

การพัฒนาระบบความเป็นจริงเสมือนหลากหลายคุณภาพด้วยการออกแบบเพียงครั้งเดียว
Development of Multiple Quality Virtual Reality System by Authoring Only Once

อภิวัชร โมระนิรัตน์กุล*, อรรถวิทย์ สุดแสง และ ณัฐพงศ์ ชินนเทศ

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์, คณะวิศวกรรมศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ, 10330

*apiwat.mo@outlook.com

บทคัดย่อ

ปัจจุบันความเป็นจริงเสมือน(VR) เข้ามามีบทบาทและมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วในช่วงหลายปีที่ผ่านมา ส่งผลให้เกิดความหลากหลายในอุปกรณ์ VR ทำให้นักพัฒนาโปรแกรมต้องดำเนินการพัฒนาโปรแกรมต่างๆ เพื่อรองรับกับหลายอุปกรณ์ ทำให้เกิดความซับซ้อนด้านการพัฒนาโปรแกรม โดยทางผู้วิจัยได้ทำการศึกษาและพัฒนากระบวนการในการสร้างความเป็นจริงเสมือนที่สามารถใช้งานได้หลากหลายอุปกรณ์และคุณภาพ โดยการออกแบบเพียงครั้งเดียว โดยกระบวนการที่ทางผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นจะผลิตแอปพลิเคชันความจริงเสมือนที่ใช้สำหรับเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีประสิทธิภาพสูงและแสดงผลโดยใช้อุปกรณ์ความเป็นจริงเสมือน เอชทีซี ไวฟ์ หรือจอภาพทั่วไป, เว็บสามมิติด้วยเว็บจีแอลสำหรับคอมพิวเตอร์หรืออุปกรณ์หลากหลายชนิด และ เว็บสำหรับมือถือ โดยทางผู้วิจัยเลือกใช้เกมเอ็นจินยูนิตี้เป็นฐานในการพัฒนากระบวนการนี้ โดยปัจจุบันยูนิตี้แม้จะมีความสามารถ Cross-platform แต่ยังไม่รองรับเว็บความจริงเสมือนสำหรับมือถือซึ่งเป็น platform ที่อาจมีจำนวนผู้ใช้งานมาก ทางผู้พัฒนาจึงทำการพัฒนาให้ยูนิตี้สามารถ export ไปยังเว็บความจริงเสมือนบนมือถือและพัฒนาส่วนของโปรแกรมอื่นๆ ที่เป็นสำหรับการ export รวมถึงพัฒนา User Interface Component ต่างๆ ที่มีลักษณะการทำงานต่าง ๆ กันตามอุปกรณ์ที่ใช้ เพื่อให้ให้นักพัฒนาสามารถพัฒนา VR application บน หลากหลายอุปกรณ์ได้โดยการออกแบบเพียงครั้งเดียว โดยผลของการทดลองพบว่าผู้ใช้งานสามารถใช้งานแอปพลิเคชันความจริงเสมือนต่างๆ ที่ถูกสร้างขึ้นได้และมีความพึงพอใจในการใช้งานแต่ยังมีบางส่วนของโปรแกรมที่สามารถปรับปรุงความสามารถเพิ่มขึ้นได้อีกในอนาคต

คำสำคัญ: ความเป็นจริงเสมือน, เดสก์ท็อปแอปพลิเคชัน, เว็บความจริงเสมือนบนมือถือ, ยูนิตี้, เอชทีซี ไวฟ์

Abstract

Nowadays, virtual reality (VR) has become more popular and has been changing dramatically over the years. This results in the need for VR to be able to run on a wide variety of devices. Developing VR applications for all these devices require a lot of time and efforts. We have studied and created a process for developing virtual reality (VR) applications on a wide range of devices and quality by authoring only once. The process will produce high-end VR applications for HTC VIVE head set or regular monitor running on a desktop, 3D VR website with WebGL for desktop and various devices, and website for mobile devices. We choose to develop our process within Unity game engine. At present, Unity has the ability to deploy in multiple platforms but it still does not support mobile VR web, which has a large potential user base. We created a Unity plugin and necessary software components for exporting to the mobile VR web. Moreover, we also create a User Interface component that will display and accept input appropriately depending on the device it is running on. In this manner, one can then develop VR applications on multiple devices by authoring only once. The results of the experiment showed that the users can use the resulting virtual reality applications and are mostly satisfied. However, there are also some aspects of the applications that can still be improved in the future.

Keyword: Virtual Reality, Desktop Application, Mobile Web, Unity, HTC VIVE

1. บทนำ

ความเป็นจริงเสมือนเป็นเทคโนโลยีที่มีการใช้อย่างแพร่หลายในช่วงที่ผ่านมาโดยที่ผู้คนในสังคมต่างยอมรับเทคโนโลยี พร้อมสู่การเติบโตและนำไปใช้งานได้จริง ซึ่งอ้างอิงจากผลการวิเคราะห์แนวโน้มและทิศทางของเทคโนโลยีของทางบริษัท Gartner เรียกว่า Hype Cycle ในปี 2017 (Kasey Panetta, 2017)

เนื่องจากความเป็นจริงเสมือนเป็นเทคโนโลยีที่นำผู้ใช้งานเมื่อสวมใส่เครื่องแล้วจะเข้าสู่โลกเสมือนจริง ซึ่งงานวิจัยและสิ่งที่เป็นอยู่ในปัจจุบันเกี่ยวกับการประยุกต์เทคโนโลยีนี้เข้ากับบริษัทต่างๆที่สนใจ เช่น ระบบ VR WEB สามารถใช้งานเว็บไซต์ร้านขายของโดยสวมอุปกรณ์ VR (Sathe, Gupta, Kaushik, Bhat, & Deshpande, 2017) เป็นต้น

ปัญหาคือความหลากหลายของอุปกรณ์ความเป็นจริงเสมือนในตลาดปัจจุบันทำให้นักพัฒนาโปรแกรมหากต้องการพัฒนาโปรแกรมต่างอุปกรณ์กันจำเป็นต้องพัฒนาในขั้นตอนที่ต่างกันออกไป เช่น ข้อจำกัดเรื่องความสามารถการทำงานของ platform ที่แตกต่างกัน ภาษาที่ใช้ในการพัฒนา หรือ ขั้นตอนการพัฒนาเป็นต้น ทำให้เกิดความซับซ้อนด้านการพัฒนาโปรแกรม โดยวิธีการแก้ไขในปัจจุบันคือหากผู้พัฒนาต้องการพัฒนาให้โปรแกรมรองรับหลากหลายอุปกรณ์ ต้องทำการพัฒนาควบคู่ไปด้วยกัน เช่น พัฒนางานอุปกรณ์ Google Daydream ซึ่งต้องใช้ควบคู่กับมือถือ ทำให้ต้องพัฒนาโปรแกรม VR ลงมือถือ และหากต้องการพัฒนางานอุปกรณ์ Oculus Rift ซึ่งต้องใช้ควบคู่คอมพิวเตอร์ ทำให้นักพัฒนาโปรแกรมต้องคำนึงถึงความแตกต่างด้านทรัพยากรของอุปกรณ์ที่ใช้งาน

ซึ่งทางผู้วิจัยได้พัฒนาระบบในการสร้างความเป็นจริงเสมือนที่สามารถใช้บนหลากหลายอุปกรณ์ โดยมีประเภทของโปรแกรมคือเดสก์ท็อปแอปพลิเคชัน, เว็บสามมิติคุณภาพสูง, เว็บความเป็นจริงเสมือนบนมือถือ สามารถสร้างโดยการออกแบบเพียงครั้งเดียว

ถึงแม้ว่าโปรแกรมยูนิตี้จะสามารถ export application ไปหลากหลาย platform ได้ก็ตาม แต่ว่าปัจจุบันไม่รองรับ VR เว็บความเป็นจริงเสมือนบนมือถือ และ UI แบบเดียวกันก็ไม่เหมาะสมสำหรับทุกๆอุปกรณ์ เราจึงทำการ พัฒนา plugin ที่ทำให้ unity export ไปยังเว็บ VR บนมือถือได้และสร้าง game object ของ UI หรือเมนูที่ใช้บ่อยๆใน VR application ที่จะแสดงผลและทำงานต่างกันขึ้นกับอุปกรณ์ที่ใช้ เพื่อให้การพัฒนา VR application บนหลากหลายอุปกรณ์ทำได้โดยการออกแบบเพียงครั้งเดียว

