ต้นแบบเทคโนโลยีส่งเสริมคุณภาพการบริการโทรเวชกรรมด้วยแว่นโฮโลเลนส์

ศรัณย์ สุวรรณโภชน์

วิทยานิพนธ์เสนอบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร
เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
ปีการศึกษา 2565
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยนเรศวร

ต้นแบบเทคโนโลยีส่งเสริมคุณภาพการบริการโทรเวชกรรมด้วยแว่นโฮโลเลนส์

ศรัณย์ สุวรรณโภชน์

วิทยานิพนธ์เสนอบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร
เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
ปีการศึกษา 2565
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยนเรศวร

วิทยานิพนธ์ เรื่อง "ต้นแบบเทคโนโลยีส่งเสริมคุณภาพการบริการโทรเวชกรรมด้วยแว่นโฮโลเลนส์"
ของ ศรัณย์ สุวรรณโภชน์
ได้รับการพิจารณาให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์
(รองศาสตราจารย์ ดร.จักรชัย โสอินทร์)

..... ประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
(ศาสตราจารย์ ดร.ไพศาล มุณีสว่าง)

..... กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายใน
(ดร.เศรษฐา ตั้งค้าวานิช)

..... กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายใน
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พนมขวัญ ริยะมงคล)

อนุมัติ

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.กรองกาญจน์ ชูทิพย์)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อเรื่อง ต้นแบบเทคโนโลยีส่งเสริมคุณภาพการบริการโทรเวชกรรมด้วยแว่นโฮโลเลนส์

ผู้วิจัย ศรัณย์ สุวรรณโภชน์

ประธานที่ปรึกษา ศาสตราจารย์ ดร.ไพศาล มุณีสว่าง

ประเภทสารนิพนธ์ วิทยานิพนธ์ วศ.ม. วิศวกรรมคอมพิวเตอร์, มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2565

คำสำคัญ HoloLens, การแพทย์ฉุกเฉินทางไกล, ความเป็นจริงเสมือน, โฮโลแกรม

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันนี้ระบบการแพทย์มีความก้าวหน้า รวมถึงระบบเครือข่ายอินเตอร์เน็ตที่มีความเสถียรและรวดเร็วอย่างมาก ทำให้สามารถติดต่อสื่อการแลกเปลี่ยนข้อมูลได้ง่ายมากขึ้น และเป็นแหล่งความรู้อันมหาศาล ทำให้เป็นสิ่งที่จำเป็นสำหรับมนุษย์ในยุคปัจจุบัน และเทคโนโลยีภาพ 3 มิติที่เจริญก้าวหน้าอย่างมากและถูกนำมาประยุกต์ผนวกกับแอปพลิเคชันต่างๆ ทำให้ผู้ใช้งานเห็นภาพและมีความเข้าใจมากขึ้น และยิ่งมีความก้าวหน้าทางวิทยาการของอุปกรณ์เคลื่อนที่ (mobile) แล้วทำให้สามารถเข้าถึงข้อมูลหรือการเชื่อมต่อได้ทุกที่ ทุกเวลา (everywhere and everytime) ซึ่งความก้าวหน้าเหล่านี้ทำให้ผู้วิจัยทำการสร้าง “ต้นแบบเทคโนโลยีส่งเสริมคุณภาพการบริการโทรเวชกรรมด้วยแว่นโฮโลเลนส์” สำหรับบุคลากรทางด้านการแพทย์ในห้องผู้ป่วยหนัก (ICU) เพื่อให้ผู้ขอคำปรึกษาสามารถทำการปรึกษาผู้เชี่ยวชาญหรือผู้ให้คำปรึกษา ได้ด้วยเทคโนโลยีแว่นโฮโลเลนส์และโทรศัพท์มือถือสมาร์ทโฟน เพื่อการรักษาผู้ป่วยได้อย่างมีประสิทธิภาพ ระบบนี้จะสามารถใช้ในขณะตรวจสอบติดตามอาการของผู้ป่วยในห้องผู้ป่วยหนักในโรงพยาบาล ระบบสามารถค้นหาข้อมูลส่วนตัวผู้ป่วย รวมถึงข้อมูลการวินิจฉัย, การจ่ายยา, และ ผลแล็ปของผู้ป่วยจากเลขบัตรประชาชน 13 หลักผ่านทางศูนย์ข้อมูลที่เชื่อมกับฐานข้อมูลในโรงพยาบาลต่างๆ พร้อมกับสามารถแนบข้อมูลของผู้ป่วยส่งไปยังผู้ให้คำปรึกษาด้วยระบบเทคโนโลยีการแพทย์ทางไกลผ่านระบบวิดีโอคอล ทั้งจากเครื่องโฮโลเลนส์กับโฮโลเลนส์หรือเครื่องโฮโลเลนส์กับโทรศัพท์มือถือ

Title A PROTOTYPE TECHNOLOGY FOR IMPROVE THE QUALITY OF TELEMEDICINE WITH HOLOLENS

Author Saran Suwannapoth

Advisor Professor Paisarn Muneesawang, Ph.D.

Academic Paper M.Eng. Thesis in Computer Engineering, Naresuan University, 2022

Keywords HoloLens, Telemedicine, Mixed Reality, Hologram

ABSTRACT

Nowadays, the medical system has progressed. Including a very fast and stable internet connection, causing communication and exchange of information more easily, and is a great source of knowledge. This makes it important for modern society. And 3-D Imaging technology has continued to progress and has been applied to various applications. Give users visualize and understand more. Advancements in mobile technology allow access to information and connections anywhere and every time. These advancements have led the researcher to create “Phototype technology for improve the quality of telemedicine with HoloLens” for medical staff in the intensive care unit (ICU) so that requesters can request a consultation with a medical specialist or advisor with the technology of HoloLens and smartphone for effective treatment. The system can search patient personal information, medical records, medicine order records, or lab result records from Thai National ID through a data center that is linked to a database in various hospitals. Along with being able to attach patient information to the consultant by telemedicine using a video call system from HoloLens to HoloLens or HoloLens to a smartphone.

ประกาศคุณูปการ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณายิ่งจากท่านอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ศาสตราจารย์.ดร.ไพศาล มุณีสว่าง ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำตลอดระยาเวลาในการศึกษาค้นคว้า และประสบการณ์ในการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ ผู้ดำเนินวิทยานิพนธ์ขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่โรงพยาบาลที่เข้าร่วมทดสอบ ที่ให้ความอนุเคราะห์ อำนวยความสะดวกข้อมูลในการศึกษาค้นคว้าในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณทีมงานโครงการสำนักงานคณะกรรมการกิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์และกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ ตลอดจนผู้มีพระคุณอีกหลายท่านที่มิได้กล่าวนาม ที่ค่อยช่วยเหลือให้คำปรึกษาแนะนำและคอยให้กำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จลุลวงได้ด้วยดี เหนือสิ่งอื่นใดผู้ดำเนินวิทยานิพนธ์ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ญาติพี่น้องที่คอยให้กำลังใจและมีส่วนสนับสนุนให้การทำงานสำเร็จได้ด้วยดีทุกประการจนสำเร็จการศึกษา

ศรัณย์ สุวรรณโภชน์

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ค

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ง

ประกาศคุณูปการ ..... จ

สารบัญ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญภาพ ..... ฎ

บทที่ 1 บทนำ 1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

วัตถุประสงค์ 2

ขอบเขตการวิจัย 3

นิยามศัพท์เฉพาะ 3

ประโยชน์ที่ได้รับ 3

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4

โทรเวชกรรม หรือ การแพทย์ทางไกล (Telemedicine) 4

ระบบของการแพทย์ทางไกล 5

หมวดหมู่ของเทคโนโลยีโทรเวชกรรม 6

สถานะปัจจุบันของระบบโทรเวชกรรม 7

โอกาสที่ได้จากระบบโทรเวชกรรม 8

เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมหรือความเป็นจริงแต่งเติม (Augmented Reality) 8

ลักษณะของอุปกรณ์ความเป็นจริงเสริม 10
สถาปัตยกรรมของระบบความเป็นจริงเสริม 11
เทคโนโลยีความเป็นจริงผสม (Mixed Reality) 12
แว่นโฮโลเลนส์ (HoloLens) 14
ฮาร์ดแวร์แว่นโฮโลเลนส์ 17
เทคโนโลยี Universal Windows Platforms (UWP) 19
เทคโนโลยี Web Real-Time Communication (WebRTC) 20
การทำงานโดยรวมของระบบ WebRTC 21
Signaling Server 23
เทคโนโลยี Firebase 25
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 26
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย 28
ประชากรกลุ่มตัวอย่าง 28
การเก็บรวบรวมข้อมูล 28
เครื่องมือที่ใช้ 28
การออกแบบระบบ 30
แบบประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งานระบบ 47
การวิเคราะห์ข้อมูล 48
สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล 48
บทที่ 4 ผลการวิจัย 49
การเชื่อมต่อฐานข้อมูลผู้ป่วยจากศูนย์ข้อมูล 49
การทดสอบแอปพลิเคชันเทคโนโลยีการแพทย์ทางไกล 51

การทดสอบแอปพลิเคชันเทคโนโลยีการแพทย์ทางไกลฝั่งผู้ขอคำปรึกษาและให้คำปรึกษาด้วยแว่นโฮโลเลนส์.....51
การทดสอบแอปพลิเคชันเทคโนโลยีการแพทย์ทางไกลฝั่งให้คำปรึกษาบนโทรศัพท์มือถือสมาร์ตโฟน.....61
ผลการประเมินระบบจากผู้ทดสอบใช้งาน.....67
บทที่ 5 บทสรุป.....74
สรุปผลการวิจัย.....74
อภิปรายผลการวิจัย.....75
ข้อเสนอแนะ.....75
บรรณานุกรม.....76
ภาคผนวก.....81
ประวัติผู้วิจัย.....87

สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 1 รายละเอียดเครื่องโฮโลเลนส์ 15

ตาราง 2 คำอธิบายของ Use Case Diagram: เข้าสู่ระบบ 31

ตาราง 3 คำอธิบายของ Use Case Diagram: ค้นหาข้อมูลผู้ป่วย 31

ตาราง 4 คำอธิบายของ Use Case Diagram: ดูข้อมูลผู้ป่วย 32

ตาราง 5 คำอธิบายของ Use Case Diagram: ขอคำปรึกษา 32

ตาราง 6 คำอธิบายของ Use Case Diagram: ตอบรับคำปรึกษา 33

ตาราง 7 user_data (ข้อมูลบัญชีผู้ใช้งาน) 40

ตาราง 8 personal_information (ข้อมูลส่วนตัวของผู้ป่วย) 41

ตาราง 9 visit_information (ข้อมูลการเข้ารักษาของผู้ป่วย) 42

ตาราง 10 diagnosis_information (ข้อมูลการวินิจฉัยของผู้ป่วย) 43

ตาราง 11 order_information (ข้อมูลการจ่ายยาของผู้ป่วย) 43

ตาราง 12 lab_information (ข้อมูลผลแล็บของผู้ป่วย) 44

ตาราง 13 video_call_hololens_user (ข้อมูลสถานะการวิดีโอคอลของผู้ใช้งาน) 44

ตาราง 14 video_call_hololens (ข้อมูลสถานะการวิดีโอคอล) 45

ตาราง 15 ข้อมูลเกี่ยวกับสถานภาพและข้อมูลพื้นฐานของผู้ตอบแบบสอบถาม 67

ตาราง 16 สรุปผลการตอบแบบสอบถามความพึงพอใจต่อการใช้ระบบให้คำปรึกษาด้วยเทคโนโลยีแว่นโฮโลเลนส์ 69

ตาราง 17 ผลการตอบแบบสอบถามเปรียบเทียบการทำงานของระบบให้คำปรึกษาด้วยเทคโนโลยีแว่นโฮโลเลนส์ ระหว่างแว่นโฮโลเลนส์กับโฮโลเลนส์ และแว่นโฮโลเลนส์กับโทรศัพท์มือถือสมาร์ตโฟน 71

ตาราง 18 สรุปผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานของระบบให้คำปรึกษาด้วยเทคโนโลยีแว่นโฮโลแกรม ระหว่างแว่นโฮโลเลนส์กับโฮโลเลนส์ หรือแว่นโฮโลเลนส์กับโทรศัพท์มือถือสมาร์ตโฟน.....72

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพ 1 แสดงการทำงานของระบบโทรเวชกรรม 5

ภาพ 2 แสดงจำนวนประชากรผู้สูงอายุในประเทศไทย 7

ภาพ 3 แสดงคอมพิวเตอร์วิทัศน์กับความจริงเสริม 10

ภาพ 4 ลักษณะของอุปกรณ์ความเป็นจริงเสริม 11

ภาพ 5 ความเป็นจริงผสมคือผลลัพธ์จากการผสมกันระหว่างโลกแห่งความเป็นจริงกับโลกดิจิทัล 13

ภาพ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างคอมพิวเตอร์ มนุษย์และสภาพแวดล้อม 14

ภาพ 7 แสดงแว่นโฮโลเลนส์ 14

ภาพ 8 รูปแสดงตัวประมวลผลบนบอร์ดโฮโลเลนส์ 17

ภาพ 9 รูป แสดง กล้อง และ เซนเซอร์ 18

ภาพ 10 รูปแสดง เลนส์, Light Engines และ IMU 19

ภาพ 11 รูปแสดงสถาปัตยกรรมของ WebRTC 21

ภาพ 12 รูปแสดงโครงสร้าง RTCPeerConnection 22

ภาพ 13 รูปแสดงการทำงานระหว่างเครื่องลูกข่ายกับ Signaling Server 24

ภาพ 14 แสดงข้อความ SDP 25

ภาพ 15 แสดงตัวอย่างการเก็บข้อมูลในรูปแบบ JSON บน Firebase 26

ภาพ 16 แผนภาพยุสเคสของระบบ 30

ภาพ 17 แผนภาพคลาส (Class Diagram) ของระบบ 34

ภาพ 18 แผนภาพซีเควนซ์การเข้าสู่ระบบ 35

ภาพ 19 แผนภาพซีเควนซ์การค้นหาประวัติข้อมูลของผู้ป่วยและการแสดงผลฝั่งผู้ขอคำปรึกษา....36
ภาพ 20 แผนภาพซีเควนซ์การรับประวัติข้อมูลของผู้ป่วยและการแสดงผลฝั่งผู้ให้คำปรึกษา....36
ภาพ 21 แผนภาพซีเควนซ์การขอคำปรึกษาจากผู้ขอคำปรึกษา....37
ภาพ 22 แผนภาพการให้คำปรึกษาจากผู้ให้คำปรึกษา....38
ภาพ 23 แผนภาพอีอาร์ของระบบ....39
ภาพ 24 แสดง Flow การทำงานของแอปพลิเคชันฝั่งผู้ขอคำปรึกษาบนแว่นโฮโลเลนส์....46
ภาพ 25 แสดง Flow การทำงานของแอปพลิเคชันฝั่งผู้ให้คำปรึกษาบนแว่นโฮโลเลนส์....46
ภาพ 26 แสดง Flow การทำงานของแอปพลิเคชันฝั่งผู้ให้คำปรึกษาบนสมาร์ตโฟน....47
ภาพ 27 สถาปัตยกรรมของระบบศูนย์ข้อมูล (Data Center)....50
ภาพ 28 แสดงไอโคอนของแอปพลิเคชันบนโฮโลเลนส์....51
ภาพ 29 หน้าการเข้าสู่ระบบ....52
ภาพ 30 แจ้งเตือนการเข้าสู่ระบบสำเร็จ....52
ภาพ 31 หน้ายืนยันการกรอกรหัส PIN....53
ภาพ 32 หน้าหลักของฝั่งผู้ขอคำปรึกษา....53
ภาพ 33 หน้าหลักของผู้ให้คำปรึกษา....54
ภาพ 34 หน้าค้นหาข้อมูลผู้ป่วย....55
ภาพ 35 ผลลัพธ์จากการถ่ายรูปด้วย FaceID....55
ภาพ 36 หน้าแสดงประวัติส่วนตัวของผู้ป่วย....56
ภาพ 37 แสดงข้อมูลการตรวจแบ่งตามรายวัน....56
ภาพ 38 รายละเอียดข้อมูลการตรวจ....57

ภาพ 39 แสดงข้อมูลวินิจฉัยแบ่งตามรายวัน 57
ภาพ 40 รายละเอียดข้อมูลการวินิจฉัย 57
ภาพ 41 แสดงข้อมูลการจ่ายยาแบ่งตามรายวัน 58
ภาพ 42 รายละเอียดข้อมูลการจ่ายยา 58
ภาพ 43 แสดงข้อมูลผลแลปแบ่งตามรายวัน 58
ภาพ 44 รายละเอียดข้อมูลผลแลป 59
ภาพ 45 หน้ารายชื่อของผู้ขอคำปรึกษา/ผู้ให้คำปรึกษาที่กำลังใช้งาน 60
ภาพ 46 รอการตอบรับจากผู้โทรออก 60
ภาพ 47 รอการตอบรับจากผู้รอรับสาย 60
ภาพ 48 แสดงการสนทนาด้วยระบบวิดีโอคอล 61
ภาพ 49 แสดงไอคอนของแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์ 61
ภาพ 50 หน้าการเข้าสู่ระบบ 62
ภาพ 51 หน้าหลัก 63
ภาพ 52 หน้ารายชื่อของผู้ขอคำปรึกษา/ผู้ให้คำปรึกษาที่กำลังใช้งาน 64
ภาพ 53 รอการตอบรับจากผู้โทรออกและผู้รอรับสาย 64
ภาพ 54 แสดงการสนทนาด้วยระบบวิดีโอคอล 65
ภาพ 55 หน้าแสดงประวัติส่วนตัวของผู้ป่วย 65
ภาพ 56 แสดงผลตรวจกับผลแลป 66
ภาพ 57 แสดงผลการจ่ายยากับการวินิจฉัย 66

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันเทคโนโลยีและการสื่อสารนั้น มีความเจริญก้าวหน้ามากขึ้น โดยเฉพาะเทคโนโลยีทางด้านคอมพิวเตอร์และอินเตอร์เน็ต ซึ่งได้เข้ามามีบทบาทสำคัญในชีวิตประจำวันของผู้คนมากขึ้น ทำให้การสื่อสารทางไกลและการเข้าถึงข้อมูลนั้น เป็นไปได้ง่ายมากยิ่งขึ้น

