้นผิวของแบบจำลองระหว่างผู้ใช้งานสองคน Server มี Bandwidth ในการส่งต่อข้อมูลเท่ากับ 2048 bytes ต่อ 1 วินาทีไปยัง Client เท่ากับ 16.384 Kbps

การใช้งานระบบ Multiuser ผู้ใช้งานได้มีการรับส่งค่าทั้ง Photon Server และ Server ที่รับส่งค่าพื้นผิวพร้อมกัน จะได้ว่าใช้ความเร็วในการรับข้อมูล 21.192 Kbps และความเร็วในการส่งข้อมูล 21.152 Kbps ดังนั้นผู้ใช้งานระบบจะต้องมีความเร็วอินเทอร์เน็ตมากกว่า 22 Kbps

5.1.2 ด้านความสามารถในการใช้งานระบบ

(1) เวอร์ชันเทคโนโลยีความจริงเสมือน (VR Version)

ผู้เข้าร่วมการทดลองทุกคนเคยผ่านการทำงานเป็นทีมหรือทำงานร่วมกันมากกว่าสองคนมาแล้ว และผู้เข้าร่วมการทดลองไม่เคยมีประสบการณ์ในการใช้งานเทคโนโลยีความจริงเสมือนผลจากแบบสอบถามแสดงให้เห็นว่า ผู้ร่วมทำการทดลองเห็นด้วยในเรื่องของความสะดวกในการใช้งาน (Ease of Use) ในการใช้งานระบบ ผู้ใช้งานสามารถใช้งานระบบได้อย่างรวดเร็ว และสามารถใช้งานระบบร่วมกับผู้ร่วมทดลองอีกคนได้อย่างสะดวกรวดเร็วผู้ใช้งานเห็นด้วยในเรื่องของความสะดวกในการเรียนรู้ (Ease of Learning) ผู้ใช้สามารถทำความเข้าใจวิธีการใช้งานระบบได้อย่างรวดเร็ว เรียนรู้การใช้งานอุปกรณ์ต่างๆรวมทั้งเมนูและ Features ขณะใช้งานเทคโนโลยีความจริงเสมือน และผู้ใช้งานเห็นด้วยในเรื่องของความพึงพอใจ (Satisfaction) ผู้ใช้งานพึงพอใจกับการใช้งานระบบ ในระหว่างการใช้งานระบบผู้ใช้รู้สึกว่าระบบสนุก น่าสนใจ แปลกใหม่ และตื่นเต้นเมื่อใช้งานระบบ

จากความคิดเห็นของผู้ร่วมทำการทดลองมีข้อเสนอแนะสำหรับปรับปรุงระบบด้าน User Interface ควรมีคำอธิบายภาษาไทย เพราะผู้ร่วมทำการทดลองทั้งหมดเป็นคนไทย และการอธิบายเมนูหรือการกดใช้เครื่องต่างๆใช้ผู้ใช้งานเข้าใจง่ายขึ้น เนื่องจากผู้ร่วมทำการทดลองไม่เคยมีประสบการณ์ในการใช้เทคโนโลยีความจริงเสมือนด้านของการใช้งานระบบควรปรับปรุงการทำงานร่วมกันระหว่างผู้ใช้งาน เนื่องจากมีความสับสนในส่วนของการ Block Action ของผู้ใช้งานที่ไม่ได้ออกแบบและแก้ไขวัตถุดิบอยู่ในขณะนั้น และสุดท้ายในด้านประสิทธิภาพของระบบควรปรับปรุงให้ระบบสามารถทำงานร่วมกันให้ไหลลื่นมากขึ้น

(2) เวอร์ชันคอมพิวเตอร์ (Desktop Version)