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยคือเพื่อได้วิธีการส่งออกข้อมูลความเป็นจริงเสมือนจากแอปพลิเคชันบนเครื่องคอมพิวเตอร์ประสิทธิภาพสูงไปยังเว็บความเป็นจริงเสมือนบนมือถือหรือเว็บจีแอล และ เพื่อพัฒนาแอปพลิเคชันบนเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้ความเป็นจริงเสมือนโดยสามารถส่งออกข้อมูลเพื่อใช้ในการพัฒนาเว็บความเป็นจริงเสมือนบนมือถือต่อไปได้

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ยูนิตี้ (Unity) (Unity 3D, 2019)

ยูนิตี้เป็นโปรแกรมที่เหมาะสมสำหรับพัฒนาเกมโดยผู้พัฒนาคือบริษัท Unity Technologies เปิดตัวเมื่อปี 2005 โดยความสามารถของเครื่องมือนี้หลากหลายเช่น การพัฒนาเกมในรูปแบบ 2 มิติ และ 3 มิติ ซึ่งความสามารถเด่นของเครื่องมือนี้คือการ Cross-Platform ได้ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อนักพัฒนาเกมในการทำแอปพลิเคชันแล้วสามารถนำออกสู่ตลาดได้หลายช่องทาง โดยยูนิตี้ใช้ภาษา C# ในการพัฒนาเกม ซึ่งทางผู้วิจัยใช้เป็นโปรแกรมหลักในการพัฒนาโปรแกรม

2.2 เอชทีซี ไวฟ์ (HTC VIVE) (Vive, 2019)

เอชทีซี ไวฟ์คือจอภาพสวมศีรษะที่สามารถสวมใส่และนำผู้ใช้งานเข้าไปยังสภาพแวดล้อมจำลองเสมือนจริง ซึ่งทางผู้วิจัยใช้เป็นอุปกรณ์หลักทาง VR ในการดำเนินงาน โดยตัวอย่างเอชทีซี ไวฟ์ แสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 เอชทีซี ไวฟ์

โดยมีอุปกรณ์ดังนี้คือ 1) จอภาพสวมศีรษะ (Head-mounted display) มีลักษณะเป็นแว่นตาโดยมีจอแสดงผลภายในตัว ความละเอียด 1080 * 1200 พิกเซลต่อตาแต่ละข้าง อัตราเฟรม 90 เฮิรตซ์ ขอบเขตการมองเห็น 110 องศา 2) สถานีฐาน (Base Stations) มีลักษณะเป็นกล่องที่ทำหน้าที่ในการจับการเคลื่อนไหวและระบุตำแหน่งของผู้ใช้งานว่าอยู่ส่วนใดของห้องอีกทั้งยังเป็นอุปกรณ์ที่ไว้กำหนดขนาดของบริเวณที่จะใช้งาน มีทั้งหมด 2 กล่อง 3) ตัวควบคุม (Controllers) ทำหน้าที่ควบคุมการใช้งานภายในโลกความเป็นจริงเสมือนโดยมี 2 ชิ้น

2.3 มาซิพาโน (Marzipano) (Marzipano, 2019)

มาซิพาโนเป็น Javascript API ที่มีรูปแบบโอเพนซอร์สที่สามารถสร้างการนำเสนอแบบ 360 องศาสำหรับเว็บได้ ซึ่งมาซิพาโนเปิดตัวในปี 2016 โดยเป็นผลิตภัณฑ์ของ Google อย่างไม่เป็นทางการ ซึ่งทางผู้วิจัยใช้เพื่อการแสดงผลในรูปแบบ 360 องศาและรองรับการใช้งานบนอุปกรณ์มือถือ

2.4 เว็บจีแอล (WebGL) (WebGL, 2019)

เว็บจีแอลเป็น JavaScript API ที่ช่วยในการแสดงผล 3 มิติและ 2 มิติ ซึ่งเป็นมาตรฐานของ Web Browser ที่จะประมวลผลภาพและแสดงเอฟเฟกต์ต่างๆโดยที่ไม่ต้องพึ่งพาส่วนเสริมอื่น โดยเว็บจีแอลสามารถผสมใช้ร่วมกับองค์ประกอบอื่นๆของ HTML ได้

2.5 Developing and Evaluating a Virtual Reality-Based Navigation System for Pre-Sale Housing Sales (Yi-Kai, Hsing-Hung, & Hao-Yun, 2018)

งานวิจัยได้นำเสนอการพัฒนาระบบความเป็นจริงเสมือน เพื่อการนำทางสำหรับโครงการ Pre-Sale ในประเทศไต้หวัน ตัวอย่างระบบแสดงดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 ระบบนำทางความเป็นจริงเสมือน

จุดดีคือผู้เขียนได้นำเสนอการสร้างชุดคำถามให้ผู้ร่วมทดสอบ 30 คนได้ทำโดยใช้หลักทฤษฎีการยอมรับการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ (Technology acceptance model : TAM) (Technology acceptance model, 2019) เป็นแบบจำลองที่มีชื่อเสียงและได้รับการยอมรับทั่วไปที่เป็นตัววัดความสำเร็จการใช้เทคโนโลยี ถูกคิดค้นโดย Fred D. Davis ในปี ค.ศ. 1989 ซึ่งนำมาใช้ในการทำนายการยอมรับและการนำมาใช้ของเทคโนโลยี โดยบุคคลหนึ่งจะยอมรับเทคโนโลยีเกิดจากปัจจัย 2 ปัจจัย คือ 1) การรับรู้ถึงประโยชน์ที่ได้รับจากเทคโนโลยี 2) การรับรู้ถึงความง่ายในการใช้งานเทคโนโลยี โดยตัวแปรภายนอกจะส่งผลต่อทั้งสองปัจจัย เช่น ประสบการณ์ในอดีตที่ผ่านมาของตนเอง เป็นต้น และทั้งสองปัจจัยดังกล่าวส่งผลให้เกิดทัศนคติในการใช้งานของบุคคลนั้น ซึ่งทำให้เกิดความตั้งใจในการใช้งานได้รับผลมาจากทัศนคติในการใช้งานและการรับรู้ถึงความง่ายในการใช้งานเทคโนโลยี โดยความตั้งใจในการใช้งานจะส่งผลให้เกิดการยอมรับการใช้เทคโนโลยี

จุดด้อยคืออุปกรณ์ที่ไม่ได้คุณภาพหลากหลาย ทางผู้เขียนใช้อุปกรณ์ Samsung GearVR และ Samsung Galaxy S7 โดยปัญหาของงานวิจัยคือผู้สนใจซื้อบ้านแต่ยังไม่เห็นบ้านจริงเพราะการขายอยู่ในช่วง Pre-Sale โดยผู้วิจัยได้ทำการสร้างระบบการนำทางความเป็นจริงเสมือนเป็นโมเดลจำลอง แต่ยังขาดการตอบโต้กับผู้ใช้งานจริงแบบ Real-time

2.6 Driving Self - Learning System Based on the Virtual Reality (Sun, & Liu, 2017)

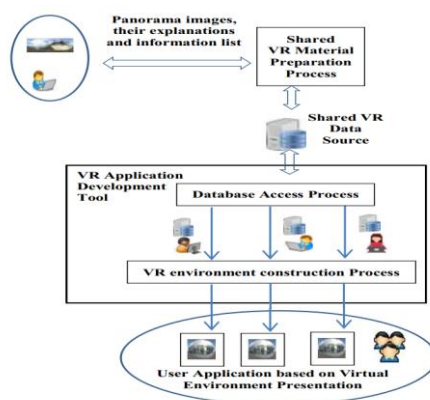
บทความได้นำเสนอการพัฒนาการทดสอบใบขับขี่โดยใช้โปรแกรมยูนิต์คู่กับอุปกรณ์พวงมาลัยรถยนต์จำลอง และ อุปกรณ์ทางความเป็นจริงเสมือนคือ Oculus โดยผู้เขียนได้พัฒนาเป็นโรงเรียนสอนขับรถยนต์ โดยใช้โปรแกรมยูนิต์ จุดดีคือใช้อุปกรณ์หลากหลายและเหมาะสมกับหัวข้อในการวิจัย ช่วยให้ผู้ที่ต้องการเรียนการขับรถยนต์สามารถทดลองเรียนและทำความเข้าใจกับการขับรถยนต์ จุดด้อยคือแบบจำลองสถานการณ์ยังไม่ครอบคลุมการขับขี่จริง ต้องทำการเพิ่มหลายๆแบบจำลอง

2.7 Simplify methodology for developing VR applications based on shared VR materials (Panyangam, Surak, & Panyakeaw, 2017)