โดยปัจจุบัน การสื่อสารผ่านระบบอินเตอร์เน็ตนั้น มีหลายรูปแบบ อย่างเช่น การส่งข้อความการสื่อสารผ่านจดหมายอิเล็กทรอนิกส์ (Email) การโอนย้ายข้อมูล (File Transfer Protocol) หรือการสนทนาผ่านเครือข่าย เป็นต้น ในปัจจุบันนี้ อุปกรณ์ทางการสื่อสารนั้นมีความเจริญก้าวหน้ามากขึ้น ประกอบกับอินเตอร์เน็ตที่มีความเร็วมากขึ้นและสามารถเข้าถึงได้ง่ายขึ้น ทำให้การสื่อสารผ่านระบบอินเตอร์เน็ตนั้นมีความสำคัญมากขึ้น โดยเฉพาะ การสนทนาผ่านเครือข่ายนั้น เริ่มมีบทบาทในชีวิตประจำวันมากขึ้น เพราะมีแอปพลิเคชันที่สามารถเข้าถึงได้โดยง่าย อย่างเช่น Facebook Line หรือ Skype ที่สามารถสื่อสารกันได้ทั้งการส่งข้อความแบบ Text-based การอัพโหลดรูปภาพ ข้อมูล หรือแม้กระทั่งการสื่อสารผ่านทางระบบวิดิโอคอล ที่ที่สามารถสื่อสารกันได้ทั้งภาพและเสียงแบบเรียลไทม์ ทำให้ผู้คนสามารถสื่อสารกันได้อย่างสะดวกสบายมากยิ่งขึ้น โดยไม่จำเป็นต้องมาพบกันแบบตัวต่อตัวเหมือนสมัยก่อน ทำให้ไม่เสียเวลาและค่าใช้จ่ายสำหรับการเดินมาพบกัน

การมาของการสนทนาผ่านเครือข่ายนี้ ทำให้หลายๆ องค์กร ได้นำเทคโนโลยีเหล่านี้ ไปประยุกต์ใช้กับเพื่ออำนวยความสะดวกและประโยชน์ แก่ องค์กร อย่างเช่น Video Conference หรือ การ Online Consult ในทางการแพทย์ก็เช่นเดียวกัน โดยนำเทคโนโลยี ไปประยุกช์ใช้ในการขอคำปรึกษาจากแพทย์ผู้เชี่ยวชาญเฉพาะทาง หรือ การวินิจฉัยโรคคนไข้ที่อยู่ห่างไกล ทำให้ประหยัดทั้งเวลา ค่าใช้จ่าย และยังช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการวินิจฉัยและรักษาอีกด้วย

ในระบบการขอคำปรึกษาทางการแพทย์นั้น จะเป็นกระบวนการขอคำปรึกษาระหว่าง ผู้ร้องขอคำปรึกษา กับ ผู้ให้คำปรึกษา โดยมีการพิจารณาประวัติทางแพทย์ของผู้ป่วย การตรวจสอบผู้ป่วย และคำแนะนำข้อปฏิบัติ และวิธีการรักษา เป็นต้น โดยปรกตินั้น ผู้ร้องขอคำปรึกษา อย่างเช่น พยาบาล จะทำการโทรไปหาทางผู้ให้คำปรึกษา ผ่านทางการแชทผ่านข้อความ การโทรหาผ่านทางโทรศัพท์ หรือผ่านระบบวิดิโอคอล เพื่อทำการขอคำแนะนำต่างๆ และจะมีการส่งภาพถ่าย ภาพวิดิโอ หรือ ประวัติของผู้ป่วย ไปยังผู้ให้คำปรึกษาอีกด้วย

เนื่องด้วยในปัจจุบันประเทศไทยอยู่ในภาวะที่มีการขาดแคลนแพทย์เฉพาะทางเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะแพทย์เฉพาะทางด้านเวชบำบัดวิกฤตในพื้นที่ต่างจังหวัดและพื้นที่ห่างไกลในชนบท แพทย์ที่ประจำอยู่ห้องไอซียู (Intensive care unit: ICU) ในท้องที่ห่างไกลมักเป็นเป็นแพทย์ที่มีประสบการณ์และความเชี่ยวชาญน้อย ส่งผลให้พื้นที่เหล่านี้มีข้อจำกัดต่อการเข้าถึงการรักษา โดยเฉพาะกรณีที่พบว่าผู้ป่วยมีอัตราเสี่ยงต่อการเป็นโรคเฉพาะทางที่ต้องการใช้ความรวดเร็วในการวินิจฉัยและการรักษา เช่น โรคหัวใจ โรคเกี่ยวกับหลอดเลือดสมอง หากผู้ป่วยมีอาการหนักหรือมีภาวะแทรกซ้อน และไม่มีแพทย์ผู้เชี่ยวชาญคอยให้คำปรึกษาได้ทันเวลา อาจจะทำให้ผู้เกิดการเสียชีวิตได้

ในปัจจุบันได้มีเทคโนโลยีที่เรียกว่า เทคโนโลยีความจริงผสม (Mixed Reality: MR) ที่อยู่ในแว่นแสดงภาพเสมือนจริง (HoloLens) ที่เป็นอุปกรณ์ที่ถูกพัฒนาโดยความร่วมมือกันระหว่าง NASA กับ Microsoft สามารถแสดงผลภาพโฮโลแกรมในโลกดิจิตอลให้มีจริงขึ้นมาที่สามารถจับต้องได้ด้วยการควบคุมด้วยมือ หรือผ่านการสั่งด้วยเสียง และยังเป็นอุปกรณ์ที่สามารถทำงานได้ด้วยตัวมันเองโดยไม่ต้องพึ่งอุปกรณ์ภายนอก อย่างเช่น คอมพิวเตอร์ หรือ สมาร์ตโฟน เป็นต้น โดยแว่นโฮโลเลนส์นี้จะมาช่วยให้การทำงานของบุคลากรเจ้าหน้าที่นั้นเป็นไปได้สะดวกยิ่งขึ้นในการติดต่อการแพทย์ทางไกล เพราะแว่นโฮโลเลนส์จะทำหน้าที่แสดงข้อมูลทางการแพทย์และยังเป็นกล้องที่สามารถส่องไปยังผู้ป่วยแบบใกล้ชิดไปยังแพทย์ผู้เชี่ยวชาญ โดยที่ผู้ป่วยไม่ต้องเคลื่อนที่มากนัก และแพทย์ผู้เชี่ยวชาญสามารถรับคำปรึกษาผ่านเครื่องโทรศัพท์มือถือได้โดยง่าย เพราะในยุคปัจจุบันนี้โทรศัพท์มือถือนั้นได้เข้ามาเป็นส่วนหนึ่งในชีวิตประจำวันและระบบอินเตอร์เน็ตมีความรวดเร็วยิ่งขึ้นด้วย

ด้วยการผสมผสานเทคโนโลยีแว่นโฮโลเลนส์กับการแพทย์ทางไกลนี้ จะเป็นการช่วยให้การให้การบริการทางการแพทย์มีประสิทธิภาพมากขึ้น อย่างเช่น การแสดงประวัติผู้ป่วย การจำลองการผ่าตัด หรือการฉีดยา โดยแสดงกระบวนเหล่านี้ในลักษณะเป็นภาพ 3 มิติบนโลกเสมือนจริง โดยไม่จำเป็นต้องมีอุปกรณ์หลายอย่างมากมาย มีเพียงอุปกรณ์เพียงตัวเดียว เพื่อทำให้ประหยัดเวลา และค่าใช้จ่ายในทางการแพทย์

จากข้อมูลที่กล่าวมาและความสำคัญข้างต้น จึงทำให้ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะศึกษาการขอคำปรึกษาผ่านเทคโนโลยีความจริงเสริม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการขอคำปรึกษากันระหว่างผู้ร้องขอคำปรึกษากับผู้ให้คำปรึกษา เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการดูแลผู้ป่วยให้ดียิ่งขึ้น

วัตถุประสงค์

1. เพื่อประยุกต์ใช้เครื่องโฮโลเลนส์ กับการปรึกษาแพทย์ทางไกลในห้อง ICU
2. เพื่อสร้างแอปพลิเคชันปรึกษาแพทย์ทางไกลด้วยแว่นโฮโลเลนส์ในห้อง ICU

3. เพื่อประเมินศักยภาพในการปรึกษาผ่านการปรึกษาแพทย์ทางไกลด้วยเครื่องโฮโลเลนส์

ขอบเขตการวิจัย

1. พัฒนาระบบการปรึกษาทางไกลระหว่างผู้ขอคำปรึกษาและผู้ให้คำปรึกษาผ่านเครื่องโฮโลเลนส์กับเครื่องโฮโลเลนส์และเครื่องโฮโลเลนส์กับเครื่องโทรศัพท์มือถือ ตามลำดับ

2. ทดสอบความสามารถในการปรึกษาผ่านระบบแพทย์ทางไกลด้วยเครื่องโฮโลเลนส์

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. ความเป็นจริงเสริม (Augmented Reality) หมายถึง เทคโนโลยีที่ผสมผสานระหว่างความเป็นจริงและโลกเสมือนที่สร้างขึ้นมาผสานเข้าด้วยกัน ผ่านซอฟต์แวร์และอุปกรณ์เชื่อมต่อต่าง ๆ

2. ความเป็นจริงผสม (Mixed Reality) หมายถึง เทคโนโลยีที่นำข้อมูลจากทั้งโลกจริงและโลกเสริมมาผสมกัน

3. โทรเวชกรรม (Telemedicine) หมายถึง เทคโนโลยีที่ช่วยให้ผู้ป่วยและบุคลากร ทางการแพทย์สามารถพูดคุยตอบโต้กันได้แบบทันที

4. วิดีโอคอนเฟอเรนซ์ (Video Conference) หมายถึง ระบบประชุมทางไกลที่ผสมผสานระหว่างภาพ ข้อมูล และเสียง ให้เปรียบเสมือนมีการประชุมอยู่ในห้องเดียวกัน

5. ส่วนต่อประสานโปรแกรมประยุกต์ (application programming interface หรือ API) หมายถึง วิธีการที่ระบบปฏิบัติการ ไลบรารี หรือบริการอื่นๆ เปิดให้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สามารถติดต่อเรียกใช้งานได้

6. ICU (Intensive Care Unit) คือ ห้องดูแลผู้ป่วยหนัก เป็นพื้นที่ที่จัดเพื่อดูแลรักษาผู้ป่วยที่มีอาการสาหัสเสี่ยงต่อการเสียชีวิต

ประโยชน์ที่ได้รับ

ได้แอปพลิเคชันสำหรับการขอคำปรึกษาในรูปแบบความจริงเสริม (Augmented Reality) เพื่อให้ผู้ร้องขอคำปรึกษา กับ ผู้ให้ปรึกษาสนทนากันด้วยระบบ Video Conference ในรูปแบบความจริงเสริม เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิ์ภาพในการดูแลผู้ป่วยให้ดียิ่งขึ้นในห้อง ICU

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

โทรเวชกรรม หรือ การแพทย์ทางไกล (Telemedicine)

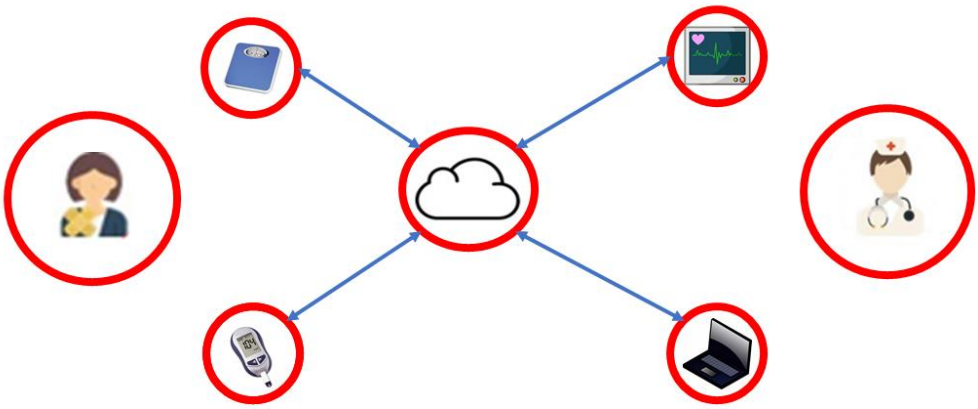
ปัญหาหลักที่พบในระบบการดูแลสุขภาพในหลายๆ ประเทศ คือ ปัญหาของการได้รับการบริการที่เท่าเทียมกัน ปัญหาเรื่องการเข้าถึงบริการและความคุ้มค่าต่อการใช้จ่าย ซึ่งในปัจจุบัน ด้วยการที่เทคโนโลยีมีความก้าวหน้ามากขึ้น โดยเฉพาะทางด้านระบบเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร หรือ ไอซีที (Information and communication technology: ICT) ไม่ว่าจะเป็นคอมพิวเตอร์ โทรศัพท์มือถือต่าง ๆ ซึ่งทำให้เกิดเทคโนโลยีที่เรียกว่า Telemedicine หรือ โทรเวชกรรม หรือ ระบบแพทย์ทางไกลขึ้นมา ซึ่งระบบนี้เกิดจากการผนวกกันระหว่างงานทางการแพทย์และเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร เพื่อให้บริการแก่ผู้ป่วยได้อย่างไร้ขีดจำกัดในเรื่องเวลาและสถานที่ องค์การอนามัยโลกได้ (World Health Organization: WHO) ได้ให้คำจำกัดความของคำว่าการแพทย์ทางไกล หรือ Telemedicine หมายถึง การจัดให้บริการด้านสาธารณสุขแก่ประชาชนที่อยู่ห่างไกลโดยบุคคลากรผู้เชี่ยวชาญทางการแพทย์ อาศัยเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารเพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการวินิจฉัย การรักษาและการป้องกันโรคต่าง ๆ การศึกษาวิจัยและเพื่อประโยชนำหรับการศึกษาต่อเนื่องของบุคลากรทางการแพทย์

การใช้ระบบ Telemedicine เริ่มต้นในปี ค.ศ. 1960 จากแรงผลักดันทางการทหารและเทคโนโลยีทางอวกาศของประเทศสหรัฐอเมริกา ร่วมกับการใช้อุปกรณ์การสื่อสารที่มีอยู่ในขณะนั้น เช่นการให้คำแนะนำทางการแพทย์จากผู้เชี่ยวชาญจากโรงเรียนแพทย์ไปยังศูนย์การแพทย์ที่สนามบิน ต่อมาการใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารที่ก้าวหน้าและหลากหลายทั่วโลกเป็นปัจจัยผลักดันที่สำคัญที่สุดของการพัฒนาระบบ Telemedicine โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงทศวรรษที่ผ่านมาที่เปลี่ยนแปลงจากยุคอนาล็อก (analog) ไปสู่ยุคดิจิทัล (digital) รวมไปถึงราคาของอุปกรณ์เทคโนโลยีสารสนเทศที่ลดลง ซึ่งเป็นแรงจูงใจที่กระตุ้นความสนใจของสถานพยาบาลต่าง ๆ ที่จะจัดหาวิธีใหม่ที่มีประสิทธิภาพเพื่อการรักษาพยาบาลผู้ป่วยให้ดีขึ้น ในปัจจุบันระบบอินเทอร์เน็ตได้เข้ามาเป็นส่วนหนึ่งในชีวิตประจำวันทำให้ระบบ Telemedicine ขยายขอบเขตไปยัง Web-based application เช่นจดหมายอิเล็กทรอนิกส์ (electronic mail หรือ e-mail) การประชุมทางไกล (Teleconference) และการปรึกษาทางไกล (Teleconsultation) รวมถึงการใช้สื่อมัลติมีเดีย เช่น รูปถ่ายดิจิทัลและวีดีโอ

ในประเทศไทยก็ได้เริ่มมีระบบแพทย์ทางไกลมาหลายสิบปี โดย นพ.มานิตย์ ประพันธศิลป์ แพทย์ผู้เชี่ยวชาญด้านเวชศาสตร์ครอบครัว และเวชศาสตร์ป้องกัน หนึ่งในผู้ก่อตั้งรุ่นแรกๆ ของ “มูลนิธิแพทย์ชนบท” ผู้ซึ่งมีประสบการณ์จริงในเรื่องการรักษาพยาบาลในพื้นที่ห่างไกล ได้กล่าวถึงระบบแพทย์ทางไกลในอดีตว่า พื้นที่ในชนบทจะไม่ค่อยมีแพทย์ประจำ จะมีเพียงบุคลากรทางการแพทย์ระดับต้นประจำ จึงได้มีการจัดหาเครื่องมือการสื่อสาร เช่น วิทยุสื่อสาร สำหรับพูดคุยกับแพทย์ โดยบุคลากรในพื้นที่จะซักถามอาการและตรวจคนไข้ตามคำแนะนำของแพทย์ แพทย์จะทำการวินิจฉัยและให้คำแนะนำในการรักษาผู้ป่วยแก่บุคลากรในพื้นที่ วิธีนี้ทำให้สามารถแก้ปัญหาและเพิ่มคุณภาพบริการได้ระดับหนึ่ง

ระบบของการแพทย์ทางไกล

ในระบบโทรเวชกรรมจะประกอบไปด้วยอินเตอร์เฟซระหว่าง ซอฟต์แวร์ (software) และฮาร์ดแวร์ (hardware) และช่องทางการติดต่อสื่อสารเพื่อทำการสร้างทางเชื่อมต่อกันระหว่างกันเพื่อที่จะแลกเปลี่ยนข้อมูลและทำการให้คำปรึกษาทางการแพทย์ทางไกล



ภาพ 1 แสดงการทำงานของระบบโทรเวชกรรม

โดยทางฮาร์ดแวร์จะประกอบไปด้วย เครื่องคอมพิวเตอร์ ปริ้นเตอร์ สแกนเนอร์ อุปกรณ์สำหรับการประชุมทางไกลผ่านระบบวิดีโอ เป็นต้น

ส่วนทางด้านซอฟแวร์จะเป็นส่วนที่ทำการเข้าถึงข้อมูลทางการแพทย์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับผู้ป่วย อย่างเช่น รูปภาพ รายงาน ภาพเอกซ์เรย์ เป็นต้น

ช่องทางการติดต่อสื่อสารจะเป็นตัวทำการเชื่อมการสื่อสารเพื่อให้ทั้ง ผู้ขอคำปรึกษา และ ผู้ให้คำปรึกษาสามารถติดต่อกันได้ เช่น การสื่อสารผ่านโทรศัพท์ การสื่อสารผ่านอินเตอร์เน็ต เป็นต้น

หมวดหมู่ของเทคโนโลยีโทรเวชกรรม

เทคโนโลยีโทรเวชกรรมสามารถแบ่งได้ตามลักษณะของการรับส่งข้อมูลได้เป็น 3 หมวดหมู่ ได้แก่

1. Store-and-forward telemedicine (Asynchronous) เป็นการรับส่งข้อมูลด้านการแพทย์ เช่น ผลตรวจจากห้องปฏิบัติการ ภาพเอกซเรย์ ภาพถ่าย หรือวิดีโอ รวมไปถึงข้อมูลประวัติผู้ป่วยจากเวชระเบียน ไปให้แพทย์หรือผู้เชี่ยวชาญทางการแพทย์เพื่อการวินิจฉัยโรคและวางแผนการรักษา ข้อแตกต่างที่สำคัญของการแพทย์แบบเดิมกับการแพทย์ทางไกลประเภทนี้คือ แพทย์ที่รับข้อมูลจากต้นทางนั้นจะไม่สามารถซักประวัติหรือตรวจร่างกายของผู้ป่วยได้โดยตรง แต่จะอาศัยข้อมูลรายงานประวัติความเจ็บป่วยและข้อมูลภาพหรือวีดีโอที่ได้รับส่งต่อมาเท่านั้น ซึ่ง Telemedicine ประเภทนี้ทั้งผู้ส่งและผู้รับข้อมูลจะไม่ได้ตอบโต้ในเวลาเดียวกัน แต่จะส่งข้อมูลผ่านช่องทางการสื่อสารผ่านเคลือข่ายระบบอินเทอร์เน็ตอย่างเช่น จดหมายอิเล็กทรอนิกส์ หรือ ระบบ Server เป็นต้น วิธีนี้นิยมใช้เพื่อปรึกษาขอการวินิจฉัยโรค หรือให้คำแนะนำการรักษาเกี่ยวกับโรคผิวหนัง เรียกว่า Tele dermatology หรือการรับส่งข้อมูลภาพถ่ายรังสี เรียกว่า Teleradiology หรือการรับส่งข้อมูลภาพชิ้นเนื้อจากกล้องจุลทรรศน์ เรียกว่า Telepathology