หลังจากได้ทดสอบผ่านทางโปรแกรมโดยใช้งานระบบเพียงคนเดียว ทดสอบใช้งานระบบร่วมกันสองคน จากตารางที่ 4.1 เปรียบเทียบจำนวนชิ้นงานที่ผู้ร่วมทดลองสามารถทำได้ในระยะเวลา 10 นาทีทำการทดลองคนเดียวและทำการทดลองร่วมกัน พบว่าภายในเวลา 10 นาที ผู้ใช้งานร่วมกันสามารถสร้างชิ้นงานได้สำเร็จจำนวนเฉลี่ย 5.21 หรือประมาณ 5 ชิ้นจากทั้งหมด 7 ชิ้น ซึ่งสร้างชิ้นงานได้สำเร็จมากกว่าผู้ใช้งานระบบคนเดียวสามารถสร้างชิ้นงานได้สำเร็จจำนวนเฉลี่ย 3.47 หรือประมาณ 3 ชิ้นจากทั้งหมด 7 ชิ้น สอดคล้องกับสมมุติฐานที่ว่าระบบที่พัฒนาขึ้นช่วยให้ผู้ใช้งานสองคนสามารถออกแบบและแก้ไขชิ้นงานสามมิติด้วยเทคโนโลยีความจริงเสมือนได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่าการใช้งานโดยคนเดียว ในเวลาที่เท่ากัน

การหาค่าความคลาดเคลื่อนของขนาดระหว่างโมเดลที่ผู้วิจัยกำหนดกับโมเดลที่ได้จากการพิมพ์โดยทุกชิ้นสามารถใส่เข้าไปในกรอบช่องว่างของวัตถุที่ผู้วิจัยจัดทำขึ้นได้ โดยรูปทรงและขนาดมีความใกล้เคียงกับช่องว่างของวัตถุที่ผู้วิจัยจัดทำขึ้น

ผู้เข้าร่วมการทดลองทุกคนเคยผ่านการทำงานเป็นทีมหรือทำงานร่วมกันมากกว่าสองคนมาแล้ว และมีพื้นฐานในการใช้คอมพิวเตอร์รวมทั้งคุ้นเคยกับการใช้เมาส์และคีย์บอร์ดในการทำงาน ผลจากแบบสอบถามแสดงให้เห็นว่าผู้ร่วมทำการทดลอง เห็นด้วยในเรื่องของความสะดวกในการใช้งาน (Ease of Use) ในการใช้งานระบบผู้ใช้งานสามารถใช้งานระบบร่วมกับผู้ร่วมทดลองอีกคนได้อย่างสะดวก รวดเร็ว ผู้ใช้งาน เห็นด้วยในเรื่องของความสะดวกในการเรียนรู้ (Ease of Learning) ผู้ใช้สามารถทำความเข้าใจวิธีการใช้งานระบบได้อย่างรวดเร็ว เรียนรู้การใช้งานอุปกรณ์ต่างๆ และผู้ใช้งาน เห็นด้วยในเรื่องของความพึงพอใจ (Satisfaction) ผู้ใช้งานพึงพอใจกับการใช้งานระบบในระหว่างการใช้งานระบบผู้ใช้งานรู้สึกว่าการระบบสนุกคล้ายกับเกมส์คอมพิวเตอร์

ในส่วนการทดลองระหว่างการทำงานโดยใช้ Space mouse และไม่ใช้ Space mouse มีแนวโน้มที่การทำงานแบบใช้ Space mouse มีส่วนช่วยให้การทำงานง่ายขึ้นในส่วนของการปรับมุมมองของผู้ใช้งาน

5.1.3 ด้านคุณค่าเฉพาะทาง

(1) เวอร์ชันเทคโนโลยีความจริงเสมือน (VR Version)

ในส่วนของคุณค่าเฉพาะทางของระบบที่พัฒนานั้น ผู้ร่วมทดลองเห็นด้วยในเรื่องของการใช้งานเทคโนโลยีความจริงเสมือนในการทำงานร่วมกันของผู้ใช้งาน เพื่อให้เกิดความสะดวก เนื่องจากสามารถทำงานร่วมกันในเรื่องใดเรื่องหนึ่งด้วยเทคโนโลยีความจริงเสมือน เพื่อให้การสื่อสารระหว่างผู้ใช้งานเป็นไปอย่างง่ายดาย และเห็นภาพมากกว่าการสื่อสารปกติที่มีในปัจจุบัน นอกจากนี้การใช้เทคโนโลยีความจริงเสมือนในการพัฒนาระบบนี้ยังช่วยลดข้อจำกัดของการสื่อสารในเรื่องการมีปฏิสัมพันธ์ของข้อมูล ซึ่งผู้ใช้งานสามารถมีปฏิสัมพันธ์กับข้อมูลร่วมกันกับผู้ใช้งานอีกคนหนึ่งได้ และการทำงานของระบบนี้จะทำให้ผู้ใช้งานสามารถจำลองวัตถุหรือรูปทรงที่ผู้ใช้งานต้องการจะออกแบบ ให้มีขนาดและรูปร่างตามที่ต้องการก่อนการออกแบบจริง เป็นการเพิ่มความมั่นใจให้กับผู้ใช้งาน และลดความเสี่ยงที่อาจจะเกิดขึ้นกับงานจริง