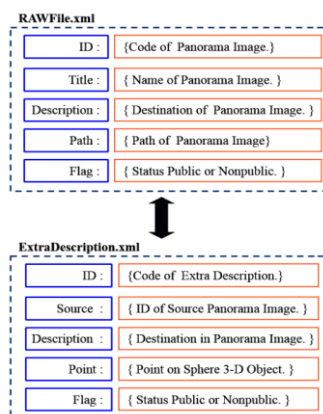
บทความได้นำเสนอการลดความซับซ้อนของวิธีการพัฒนาแอปพลิเคชันความเป็นจริงเสมือนโดยใช้ VR materials ร่วมกัน ซึ่งผู้วิจัยได้พัฒนาแอปพลิเคชันบนพื้นฐานการแสดงผลภาพพาโนรามาที่ถูกถ่ายจากสภาพแวดล้อมจริง และถูกเก็บไปยังฐานข้อมูลซึ่งเรียกว่า VR materials จะมี XML คอยกำกับข้อมูลของแต่ละข้อมูลอยู่

รูปภาพถูกจับคู่เข้ากับวัตถุทรงกลม 3 มิติและแสดงเป็นพื้นที่เสมือน กล้องจะถูกกำหนดไว้ที่กึ่งกลางวัตถุทรงกลมเพื่อสร้างมุมมองพาโนรามา ทางผู้วิจัยใช้ Unity 3D โดยทำการสร้าง Scene จำลอง และสร้างการเชื่อมต่อแต่ละจุดการเดินทาง โดยใช้ข้อมูลจาก XML หลังจากสร้างสภาพแวดล้อม VR อย่างสมบูรณ์แล้วแอปพลิเคชันทัวร์เสมือนแต่ละรายการจะถูกสร้างขึ้นสำหรับผู้ชมเป็นแอปพลิเคชันมือถือ กระบวนการทำงานการแสดงดังรูปที่ 3 และตัวอย่างไฟล์ XML แสดงดังรูปที่ 4

จุดดีคือภาพถ่ายแต่ละภาพถูกเก็บไว้ในฐานข้อมูลและมีไฟล์ XML เป็นตัวจัดการซึ่งทำให้ข้อมูลมีความเป็นระเบียบและง่ายต่อการนำไปใช้อีกรอบ



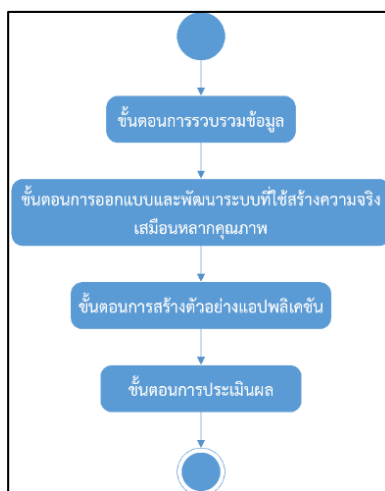
รูปที่ 3 กระบวนการทำงานสำหรับการพัฒนาแอปพลิเคชันโดยใช้วัสดุ VR ที่ใช้ร่วมกัน



รูปที่ 4 ตัวอย่างไฟล์ XML ที่ใช้ในระบบ

3. วิธีดำเนินการวิจัย

การดำเนินงานมีทั้งหมด 4 ขั้นตอน สามารถสรุปได้ดังแผนภาพกิจกรรมรูปที่ 5 รายละเอียดมีดังนี้



รูปที่ 5 ขั้นตอนการดำเนินงาน

3.1 ขั้นตอนการรวบรวมข้อมูล

ขั้นตอนรวบรวมข้อมูลที่สำคัญในการวิจัยโดยเป้าหมายคือทราบวิธีการใช้งานส่วนต่างๆดังต่อไปนี้ 1) การพัฒนาโปรแกรมบนยูนิท ศึกษาการใช้งานชุดคำสั่งเบื้องต้นที่สำคัญ 2) การใช้งานอุปกรณ์เอชทีซี ไวฟ์ โดยศึกษาให้เข้าใจระบบและการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆได้ รวมถึงการเชื่อมต่ออุปกรณ์เข้ากับโปรแกรมยูนิท 3) การใช้งานมาซิพาโน ศึกษาการนำเสนอแบบ 360 องศา ทดลองนำเข้าภาพแบบ 360 องศา การใช้ฮอตสปอตและการเปลี่ยนฉาก รวมถึงการ Export ข้อมูลลงมือถือ 4) การพัฒนาส่วนเว็บจีแอลด้วยโปรแกรมยูนิท ศึกษาการเพิ่มการควบคุมของโปรแกรมยูนิทที่ใช้งานผ่านเว็บบนคอมพิวเตอร์

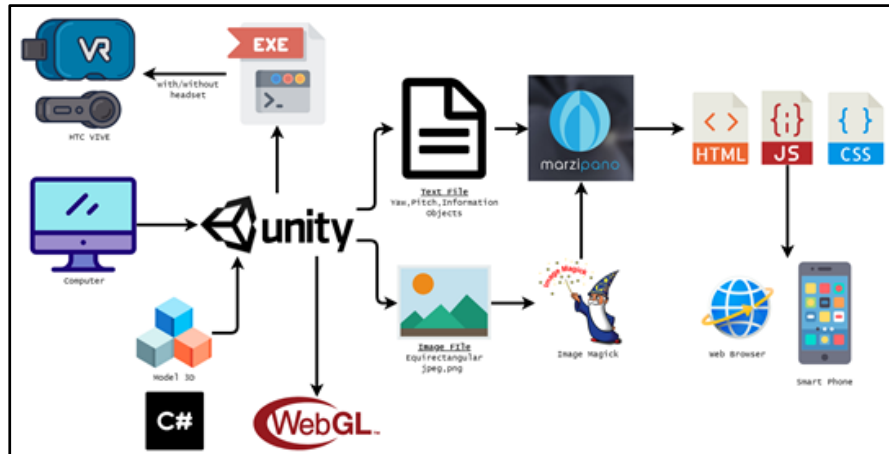
3.2 ขั้นตอนการออกแบบและพัฒนาระบบที่ใช้สร้างความจริงเสมือนหลากหลายคุณภาพ

3.2.1 การออกแบบการดำเนินงานโดยรวมของระบบ

เพื่อให้เห็นภาพรวมของระบบและส่วนเชื่อมต่อของระบบสามารถแสดงดังรูปที่ 6 แสดงถึงโครงสร้างของระบบทั้งหมด โดยเริ่มจากคอมพิวเตอร์พัฒนาผ่านทางโปรแกรมยูนิท โดยสิ่งนำเข้าเป็นโมเดลสามมิติซึ่งหาจากแหล่งที่โหลดฟรีและสคริปต์โดยภาษา C# ซึ่งคอยควบคุมการทำงานของวัตถุภายในระบบ

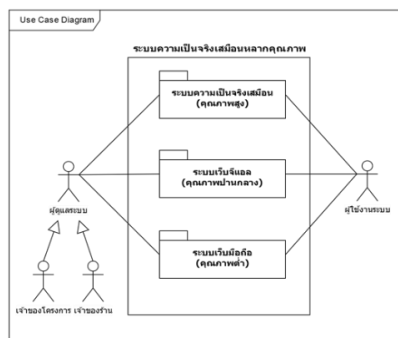
หลังจากพัฒนาระบบความเป็นจริงเสมือนเสร็จ จะสามารถนำออกไฟล์ที่เป็นรูปแบบ .exe และ WebGL ที่เป็นรูปแบบเว็บไซต์ โดยไม่สามารถใช้งานบนมือถือได้ และนำออก Text File และ Image File โดยจะรัน Image Magick ซึ่งเป็นชุดซอฟต์แวร์ที่สามารถภาพต่างๆได้ ในที่นี้ใช้เป็นการลบฉากหลังของ Image File ที่ถูกบันทึกออกมาในรูปแบบภาพ 360 องศา หรือ Panorama ซึ่งมีมุม 360x180 องศา โดยการถ่ายรอบตัววัตถุในลักษณะทรงกลม

นำภาพที่ถูกลบฉากหลัง และ Text File มาเป็นสิ่งนำเข้าในการสร้างการเดินชมแบบ 360 องศาจากภาพเสมือนจริง โดยใช้ Marzipano ซึ่งเป็น Javascript library หลังจากพัฒนาเสร็จจะได้เว็บไซต์ที่สามารถใช้งานบนอุปกรณ์มือถือได้



รูปที่ 6 ภาพรวมของระบบ

1) การออกแบบระบบ สามารถอธิบายด้วยแผนภาพยูสเคสไดอะแกรม ดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 ยูสเคสไดอะแกรมของระบบรวม