2. Remote monitoring telemedicine หรือ self-monitoring / testing นิยมใช้สำหรับการติดตามการรักษาผู้ป่วยโรคเรื้อรังที่อยู่ห่างไกลจากโรงพยาบาล เช่น เบาหวาน หอบหืด โรคหัวใจ เป็นต้น ตัวอย่างการใช้วิธี Remote monitoring telemedicine ได้แก่ ผู้ป่วยตรวจระดับน้ำตาลในเลือดด้วยตนเองโดยใช้เครื่องเจาะน้ำตาลในเลือดจากปลายนิ้ว แล้วส่งผลการตรวจผ่านทางโทรสารหรือโทรศัพท์ หรือ e-mail มาให้แพทย์เพื่อแนะนำปรับยารักษาโรคเบาหวาน โดยที่ผู้ป่วยไม่ต้องเดินทางมาพบแพทย์ที่โรงพยาบาลหรือคลินิก อีกตัวอย่างเช่น ผู้ป่วยที่รับประทานยาป้องกันลิ่มเลือด ซึ่งผู้ป่วยสามารถใช้เครื่องเจาะเลือดที่ปลายนิ้วเพื่อวัดค่าการแข็งตัวของเลือดด้วยตนเอง แล้วส่งผลที่ได้มาให้แพทย์เพื่อพิจารณาปรับยาป้องกันลิ่มเลือด โดยปกติผู้ที่รับประทานยาป้องกันลิ่มเลือดควรตรวจวัดค่าการแข็งตัวของเลือดทุกเดือน หากผู้ป่วยอยู่ต่างจังหวัดหรือไม่สะดวกที่จะมาพบแพทย์ได้ทุกเดือน การใช้ระบบแพทย์ทางไกลวิธีนี้จะช่วยให้แพทย์สามารถติดตามการใช้ยาและปรับขนาดยาให้เหมาะสมกับผู้ป่วยได้ดียิ่งขึ้น ซึ่งสร้างความพึงพอใจให้แก่ผู้ป่วยเป็นอย่างมาก เนื่องจากไม่ต้องเสียเวลาและค่าใช้จ่ายในการเดินทางมาพบแพทย์

3. Interactive telemedicine เป็นการนำเทคโนโลยีที่ช่วยให้ผู้ป่วยและบุคลากรทางการแพทย์สามารถพูดคุยตอบโต้กันได้ทันทีในเวลาเดียวกัน (Real-time) เช่น การพูดคุยผ่านทางโทรศัพท์หรือการสื่อสารผ่านระบบ video conference ที่สามารถเห็นหน้าคู่สนทนาทั้งสองฝ่ายได้ วิธีนี้ช่วยให้แพทย์ผู้เชี่ยวชาญที่อยู่โรงพยาบาลอื่นสามารถซักประวัติผู้ป่วย สั่งตรวจร่างกาย และประเมิน

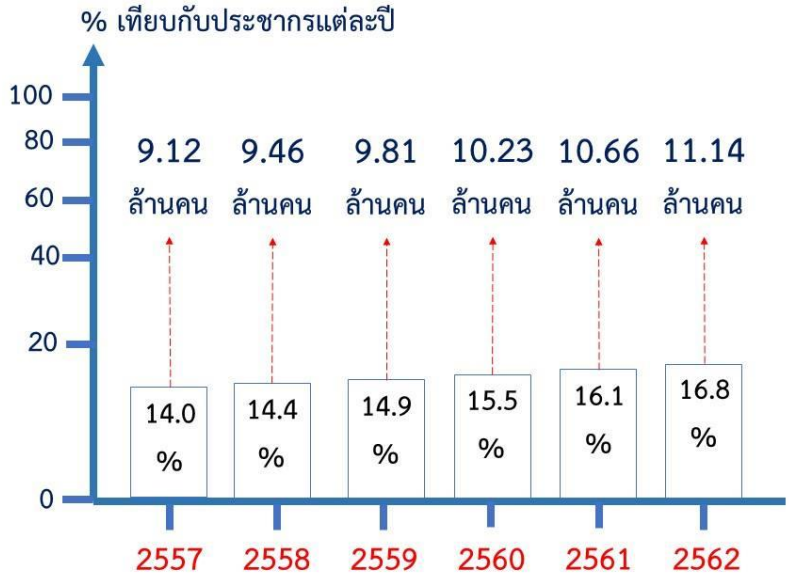
สภาวะทางจิตใจของผู้ป่วยจากโรงพยาบาลที่ขอปรึกษาได้ โดยมีแพทย์ที่ขอปรึกษาจากโรงพยาบาลนั้นอยู่กับผู้ป่วยด้วย เพื่อช่วยในการตรวจร่างกายตามคำแนะนำของแพทย์ผู้เชี่ยวชาญ

สถานะปัจจุบันของระบบโทรเวชกรรม

ระบบโทรเวชกรรมในปัจจุบันได้เป็นส่วนหนึ่งของการให้บริการทางการแพทย์ ด้วยเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ในปัจจุบันนั้นมีความรวดเร็วในการเข้าถึงข้อมูลมากยิ่งขึ้น ทำให้การบริการทางการแพทย์ในปัจจุบันได้รับผลประโยชน์จากการเข้าถึงข้อมูล โดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีระดับสังคมผู้สูงอายุ

โดยทั่วไปผู้สูงอายุมักจะเจอปัญหาอาการป่วยเรื้อรัง ปัญหาทางด้านร่างกายและจิตใจสุขภาพย่ำแย่ ไม่มีคนดูแลตลอดเวลา อยู่ในที่ห่างไกล ทำให้ความสามารถในการเยี่ยมหาหมอทั่วไป หรือ หมอเฉพาะทางเป็นไปได้ยากมากยิ่งขึ้น หรือ แทบเป็นไปไม่ได้ ซึ่งในกลุ่มนี้จึงเป็นกลุ่มที่เหมาะสมต่อการให้บริการทางแพทย์ทางไกล ซึ่งการวินิจฉัยโรค ดูและและบำบัด ผู้สูงอายุสามารถทำได้ที่บ้านหรือโรงพยาบาลใกล้ผ่านการบริการทางแพทย์ทางไกลได้เลย

ตัวอย่างในปัจจุบัน ประเทศไทยกำลังจะกลายเป็นสังคมผู้สูงอายุ อัตราส่วนผู้สูงอายุที่อายุเกิน 60 ปี นั้นมีมากถึง 15.5% ในปี พ.ศ. 2560 นักกายภาพบำบัดและพยาบาลต้องดูแลเฉลี่ยถึง 1,843 และ 405 คน ตามลำดับ มูลนิธิสถาบันวิจัยและพัฒนาผู้สูงอายุไทยคาดการณ์ว่า ประเทศไทยจะเป็นสังคมผู้สูงอายุอย่างสมบูรณ์ ในปี พ.ศ. 2564 และจะเป็นสังคมสูงอายุระดับสุดยอดในปี พ.ศ. 2578



ภาพ 2 แสดงจำนวนประชากรผู้สูงอายุในประเทศไทย

โอกาสที่ได้จากระบบโทรเวชกรรม

ในหลายประเทศกำลังประสบปัญหาด้านการกำลังเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุ ประชาชนในพื้นที่ห่างไกลอย่างเช่น ในพื้นที่ชนบท มักจะเกิดปัญหาการเข้าถึงการบริการทางการแพทย์มากกว่าประชาชนที่อาศัยอยู่ในเมือง ปัญหายิ่งแย่ไปกว่านั้นถ้าเกิดเหตุฉุกเฉินที่ผู้ป่วยต้องเข้ารับการบริการอย่างเร่งด่วนที่สุด ระบบโทรเวชกรรมสามารถให้บริการได้ ไม่ว่าระหว่างจะห่างไกลแค่ไหน จากเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร โอกาสที่ได้จากการบริการทางไกลแบ่งออกเป็น

1. ลดค่าใช้จ่าย จุดมุ่งหมายหลักของการนำเทคโนโลยีดิจิตอลมาใช้ก็เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการให้บริการโดยใช้ค่าใช้จ่ายให้น้อยลง ในกรณีของการบริการระบบโทรเวชกรรม จะเป็นการลดค่าใช้จ่ายในการเดินทางของผู้ป่วย ผู้ป่วยสามารถเข้าถึงบริการผ่านระบบออนไลน์ได้เลย และลดการใช้สรรพยากรณ์ของโรงพยาบาลอีกด้วย

2. การให้ความรู้ทางการแพทย์ ในหลายประเทศยังประสบปัญหาการขาดแคลนบุคลากรทางการแพทย์และบุคลากรเฉพาะทาง ในพื้นที่ชนบทมักจะไม่มีผู้เชี่ยวชาญที่คอยให้คำปรึกษาและการบำบัด ระบบโทรเวชกรรมสามารถใช้ในการแลกเปลี่ยนข้อมูล ความรู้ ประสบการณ์ ระหว่างบุคลากรทางการแพทย์และผู้เชี่ยวชาญ

3. ความเท่าเทียมของการบริการด้านสุขภาพ ระบบโทรเวชกรรมจะช่วยให้การเข้าถึงข้อมูลทางการแพทย์ได้ง่ายขึ้นเพียงแค่ต่ออินเตอร์เน็ตเท่านั้น โดยไปต้องเดินทางมายังโรงพยาบาล และยังแหล่งการเรียนรู้ ช่วยให้บุคลากรท้องถิ่นหรือบุคลากรฝึกหัดสามารถเรียนรู้จากผู้มีประสบการณ์เพื่อให้มีความเท่าเทียมในการรักษา

4. การบริการที่หลากหลาย เนื่องจากเทคโนโลยีมีความรวดเร็วและทันสมัยมากยิ่งขึ้น จากสมัยก่อนที่สามารถส่งได้แค่ข้อมูลธรรมดาทั่วไป ณ ปัจจุบันการส่งข้อมูลแบบมัลติมีเดียเป็นได้ง่ายมากยิ่งขึ้นและรวดเร็ว ประสิทธิภาพของอุปกรณ์มากขึ้นและราคาลดลง ซึ่งเป็นการเปิดโอกาสการให้บริการทางแพทย์ได้มากยิ่งขึ้น

เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมหรือความเป็นจริงแต่งเติม (Augmented Reality)

ความเป็นจริงเสริมหรือความเป็นจริงแต่งเติม (Augmented Reality) คือ การแสดงข้อมูลแบบเวลาจริงวางซ้อนบนทิวทัศน์บนโลกแห่งความเป็นจริง โดยข้อมูลนั้นจะถูกสร้างจากตัวประมลผลท้องถิ่นและจากแหล่งข้อมูลต่างๆ อย่างเช่น ข้อมูลจากดาต้าเบส (Database) หรือจากแหล่งข้อมูลห่างไกล และจะถูกแต่งเติมด้วยตัวรับเซ็นเซอร์ (Sensory Input) อย่างเช่น วิดีโอ เสียง หรือ ตำแหน่งและ ข้อมูลของสถานที่

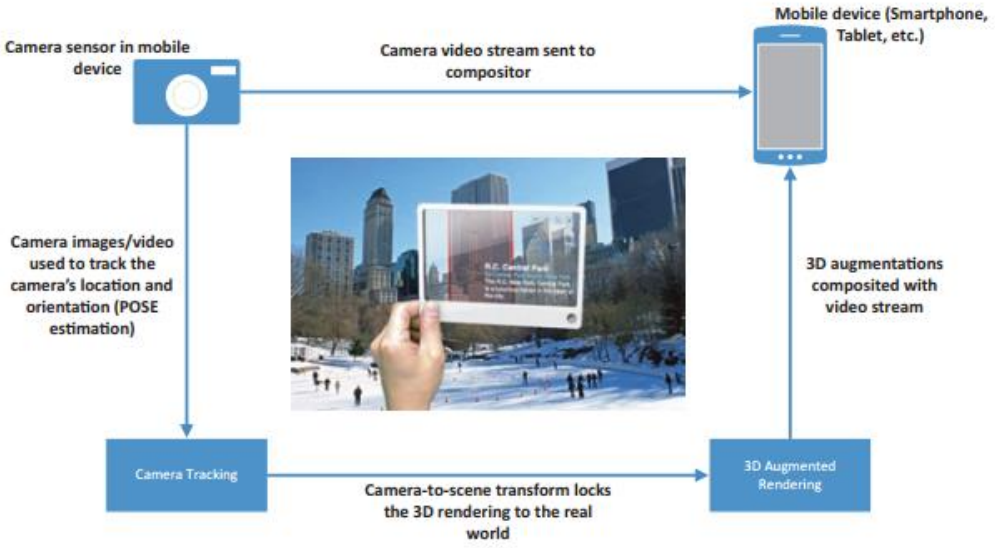
เทคโนโลยีที่ใช้ในความเป็นจริงเสริมสำหรับการแสดงนั้นประกอบไปด้วย ระบบการฉายภาพแบบออปติคอล การแสดงผล อุปกรณ์แบบพกพา (อย่างเช่น สมาร์ตโฟน หรือ แทปเล็ต) และอุปกรณ์แสดงผลแบบสวมใส่อยากเช่น แว่นตา หรือหมวก

อุปกรณ์ความเป็นจริงเสริมจะใช้เทคโนโลยีหลายๆส่วน ได้แก่

1. หน่วยประมวลผลด้านกราฟิกในการแสดงผล (GPU)
2. อุปกรณ์สำหรับฉายหรือแสดงผลในการสร้างภาพ
3. เซ็นเซอร์
    3.1. รับตำแหน่งบนโลกแห่งความเป็นจริง เพื่อทำการจำลองบนโลก 3 มิติ
    3.2. เซ็นเซอร์จับการเคลื่อนไหว (Motion Sensor)
    3.3. เซ็นเซอร์ระดับความสูง
    3.4. เซ็นเซอร์ติดตามลูกตา
4. ระบบแยกแยะวัตถุและแยกประเภทวัตถุ (อย่างเช่น โต๊ะ เก้าอี้ กำแพง เป็นต้น) เพื่อทำการวางตำแหน่งภาพเสมือนข้างๆ หรือบนวัตถุนั้น
5. ระบบเสียงสำหรับการติดต่อสื่อสาร
6. ระบบปฏิบัติการสำหรับการควบคุมภาพเสมือนด้วยการเคลื่อนไหวมือ เสียง ลูกตา หรือร่างกาย
7. การติดต่อสื่อสารแบบไร้สาย (Wireless Communication)

ความจริงเสริมนี้อนุญาตให้ข้อมูลประเภทดิจิตัล อย่างเช่น วิดิโอ รูปภาพ เกมส์ สามารถแสดงบนโลกแห่งความจริงได้ผ่านเลนส์ของอุปกร์พกพา หรืออุปกรณ์สวมใส่ได้

หนึ่งในส่วนสำคัญของความเป็นจริงเสริมนั้นคือความสามารถในการให้ผู้ใช้มองเห็นสภาพแวดล้อมรอบๆตัว อย่างไรก็ตาม อุปกรณ์สำหรับความเป็นจริงเสริมนั้นจะต้องรับรู้ถึงสภาพแวดล้อมนั้นด้วย ซึ่งในส่วนนี้จะต้องพึ่งพาระบบคอมพิวเตอร์วิทัศน์ด้วย (Computer Vision) ส่วนแสดงผลทั้งหมดที่ใช้ในระบบความจริงเสริมนี้ (ยกเว้น สมาร์ตโฟน แทปเล็ต และโน้ตบุ๊ค) จะเรียกด้วยรวมว่า see-through, near-to-the-eye displays หรือ NEDs

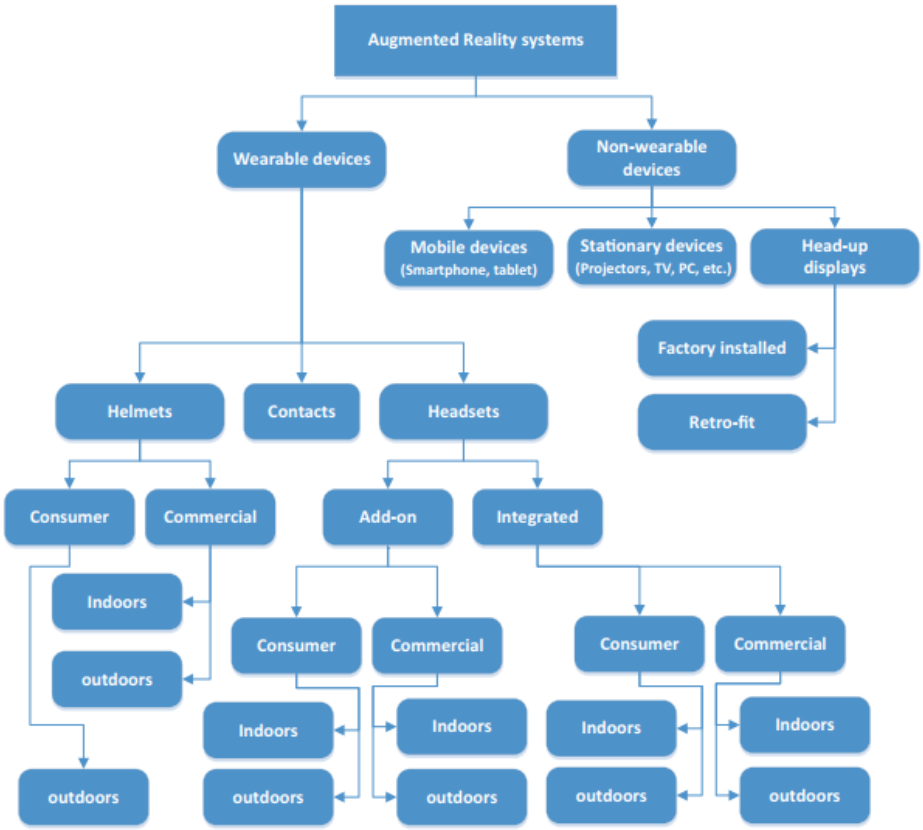


ภาพ 3 แสดงคอมพิวเตอร์วิทัศน์กับความจริงเสริม

ที่มา: https://www.designer-daily.com/30-awesome-futuristic-product-concepts-26509

ลักษณะของอุปกรณ์ความเป็นจริงเสริม

ระบบของความเป็นจริงเสริมสามารถแบบออกได้หลายรูปแบบ ขึ้นอยู่กับลักษณะของอุปกรณ์ความเป็นจริงเสริมนั้น โดยหลักๆ จะจำแนกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ อุปกรณ์ที่สามารถสวมใส่ได้ และอุปกรณ์ที่ไม่สามารถสวมใส่ได้