(2) เวอร์ชันคอมพิวเตอร์ (Desktop Version)

คุณค่าเฉพาะทางของระบบที่ใช้คอมพิวเตอร์ (Desktop) ในการพัฒนาระบบ ผู้ทดลองเห็นด้วยว่าการทำงานของระบบที่พัฒนานี้ร่วมกันจะสามารถช่วยให้การทำงานร่วมกันให้มีความสะดวกมากขึ้น การจำลองการออกแบบและการแก้ไขวัตถุสามมิติด้วยระบบที่พัฒนาขึ้นช่วยเพิ่มความมั่นใจก่อนการทำงานจริง และให้ผู้ใช้งานสื่อสารกันได้ดีและเข้าใจกันมากขึ้น ซึ่งการใช้งานระบบผ่านคอมพิวเตอร์ (Desktop) แทนเทคโนโลยีความจริงเสมือน (VR) ก็มีข้อเสียคือผู้ใช้งานจะไม่ได้มีปฏิสัมพันธ์กับชิ้นงานเท่ากับการใช้เทคโนโลยีความจริงเสมือน (VR) แต่ข้อดีก็คือผู้ใช้งานจะคุ้นเคยกับการใช้เมาส์และคีย์บอร์ดอยู่แล้ว ทำให้ใช้งานระบบได้ง่ายมากขึ้น

5.2 สรุป

งานวิจัยนี้เป็นการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีความจริงเสมือนสำหรับระบบออกแบบและแก้ไขวัตถุสามมิติ ซึ่งผู้ใช้งานจะมีปฏิสัมพันธ์กับระบบด้วยการสวมแว่น VR และใช้ Controllers ในการควบคุมการทำงานภายในเทคโนโลยีความจริงเสมือน และใช้การเก็บภาพจาก Kinect มาเป็นวัตถุสามมิติในโลกเสมือนแสดงผลผ่านแว่น VR ถัดมาในระยะเวลาทำการวิจัยได้มีปัญหาเรื่องการแพร่ระบาดของเชื้อไวรัส Covid-19 ทำให้ไม่สามารถใช้งาน VR จึงได้เปลี่ยนมาใช้ Desktop ในการพัฒนาแทนซึ่งใช้เมาส์และคีย์บอร์ดในการควบคุมการทำงานแทน VR Controllers แต่ยังเป็นเทคโนโลยีความจริงเสมือนและใช้งานร่วมกันระหว่างผู้ใช้งานได้ การเก็บข้อมูลทั้งหมดทั้งการประเมินประสิทธิภาพของระบบและการประเมินความสามารถในการใช้งานระบบ ประกอบไปด้วยความสามารถในการใช้งานระบบที่เก็บข้อมูลจากการที่ผู้ร่วมทำการทดลองแก้ไขปัญหามาจากโจทย์ที่ผู้วิจัยกำหนดไว้ให้ ผู้ทำการทดลองจำนวน 30 คน อายุตั้งแต่ 19-30 ปี ผู้ร่วมทำการทดลองทุกคนมีประสบการณ์ในการทำงานเป็นทีม ผู้ร่วมทำการทดลองให้ความเห็นเกี่ยวกับการใช้งานระบบว่าระบบนี้มีประโยชน์ต่อการทำงานเป็นทีมและรู้สึกสนุก เพราะไม่เคยใช้งานเทคโนโลยีความจริงเสมือนมาก่อน จากการที่ผู้ร่วมทดลองใช้งานระบบแสดงให้เห็นว่าระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถใช้งานระบบเพื่อออกแบบและแก้ไขได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผู้ร่วมทำการทดลองหลายคนมีแนวโน้มที่จะใช้เวลาในการทำการทดลองน้อยลงเมื่อได้ใช้งานเทคโนโลยีความจริงเสมือนนี้เป็นครั้งที่สองหรือครั้งถัดๆไป