โดยกรอบแนวคิดโดยรวมในการเชื่อมต่อของทั้งสามระบบดังรูปที่ 7 คือระบบความเป็นจริงเสมือนคุณภาพสูงสร้างโดยใช้โปรแกรมยูนิตี้ โดยนำออก Text File ที่รวบรวมข้อมูลที่จำเป็นและรูปภาพทั้งหมด ถูกส่งไปยังระบบเว็บความจริงเสมือนบนมือถือที่คุณภาพต่ำ และระบบเว็บจีแอลที่คุณภาพปานกลางสามารถนำออกจากโปรแกรมยูนิตี้ได้ แต่ต้องทำการสร้างการควบคุมเพิ่ม ซึ่งผู้วิจัยจะใช้ร้านขายของและห้องคอนโดเป็นตัวอย่างในการทดลอง โดยสถานการณ์คือใช้งานร้านขายของและห้องคอนโดจากทุกระบบที่กล่าวมา สามารถเข้าถึงเนื้อหาเดียวกัน แต่แตกต่างกันที่คุณภาพเนื้อหาและภาพที่ได้รับ

หลักแนวคิดของการออกแบบเพียงครั้งเดียวคือทางผู้พัฒนาโปรแกรมสามารถออกแบบวัตถุครั้งเดียว ในงานวิจัยนี้ใช้โปรแกรมยูนิตี้ เช่น ออกแบบห้องนั่งเล่น และสามารถ Export ไปยังหลายอุปกรณ์ในที่นี้คือ 1) เครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีประสิทธิภาพสูงและแสดงผลโดยใช้อุปกรณ์ความเป็นจริงเสมือน เอชทีซี วีไลฟ์ หรือจอภาพทั่วไป 2) เว็บสามมิติด้วยเว็บจีแอลสำหรับคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์หลากหลายชนิด 3) เว็บสำหรับมือถือ โดยส่วนสำคัญคือต้องการให้ผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงข้อมูล เช่น ห้องนั่งเล่น ได้หลากหลายอุปกรณ์ ซึ่งไม่จำเป็นต้องมีเอชทีซี วีไลฟ์ ก็สามารถใช้งานได้ เพื่อเพิ่มการเข้าถึงเนื้อหาของผู้ใช้งาน โดยความต้องการที่เป็นหน้าที่หลักของสถานการณ์ ดังตารางที่ 1 ด้านล่างนี้

ตารางที่ 1 ความต้องการหลักของระบบ

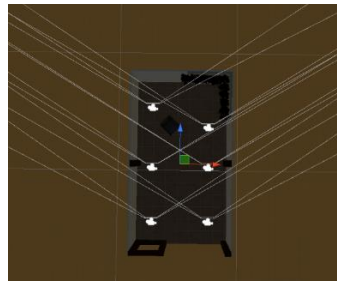
ระบบ	รายการความต้องการหลัก
แอปพลิเคชันบนเครื่องคอมพิวเตอร์ด้าน ความเป็นจริงเสมือน	ผู้ใช้งานสามารถเคลื่อนที่ยังไปยังจุดต่างๆได้
	ผู้ใช้งานสามารถเปลี่ยนพื้นผิวของวัตถุได้
	ผู้ใช้งานใช้งานโหมดความเป็นจริงเสมือนได้
	ผู้ใช้งานสามารถอ่านคำอธิบายของวัตถุได้
เว็บจีแอล, เว็บความจริงเสมือนบนมือถือ	ผู้ใช้งานสามารถเคลื่อนที่ยังไปยังจุดต่างๆได้

ระบบ	รายการความต้องการหลัก
	ผู้ใช้งานสามารถเปลี่ยนพื้นผิวของวัตถุได้
	ผู้ใช้งานสามารถอ่านคำอธิบายของวัตถุได้

2) พัฒนาแอปพลิเคชันบนโปรแกรมยูนิตี้ คือระบบความเป็นจริงเสมือนคุณภาพสูง เป็นส่วนที่สำคัญที่สุดในการพัฒนาโปรแกรม เพราะเป็นต้นแบบให้สามารถนำข้อมูลไปสู่ระบบเว็บจีแอล และระบบเว็บความเป็นจริงเสมือนบนมือถือได้ ซึ่งส่วนนี้จะต้องติดต่อกับอุปกรณ์ความเป็นจริงเสมือนคือเอชทีซี ไวฟ์ โดยขั้นตอนการพัฒนาแอปพลิเคชัน แบ่งเป็น 2 ส่วนใหญ่ คือ

2.1) การพัฒนาสคริป โดยแนวคิดคือให้ระบบเว็บความเป็นจริงเสมือนบนมือถือที่คุณภาพต่ำที่สุดสามารถใช้งานเนื้อหาได้แบบเดียวกับคุณภาพสูง แต่ปัจจุบันทางยูนิตี้ไม่รองรับ WebGL บนอุปกรณ์มือถือ และยังไม่มี Tool ใดๆที่สนับสนุนวิธีการทำให้ทางผู้วิจัยดำเนินการคือ Capture ภาพจากคุณภาพสูงออกมา เป็นลักษณะ 360 องศาโดยวิธีคือใช้งาน Library ของยูนิตี้ชื่อว่า 360° Screenshot Capture (360° Screenshot Capture, 2019) โดย Capture ภาพทุกมุมห้อง ในการทดลองจะใช้กล้อง 6 ตัวจากโปรแกรมยูนิตี้ตั้งรูปที่

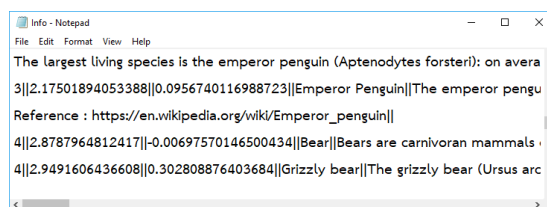
8



รูปที่ 8 ตัวอย่างการวางกล้องในโปรแกรมยูนิตี้

ผลลัพธ์จากการบันทึกคือภาพ 360 องศาของทั่วทั้งห้อง และการเปลี่ยนสีวัตถุของระบบเว็บความเป็นจริงเสมือนบนมือถือจะต้องทำการนำไฟล์ภาพนามสกุล png ของวัตถุที่ถูกเปลี่ยนเป็นสีหนึ่งในยูนิตี้ถูก Capture ออกไปด้วยในทุกๆมุมมองกล้อง ซึ่งผู้วิจัยใช้ Image-Processing Library ที่ชื่อว่า Imagemagick (Imagemagick, 2019) โดยทำการแปลงภาพวัตถุเป็นพื้นหลังใส

หลังจากที่ได้ภาพอีกหนึ่งอย่างที่ต่อนำออกไปยังเว็บความเป็นจริงเสมือนบนมือถือคือ Text File ซึ่งรวบรวมชื่อวัตถุ คำอธิบายวัตถุ และตำแหน่งของวัตถุจากมุมมองกล้องหนึ่งตัว โดยแนวคิดของระบบเว็บความเป็นจริงเสมือนบนมือถือที่คุณภาพต่ำคือจากขั้นตอนแรกได้ภาพ 360 องศาแล้ว และหากต้องการเปลี่ยนสีวัตถุหนึ่ง จะต้อง Capture ของวัตถุนั้นในทุกๆกล้องที่ได้เตรียมไว้ เพราะวัตถุเมื่อเปลี่ยนมุมมองภาพจะเห็นต่างกันออกไป โดยตำแหน่งของวัตถุใช้ค่ามุมก้มเงย(Pitch), หันซ้ายขวา(Yaw) ซึ่งระบบที่เราพัฒนาจะทำการ Capture และส่งออกข้อมูลเหล่านี้โดยอัตโนมัติ ตัวอย่าง Text File ที่บอกชื่อวัตถุ คำอธิบาย และตำแหน่งวัตถุ แสดงได้ในรูปที่ 9



รูปที่ 9 ตัวอย่าง Text File

2.2) การพัฒนาความเป็นจริงเสมือน โดยใช้ส่วนเสริมของทางผู้พัฒนาคือ SteamVR (SteamVR, 2019) ทำให้อุปกรณ์เอชทีซี ไวฟ์สามารถเชื่อมต่อกับโปรแกรมยูนิตี้ได้ และหากต้องการควบคุมการเคลื่อนที่หรือเรียกว่าเทเลพอร์ต ผู้วิจัยใช้ส่วนเสริมคือ Vive-Teleporter (Vive-Teleporter, 2019) ใช้อุปกรณ์ควบคุมแทนการเดินได้ภายในห้อง