ภาพ 4 ลักษณะของอุปกรณ์ความเป็นจริงเสริม

ที่มา: https://ebrary.net/123100/sociology/taxonomy_augmented_reality

สถาปัตยกรรมของระบบความเป็นจริงเสริม

สถาปัตยกรรมของระบบความเป็นจริงเสริมจะประกอบไปด้วย 4 ส่วน ได้แก่ การจับสภาพแวดล้อม, การระบุสภาพแวดล้อม, การประมวลผลสภาพแวดล้อมและ การแสดงโฮโลแกรมบนสภาพแวดล้อม

1. การจับสภาพแวดล้อม (Scene Capture) จะสามารถจับสภาพแวดล้อมโดยรอบผ่านอุปกรณ์ ที่สามารถรับรู้โลกความเป็นจริง มีด้วยกัน 2 ประเภท คือ

1.1. Video-through devices คือ การจับภาพความเป็นจริงผ่านการอัดวิดีโอแล้วแสดงภาพโฮโลแกรมบนวิดีโอนั้น อย่างเช่น แสดงภาพโฮโลแกรมบนวิดีโอที่กำลังอัดบนโทรศัพท์มือถือ

1.2. See-through devices คือ การจับภาพความเป็นจริงแล้วแสดงภาพความเป็นจริงเสริมไปยังผู้ใช้งานโดยตรง อย่างเช่น โฮโลเลนส์

2. การระบุสภาพแวดล้อม (Scene Identification) แบ่งเป็น 2 ประเภทหลัก คือ

2.1. Marker-based คือ การแสดงผลของภาพความเป็นจริงเสริมผ่าน ตัวระบุ (Marker) จากกล้องวิดีโอ แล้วนำข้อมูลของ Marker ที่ได้จากการวิเคราะห์ไปสืบค้นจากฐานข้อมูล (Marker Database) ที่มีการเก็บข้อมูลรูปแบบของ Marker นี้ แล้วนำมาแสดงผล

2.2. Non-marker-based หรือ Marker-less-based คือ การแสดงผลของภาพความเป็นจริงเสริม โดยไม่ต้องผ่านคัวระบุ (Marker) แต่ใช้การระบุลักษณะต่างๆ ที่อยู่ในภาพมาวิเคราะห์แทน หรือระบุจากสถานที่ที่อุปกรณ์ใช้งานอยู่ ผ่านการใช้งานระบบ GPS

3. การประมวลผลสภาพแวดล้อม คือ การระบุและคำนวณข้อมูลจากจุดบนพื้นที่ความเป็นจริงผ่านอุปกรณ์ แล้วนำข้อมูลที่ได้

4. การแสดงโฮโลแกรมบนสภาพแวดล้อม คือ การนำภาพโฮโลแกรมไปแสดงผลบนโลกความเป็นจริง

เทคโนโลยีความเป็นจริงผสม (Mixed Reality)

ความเป็นจริงผสม (Mixed Reality) คือ เทคโนโลยีโลกเสมือนที่ต่อยอดมาจากเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม (Augmented Reality) ที่นำเทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือน (Virtual Reality) กับ ความเป็นจริงเสริมมาเข้าไว้ด้วยกันเพื่อให้วัตถุทางดิจิทัลสามารถตอบโต้กับโลกแห่งความเป็นจริงได้ อุปกรณ์ที่ใช้เทคโนโลยีนี้ประกอบไปด้วย เครื่องโฮโลเลนส์ (HoloLens), โฮโลเลนส์ 2 (HoloLens 2) หรือ Magic Leap โดยเทคโนโลยีความเป็นผสมนี้ครอบคลุมถึง

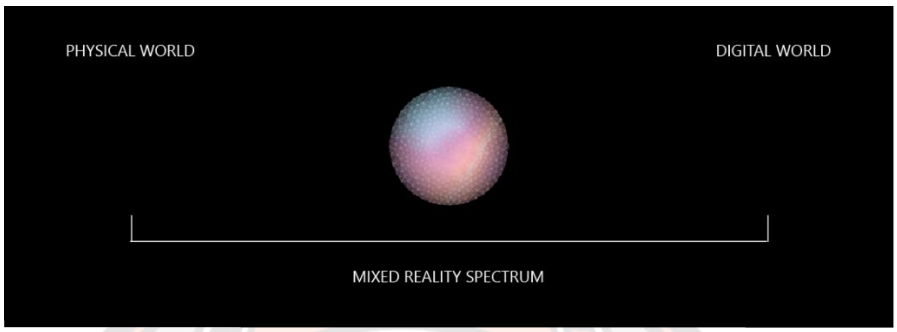
1. ความตระหนักถึงสภาพแวดล้อม สามารถแปลงค่าสภาพแวดล้อมโดยรอบและนำข้อมูลในรูปแบบดิจิทัลไปแสดงทับซ้อนบนสภาพแวดล้อมนั้นได้

2. ความตระหนักถึงมนุษย์ โดยการใช้เทคโนโลยีจากกล้องและเซนเซอร์เพื่อจับการเคลื่อนไหว เสียง และการป้อนข้อมูลในรูปแบบต่างๆ จากผู้ใช้งาน

3. ระบบมิติเสียง สามารถแสดงเสียงรอบทิศทางในรูปแบบ 360 องศามายังผู้ใช้งาน

4. ตำแหน่งและที่อยู่ สามารถตระหนักถึงตำแหน่งที่อยู่ของโลกความเป็นจริงเสมือนและโลกแห่งความเป็นจริงในเวลาเดียวกัน

5. โฮโลแกรม (Hologram) เทคโนโลยีภาพ 3 มิติที่ถูกสร้างขึ้นด้วยกระบวนการโฮโลกราฟี (Holography) เป็นเทคนิคการถ่ายภาพที่บันทึกแสงที่กระจัดกระจายจากวัตถุ แล้วนำเสนอในรูปแบบที่ดูเหมือน 3 มิติ

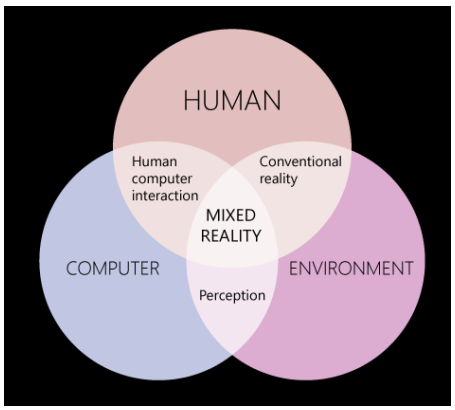


ภาพ 5 ความเป็นจริงผสมคือผลลัพธ์จากการผสมกันระหว่างโลกแห่งความเป็นจริงกับโลกดิจิทัล

ที่มา: https://learn.microsoft.com/en-us/windows/mixed-reality/discover/mixed-reality

การทำงานของเทคโนโลยีความเป็นผสมจะใช้กล้องและเซนเซอร์จำนวนหลายตัวและเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence) ในการประมวลผลและเก็บข้อมูลสภาพแวดล้อมโดยรอบอุปกรณ์แล้วนำข้อมูลที่ได้มาสร้างโลกจำลอง และนำข้อมูลดิจิทัลหรือโฮโลแกรมมาแสดงซ้อนทับสภาพแวดล้อม และแสดงภาพให้ผู้ใช้งานผ่านจอแสดงภาพของอุปกรณ์

ส่วนประกอบสำคัญในการจำลองประสบการณ์โลกความเป็นจริงผสมต่อผู้ใช้งานประกอบไปด้วย เทคโนโลยีการประมวลผลด้วยระบบคลาวด์ เทคโนโลยีการป้อนข้อมูลขั้นสูงจากผู้ใช้ และเทคโนโลยีการรับรู้สภาพแวดล้อมโดยรอบผู้ใช้งาน



ภาพ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างคอมพิวเตอร์ มนุษย์และสภาพแวดล้อม

ที่มา: https://learn.microsoft.com/en-us/windows/mixed-reality/discover/mixed-reality

แว่นโฮโลเลนส์ (HoloLens)

ภาพ 7 แสดงแว่นโฮโลเลนส์

ที่มา: https://haptic.al/hat-is-hololens-mixed-reality-c01198c5bbb

โฮโลเลนส์ (HoloLens) คือ แว่นโฮโลสโคป หรือ แว่นตาแสดงภาพโฮโลแกรม 3 มิติ พัฒนาโดยบริษัท ไมโครซอฟท์ มีความสามารถในการภาพเสมือนจริง หรือ โฮโลแกรม ที่สามารถมองเห็นวัตถุจากโลกดิจิตอลในโลกจริงได้ ด้วยการควบคุมด้วยมือ หรือผ่านการสั่งด้วยเสียง (Speech Recognition)

ตาราง 1 รายละเอียดเครื่องโฮโลเลนส์

ส่วนประกอบ	ข้อมูลจำเพาะ
CPU	Intel 32 bit architecture
HPU	Custom-built Microsoft Holographic Processing Unit (HPU 1.0)
RAM	2 GB
Storage	64 GB Flash
Display	2 HD 16:9 light engines
OS	Windows 10
Buttons	Brightness, volume, power
User Input	Gaze, voice, gesture
Rotational Tracking	Gyroscope, Magnetometer, Accelerometer
Positional Tracking	depth camera, 4 greyscale environment understanding cameras

แถบคาดศีรษะ (Headband) จะประกอบไปด้วย แว่นกันแสงที่มีเลนส์สำหรับแสดงวิสัยทัศน์ต่าง ๆ รวมถึงอุปกรณ์ไฟฟ้า หน่วยประมวลผล หน่วยความจำ กล้อง ลำโพงทั้งหมดอยู่ในแถบขาดศีรษะ

ลำโพงและเสียงบรรยากาศ (Speaker and Spatial Sound) จะมีลำโพงเล็ก ๆ ติดอยู่ใต้แถบขาดศีรษะ บริเวณหูของผู้สวมใส่ทั้ง 2 ข้าง

โฮโลเลนส์นั้นมีตัวควบคุมบนอุปกรณ์ 3 อย่าง คือ สวิตช์ เปิด-ปิด เครื่อง ตัวควบคุมความดังเสียง และตัวควบคุมความแตกต่างของสีในตัวแสดงผลบนเลนส์ ในส่วนการใช้แอปพลิเคชัน จากผู้ใช้งานโดยส่วนใหญ่ จะทำการสั่งการด้วยการแสดงท่าทางด้วยมือและเสียง หรือใช้ตัวควบแบบโพกพา ที่เรียกว่า Clicker ที่ทำการเชื่อมต่อกับโฮโลเลนส์ผ่านระบบ Bluetooth

ในการแสดงผลภาพโฮโลแกรม 3 มิตินั้น ต้องการกำลังประมวลผลเป็นอย่างมาก ซึ่งจะประกอบด้วยการประมวล ความสมจริง การเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว และโฮโลแกรม 3 มิตินั้น ในแต่ละส่วนก็จะมีตัวประมวลผลที่แตกต่างกันไป ตัวประมวลผลในโฮโลเลนส์จะประกอบไปด้วย หน่วยประมวลผลกลาง (Central Processing Unit: CPU) หน่วยประมวลผลกราฟิก (Graphics Processing Unit: GPU) และ หน่วยประมวลผลโฮโลกราฟิก (Holographic Processing Unit:

HPU) จะทำการแบ่งการประมวลในแต่ละหน่วยต่าง ๆ แล้วนำผลลัพธ์ที่ได้มารวมกันมาแสดงผลให้ผู้ใช้งาน

หน่วยตรวจวัดความเคลื่อนไหวภายใน (Inertial Measurement Unit: IMU) ประกอบด้วยเครื่องวัดความเร่ง (Accelerometer) เครื่องวัดการหมุน (Gyroscope) และเครื่องวัดอำนาจแม่เหล็ก (Magnetometer) ร่วมด้วย กล้องตรวจจับการเคลื่อนไหวของศีรษะ จะทำการตรวจจับตำแหน่งของศีรษะและลักษณะการเคลื่อนไหว โดยข้อมูลเหล่านี้จะเป็นตัวบ่งบอกให้กับโฮโลเลนส์รู้ว่าพื้นที่โดยรอบผู้ใช้งานแล้วทำการแสดงวัตถุเสมือนบนพื้นที่การเห็นของผู้ใช้จากมุมมองและขนาดที่ถูกต้อง

โฮโลเลนส์ประกอบด้วยกล้อง 5 ตัว ตัวกล้องตัวแรกส่องไปทางด้านหน้า 2 ตัวด้านขวา และอีก 2 ตัวด้านซ้าย กล้องทั้งด้านซ้ายและขวานี้จะทำการตรวจจับการเคลื่อนไหวของศีรษะโดยพิจารณาจากรอบข้างผู้ใช้งาน กล้องตัวกลางทำหน้าที่ถ่ายรูปหรือถ่ายวิดีโอ นอกจากนี้ ยังมีกล้องอินฟราเรดและโปรเจกเตอร์ลำแสงอินฟราเรดที่ส่องไปทางด้านหน้า โดยลำแสงนี้จะทำการสแกนวัตถุโดยที่แสงอินฟราเรดจะสะท้อนกลับไปหากล้องอินฟราเรด ทำให้เครื่องโฮโลเลนส์สามารถบันทึกระยะห่างจากสิ่งต่าง ๆรอบห้อง

โฮโลเลนส์มีไมโครโฟนที่สำหรับให้ผู้ใช้งานสามารถใช้คำสั่งเสียงได้ อย่างเช่น ผู้ใช้งานสามารถสั่งให้เปิด-ปิดแอปพลิเคชันได้ หรือใช้พูดคุยผ่านระบบวิดีโอคอล

นอกจากนี้เครื่องโฮโลเลนส์ยังรองรับอุปกรณ์ภายนอกได้ อย่างเช่น เมาส์ไร้สาย หรือ เกมคอนโทลเลอร์ไร้สาย เป็นต้น

เลนส์ของเครื่องโฮโลเลนส์มีความโปล่งแสง เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถมองเห็นได้ และในเลนส์นั้นมีร่องเป็นแถวๆ ที่มองไม่เห็น เพื่อทำการแสดงภาพเสมือนที่สร้างจากแอปพลิเคชันไปยังตาของผู้ใช้งานโดยตรง ทำให้วัตถุเสมือนนั้นมีตำแหน่งและระยะห่างที่แตกต่างกันออกไป

ฮาร์ดแวร์แว่นโฮโลเลนส์

1. ตัวประมวลผล (Processor)

ภาพ 8 รูปแสดงตัวประมวลผลบนบอร์ดโฮโลเลนส์

ที่มา: https://www.roadtovr.com/new-hololens-video-shows-glimpses-detailed-internals-early-prototypes/

แว่นโฮโลเลนส์ประกอบไปตัวหน่วยประมวล 3 ชนิด ได้แก่ หน่วยประมวลผลกลาง (Central Processing Unit หรือ CPU), หน่วยประมวลผลกราฟิก (Graphics Processing Unit หรือ GPU) และ หน่วยประมวลผลโฮโลกราฟิก (Holographic Processing Unit หรือ HPU)

หน่วยประมวลผลกลาง (Central Processing Unit หรือ CPU) ใช้ Intel Atom Process รุ่น Atom x5-Z8100 ที่มีความเร็วอยู่ที่ 1.04 Ghz ประกอบไปด้วย Logical Processor จำนวน 4 ตัว และสามารถทำงานบนระบบปฏิบัติการ 64 บิต ถึงแม้ CPU จะรองรับระบบปฏิบัติการ 64 บิต แต่ระบบปฏิบัติการที่ช้างานจริงนั้นเป็น ระบบปฏิบัติการ Windows 10 แบบ 32 บิต

หน่วยประมวลผลกราฟิก (Graphics Processing Unit หรือ GPU) ทำการประมวลผลสตรีมวิดิโอ 2 ส่วน แบ่งเป็นวิดิโอที่แสดงบนจอตาข้างซ้ายกับขวา เฟรมอย่างน้อย 30 เฟรมต่อวินาทีพำสามารถแสดงบนได้สูงสุดถึง 60 เฟรมต่อวินาที

หน่วยประมวลผลโฮโลกราฟิก (Holographic Processing Unit หรือ HPU) ทำการประมวลผลและแสดงภาพโฮโลกราฟิก และวางภาพตามตำแหน่งบนโลกความเป็นจริง

2. หน่วยความจำ (Memory)

แว่นโฮโลเลนส์ประกอบไปด้วย RAM จำนวน 2 GB แต่ถูกำรองให้กับหน่วยจำระบบ ทำให้มีใช้งานได้เพียง 980 MB และ SSD จำนวน 64 GB สำหรับบันทึกข้อมูล และ หน่วยความจำวิดิโอ 114 MB

3. เซนเซอร์และกล้อง

แว่นโฮโลเลนส์ประกอบไปด้วยกล้องจำนวนหลายตัวและเซนเซอร์แสง

ภาพ 9 รูป แสดง กล้อง และ เซนเซอร์

ที่มา: https://www.roadtovr.com/new-hololens-video-shows-glimpses-detailed-internals-early-prototypes/

กล้องที่อยู่ด้านบนสุด คือกล้องรับรู้ความลึก โดยทำการยิงแสงอินฟราเรดแล้วรอแสงสะท้อนกลับเพื่อทำการคำนวณหาระยะทางระหว่างแว่นกับวัตถุที่กล้องหันหน้า เพื่อที่จะทำการแสดงงวัตถุโฮโลกราฟิกให้สอดคล้องกับสภาพแวดล้อมที่ผู้ใช้มองอยู่

กล้อง 2 ตัวที่อยู่ด้านซ้าย และกล้อง 2 ตัวที่อยู่ด้านขวาทำหน้าที่ตรวจจับสภาพแวดล้อมรอบข้างแว่นโฮโลเลนส์

กล้องที่อยู่ด้านล่างที่อยู่บริเวณใกล้ดวงตาผู้ใช้งานนั้น คือกล้องความละเอียด 2.4 Megapixel ระดับ HD ไว้สำหรับอัดวิดิโอหรือแสดงวิดิโอ สามารถอัดได้ทั้งภาพจริงและภาพโฮโลกราฟิกได้ในเวลาเดียวกัน โดยกล้องตัวนี้สามารถถ่ายภาพได้ในขนาดสูงสุด 2048 x 1152 ในขณะอัดวิดิโอสามารถอัดวิดิโอได้สูงสุดขนาด 1408 x 792 ด้วยความเร็ว 30 เฟรมต่อวินาที

กล้องตรวจจับแสง ทำหน้าที่ตรวจจับแสงรอบข้างเพื่อทำการคำนวณหาระดับแสงบริเวณโดยรอบ เพื่อที่จะสามารถแสดงภาพโฮโลแกรมให้เหมาะกับความสว่าง อย่างเช่นถ้าอยู่ในห้องที่สว่างมาก โฮโลแกรมจะถูกแสดงให้สว่างขึ้นด้วยเพื่อที่จะได้เห็นชัดขึ้น

4. เลนส์และตัวเปล่งแสง

ภาพ 10 รูปแสดง เลนส์, Light Engines และ IMU

ที่มา: https://www.roadtovr.com/new-hololens-video-shows-glimpses-detailed-internals-early-prototypes/