5.3 ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้สามารถพัฒนาเพิ่มเติมและนำไปต่อยอดในอนาคตได้ ได้แก่ การอัปเดตข้อมูลภาพकिनекและโมเดลสามมิติให้เป็นแบบ Real Time การเพิ่มฟีเจอร์ในการย้อนกลับเพื่อให้แก้ไขงานได้ง่ายขึ้น การแก้ไข User Interface ให้มีความน่าสนใจและใช้งานง่ายยิ่งขึ้น และการพัฒนาให้ระบบสามารถใช้งานได้ใน VR Platform

เอกสารอ้างอิง

- [1] ดร.พิชญ์ คนองชัยยศ, การสร้างแบบจำลอง, แหล่งที่มา:
<https://www.cp.eng.chula.ac.th/~pizzanu/temp/ModellingCG.pdf>
- [2] “Mesh Model”. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: <http://www.ablesacademy.com/article/mesh-model>
- [3] “Virtual Reality”. [ออนไลน์].
 แหล่งที่มา: <https://sites.google.com/a/bumail.net/virtual-reality/home/type-of-trainings>
- [4] รูปภาพตัวอย่างชุดแว่นตา. [ออนไลน์].
 แหล่งที่มา: <https://sakidori.co/article/325631>
- [5] รูปภาพ 3DoF และ 6 DoF. [ออนไลน์].
 แหล่งที่มา: <https://sensing.honeywell.com/honeywell-sensing-inertial-measurement-unit-6df-applicationnote.pdf>
- [6] รูปภาพตัวอย่างลู่วิ่งเสมือนจริง. [ออนไลน์].
 แหล่งที่มา: <https://www.vrfitnessinsider.com/vr-omnidirectional-treadmills-making-gains-towards-full-immersion-and-cardio/>
- [7] รูปภาพ room scale. [ออนไลน์].
 แหล่งที่มา: <https://www.techradar.com/news/wearables/thinking-of-getting-a-htc-VIVE-check-that-your-room-is-this-size-first-1314450>
- [8] “HTC VIVE Pro”. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: <https://www.vive.com/th/pro-eye/>
- [9] “Azure Kinect”. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: <https://docs.microsoft.com/th-th/azure/Kinect-dk/about-azure-kinect-dk>.
- [10] รูปภาพอุปกรณ์ Azure Kinect. [ออนไลน์].
 แหล่งที่มา: <https://www.microsoft.com/ja-jp/p/azure-kinect-dk/8pp5vxmd9nhq>
- [11] “3D Printer”. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: <https://www.print3dd.com/what-is-3d-printer/>
- [12] จักรพันธ์ ยกเซ็น ปารเมศ ลิ้มตระกูล และจิตติวรณ ศรีนาค, ระบบสแกนวัตถุสามมิติด้วยอุปกรณ์
 คิเนค
- [13] Francisco Navarro, Javier Fdez, Mario Garz'on, Juan Jes'us Rold'an, and Antonio Barrientos,
 Integrating 3D reconstruction and virtual reality: a new approach for immersive teleoperation, ปี 2018

- [14] Seokmin Yun, Jaewon Choi, and Chee Sun Won, Omnidirectional 3D Point Clouds Using Dual Kinect Sensors, Hindawi, Journal of Sensors, ปี 2019
- [15] “SpaceTime”. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา:
https://www.researchgate.net/publication/328326844_SpaceTime_Enabling_Fluid_Individual_and_Collaborative_Editing_in_Virtual_Reality
- [16] “Stl Builder”. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: <https://github.com/WorldOfZero/STLBuilder>
- [17] “Azure Kinect Sensor SDK”. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: <https://github.com/microsoft/Azure-Kinect-Sensor-SDK/blob/develop/docs/usage.md>
- [18] “HTC VIVE Controller”. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา:
<https://docs.unity3d.com/Manual/OpenVRControllers.html>
- [19] “Frame ratefor VR”. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา:
<https://developer.oculus.com/documentation/native/pc/dg-performance-guidelines/>
- [20] “Common Frame Rate for Game”. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา:
<https://www.quora.com/Frame-rate-FPS-for-a-certain-video-game-on-a-PC-Is-it-60-FPS>
- [21] “Space Mouse”. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: <https://8baht.com/product/spacemouse-wireless/>
- [22] “Measuring Usability with the USE Questionnaire”. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา:
https://www.researchgate.net/publication/230786746_Measuring_Usability_with_the_USE_Questionnaire