2.3) การพัฒนา User Interface Component

สร้างการควบคุมของการใช้งานภายในโปรแกรมกรณีที่ไม่ได้ใช้งานอุปกรณ์ความเป็นจริงเสมือนในที่นี้คือ HTC VIVE โดยการควบคุมจะแบ่งออกเป็นสองส่วนคือควบคุมผ่านคีย์บอร์ดและควบคุมผ่านเมาส์ ซึ่งรูปที่ 10 แสดงตัวอย่างการควบคุมผ่านทางคีย์บอร์ด โดยที่การควบคุมนี้จะแสดงเฉพาะตอนใช้งานบนเว็บและเดสก์ท็อปแบบไม่ใช้อุปกรณ์ความเป็นจริงเสมือนเท่านั้น แสดงดังรูปที่ 10 และ รูปที่ 11 แสดงการควบคุมผ่านเมาส์ โดยสามารถลาก คลิก หรือหมุนล้อของเมาส์ได้

```
void Update()
{
    if (Input.GetKey(KeyCode.UpArrow) || Input.GetKey("w"))
    {
        transform.position = transform.position + Camera.main.transform.forward * distance * Time.deltaTime;
    }
    if (Input.GetKey(KeyCode.DownArrow) || Input.GetKey("s"))
    {
        transform.position = transform.position - Camera.main.transform.forward * distance * Time.deltaTime;
    }
    if (Input.GetKey(KeyCode.RightArrow) || Input.GetKey("d"))
    {
        transform.position = transform.position + Camera.main.transform.right * distance * Time.deltaTime;
    }
    if (Input.GetKey(KeyCode.LeftArrow) || Input.GetKey("a"))
    {
        transform.position = transform.position - Camera.main.transform.right * distance * Time.deltaTime;
    }
    if (Input.GetKey("q"))
    {
        transform.position -= new Vector3(0, speed * Time.deltaTime, 0);
    }
    if (Input.GetKey("e"))
    {
        transform.position += new Vector3(0, speed * Time.deltaTime, 0);
    }
    if (Input.GetKey("z"))
    {
        transform.Rotate(Vector3.down * rotateSpeed * Time.deltaTime, Space.Self);
    }
}
```

รูปที่ 10 การควบคุมผ่านคีย์บอร์ด

```
//Zoom Out
if (Input.GetAxis("Mouse ScrollWheel") < 0)
{
    if (Camera.main.fieldOfView <= 100)
        Camera.main.fieldOfView += 2;
    if (Camera.main.orthographicSize <= 20)
        Camera.main.orthographicSize += 1;
}

//Zoom In
if (Input.GetAxis("Mouse ScrollWheel") > 0)
{
    if (Camera.main.fieldOfView > 2)
        Camera.main.fieldOfView -= 2;
    if (Camera.main.orthographicSize >= 1)
        Camera.main.orthographicSize -= 1;
}

/////left mouse drag//////////
if (Input.GetMouseButton(0))
{
    hit_position = Input.mousePosition;
    camera_position = transform.position;
}

if (Input.GetMouseButton(0))
{
    current_position = Input.mousePosition;
    LeftMouseDrag();
    flag = true;
}
```

รูปที่ 11 การควบคุมผ่านเมาส์

3) พัฒนาเว็บไซต์ที่มีการเรียกใช้มาซิฟาโน

แนวคิดของผู้จัดทำในการใช้งาน Marzipano คือ ใช้เนื้อหาเกี่ยวกับระบบคุณภาพสูงแสดงโดยใช้ภาพ 360 องศาซึ่งมี Marzipano ในการช่วยเรียกใช้งาน วิธีคือนำออกมาจากระบบที่ถูกสร้างจากโปรแกรมยูนิตี้ และนำเข้าเข้ามาในโปรเจกต์ที่ดำเนินการ สามารถแสดงฟังก์ชันของระบบดังต่อไปนี้

1. initImage ฟังก์ชันการเริ่มต้นใช้งานโดยทำการเรียก scene เริ่มต้น เรียก hotspot และเตรียมการสร้างแผนที่บนภาพ 360 องศาในการคลิกเพื่อระบุตำแหน่งวัตถุ แสดงดังรูปที่ 12 และรูปที่ 13


```
function initImage()
{
    sceneID = 5;
    document.getElementById("titleBarID").innerHTML = scenePosition[sceneID-1];

    newInfoHotspot(sceneID);

    setTimeout( function() {
        for (var j = 0; j <= maxObj-1; j++) {
            var img = new Image();
            img.src = 'img/'+sceneID+'_'+j+'_red.png';

            drawToSetMap(img,j);
        }
    }, 200);
}
```

รูปที่ 12 InitImage

```
var len = infoFromUnity.length;
for (var i = 0; i < len; i++) {
    var pitch_tmp = parseFloat(infoFromUnity[i].toString()[1]);
    var text_tmp = infoFromUnity[i].toString()[2];
    var title_tmp = infoFromUnity[i].toString()[3];
    var yaw_tmp = parseFloat(infoFromUnity[i].toString()[4]);

    let hotspot_add =
    {
        pitch: pitch_tmp,
        text: text_tmp,
        title: title_tmp,
        yaw: yaw_tmp
    }
    var element = createInfoHotspotElement(hotspot_add);
    scene.hotspotContainer().createHotspot(element, { yaw: hotspot_add.yaw, pitch: hotspot_add.pitch });
}
```

รูปที่ 12 InitImage (ต่อ)

2. newInfoHotspot ฟังก์ชันการดึง TextFile จากโปรแกรมยูนิตี้ ก่อนอื่นต้องนำ TextFile ที่ได้จากโปรแกรมยูนิตี้ เข้ามาใน โฟลเดอร์เว็บไซต์ก่อน ซึ่งวางให้อยู่ในระดับเดียวกับ index.html โดยผู้จัดทำได้ทำการค้นข้อความใน TextFile ที่ใช้สัญลักษณ์ || และ ในจาวาสคริปต์ใช้วิธี Split และนำมาใส่ในอาร์เรย์ เพื่อที่จะวนการแสดงผลผ่านทางฟังก์ชันใน api ของ marzipano ได้เตรียมไว้ให้คือ createHotspot

3. drawToSetMap ฟังก์ชันการสร้างภาพของวัตถุลงบน canvas ซึ่งจะเป็นการวาดจากภาพที่ได้ทำการนำออกมาจากโปรแกรม ยูนิตี้ ซึ่งต้องมีการกำหนดขนาดของภาพไว้ตอนต้นของสคริปต์ จุดประสงค์คือสร้างภาพเพื่อทำการเรียกฟังก์ชัน calClickAble อีกที ดังรูปที่ 13

```
function drawToSetMap(file,j){
    file.onload = function () {
        ctx2.drawImage(file, 0, 0);

        var stage = viewer.stage();
        var asset = new Marzipano.DynamicCanvasAsset(canvasHide);
        var source = new Marzipano.SingleAssetSource(asset);
        var geometry = new Marzipano.EquirectGeometry([ { width: canvasHide.width } ]);
        var layer = scene.createLayer({
            source: source,
            geometry: geometry
        });

        layers.unshift({
            name: j,
            layer: layer,
            canvas: canvasHide
        });
    };

    calClickAble(sceneID,j);
}
```

รูปที่ 13 drawToSetMap

4. calClickAble ฟังก์ชันการคำนวณเม็ดพิกเซลบนภาพที่ถูกวาดบน canvas โดยคำนวณจาก image.data ไปตั้งแต่ต้นจนถึง สิ้นสุดท้าย โดยหากมีค่าความโปร่งใสของวัตถุเท่ากับ 0 จะไม่ทำการเติมสีลงบน canvas แต่หากไม่โปร่งใส จะทำการเติมสีของวัตถุบน canvas โดยไล่จากค่า Blue 1-255 และ Green 1-255 และ Red 1-255 ซึ่งเป็นค่า RGB ของสีเพื่อรองรับการมีวัตถุได้มาก

จุดประสงค์ในการทำคือต้องการเพิ่มความแม่นยำในการคลิกวัตถุที่ต้องการเปลี่ยนสีบน Scene ให้แม่นยำสูง โดยเช็คที่จุดที่ทำการคลิก และมาเช็คกับเม็ดสีที่ได้เก็บไว้ว่าเป็นวัตถุเลขไหน เป็นวิธีการระบุวัตถุที่แม่นยำมากกว่าการกำหนดขอบเขต (Region) ของภาพเป็นลักษณะสี่เหลี่ยมล้อมลอมภาพ ซึ่งหากวัตถุซ้อนกันจะเสมือนทำการคลิกสองวัตถุพร้อมกัน เป็นต้น แต่ในฟังก์ชันนี้หากวาดเสร็จ 1 รูปต้องทำการ ClearRect หรือการลบวัตถุเพื่อในรอบถัดไปเป็นการป้องกันการคำนวณวัตถุเดิมซ้ำ ซึ่งผู้จัดทำป้องกันโดยเก็บข้อมูลของสีที่ถูกวาดแต่ละรูปไว้ในอาร์เรย์ 2 มิติ คือ colorHEX ดังรูปที่ 14 และ รูปที่ 15

```
function calClickAble(sceneID,j){
    var sceneIDTmp = sceneID - 1;

    var imgData = ctx2.getImageData(0, 0, canvasHide.width, canvasHide.height);

    if(colorR == 0 && colorG == 0 && colorB != 255){
        colorB++;
    }else if(colorR == 0 && colorG != 255 && colorB == 255){
        colorG++;
    }else if(colorR != 255 && colorG == 255 && colorB == 255){
        colorR++;
    }else{
        console.log('error');
    }

    for (var d = 0; d < imgData.data.length; d += 4) {
        if(imgData.data[d+3]==0){
            //console.log(imgData.data[d+3]);
        }else{
            imgData.data[d] = colorR; //red
            imgData.data[d+1] = colorG; //green
            imgData.data[d+2] = colorB; //blue
            imgData.data[d+3] = 255; //alpha //
        }
    }

    colorHEX[sceneIDTmp][j] = rgbToHex(colorR,colorG,colorB);
}
```