แว่นโฮโลเลนส์จะสร้างภาพโฮโลแกรมตามมุมมองของผู้ใช้งานด้วย Light Engine หรับตาทั้ง 2 ข้าง ด้วยการนำภาพ 3 มิติที่ถูกสร้างขึ้นและทำการประมวลผลไปยังเส้นแสงแล้วทำการแสดงภาพไปยังเลนส์

ตัวเปล่งแสงทำหน้าที่แสดงภาพ 16 x 9 HD ไปยังตาแต่ละข้าง หน่วยตรวจวัดความเคลื่อนไหวภายใน (Inertial Measurement Unit หรือ IMU) ทำหน้าที่วัดการเคลื่อนไหวและองศาหมุนตามหัวผู้ใช้เพื่อทำให้แอปพลิเคชันสามารถตอบสนองต่อการเคลื่อนไหวของผู้ใช้

เทคโนโลยี Universal Windows Platforms (UWP)

เทคโนโลยี Universal Windows Platforms (UWP) คือ API (Application Programming Interface) ของ Microsoft ที่เป็นแพลตฟอร์มสำหรับสร้างแอปพลิเคชันแล้วนำไปใช้บนผลิตภัณฑ์ต่างๆ ของ Microsoft อย่างเช่น Windows 10, Xbox, Windows Phone, Microsoft HoloLens เป็นต้น รองรับการพัฒนาแอปพลิเคชันที่พัฒนาด้วยภาษา C++, C#, VB.NET และ

XAML โดยเทคโนโลยีนี้ออกแบบมาเป็นส่วนเสริมสำหรับ Windows Runtime แพลตฟอร์ม ที่ถูกใช้ครั้งแรกบน Windows Server 2012 และ Windows 8 ทำให้ผู้พัฒนาสามารถพัฒนาแอปพลิเคชันที่สามารถรันบนอุปกรณ์หลายตัวที่รองรับได้

เทคโนโลยี Web Real-Time Communication (WebRTC)

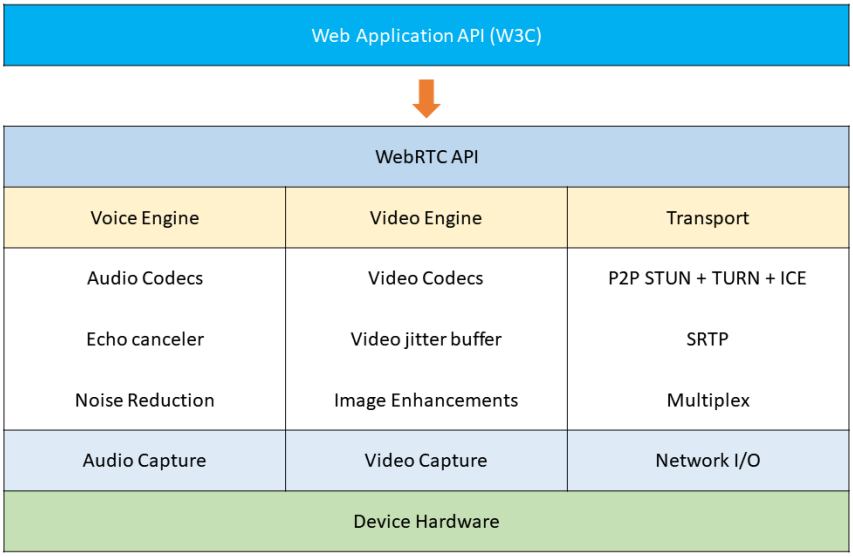
เทคโนโลยี Web Real-Time Communication (WebRTC) คือ ซอฟต์แวร์โอเพนซอร์ซ (Open Source software) ที่เอื้ออำนวยให้เว็บเบราว์เซอร์ และ แอปพลิเคชัน สามารถติดต่อสื่อสารกันผ่าน API แบบไม่ยุ่งยาก ซึ่งสามารถติดต่อผ่านสัญญาณภาพและเสียงแบบ Peer to Peer (P2P) โดยที่ไม่ต้องติดตั้งอะไรเพิ่มเติมมากนัก เทคโนโลยีสามาถสนับสนุนโดย Apple, Microsoft, Google และ Opera

เทคโนโลยีนี้ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อการสร้าง แอปพลิเคชันการติดต่อแบบเวลาจริง (Real Time Communication หรือ RTC) แบบคุณภาพสูง บน เบราว์เซอร์ โมบายแพรตฟอร์ม และอุปกรณ์ IoT เพื่อทำการติดต่อสื่อสารกันผ่านโปรโตคอลที่กำหนดขึ้น อย่างเช่น STUN/TURN Server, signaling, ICE, SIP, NAT, UDP/TCP เป็นต้น

WebRTC นั้นถูกใช้งานในหลายๆ แอปพลิเคชันอย่างเช่น WhatsApp, Facebook Messenger โดยหลักๆ แล้ว WebRTC จะต้องทำงานในส่วนต่างๆ ได้แก่

- ทำการรับสตรีมเสียง วิดิโอและข้อมูลสารสนเทศอื่นๆ
- ทำการรับข้อมูลเครือข่ายอย่างเช่นที่อยู่ IP และ พอร์ต แล้วทำการแลกเปลี่ยนข้อมูลนี้กับลูกข่าย WebRTC ต่างๆ เพื่อเริ่มสร้างการเชื่อมต่อ
- ประสานงานการเชื่อต่อกับ signaling server เพื่อทำการรายงานผลและ เริ่มหรือปิดเซสชั่น
- แลกเปลี่ยนข้อมูลเกี่ยวกับสื่อและความสามารถของลูกข่ายอย่างเช่น ความละเอียดของการสตรีม หรือตัวแปลงเสียงหรือวิดิโอ

การทำงานโดยรวมของระบบ WebRTC



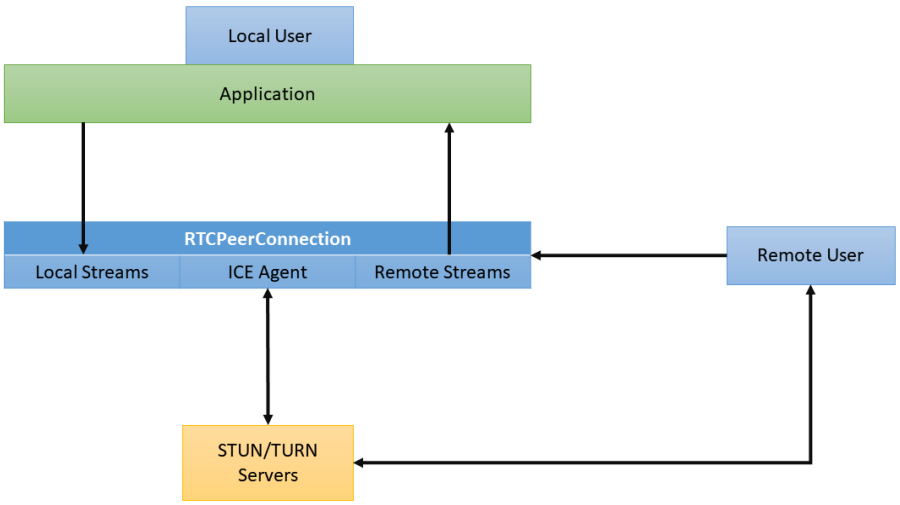
ภาพ 11 รูปแสดงสถาปัตยกรรมของ WebRTC

1. Web API Layer

WebRTC Web API คือ API ที่ผู้พัฒนานำไปสร้างเป็นแอปพลิเคชันติดต่อสื่อสาร ซึ่งสามารถทำงานได้บนหลายแพลตฟอร์ม อย่างเช่น เบราว์เซอร์ แอปพลิเคชันบนโทรศัพท์ เป็นต้น โดยในส่วนจะมี API ที่ประกอบไปด้วย MediaStream, RTCPeerConnection และ RTCDataChannel

MediaStream API หรือ MediaStream Processing API หรือ Stream API คือ API ในการจัดการสื่อต่างๆ ของผู้ใช้งาน ทำหน้าที่เข้าถึงสื่ออย่างเช่น ข้อมูลภาพ หรือเสียง การจัดการประเภทของสื่อ หรืออุปกรณ์ที่เกี่ยวกับสื่ออย่างเช่น กล้องเว็บแคมไมโครโฟน เป็นต้น MediaStream จะแบ่งระหว่างสื่อของผู้ใช้ (Local) และสื่อภายนอก (Remote)

RTCPeerConnection API คือ API ที่ทำหน้าที่เป็นการสร้างการเชื่อมต่อกันระหว่างผู้ใช้งานและจัดการการ streaming ข้อมูลระหว่างกัน โดย RTCPeerConnection นี้จะมาพร้อมกับการกำหนดค่าต่างๆ ประกอบไปด้วย ICE Agent, Signaling State, ICE gathering state และ ICE connection state



ภาพ 12 รูปแสดงโครงสร้าง RTCPeerConnection

RTCDataChannel API คือ API ที่ทำหน้าที่บริการการจัดส่งข้อมูล เพื่อให้แอปพลิเคชันสามารถแลกเปลี่ยนข้อมูลทั่วไปแบบ bidirectional P2P ได้

2. Voice Engine

Voice Engine คือ เฟรมเวิร์คสำหรับเสียง ทำหน้าที่ดึงข้อมูลเสียงจากการ์ดเสียงไปยังระบบระบบเครือข่าย ซึ่งประกอบไปด้วย

Audio Codec คือ ตัวเข้าสัญญาณเสียงที่ได้จาก ไมโครโฟน ซึ่งส่งผ่านข้อมูลไปยังฝั่งผู้รับ และ คอยถอดรหัสข้อมูลที่ได้รับมาให้กลับไปเป็นสัญญาณเสียง แล้วนำข้อมูลที่ได้ส่งไปยังอุปกรณ์เสียง หลักการการทำงานของ Audio Codec จะทำการแปลงสัญญาณเสียงให้เป็นสัญญาณดิจิทัลและบีบอัด สัญญาณให้เล็กลงเพื่อให้ใช้ปริมาณ Bandwidth ให้น้อยที่สุดแต่ยังคงคุณภาพ Audio Codec ที่รองรับโดยส่วนใหญ่บนแว่นโฮโลเลนส์และเครื่องโทรศัพท์มือถือคือ opus, PCMU, PCMA

Echo Canceler คือ ซอฟต์แวร์ประมวลผลสัญญาณที่ทำหน้าที่กำจัดเสียงก้อง (Echo) ออกจากเสียงที่เข้าไปยังไมโครโฟน

Noise Reduction คือ ซอฟต์แวร์ประมวลผลสัญญาณที่ทำหน้าที่กำจัดเสียงรบกวนต่างๆ อย่างเช่น เสียงจากพัดลม เสียงเครื่องปรับอากาศ เป็นต้น

3. Video Engine

Video Engine คือ เฟรมเวิร์กสำหรับภาพวิดิโอ ทำหน้าที่ดึงข้อมูลเสียงจากกล้องไปยังระบบระบบเครือข่าย ซึ่งประกอบไปด้วย

Video Codec คือ ตัวเข้าสัญญาณภาพวิดิโอที่ได้จากกล้อง ซึ่งส่งผ่านข้อมูลไปยังฝั่งผู้รับ และ คอยถอดรหัสข้อมูลที่ได้รับมาให้กลับไปเป็นสัญญาณภาพ แล้วนำข้อมูลที่ได้ส่งไปเสียงผลบนหน้าจอ หลักการการทำงานของ Video Codec จะทำการแปลงสัญญาณภาพให้เป็นสัญญาณดิจิทัล และบีบอัด สัญญาณให้เล็กลงเพื่อให้ใช้ปริมาณ Bandwidth ให้น้อยที่สุดแต่ยังคงคุณภาพ Video Codec ที่รองรับโดยส่วนใหญ่บนแว่นโฮโลเลนส์และเครื่องโทรศัพท์มือถือคือ VP8

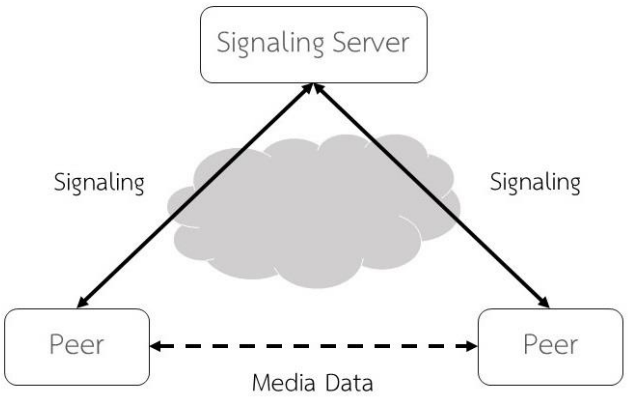
Video Jitter Buffer ช่วยในการปกปิดผลกระทบต่อการดีเลย์และข้อมูลสูญหายโดยรวมของคุณภาพวิดิโอที่ได้รับมา

Image Enhancement คือ ซอฟต์แวร์ประมวลผลสัญญาณที่ทำหน้าที่กำจัดสัญญาณรบกวนออกจากภาพวิดิโอที่มาจากกล้อง

Signaling Server

Signaling Server คือ เซิร์ฟเวอร์ที่ใช้ในการจัดการสร้างการเชื่อมต่อ WebRTC ระหว่างอุปกรณ์ 2 ตัว ทำหน้าที่เป็นตัวกลางเพื่อให้ลูกข่ายทำการค้นหา สร้างการเชื่อมต่อ และแลกเปลี่ยนข้อมูลละหว่างกันโดยที่ลดโอกาสที่ข้อมูลส่วนตัวลูกข่ายหลุดไปยังภายนอกให้ได้มากที่สุด โดยข้อมูลที่แลกเปลี่ยนแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่

1. ข้อมูลการควบคุม โดยข้อมูลนี้คือข้อมูลที่กำหนดการสร้างการเชื่อมต่อ การตัดการเชื่อมต่อ การเปลี่ยนแปลงข้อมูลในระหว่างการเชื่อมต่อ และการรายงานการมีปัญหาต่างๆ
2. ข้อมูลระบบเน็ตเวิร์ค ข้อมูลนี้ข้อมูลปลายทางของลูกข่ายบนอินเตอร์เน็ต อย่างเช่น ข้อมูลที่อยู่ไอพี (IP Address) หรือ พอร์ต (Port) เพื่อให้สามารถติดต่อไปอย่างลูกข่ายปลายทางได้
3. ข้อมูลสื่อ คือ ข้อมูลที่กำหนดประเภทของสื่อที่ผู้ติดต่อมีร่วมกัน โดยถ้าลูกข่ายทั้งคู่ต้องการที่จะเชื่อมต่อกันแต่มีการตั้งค่า Codec ที่แตกต่าง อาจจะทำให้โอกาสที่จะเชื่อมต่อล้มเหลว โดยข้อมูลแลกเปลี่ยนการตั้งค่าสื่อระหว่างเครื่องลูกข่ายเรียกว่า Session Description Protocol (SDP)



ภาพ 13 รูปแสดงการทำงานระหว่างเครื่องลูกข่ายกับ Signaling Server

Session Description Protocol (SDP) เป็นตัวกำหนดมาตรฐานในการแลกเปลี่ยนข้อมูลสื่อระหว่างจุดหมายปลายทาง ซึ่ง SDP มักจะถูกใช้ในโปรโตคอล ถูกใช้มากสุดในโปรโตคอล SIP ในแอปพลิเคชันที่เกี่ยวกับการโทร

ตัวอย่างของข้อมูล SDP

- ที่อยู่ IP ที่ทำการรอรับข้อมูลการสื่อสาร
- เลขพอร์ตที่รอฟังการไหลของข้อมูลสื่อสาร
- ประเภทสื่อที่ผู้ใช้ปลายทางคาดว่าจะได้รับ
- ประเภทของ Codec ที่ใช้ในการเข้ารหัสและถอดรหัสการสื่อสาร
- ประเภทโปรโตคอลที่คาดว่าจะใช้ในการแลกเปลี่ยนข้อมูล

ตัวอย่างข้อความ SDP

```
v=0
o=- 3520089601658443110 2 IN IP4
127.0.0.1
s=-
t=0 0
a=group:BUNDLE 0 1
a=msid-semantic: WMS
1QIl67YfAvOQeqOAREcwsjSmRO88hXvsmmGZ
m=audio 9 UDP/TLS/RTP/SAVPF 111 103
9 0 8 105 13 110 113 126
c=IN IP4 0.0.0.0
a=rtcp:9 IN IP4 0.0.0.0
```

ภาพ 14 แสดงข้อความ SDP

ในตัวอย่างนี้ ปลายทางต้องการที่จะต้องการสื่อที่มีความต้องการ ดังต่อไปนี้

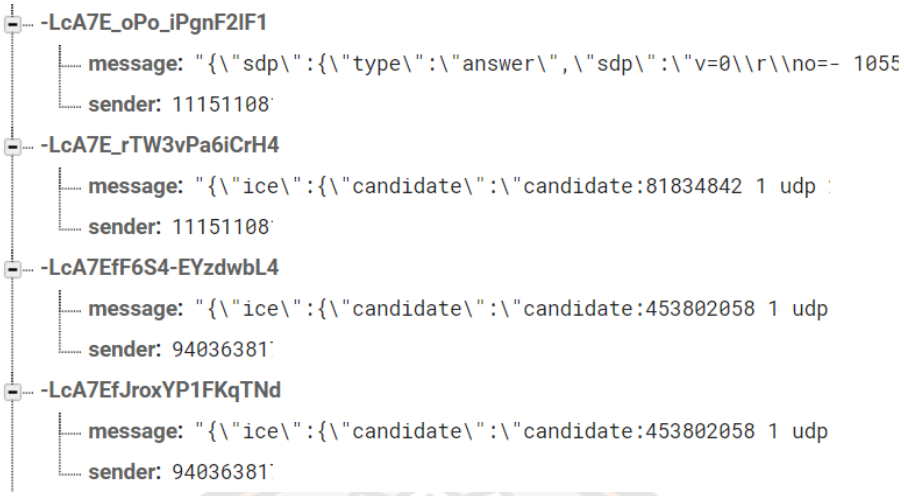
- ต้องการที่จะรับจากที่อยู่ IP ที่ 127.0.0.1
- ต้องการที่จะรับจากพอร์ต 9
- ต้องการประเภทเสียง
- รองรับ Codec ประเภทเสียง ได้แก่ 111 103 9 0 8 105 13 110 113 และ 126
  - 111 คือ OPUS, 103 คือ ISAC, 9 คือ G722 เป็นต้น

เทคโนโลยี Firebase

Firebase คือ แพลตฟอร์ม (Platform) ที่รวบรวมเครื่องมือสำหรับจัดการเกี่ยวกับด้าน Back-end ต่างๆ มีการจัดเก็บข้อมูลในฐานข้อมูลในรูปแบบ JSON (JavaScript Object Notation) โดยที่ไม่ต้องมีการ Query Insert, Delete, Update เหมือนกับฐานข้อมูลประเภท SQL (Structured Query Language) บริการหลักของ Firebase ประกอบไปด้วย

- Firebase Authentication คือ บริการตรวจสอบบัญชีผู้ใช้งาน สามารถตรวจสอบได้หลายวิธี อย่างเช่น เบอร์โทรศัพท์ อีเมล/รหัสผ่าน บัญชี Google, Twitter, Facebook เป็นต้น โดยที่ไม่จำเป็นต้องออกแบบระบบยืนยันตัวตนเองในส่วนของ Back-End และมีระบบบริการจัดการผู้ใช้งานอีกด้วย