รูปที่ 14 calClickAble

```
setTimeout( function() {
    ctx2.putImageData(imgData, 0, 0);
    ctx2.clearRect(0, 0, canvasHide.width, canvasHide.height); // clear for next round do not scan old obj

    var stage = viewer.stage();
    var asset = new Marzipano.DynamicCanvasAsset(canvas);
    var source = new Marzipano.SingleAssetSource(asset);
    var geometry = new Marzipano.EquirectGeometry({ width: canvas.width });
    var layer = scene.createLayer({
        source: source,
        geometry: geometry
    });

    layers.unshift({
        name: '1',
        layer: layer,
        canvas: canvas
    });
}, 200);

setTimeout( function() {
    if(j+1==maxObj){
        for (var z = 0; z <= maxObj-1; z++) {
            var img = new Image();
            img.src = 'img/' + sceneID + '_' + z + '_red.png';
            drawFinalMask(img,z);
        }
    }
}, 200);
```

รูปที่ 15 calClickAble (ต่อ)

5. drawFinalMask ฟังก์ชันการวาดภาพโดยใช้สีที่ถูกเก็บไว้ในตัวแปร colorHEX โดยใน canvas ที่ถูกวาดจะไม่แสดงบน scene แต่จะถูกแสดงด้านหลังของ background เวลาคลิกจะทำการคลิกที่ canvas ที่ถูกซ่อนแทน ดังรูปที่ 16

```
function drawFinalMask(img,z){
    img.onload = function () {
        ctx2.drawImage(img, 0, 0);

        var rgbCode = hexToRgb(colorHEX[sceneID-1][z]).split(',');
        var imgData = ctx2.getImageData(0, 0, canvasHide.width, canvasHide.height);
        var isNew = 0;
        colorR = rgbCode[0];
        colorG = rgbCode[1];
        colorB = rgbCode[2];

        for (var d = 0; d < imgData.data.length; d += 4) {
            if (imgData.data[d+3] != 0 && tempCheckDraw.includes(rgbToHex(imgData.data[d],imgData.data[d+1],imgData.data[d+2])) == false){
                imgData.data[d] = colorR; //red
                imgData.data[d+1] = colorG; //green
                imgData.data[d+2] = colorB; //blue
                imgData.data[d+3] = 255; //alpha hidden0 - 255
            }
        }

        tempCheckDraw[z] = rgbToHex(colorR,colorG,colorB);
        ctx2.putImageData(imgData, 0, 0);
        var stage = viewer.stage();
        var asset = new Marzipano.DynamicCanvasAsset(canvasHide);
        var source = new Marzipano.SingleAssetSource(asset);
        var geometry = new Marzipano.EquirectGeometry({width: canvasHide.width });
        var layer = scene.createLayer({
            source: source,
            geometry: geometry
        });
    };
}
```

รูปที่ 16 drawFinalMask

6. clickReporter ฟังก์ชันการระบุว่าวัตถุที่คลิกบน Scene เป็นวัตถุอะไร โดยมีการเช็คดูในตัวแปร colorHEX ว่าอยู่เป็นสีไหนในตัวแปรที่ถูกเก็บไว้และดึงตำแหน่งของวัตถุออกมา แสดงดังรูปที่ 17

```
function clickReporter(e) {
    var resultYawPitch = view.screenToCoordinates({ x: e.clientX, y: e.clientY });

    //var sourceX = (0.5 + 0.5 * resultYawPitch.yaw / Math.PI) * 1024;
    //var sourceY = (0.5 + resultYawPitch.pitch / Math.PI) * 512;
    var sourceX = (0.5 + 0.5 * resultYawPitch.yaw / Math.PI) * 2048;
    var sourceY = (0.5 + resultYawPitch.pitch / Math.PI) * 1024;
    //var sourceX = (0.5 + 0.5 * resultYawPitch.yaw / Math.PI) * 4096;
    //var sourceY = (0.5 + resultYawPitch.pitch / Math.PI) * 2048;
    // var sourceX = (0.5 + 0.5 * resultYawPitch.yaw / Math.PI) * 8192;
    // var sourceY = (0.5 + resultYawPitch.pitch / Math.PI) * 4096;

    var c = canvasHide.getContext('2d');
    var p = c.getImageData(sourceX, sourceY, 1, 1).data;
    //console.log(p);
    var sceneIDCheck = sceneID - 1;

    for (var i = 0; i < colorHEX[sceneIDCheck].length; i++) {
        if (colorHEX[sceneIDCheck][i] == rgbToHex(p[0],p[1],p[2])){
            //console.log(i);
            picID = i;
        }
    }
}
```

รูปที่ 17 clickReporter

3.3 ขั้นตอนการสร้างตัวอย่างแอปพลิเคชัน

ผู้วิจัยสร้างตัวอย่างคือร้านขายของและห้องคอนโดโดยการหาโมเดลสามมิติและนำเข้ามานาโปรแกรมยูนิตี้ ถัดมาคือสร้างคำอธิบายวัตถุโดยใช้ Canvas และ Mask ซึ่งเป็น GameObject แปลงค่าไว้ควบคุมรายละเอียดเพื่อให้ไม่เกินขอบเขตที่ต้องการ และการเปลี่ยนพื้นผิววัตถุ โดยการเปลี่ยน Material ของวัตถุที่มีการตั้งค่าไว้ให้เป็นสีต่างๆตามที่ต้องการ

3.4 ขั้นตอนการประเมินผล

ทำการเชิญผู้ร่วมทดสอบทดสอบระบบโดยใช้แบบสอบถามที่ใช้โมเดลการยอมรับเทคโนโลยี (TAM) ในการออกแบบชุดคำถาม โดยนำมาเป็นหัวข้อหลัก และใช้มาตราส่วนห้าจุดเพื่อกำหนดระดับความคิดเห็นของผู้ตอบแบบสอบถาม ที่คะแนน เห็นด้วย" คือ 5 โดยหัวข้อของชุดคำถามมีดังต่อไปนี้ "อย่างยิ่ง โดยแต่ละหัวข้อจะมี 5 คำถาม 1) รู้สึกง่ายในการใช้งาน 2) การรับรู้ถึงประโยชน์การใช้งาน 3) ทศนคติต่อการใช้งาน 4) ความตั้งใจที่จะใช้งานโดยตัวอย่างคำถาม คือ ง่ายต่อการใช้งานอุปกรณ์เอชทีซี ไวฟ์, ง่ายต่อการใช้งานแอปพลิเคชัน จัดอยู่ในหัวข้อรู้สึกง่ายในการใช้งาน ซึ่งการใช้ TAM เพื่ออธิบายถึงพฤติกรรมกับทัศนคติของผู้ใช้ (อ้างอิงจากบทความของคุณ Yi-Kai Juan) โดยผู้วิจัยเชิญผู้ร่วมทดสอบจำนวน 25 คนโดยอายุ 22-47 ปี เพศหญิง 13 คน เพศชาย 12 คน ซึ่งทดสอบโปรแกรมทั้งสามระบบคือแอปพลิเคชันความเป็นจริงเสมือน เว็บจีแอล และเว็บความจริงเสมือนบนมือถือ ผลลัพธ์จะได้เป็นค่าคะแนนผลรวมแต่ละหัวข้อที่คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ ซึ่งบ่งบอกถึงการเปรียบเทียบในด้านต่างๆของทั้งสามระบบคือ แอปพลิเคชันความเป็นจริงเสมือน เว็บจีแอล และเว็บความจริงเสมือนบนมือถือ ชุดแบบสอบถามสามารถเข้าได้ที่ลิงก์ <http://bit.ly/2VTEgel>

4. ผลและอภิปรายผล

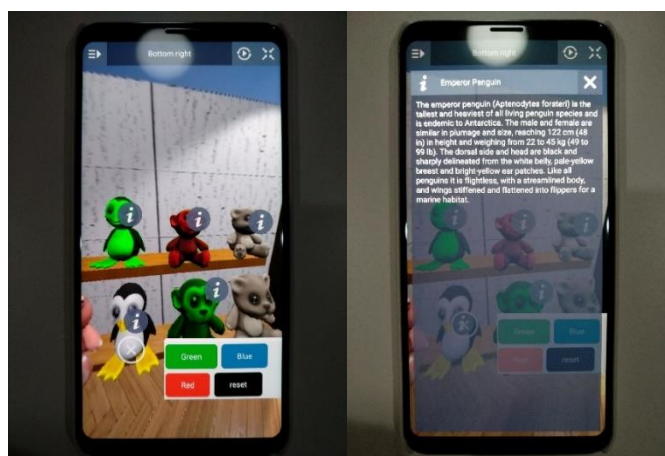
ผลการพัฒนาตัวอย่างแอปพลิเคชันที่มีความต้องการของระบบครบตามที่ออกแบบไว้ 2 ตัวอย่าง เพื่อแสดงสถานการณ์ที่แตกต่างกัน โดยสามารถแสดงหน้าจอแต่ละระบบคือแอปพลิเคชันบนเครื่องคอมพิวเตอร์ด้านความเป็นจริงเสมือน เว็บจีแอลและเว็บความจริงเสมือนบนมือถือดังรูปที่ 18 รูปที่ 19 และ รูปที่ 20 เป็นร้านขายของและรูปที่ 21 รูปที่ 22 และ รูปที่ 23 เป็นห้องคอนโดตามลำดับ



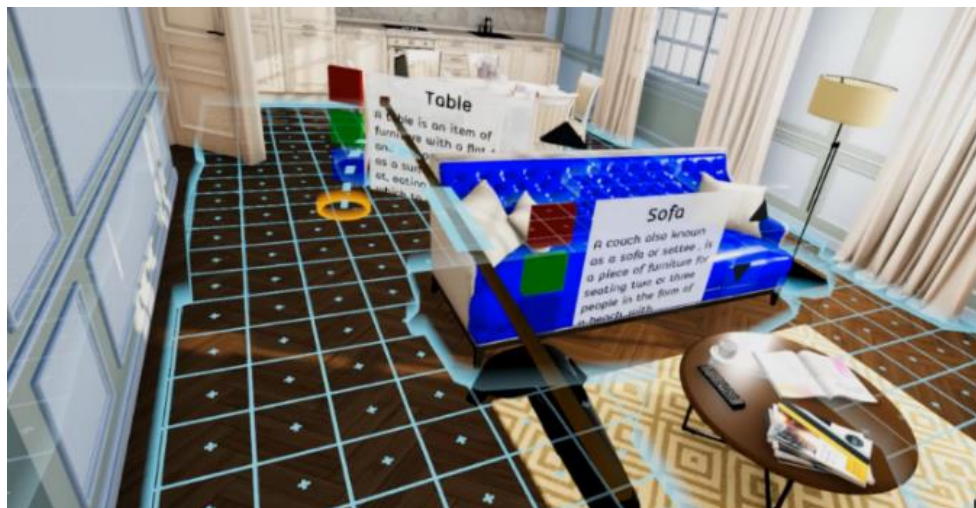
รูปที่ 18 แอปพลิเคชันบนโปรแกรมยูนิตี้ร้านขายของ



รูปที่ 19 เว็บจีแอลร้านขายของ



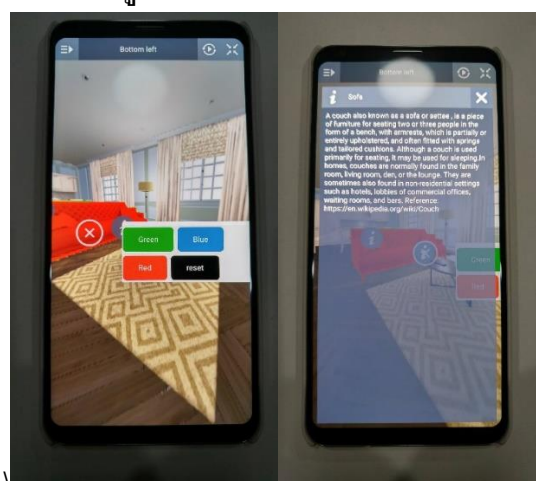
รูปที่ 20 เว็บความจริงเสมือนบนมือถือร้านขายของ



รูปที่ 21 แอปพลิเคชันบนโปรแกรมยูนิตี้ห้องคอนโด



รูปที่ 22 เว็บไซต์ห้องคอนโด



รูปที่ 23 เว็บไซต์จริงเสมือนบนมือถือห้องคอนโด

แอปพลิเคชันบนโปรแกรมยูนิต์สามารถใช้งานได้ทั้งแบบสวมอุปกรณ์เอชทีซี ไวฟ์และแบบไม่สวมอุปกรณ์เอชทีซี ไวฟ์ โดยหน้าจอและการทำงานจะเหมือนกับเว็บจีแอล แต่มีคุณภาพที่ดีกว่าเว็บจีแอล

ผลการประเมิน โดยผู้วิจัยเชิญผู้ร่วมทดสอบจำนวน 25 คนโดยอายุ 22-47 ปี เพศหญิง 13 คน เพศชาย 12 คน ซึ่งทดสอบโปรแกรมทั้งสามระบบคือแอปพลิเคชันความเป็นจริงเสมือน เว็บจีแอล และเว็บความเป็นจริงเสมือนบนมือถือ ผลการทดสอบเป็นตามตารางที่ 2 ต่อไปนี้ โดยคะแนนเต็มมี 25 คะแนน คิดออกมาเป็นค่าเฉลี่ยจากผลรวมของคำถามทั้งหมดในแต่ละหัวข้อ

ตารางที่ 2 ผลการประเมินของระบบ

ลำดับ	หัวข้อ	ค่าเฉลี่ยเป็นเปอร์เซ็นต์ของระบบ (%)			ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
		แอปฯVR	เว็บความจริงเสมือนบนมือถือ	เว็บจีแอล	
1	ความรู้สึกรู้สึกง่ายในการใช้งาน	77.44	70.08	85.44	7.68
2	การรับรู้ถึงประโยชน์ใช้งาน	88.16	80.16	84.96	4.03
3	ทัศนคติต่อการใช้งาน	81.44	82.56	85.60	2.15
4	ความตั้งใจที่จะใช้งาน	91.84	76.32	82.88	7.79
รวม		84.72	77.28	84.72	4.30

จากตารางที่ 2 แสดงถึงคะแนนของหัวข้อในด้านต่างๆ ซึ่งถ้าคะแนนมีค่ามากจะสะท้อนถึงหัวข้อดังกล่าวมากตามค่าคะแนน โดยในหัวข้อความรู้สึกรู้สึกง่ายในการใช้งานต่อเว็บจีแอลมีเปอร์เซ็นต์สูงที่สุดเพราะใช้งานบนคอมพิวเตอร์และไม่ต้องมีอุปกรณ์เสริม ที่หัวข้อทัศนคติต่อการใช้งาน เว็บจีแอลได้มากที่สุดเพราะใช้งานบนคอมพิวเตอร์ ประกอบกับในหัวข้อย่อยนี้ มีคำถามที่ว่าเวลาใช้งานอุปกรณ์แล้วรู้สึกมีหัวไหม ที่หัวข้อความตั้งใจที่จะใช้งาน แอปฯVR ได้มากที่สุดเพราะผู้ใช้งานได้เห็นมุมมองที่ต่างออกไปจึงเป็นสาเหตุหลักที่ได้เปอร์เซ็นต์สูงที่สุด

ความเป็นจริงเสมือนหลากหลายคุณภาพ ในบทความนี้คือ 1.แอปพลิเคชันแบบไม่สวมแว่นตา 2.แอปพลิเคชันแบบสวมแว่นตา 3.เว็บจีแอล 4.เว็บมือถือ ผลลัพธ์ที่ได้จากการนำขั้นตอนที่นำเสนอมาพัฒนาคือ แอปพลิเคชันแบบสวมแว่นตามีคุณภาพของการทำงานสูงที่สุดคุณภาพในด้านความละเอียดของภาพที่แสดงผล ความดื่มด่ำในการใช้งาน และการควบคุมภายในแอปพลิเคชันซึ่งมีอุปกรณ์ควบคุมเพิ่มเติม ลำดับถัดมาคือแอปพลิเคชันแบบไม่สวมแว่นตามีคุณภาพเหมือนกับลำดับแรกแต่จะไม่ต้องสวมแว่นตาและ ความดื่มด่ำในการใช้งานจะน้อยกว่าแบบสวมแว่นตา ลำดับถัดมาคือเว็บจีแอล คุณภาพที่ได้ความสะดวกในการใช้งานบนเว็บคอมพิวเตอร์ซึ่งแตกต่างกับคุณภาพที่ลดลงมาทั้งความละเอียด ความดื่มด่ำ และการควบคุมซึ่งการควบคุมจะเหมือนกับแอปพลิเคชันแบบไม่สวมแว่นตา คือใช้คีย์บอร์ดและเมาส์ในการควบคุมการเดินภายในห้อง ลำดับสุดท้ายคือเว็บมือถือ ซึ่งคุณภาพต่ำที่สุด แต่แตกต่างด้วยความสะดวกในการใช้งานสูงที่สุด ความละเอียดขึ้นอยู่กับค่าในการนำออกจากโปรแกรมยูนิต์ซึ่ง ยังมีความละเอียดมาก มือถือยังแบกรับภาระของการทำงานมากตามไปด้วย ในด้านการประมวลผลและการแสดงผล ซึ่งผู้วิจัยใช้เทคนิคการวาดภาพวัตถุลงใน 1 Layer และใช้เทคนิคการเทสและตรวจวัดสี เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการคลิกเพื่อระบุวัตถุ และเพื่อลดการสร้าง Layer เพิ่มอีก