- Real-time Database ระบบ Firebase มีการบริการจัดการฐานข้อมูลแบบ Real time ผ่าน API (Application Programming Interface) ฐานข้อมูลนี้เป็นฐานข้อมูลแบบ NoSQL โดยใช้วิธีการเก็บข้อมูลในรูปแบบ JSON ขนาดใหญ่ สามารถทำงานประสานกับผู้ใช้งานได้ทันทีแบบ Realtime



ภาพ 15 แสดงตัวอย่างการเก็บข้อมูลในรูปแบบ JSON บน Firebase

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Jeremy Bluteau, Itaru Kitahara, Yoshinari Kameda, Haruo Noma, Kogure Kiyoshi, Ohta Yuichi (2548) ได้ทำการศึกษาการประยุกต์ใช้ระบบเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม (AR) กับการสื่อสารทางการแพทย์ในรูปแบบการฉายภาพแบบ AR และตัวบ่งชี้แบบใช้ความร้อนพบว่าเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม สามารถติดตามและแสดงจุดของอาการเจ็บบนร่างกายของคนไข้รูปแบบของภาพ 3 มิติให้กับนักกายภาพบำบัดได้ทำการบำบัด และการแสดงภาพจำลองสรีระร่างกายบนตัวคนไข้เพื่อความเป็นส่วนตัวของคนไข้

Edim Azom, Dunka Bakwa (2560) ได้ทำการศึกษาการประยุกต์ใช้ระบบการสื่อสารแบบเรียลไทม์ด้วยระบบ WebRTC พบว่า ระบบการสื่อสารด้วยระบบ WebRTC เป็นเทคโนโลยีที่สามารถประยุกต์ใช้งานกับอุปกรณ์สื่อสารทั่วไปได้ง่ายอย่างเช่น เครื่องคอมพิวเตอร์ โทรศัพท์มือถือ IoT เป็นต้น ระบบ WebRTC มีความยืดหยุ่นสูง รวดเร็ว ประหยัดค่าใช้จ่ายและมีความปลอดภัยสูงในการแลกเปลี่ยนข้อมูลสื่อและข้อมูลส่วนตัวของผู้ใช้งาน

Chunnu Khawas, Pritam Shah (2561) ทำการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีแพลตฟอร์ม Firebase กับแอปพลิเคชันบนเครื่องมือถือระบบปฏิบัติการ Android ทำให้ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการรับส่งข้อมูลแบบเรียลไทม์ได้อย่างรวดเร็ว และมีประสิทธิภาพมากขึ้น สามารถติดตั้งและพัฒนาระบบได้อย่างรวดเร็วและไม่ซับซ้อน

ไพศาล มุณีสว่าง (2561) พัฒนาต้นแบบในเชิงระบบสำหรับการปรึกษาทางการแพทย์ระหว่างศูนย์การแพทย์ส่วนกลางและรพ.ขนาดเล็กในชนบทโดยผ่านเครือข่ายดิจิทัลความเร็วสูง โดยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมกับความต้องการทางการแพทย์ โดยครอบคลุมการให้คำปรึกษา

คำแนะนำ หรือการร่วมรักษา ในรูปแบบคู่ขนาน ในเวลาเดียวกัน ในกรณีฉุกเฉินและต้องการความเชี่ยวชาญเฉพาะและแบบคนละเวลาในกรณีไม่ฉุกเฉิน พบว่าการให้คำปรึกษาผ่านแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือ ผู้ใช้งานมีความพึงพอใจต่อการใช้ระบบ โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.65 คะแนนจากคะแนนเต็ม 5.00 และการให้คำปรึกษาผ่านแอปพลิเคชันบนเครื่องโฮโลเลนส์ ผู้ใช้งานมีความพึงพอใจอยู่ที่ 4.37 คะแนนจากคะแนนเต็ม 5.00 เมื่อเปรียบเทียบกับการปรึกษาผ่านระบบเดิม (ผ่านแอปพลิเคชัน Line) พบว่ามีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.5 คะแนนจากคะแนนเต็ม 5.00

วิภาวัณย์ อรรณพพรชัย, ชวภณ กิจหิรัญกุล (2564) ทำการศึกษาการประยุกต์ใช้ระบบโทรเวชกรรมเพื่อการพัฒนาคุณภาพการให้บริการทางการแพทย์ฉุกเฉินทางไกลในชนบท พบว่าสามารถช่วยจัดการสุขภาพ โดยการใช้เครื่องมือทางการแพทย์ที่สามารถตรวจวัดสภาพทางสรีรวิทยาที่เชื่อมต่อกับโทรศัพท์มือถือ และทำการจัดส่งไปยังโรงพยาบาลและทำการจัดเก็บข้อมูลในฐานข้อมูลเพื่อแก้ไขปัญหาในการรักษาผู้ป่วยในพื้นที่ชนบทโดยใช้ระบบ Telemedicine

บทที่ 3

วิธีดำเนินงานวิจัย

การศึกษาวิจัยในหัวข้อ “ต้นแบบเทคโนโลยีส่งเสริมคุณภาพการบริการโทรเวชกรรมด้วยแว่นโฮโลเลนส์” “A prototype technology for improve the quality of telemedicine with HoloLens” มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการทำงานของระบบต้นแบบเทคโนโลยีการแพทย์ทางไกลสำหรับห้องไอซียูด้วยแว่นโฮโลเลนส์ โดยผู้วิจัยจะนำอุปกรณ์ไปให้ทางบุคลากรทางการแพทย์โรงพยาบาลประจำจังหวัดในเขตสุขภาพที่ 2 กับโรงพยาบาลศูนย์ทำการทดสอบ และรวบรวมความคิดเห็นและการเสนอแนะผ่านแบบทดสอบ

ประชากรกลุ่มตัวอย่าง

ประชาการที่ใช้ในการศึกษา คือ บุคลากรทางการแพทย์ ในโรงพยาบาลประจำจังหวัดในเขตสุขภาพที่ 2 ได้แก่ โรงพยาบาลอุตรดิตถ์ โรงพยาบาลสุโขทัย โรงพยาบาลเพชรบูรณ์ โรงพยาบาลสมเด็จพระเจ้าตากสินมหาราช และโรงพยาบาลศูนย์ ได้แก่ โรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวรและโรงพยาบาลพุทธชินราช

การเก็บรวบรวมข้อมูล

วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมและศึกษาข้อมูลต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. การศึกษาจากเอกสาร ผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลและศึกษาจากเอกสาร งานวิจัยต่างๆ โดยเฉพาะงานวิจัยจากโครงการ กสทช.

2. ข้อมูลที่ได้จากการเก็บข้อมูล เป็นลักษณะของการแสดงความคิดเห็นของบุคลากรทางการแพทย์ที่ได้ทดลองใช้งานอุปกรณ์โฮโลเลนส์

3. ออกแบบ แบบสอบถามความคิดเห็น ความพึงพอใจและเปรียบเทียบประสิทธิภาพ จากบุคลากรที่ได้ทดลองจากระบบ

เครื่องมือที่ใช้

ผู้วิจัยได้ทำการกำหนดลักษณะของเครื่องมือในการวิจัย โดยการสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือ แอปพลิเคชันสำหรับผู้ขอคำปรึกษาที่ทำงานบนเครื่องแว่นโฮโลเลนส์ แอปพลิเคชันสำหรับ

ผู้ให้คำปรึกษาที่ทำงานบนเครื่องแว่นโฮโลเลนส์ หรือ บนโทรศัพท์มือถือ และแบบประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งานระบบ

เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาแอปพลิเคชันจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนได้แก่ ส่วนของฮาร์ดแวร์ (Hardware) และ ส่วนของซอฟต์แวร์ (Software)

ส่วนของฮาร์ดแวร์ ประกอบไปด้วย

1. แว่นโฮโลเลนส์ สำหรับผู้ขอคำปรึกษาและผู้ให้คำปรึกษา
2. โทรศัพท์สมาร์ตโฟน ระบบปฏิบัติการ Android 4.4 ขึ้นไป และมีกล้องหลัง

ส่วนของซอฟต์แวร์ ประกอบไปด้วย

1. เครื่องคอมพิวเตอร์ หรือ โน้ตบุ๊ค ที่ลองรับระบบปฏิบัติการ Windows 10 ขึ้นไป
2. VS Code หรือ Visual Studio Code เป็นโปรแกรมประเภท Text Editor พัฒนาโดยไมโครซอฟท์สำหรับระบบปฏิบัติการ Windows, macOS และ Linux ใช้ในการพัฒนาหรือแก้ไขซอร์สโค้ดภาษา C#, HTML, Typescript, Javascript
3. VS Studio 2017 หรือ Visual Studio 2017 เป็นโปรแกรมประเภท IDE (Integrated Development Environment) พัฒนาโดยไมโครซอฟท์ ช่วยในการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ใช้การพัฒนาหรือแก้ไขซอร์สโค้ด และใช้ในการคอมไพล์ซอร์สโค้ด
4. Windows 10 SDK, version 10.0.17763.0 ขึ้นไป เป็นชุดพัฒนาซอฟต์แวร์สำหรับบนระบบปฏิบัติการ Windows 10 ในชุดคำสั่งนี้มีการรองรับแพรตฟอร์ม UWP (Universal Windows Platform) ที่สามารถนำไปพัฒนากับแว่นโฮโลเลนส์
5. Unity 2017.2 ขึ้นไป เป็นเครื่องมือเกม (Game Engine) หรือโปรแกรมสร้างเกม ที่สามารถสร้างสื่อแบบอินเทอร์แอคทีฟ (Interactive Content) อย่างเช่น วิดีโอเกม ซอฟต์แวร์ ในรูปแบบการแสดงผลแบบ 2 มิติ และ 3 มิติ พัฒนาโดย Unity Technologies มีความสามารถนำไปพัฒนาเป็นแอปพลิเคชันที่สามารถใช้งานได้หลายแพรตฟอร์ม อย่างเช่น เว็บไซต์, Windows, macOS, Android, iOS, UWP เป็นต้น สนับสนุนภาษา C# เป็นหลักในการพัฒนาแอปพลิเคชัน การลองรับชุดคำสั่ง (Software Development Kit หรือ SDK) ที่ใช้ในการพัฒนาและคอมไพล์เป็นซอร์สโค้ดโปรเจคที่สามารถนำไปติดตั้งบนเครื่องแว่นโฮโลเลนส์ได้
6. Mixed Reality Tookit เป็นเครื่องมือที่ใช้พัฒนาร่วมกับแอปพลิเคชันที่เป็น Mixed Reality โดยเครื่องมือจะมี ฟังค์ชันและโค้ดสำหรับเรียกใช้งานฟังค์ชันต่างๆ ของแว่นโฮโลเลนส์ได้โดยตรง
7. Ionic Framework 4 คือ เฟรมเวิร์คที่ใช้ในการพัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับโทรศัพท์มือถือแบบสมาร์ตโฟน อย่างเช่น Android, iOS, Windows Phone เป็นต้น โดยการพัฒนา

แอปพลิเคชันให้มีหน้าตาคล้ายกับแอปพลิเคชันมือถือด้วยเทคโนโลยีแบบเว็บ ด้วยภาษา HTML, CSS3, Javascript, Typescript

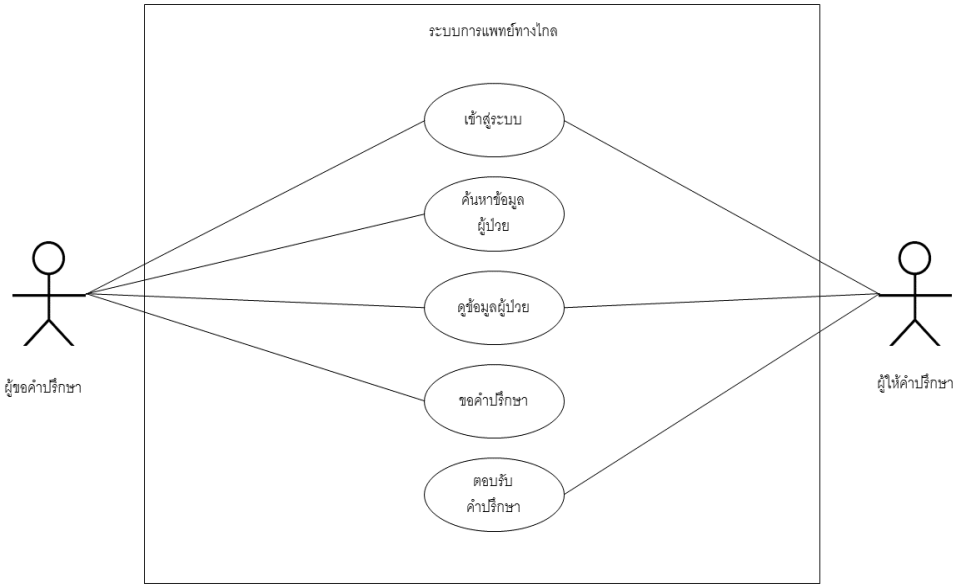
8. Node.js คือ แพรตฟอร์มสำหรับฝั่ง Server ที่ถูกพัฒนาบน Javascript ใช้สำหรับสร้าง Server ไว้เชื่อมต่อแลกเปลี่ยนข้อมูลกันระหว่างแอปพลิเคชันกับ Server เก็บข้อมูล

9. Firebase เป็นบริการที่ให้บริการฐานข้อมูล NoSQL สำหรับเก็บและแสดงข้อมูล ต่างๆ แบบ Realtime บน Cloud Server

การออกแบบระบบ

1. แผนภาพยูสเคส (Use Case Diagram)

ขั้นตอนการทำงานของระบบจะถูกแบบออกเป็น 2 ส่วน คือ จะถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนของผู้ขอคำปรึกษา และ ผู้ให้คำปรึกษา โดยทางผู้ขอคำปรึกษาจะมีอุปกรณ์ 1 เครื่อง คือ แว่นโฮโลเลนส์ ส่วนของผู้ให้คำปรึกษาจะมีอุปกรณ์อย่างน้อย 1 เครื่อง ได้แก่ แว่นโฮโลเลนส์ หรือ โทรศัพท์มือถือสมาร์ตโฟน



ภาพ 16 แผนภาพยูสเคสของระบบ

ตาราง 2 คำอธิบายของ Use Case Diagram: เข้าสู่ระบบ

รหัสยูสเคส	1
ชื่อยูสเคส	เข้าสู่ระบบ
ผู้กระทำ	ผู้ขอคำปรึกษา, ผู้ให้คำปรึกษา
จุดประสงค์	เพื่อรับข้อมูลและรหัสผ่าน นำไปตรวจสอบในฐานข้อมูลว่าตรงกับฐานข้อมูลหรือไม่ ถ้าข้อมูลถูกต้องจะได้รับสิทธิ์ในการเข้าใช้ระบบ
ก่อนการทำเงื่อนไข	กรอกข้อมูลอีเมลล์กับรหัสผ่าน แล้วกดปุ่ม เข้าสู่ระบบ เพื่อเข้าสู่ระบบ
หลังการทำเงื่อนไข	ระบบตรวจสอบกับฐานข้อมูล แล้วอนุญาตให้เข้าใช้ระบบ
การทำงานหลัก	1. ระบบทำการแสดงหน้าต่างเข้าสู่ระบบ เพื่อให้ผู้ใช้งานใส่อีเมลล์และรหัสผ่าน 2. เมื่อทำการใส่ข้อมูลเรียบร้อยแล้ว ทำการกดปุ่ม เข้าสู่ระบบ เพื่อส่งไปยังฐานข้อมูลเพื่อตรวจสอบ
ทางเลือกของเงื่อนไข	หากข้อมูลไม่ถูกต้อง ระบบจะทำการแจ้งเตือน แล้วให้กลับไปกรอกข้อมูลใหม่

ตาราง 3 คำอธิบายของ Use Case Diagram: ค้นหาข้อมูลผู้ป่วย

รหัสยูสเคส	2
ชื่อยูสเคส	ค้นหาข้อมูลผู้ป่วย
ผู้กระทำ	ผู้ขอคำปรึกษา
จุดประสงค์	เพื่อทำการค้นหาข้อมูลของผู้ป่วย ที่ต้องการที่จะส่งข้อมูลไปยังผู้ให้คำปรึกษา
ก่อนการทำเงื่อนไข	กรอกเลขบัตรประจำตัวประชาชน 13 หลัก หรือค้นหาด้วยใบหน้าของผู้ป่วย แล้วกดปุ่ม ค้นหา เพื่อหาข้อมูลของผู้ป่วย
หลังการทำเงื่อนไข	ระบบตรวจสอบกับฐานข้อมูล แล้วแสดงข้อมูลต่างๆของผู้ป่วย
การทำงานหลัก	1. ระบบทำการแสดงหน้าต่างค้นหาข้อมูลผู้ป่วย เพื่อให้ผู้ใช้งานกรอกเลขบัตรประจำตัวประชาชน 13 หลัก หรือกดปุ่มค้นหาด้วยใบหน้าของผู้ป่วย 2. เมื่อทำการกรอกข้อมูลเรียบร้อยแล้ว ทำการกดปุ่ม ค้นหา เพื่อส่ง

	ข้อมูลไปยังฐานข้อมูล
ทางเลือกของเงื่อนไข	หากข้อมูลไม่ถูกต้อง ระบบจะทำการแจ้งเตือน แล้วให้กลับไปกรอกข้อมูลใหม่

ตาราง 4 คำอธิบายของ Use Case Diagram: ดูข้อมูลผู้ป่วย

รหัสยูสเคส	3
ชื่อยูสเคส	ดูข้อมูลผู้ป่วย
ผู้กระทำ	ผู้ขอคำปรึกษา, ผู้ให้คำปรึกษา
จุดประสงค์	1. เพื่อให้ผู้ข้อคำปรึกษาได้ดูข้อมูลของผู้ป่วยที่ได้ทำการค้นหา 2. เพื่อให้ผู้ให้คำปรึกษาได้ดูข้อมูลของผู้ป่วยที่ผู้ขอคำปรึกษาได้ส่งข้อมูลมา
ก่อนการทำเงื่อนไข	ถ้าระบบยังไม่ได้ค้นหาข้อมูลผู้ป่วย ให้ทำการแจ้งเตือน
หลังการทำเงื่อนไข	แสดงข้อมูลของผู้ป่วยจากฐานข้อมูล โดยข้อมูลที่ได้จะประกอบไปด้วย ข้อมูลส่วนตัวของผู้ป่วย ข้อมูลการวินิจฉัย ข้อมูลการจ่ายยา ข้อมูลผลแล็บ ข้อมูลการเข้ารักษา
การทำงานหลัก	ระบบแสดงข้อมูลของผู้ป่วยจากการค้นหาในฝั่งผู้ขอคำปรึกษา แสดงข้อมูลผู้ป่วยจากการได้รับข้อมูลจากผู้ขอคำปรึกษาได้ส่งข้อมูลมา
ทางเลือกของเงื่อนไข	หากไม่มีข้อมูล ให้แสดงว่าไม่พบข้อมูล