การออกแบบเพียงครั้งเดียวในความเห็นของผู้วิจัยคือเทคนิคที่ช่วยลดขั้นตอนการพัฒนาการในขั้นตอนอื่นๆได้ซึ่งวิธีการเดิมคือต้องพัฒนาแอปพลิเคชันเพื่อการใช้งานแว่นตาเสมือนจริง และ พัฒนาการนำทางแบบความเป็นจริงเสมือนโดยใช้ภาพพาโนรามาซึ่งต้องเริ่มการสร้างจากการสร้างโมเดลสามมิติ การถ่ายภาพสามมิติ การเก็บตำแหน่งภาพสามมิติของวัตถุต่อกล้องที่จับภาพ ซึ่งการที่จะให้เนื้อหาแน่นตรงกันเป็นไปได้ แต่ต้องใช้ระยะเวลาและความพยายามที่สูงในการพัฒนา ซึ่งยูนิต์เป็นตัวช่วยที่ดีในการประสานงานระหว่างระบบปฏิบัติการได้อย่างดี

5. สรุปผลการวิจัย

ปัญหาเริ่มจากปัจจุบันมีหลายอุปกรณ์ทางความเป็นจริงเสมือนให้เลือกใช้ และอุปกรณ์ทางความเป็นจริงเสมือนยังมีราคาที่สูง ผู้วิจัยจึงนำเสนอการพัฒนาระบบความเป็นจริงเสมือนหลากหลายคุณภาพด้วยการออกแบบเพียงครั้งเดียว เพื่อเพิ่มความหลากหลายในการเข้าถึงข้อมูลของผู้ใช้งานโดยมีวิธีการคือใช้โปรแกรมยูนิตีพัฒนาแอปพลิเคชันหลักและ Capture ภาพ ข้อมูล และตำแหน่งวัตถุจากตัวโปรแกรมยูนิตีให้ส่งต่อมายังเว็บความเป็นจริงเสมือนบนมือถือ ที่ใช้วิธีการนี้เพราะปัจจุบันยูนิตีไม่สนับสนุนเว็บจีแอลบนมือถือ ประกอบกับไม่มีเครื่องมือใดๆที่สนับสนุนโดยตรงในการทำสร้างการนำเสนอแบบ 360 องศา ส่วนเว็บจีแอลที่ใช้บนคอมพิวเตอร์จะใช้ความสามารถของยูนิตีในการทำ Cross Platform ให้เปิดบนเว็บได้ โดยผลลัพธ์ออกมาเป็นที่น่าพอใจ กล่าวคือบรรลุตามความต้องการหลักของระบบได้ครบ และผลการประเมินเป็นไปตามที่คาดเดาคือผู้ใช้งานชินกับสิ่งเดิมอยู่แต่ยังทราบถึงประโยชน์ของความเป็นจริงเสมือนส่วนทัศนคติอาจจะได้ผลเปอร์เซ็นต์ที่ไม่ดีเพราะผู้ใช้งานบางคนมีนห้วงเวลาใช้งานซึ่งต่างกับใช้งานคอมพิวเตอร์และมือถือที่ส่วนใหญ่ต่างใช้กันเป็นปกติอยู่แล้ว

ข้อจำกัดคือเป็นเหมือนการโต้ขึ้นเรื่อยๆของขนาดโพลีเดอร์ซึ่งหากผู้ใช้งานมีวัตถุภายในห้องเยอะจะต้องใช้ขนาดพื้นที่ในการรองรับไฟล์ภาพเยอะขึ้นตามไปด้วย

ส่วนที่ยังสามารถพัฒนาได้ต่อไปในอนาคตคือข้อจำกัดด้านอุปกรณ์ความเป็นจริงเสมือนเพราะผู้วิจัยใช้เฮลมิทส์ ไวฟ์ในการพัฒนา ซึ่งในท้องตลาดปัจจุบันมีให้เลือกใช้ได้มาก เช่น Samsung Gear VR, Oculus Rift, Play Station VR, Google Daydream เป็นต้น

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร.นันทิ นิภานันท์ และ อ.ดร.พิชญะ สิทธิอมร เป็นอย่างสูงที่ได้สละเวลาให้คำแนะนำ ให้คำปรึกษา และแนวทางในการทำโครงงานมหาบัณฑิต ตลอดจนให้ยืมอุปกรณ์สำหรับใช้ในการทำโครงงานมหาบัณฑิตนี้จนสำเร็จ

ขอขอบคุณสมาชิกในห้องแลป Intelligent System Laboratory 2 (ISL2) สำหรับคำแนะนำต่างๆและกำลังใจที่ดีเสมอมาในการทำโครงงานมหาบัณฑิต

ขอกราบขอบพระคุณ คณาจารย์ทุกท่านในภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ความรู้ คำแนะนำ และแนวทางในการทำโครงงานมหาบัณฑิต

ขอขอบคุณ พี่ๆ เพื่อนๆ ในหลักสูตรวิศวกรรมซอฟต์แวร์ สำหรับคำแนะนำ ความร่วมมือในการทำแบบทดสอบและกำลังใจในการจัดทำโครงงานมหาบัณฑิต

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา รวมถึงสมาชิกในครอบครัวที่ให้การสนับสนุนและให้กำลังใจที่ดีเสมอมา

7. บรรณานุกรม

D. Sun, X. Liu. "Driving Self - Learning System Based on the Virtual Reality," *International Conference on Computer and Communications (ICCC 2017)*, Chengdu, China, 13-16 December 2017, pp. 2544-2548, 2017.

Imagemagick. Retrieved from <https://www.imagemagick.org>.

Kasey Panetta. Top Trends in the Gartner Hype Cycle for Emerging Technologies. Retrieved from <https://www.gartner.com/smarterwithgartner/top-trends-in-the-gartner-hype-cycle-for-emerging-technologies-2017>.

Marzipano. Retrieved from <http://www.marzipano.net>.

B. Panyangam, S. Surak, S. Panyakeaw. "Simplify methodology for developing VR applications based on shared VR materials," *International Conference on Software Engineering, Artificial Intelligence, Networking and Parallel/Distributed Computing (SNPD 2017)*, Kanazawa, Japan, 26-28 June 2017, pp. 193-198, 2017.

SteamVR Plugin. Retrieved from <https://assetstore.unity.com/packages/tools/integration/steamvr-plugin-32647>.

Technology acceptance model. Available Online at http://edutechwiki.unige.ch/en/Technology_acceptance_model.

Unity 3D. Retrieved from <https://unity.com>.

Vive. Retrieved from <https://www.vive.com>.

Vive-Teleporter. Retrieved from <https://github.com/Flafila2/Vive-Teleporter>.

V. Sathe, P. Gupta, K. Kaushik, S. Bhat and S. Deshpande, "Virtual Reality Websites (VR WEB)," *International Conference on Electronics, Communication and Aerospace Technology (ICECA 2017)*, Coimbatore, India, 20-22 April 2017, Volume 1, pp. 647-652, 2017.

WebGL. Retrieved from https://www.khronos.org/webgl/wiki/Main_Page.

What VR platforms are best for game development?. Retrieved from <https://arvrjourney.com/what-vr-platforms-are-best-for-game-development-b5b65084a2c2>.

Yi-Kai Juan, Hsing-Hung Chen and Hao-Yun Chi, "Developing and Evaluating a Virtual Reality-Based Navigation System for Pre-Sale Housing Sales," *Applied Sciences*, Volume 8, Issue 6, Article number 952, 2018.

360° Screenshot Capture. Retrieved from <https://assetstore.unity.com/packages/tools/camera/360-screenshot-capture-112864>.