ตาราง 5 คำอธิบายของ Use Case Diagram: ขอคำปรึกษา

รหัสยูสเคส	4
ชื่อยูสเคส	ขอคำปรึกษา
ผู้กระทำ	ผู้ขอคำปรึกษา
จุดประสงค์	เพื่อให้ผู้ขอคำปรึกษาทำการขอคำปรึกษากับผู้ให้คำปรึกษาผ่านระบบวิดีโอคอล
ก่อนการทำเงื่อนไข	แสดงรายชื่อของผู้ใช้งานที่กำลังใช้งานระบบ มีปุ่มเพื่อทำการโทรออก
หลังการทำเงื่อนไข	ระบบทำการแสดงหน้าต่างรอการตอบรับ พร้อมแสดงปุ่มทำวางสายเพื่อมีการตอบรับเกิดขึ้น ทำการแสดงหน้าต่างวิดีโอคอล

การทำงานหลัก	ระบบแสดงหน้าต่างรายชื่อผู้ให้คำปรึกษา แสดงหน้าต่างวิดีโอคอลเมื่อมีการตอบรับ แสดงปุ่มวางสายเมื่อเสร็จสิ้นการสนทนา
ทางเลือกของเงื่อนไข	หากมีการปฏิเสธการตอบรับหรือยกเลิกการขอคำปรึกษา ให้ทำการกลับไปหน้าแสดงรายชื่อ

ตาราง 6 คำอธิบายของ Use Case Diagram: ตอบรับคำปรึกษา

รหัสยูสเคส	5
ชื่อยูสเคส	ตอบรับคำปรึกษา
ผู้กระทำ	ผู้ให้คำปรึกษา
จุดประสงค์	เพื่อให้ผู้ให้คำปรึกษาทำการขอตอบรับคำปรึกษากับผู้ขอคำปรึกษาผ่านระบบวิดีโอคอล
ก่อนการทำเงื่อนไข	แสดงรายชื่อของผู้ใช้งานที่กำลังใช้งานระบบ แสดงหน้าต่างตอบรับเมื่อมีการขอคำปรึกษาเข้ามาพร้อมแสดงปุ่มรับสายกับวางสาย
หลังการทำเงื่อนไข	ระบบทำการแสดงหน้าต่างวิดีโอคอลเมื่อทำการกดปุ่มรับสาย กดปุ่มแสดงข้อมูลผู้ป่วย เมื่อผู้ขอคำปรึกษาได้ทำการส่งข้อมูลผู้ป่วย
การทำงานหลัก	ระบบแสดงหน้าต่างตอบรับเมื่อมีการข้อคำปรึกษา กดปุ่มรับสายเพื่อตอบรับคำขอ กดปุ่มวางสายเพื่อปฏิเสธ แสดงหน้าต่างวิดีโอคอลเมื่อมีการตอบรับ
ทางเลือกของเงื่อนไข	หากมีการยกเลิกการขอคำปรึกษา ให้ทำการกลับไปหน้าแสดงรายชื่อ

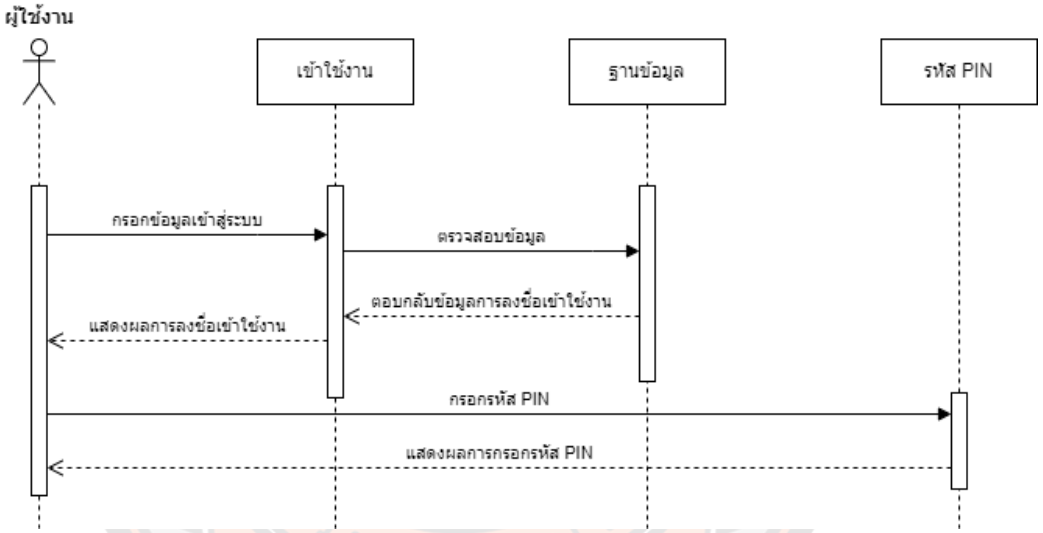
2. แผนภาพคลาส (Class Diagram)

ภาพ 17 แผนภาพคลาส (Class Diagram) ของระบบ

3. แผนภาพซีเควนซ์ (Sequence Diagram)

3.1 แผนภาพการเข้าสู่ระบบ

ผู้ใช้งานจะทำการเข้าสู่ระบบผ่านแอปพลิเคชันด้วยการกรอกข้อมูลอีเมล์และรหัสผ่านบนแว่นโฮโลเลนส์ หรือโทรศัพท์มือถือ (เฉพาะผู้ให้คำปรึกษา) ระบบจะทำการตรวจสอบว่าผู้ใช้งานมีข้อมูลในฐานข้อมูล ถ้าพบข้อมูล ระบบจะดำเนินการขอสิทธิ์การเข้าถึง (Access Token) เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถใช้งานฟังก์ชันต่างๆในระบบได้ ขั้นตอนต่อไประบบจะทำการขอให้ผู้ใช้งานกรอกรหัส PIN 6 หลัก เพื่อเป็นการขอใช้งานเข้าสู่ระบบโดยไม่ต้องยืนยันผ่าน กรอกข้อมูลอีเมล์และรหัสผ่านในครั้งถัดๆไป กรณีที่ยังไม่มีการขอออกจากระบบ



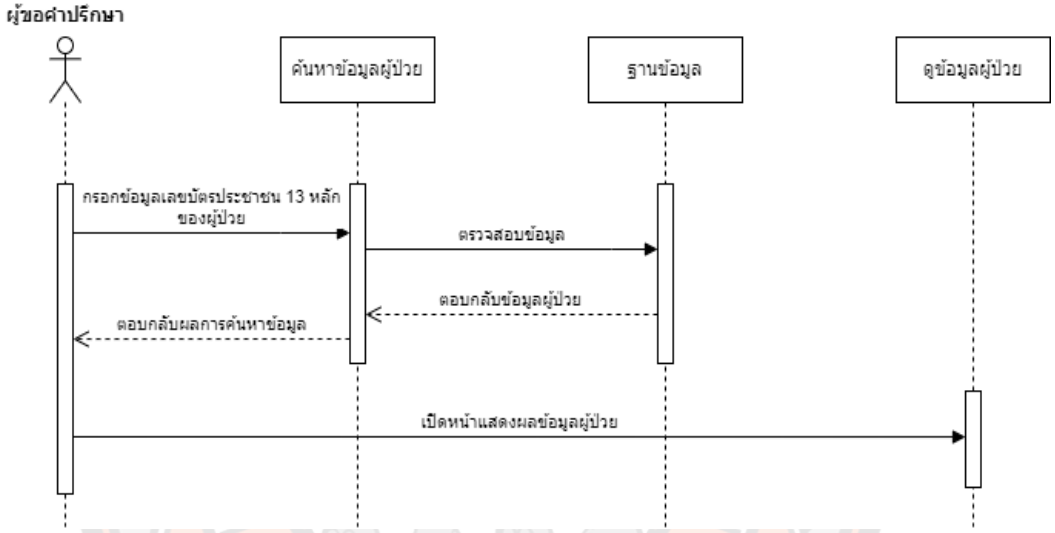
ภาพ 18 แผนภาพซีเควนซ์การเข้าสู่ระบบ

3.2 แผนภาพค้นหาประวัติข้อมูลของผู้ป่วยและการแสดงผล

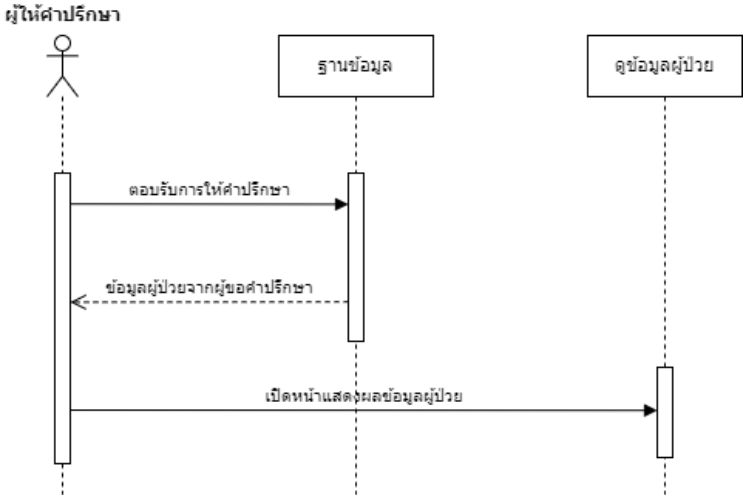
ผู้ขอคำปรึกษาจะทำการค้นหาข้อมูลผู้ป่วยด้วยเลขบัตรประชาชน 13 หลักของผู้ป่วย ได้ 2 วิธีได้แก่ การกรอกข้อมูลบัตรประชาชนโดยตรง หรือผ่านการถ่ายรูปใบหน้าของผู้ป่วยด้วยระบบ Face ID โดยการนำใบหน้าไปเปรียบเทียบในฐานข้อมูลของระบบ Face ID เมื่อตรวจพบระบบจะทำการส่งข้อมูลเลขบัตรประชาชนกลับมา แล้วระบบจะนำเลขบัตรประชาชน 13 หลักนี้ ไปค้นหาข้อมูลในโรงพยาบาลต่างๆ ในอำเภอเมืองพิษณุโลก เมื่อระบบได้ข้อมูลที่ต้องการแล้วระบบจะทำการแสดงข้อมูลของผู้ป่วยในหน้าแสดงข้อมูลผู้ป่วยและเก็บข้อมูลนี้ไว้ในแอปพลิเคชันชั่วคราว ข้อมูลจะถูกลบออกการแอปพลิเคชันก็ต่อเมื่อมีการออกจากระบบหรือมีการค้นหาข้อมูลผู้ป่วยคนใหม่

ผู้ให้คำปรึกษาจะสามารถดูข้อมูลของผู้ป่วยได้ก็ต่อเมื่อ มีการขอคำปรึกษาจากผู้ขอคำปรึกษาและผู้ขอคำปรึกษาได้ทำการแนบข้อมูลผู้ป่วยมา ผู้ให้คำปรึกษาสามารถดูข้อมูลได้ในหน้าแสดงข้อมูลผู้ป่วย

การแสดงข้อมูลผู้ป่วยจะแบ่งออกเป็น 5 ส่วน ได้แก่ ข้อมูลส่วนตัวของผู้ป่วย ข้อมูลผลวินิจฉัยของผู้ป่วย ข้อมูลการจ่ายยาของผู้ป่วย ข้อมูลผลแล็บและประวัติการรักษา ข้อมูลเหล่านี้จะถูกจำแนกเป็นตามวันและเวลาของผู้ที่มาทำการรักษาในแต่ละโรงพยาบาล



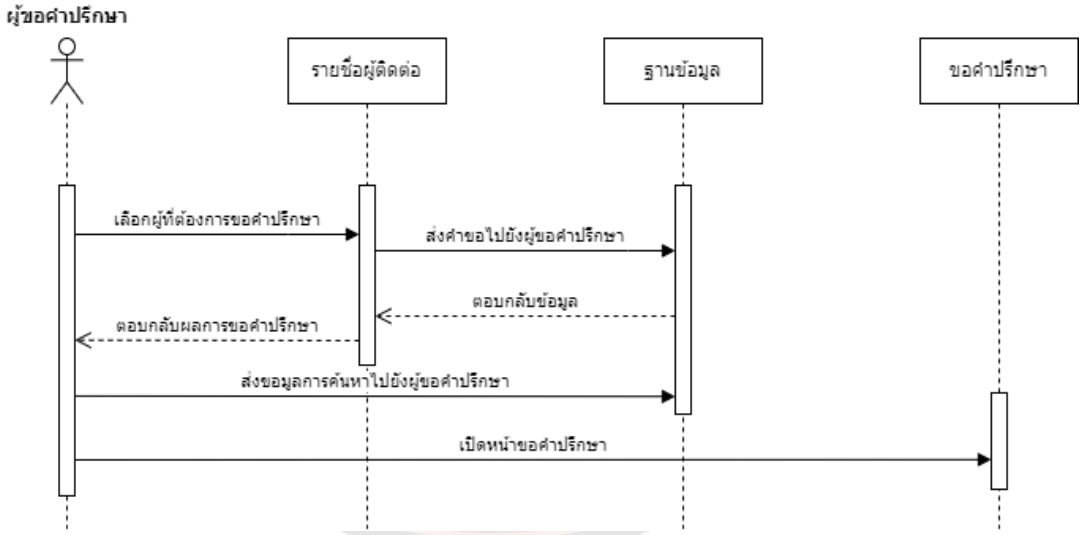
ภาพ 19 แผนภาพซีเควนซ์การค้นหาประวัติข้อมูลของผู้ป่วยและการแสดงผลฝั่งผู้ขอคำปรึกษา



ภาพ 20 แผนภาพซีเควนซ์การรับประวัติข้อมูลของผู้ป่วยและการแสดงผลฝั่งผู้ให้คำปรึกษา

3.3 แผนภาพการขอคำปรึกษาจากผู้ขอคำปรึกษา

แอปพลิเคชันจะทำการแสดงรายชื่อของผู้ให้คำปรึกษาที่ใช้งานระบบอยู่ในขณะนั้น เมื่อผู้ใช้งานทำการเลือกผู้ที่ต้องการที่จะขอคำปรึกษา ระบบจะทำการส่งการแจ้งเตือนไปยังผู้ให้คำปรึกษาที่เลือกผ่านทางแอปพลิเคชันบนเครื่องโฮโลเลนส์หรือเครื่องโทรศัพท์มือถือ ระบบจะทำการรอรับสายจากผู้ให้คำปรึกษาประมาณ 1 นาที หากผู้ให้คำปรึกษาปฏิเสธการรับหรือไม่รับสายภายในเวลาที่กำหนดระบบจะยกเลิกการแจ้งเตือน หากผู้ให้คำปรึกษามีการตอบรับ ระบบจะทำการส่งข้อมูลจากทั้งผู้ขอคำปรึกษาและผู้ให้คำปรึกษาไปยังฐานข้อมูล เพื่อทำการสร้างการเชื่อมต่อระบบวิดิโอคอลระหว่างอุปกรณ์ต้นทางและอุปกรณ์ปลายทาง แอปพลิเคชันจะดึงภาพจากกล้องที่อยู่ส่วนหน้าของแว่นโฮโลเลนส์ หรือภาพจากกล้องหลังของเครื่องโทรศัพท์มือถือของผู้ใช้งานและภาพจากปลายสายมาแสดงในแอปพลิเคชัน และในระหว่างนี้ระบบจะทำการส่งข้อมูลของผู้ป่วยที่ผู้ขอคำปรึกษาได้ค้นหาไว้ก่อนหน้านี้ไปยังอยู่ให้คำปรึกษา

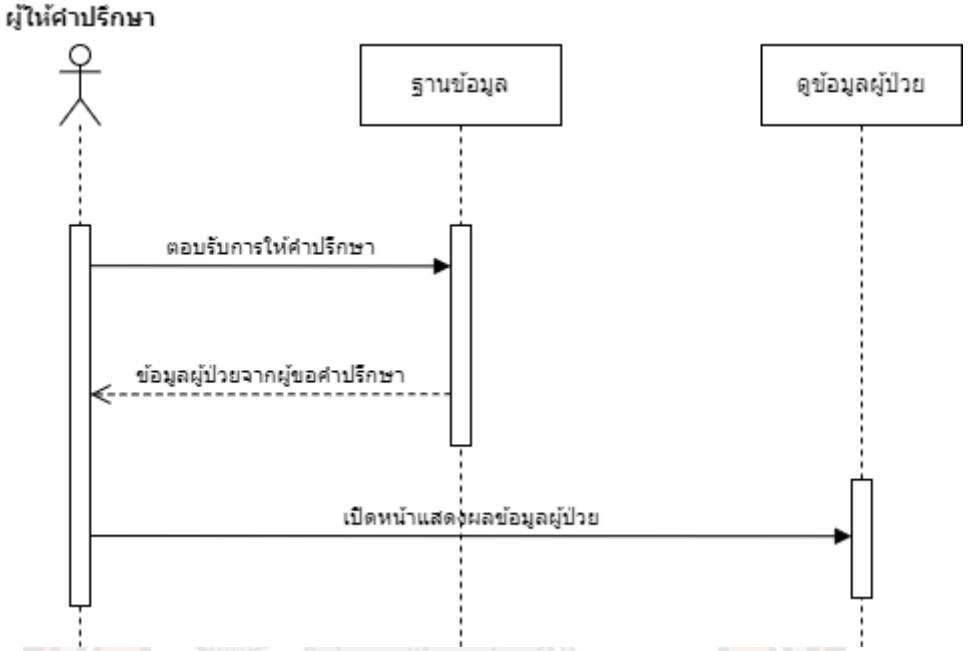


ภาพ 21 แผนภาพซีเควนซ์การขอคำปรึกษาจากผู้ขอคำปรึกษา

3.4 แผนภาพการให้คำปรึกษาจากผู้ให้คำปรึกษา

แอปพลิเคชันจะแสดงสถานะออนไลน์ของผู้ใช้งานก็ต่อเมื่อผู้ใช้งานเปิดแอปพลิเคชันในขณะนั้น เมื่อมีการขอคำปรึกษาขึ้น แอปพลิเคชันจะทำการแสดงหน้าต่างสำหรับรับสายขึ้นมา ทางผู้ใช้งานสามารถกดรับสายหรือวางสายได้ เมื่อทำการรับสายแล้วระบบจะทำการส่งข้อมูลจากทั้งผู้ขอคำปรึกษาและผู้ให้คำปรึกษาไปยังฐานข้อมูล เพื่อทำการสร้างการเชื่อมต่อระบบวิดิโอคอล ในระหว่าง

การสนทนา หากผู้ขอคำปรึกษาได้ค้นหาข้อมูลป่วยไว้อยู่ก่อนแล้ว ระบบจะทำการส่งข้อมูลผู้ป่วยมาให้ผู้ให้คำปรึกษา ผู้ให้คำปรึกษาสามารถดูข้อมูลประวัติทางการแพทย์ได้ในระหว่างสนทนา



ภาพ 22 แผนภาพการให้คำปรึกษาจากผู้ให้คำปรึกษา

4. แผนภาพอีอาร์ (E-R diagram)

ภาพ 23 แผนภาพอีอาร์ของระบบ

5. พจนานุกรมข้อมูล (Data dictionary)

ตาราง 7 user_data (ข้อมูลบัญชีผู้ใช้งาน)

ลำดับ	ชื่อทางเทคนิค (Field name)	ประเภทชุดข้อมูล	รายละเอียด
1	activate	String	การเปิดใช้งานของบัญชีนี้
2	affiliation_id	String	ไอดีของโรงพยาบาลที่อยู่ในสังกัด
3	auth	[Object]	ข้อมูลการพิสูจน์ตัวตนตอนเข้าใช้งาน
	3.1 faceid	String	รหัส Face ID
	3.2 password	String	รหัสผ่าน
	3.3 uid	String	ไอดีผู้ใช้งาน
	3.4 user_level	String	ระดับของผู้ใช้งาน
	3.5 username	String	ชื่อบัญชีผู้ใช้งาน
4	email	String	อีเมล์
5	fname	String	ชื่อจริง
6	home_tel	String	หมายเลขโทรศัพท์บ้าน
7	hospital_id	String	ไอดีโรงพยาบาล
8	image	String	รูปผู้ใช้งาน
9	lname	String	นามสกุล
10	mobile	String	หมายเลขโทรศัพท์มือถือ
11	office_tel	String	หมายเลขโทรศัพท์ที่ทำงาน
12	online	String	สถานการณ์ออนไลน์
13	pname	String	คำนำหน้าชื่อ
14	specialty_name	String	ตำแหน่ง/ความชำนาญ

ตาราง 8 personal_information (ข้อมูลส่วนตัวของผู้ป่วย)

ลำดับ	ชื่อทางเทคนิค (Field name)	ประเภทชุดข้อมูล	รายละเอียด
1	address	[Object]	ที่อยู่
	1.1 alley	String	ซอย
	1.2 district	String	อำเภอ
	1.3 full_address	String	ที่อยู่แบบเต็ม
	1.4 house_no	String	บ้านเลขที่
	1.5 lane	String	ตรอก
	1.6 nationality_id	String	สัญชาติ
	1.7 postal_code	String	รหัสไปรษณีย์
	1.8 province	String	จังหวัด
	1.9 road	String	ถนน
	1.10 sub_district	String	ตำบล
	1.11 village_no	String	เลขที่หมู่บ้าน
2	age	String	อายุ
3	birthday	String	วันเกิด
4	blood_group	String	หมู่เลือด
5	drug_allergy	String	การแพ้ยา
6	face_id	String	รหัส Face ID
7	fname	String	ชื่อจริง
8	hn	String	หมายเลขผู้ป่วยนอก
9	home_phone	String	หมายเลขโทรศัพท์บ้าน
10	hos_id	String	ไอดีโรงพยาบาล
11	hos_name	String	ชื่อโรงพยาบาล
12	image	String	รูปภาพผู้ป่วย
13	lname	String	นามสกุล
14	phone_number	String	หมายเลขโทรศัพท์มือถือ
15	pid	String	เลขประจำตัวประชาชน 13 หลัก
16	pname	String	คำนำหน้าชื่อ

ตาราง 9 visit_information (ข้อมูลการเข้ารักษาของผู้ป่วย)

ลำดับ	ชื่อทางเทคนิค (Field name)	ประเภทชุดข้อมูล	รายละเอียด
1	bmi	String	ดัชนีมวลร่างกาย
2	bp	String	ความดันร่างกาย
3	bt	String	อุณหภูมิร่างกาย
4	bw	String	น้ำหนัก
5	cc	String	ประวัติสำคัญที่มาโรงพยาบาล
6	hos_id	String	ไอดีโรงพยาบาล
7	hos_name	String	ชื่อโรงพยาบาล
8	ht	String	ส่วนสูง
9	pe	String	ข้อมูลการตรวจร่างกายทั่วไป
10	pi	String	ประวัติการป่วยปัจจุบัน
11	pid	String	เลขประจำตัวประชาชน 13 หลัก
12	pr	String	อัตราการเต้นชีพจร
13	rr	String	อัตราการหายใจ
14	sat_o2	String	ความเข้มข้นของออกซิเจน
15	search	String	คีย์สำหรับค้นหาข้อมูล
16	visit_date	String	วันที่ผู้ป่วยเข้ารักษา
17	visit_time	String	เวลาที่ผู้ป่วยเข้ารักษา

ตาราง 10 diagnosis_information (ข้อมูลการวินิจฉัยของผู้ป่วย)

ลำดับ	ชื่อทางเทคนิค (Field name)	ประเภทชุดข้อมูล	รายละเอียด
1	diagnosis	[Object]	รายการผลการวินิจฉัย
	1.1 diag	String	ผลการวินิจฉัย
	1.2 diagnosis_date	String	วันที่ของผลการวินิจฉัย
2	hos_id	String	ไอดีโรงพยาบาล
3	hos_name	String	ชื่อโรงพยาบาล
4	pid	String	เลขประจำตัวประชาชน 13 หลัก
5	search	String	คีย์สำหรับค้นหาข้อมูล
6	visit_date	String	วันที่ผู้ป่วยเข้ารักษา
7	visit_time	String	เวลาที่ผู้ป่วยเข้ารักษา

ตาราง 11 order_information (ข้อมูลการจ่ายยาของผู้ป่วย)

ลำดับ	ชื่อทางเทคนิค (Field name)	ประเภทชุดข้อมูล	รายละเอียด
1	hos_id	String	ไอดีโรงพยาบาล
2	hos_name	String	ชื่อโรงพยาบาล
3	order_list		รายการการจ่ายยา
	3.1 med	String	ชื่อยา
	3.2 verify_date	String	วันที่ยืนยันการจ่ายยา
4	pid	String	เลขประจำตัวประชาชน 13 หลัก
5	search	String	คีย์สำหรับค้นหาข้อมูล
6	visit_date	String	วันที่ผู้ป่วยเข้ารักษา
7	visit_time	String	เวลาที่ผู้ป่วยเข้ารักษา

ตาราง 12 lab_information (ข้อมูลผลแล็บของผู้ป่วย)

ลำดับ	ชื่อทางเทคนิค (Field name)	ประเภทชุดข้อมูล	รายละเอียด
1	hos_id	String	ไอดีโรงพยาบาล
2	hos_name	String	ชื่อโรงพยาบาล
3	lab_list	[Object]	รายการผลแล็บ
	3.1 detail	[String]	รายการรายละเอียดผลแล็บ
	3.2 order_name	String	ชื่อผลแล็บ
	3.3 reporter_name	String	ชื่อผู้รายงานผลแล็บ
4	pid	String	เลขประจำตัวประชาชน 13 หลัก
5	search	String	คีย์สำหรับค้นหาข้อมูล
6	visit_date	String	วันที่ผู้ป่วยเข้ารักษา
7	visit_time	String	เวลาที่ผู้ป่วยเข้ารักษา

ตาราง 13 video_call_hololens_user (ข้อมูลสถานะการวิดีโอคอลของผู้ใช้งาน)

ลำดับ	ชื่อทางเทคนิค (Field name)	ประเภทชุดข้อมูล	รายละเอียด
1	email	String	อีเมล์
2	faceid	String	รหัส Face ID
3	hololens_device	String	รหัสของเครื่อง HoloLens ที่เข้าใช้งาน
4	id	String	ไอดีผู้ใช้งาน
5	image	String	รูปผู้ใช้งาน
6	name	String	ชื่อเต็มผู้ใช้งาน
7	pid	String	เลขประจำตัวประชาชน 13 หลัก ที่ผู้ขอคำปรึกษาได้ค้นหาไว้
8	status	String	สถานะออนไลน์
9	user_level	String	ระดับของผู้ใช้งาน

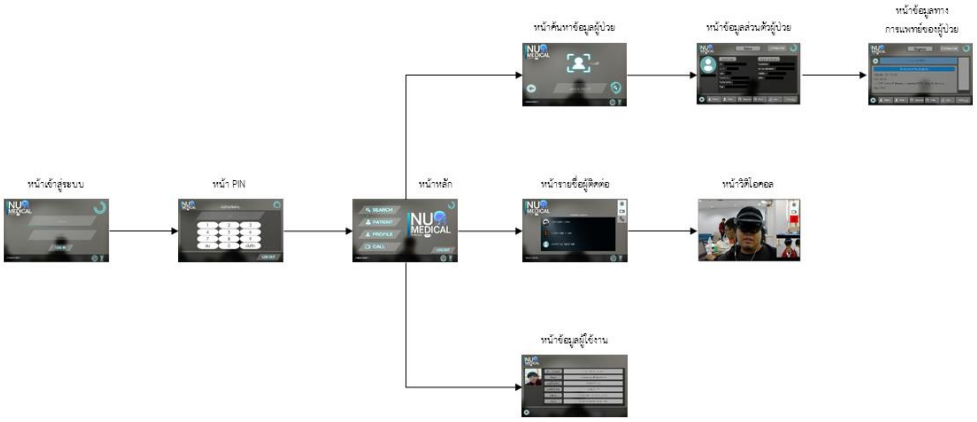
ตาราง 14 video_call_hololens (ข้อมูลสถานะการวิดีโอคอล)

ลำดับ	ชื่อทางเทคนิค (Field name)	ประเภทชุดข้อมูล	รายละเอียด
1	from	String	ไอดีของผู้ส่ง
2	msg	[Object]	ข้อความ SDP
	2.1 msg	String	ข้อความ SDP
	2.2 type	String	ประเภทของข้อความ
	2.3 to	String	ผู้รับข้อความ
3	pid	String	เลขประจำตัวประชาชน 13 หลักที่ผู้ขอคำปรึกษาได้ค้นหาไว้
4	room	String	ห้องไอดีวิดีโอคอล
5	status	String	สถานะของห้องวิดีโอคอล
6	to	String	ไอดีผู้รับ

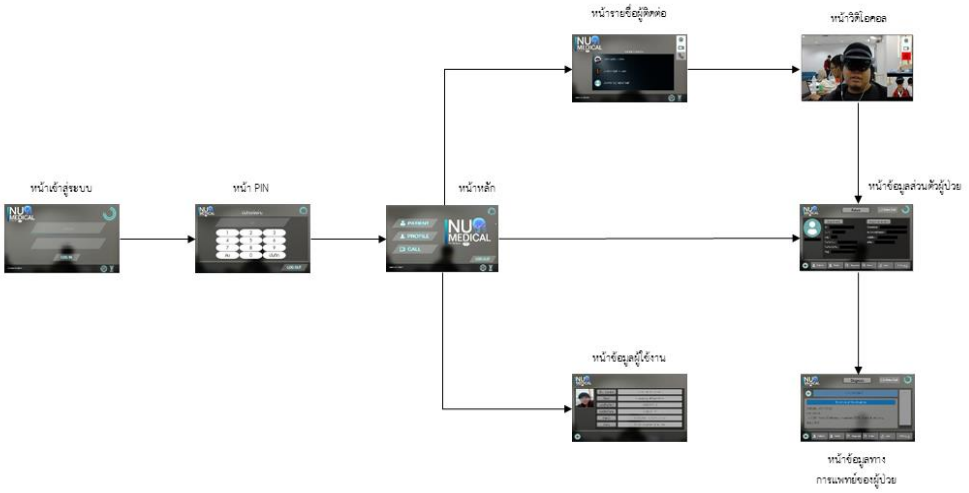
6. การออกแบบแอปพลิเคชัน

การพัฒนาแอปพลิเคชันฝั่งของผู้ขอคำปรึกษาจะใช้โปรแกรม Unity ในออกแบบและพัฒนาแอปพลิเคชัน โดยใช้ Mixed Reality Toolkit สำหรับการเข้าถึงฟังค์ชันการทำงานของแว่นโฮโลเลนส์ต่างๆ อย่างเช่น ฟังค์ชันการ Air-tap สำหรับการสั่งให้พิมพ์ตัวอักษร หรือการสั่งให้ระบบทำงานฟังค์ชันต่างๆ ในการส่วนของการวิดีโอคอลจะถูกพัฒนาแยกออกไปเป็นแอปพลิเคชันอีกตัวนึงด้วย Framework UWP ซึ่งเป็น Framework สำหรับระบบปฏิบัติการ Windows 10 เนื่องจาก ยังไม่มีการรองรับระบบ WebRTC ที่ใช้สำหรับการวิดีโอคอลบนโปรแกรม Unity บนแว่นโฮโลเลนส์

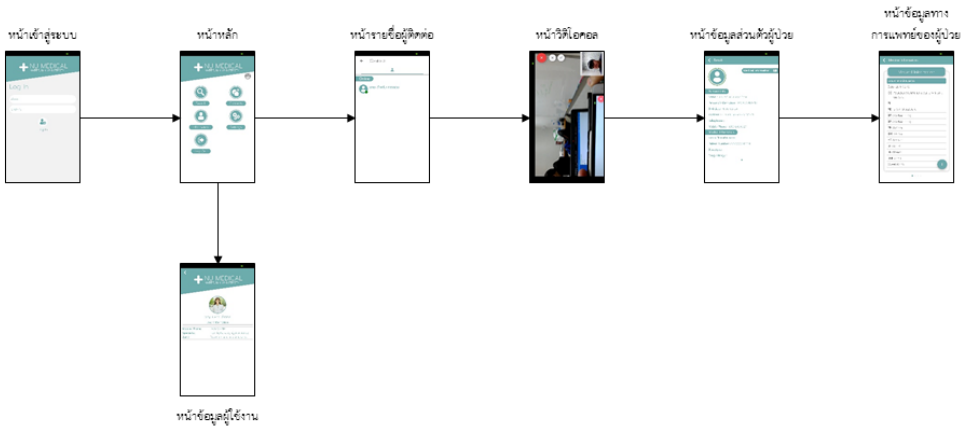
การพัฒนาแอปพลิเคชันฝั่งผู้ขอคำปรึกษาจะใช้โปรแกรม Unity ในออกแบบและพัฒนาแอปพลิเคชัน โดยใช้ Mixed Reality Toolkit เหมือนกับแอปพลิเคชันฝั่งของผู้ขอคำปรึกษา ในฝั่งของสมาร์ตโฟนใช้ Ionic Framework ในการพัฒนาเพราะ Ionic Framework ใช้เทคโนโลยีเว็บแอปในการรันแอปพลิเคชันบนเครื่องสมาร์ตโฟน และมีการซับพอร์ตระบบวิดีโอคอลด้วย WebRTC



ภาพ 24 แสดง Flow การทำงานของแอปพลิเคชันฝั่งผู้ขอคำปรึกษาบนแว่นโฮโลเลนส์



ภาพ 25 แสดง Flow การทำงานของแอปพลิเคชันฝั่งผู้ให้คำปรึกษาบนแว่นโฮโลเลนส์



ภาพ 26 แสดง Flow การทำงานของแอปพลิเคชันฝั่งผู้ให้คำปรึกษาบนสมาร์ตโฟน

แบบประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งานระบบ

แบบประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งานระบบจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนระบบให้คำปรึกษาผ่านเทคโนโลยีโฮโลแกรมด้วยแว่นแสดงภาพเสมือนจริง (HoloLens) และส่วนการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานของระบบให้คำปรึกษาด้วยเทคโนโลยีโฮโลแกรมด้วยแว่นแสดงภาพเสมือนจริง ระหว่าง แว่นแสดงภาพเสมือนจริงกับแว่นแสดงภาพเสมือนจริง หรือแว่นแสดงภาพเสมือนจริงกับเครื่องโทรศัพท์มือถือ

ส่วนระบบให้คำปรึกษาผ่านเทคโนโลยีโฮโลแกรมด้วยแว่นแสดงภาพเสมือนจริง (HoloLens) จะประกอบไปด้วย

1. แบบสอบถามข้อมูลส่วนตัว ประกอบด้วย ชื่อ-นามสกุล, อายุ, เพศ, สถานะผู้ขอคำปรึกษาหรือผู้ให้คำปรึกษา, ตำแหน่ง และสังกัด
2. แบบประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งานระบบ
3. แบบประเมินเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบ

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสอบถามใช้การวิเคราะห์แบบสถิติพรรณนา (Descriptive Statistics) ได้แก่ ค่าเฉลี่ย (mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) เพื่อให้เห็นถึงระดับความพึงพอใจในด้านต่างๆ ของผู้ใช้งานระบบต้นแบบ

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ค่าเฉลี่ย

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{N}$$

$\bar{X}$ คือ คะแนนค่าเฉลี่ย

X คือ คะแนนในแต่ละกลุ่มตัวอย่าง

N คือ จำนวนคนในกลุ่มตัวอย่าง

ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$$S = \sqrt{\frac{\sum(X - \bar{X})^2}{n - 1}}$$

S คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

X คือ คะแนนในแต่ละกลุ่มตัวอย่าง

$\bar{X}$ คือ ค่าเฉลี่ย

n คือ จนวนคนในกลุ่มตัวอย่าง

บทที่ 4

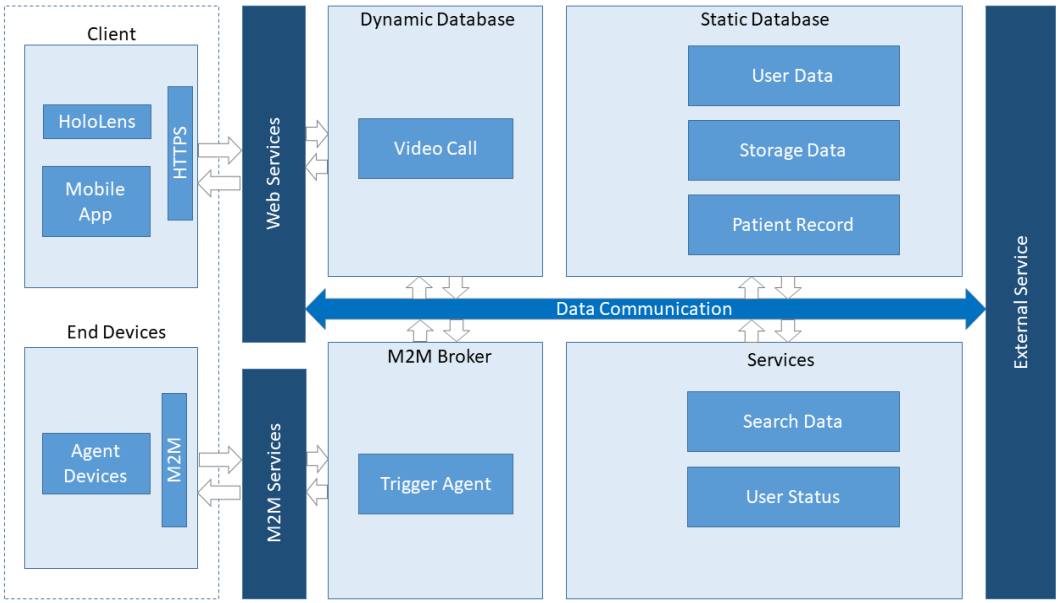
ผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีจุดประสงค์เพื่อประยุกต์ใช้เครื่องโฮโลเลนส์กับการปรึกษาแพทย์ทางไกล ในห้อง ICU โดยการพัฒนาระบบแอปพลิเคชันเทคโนโลยีการแพทย์ทางไกลบนเครื่องโฮโลเลนส์หรือระบบสมาร์ตโฟน โดยทำการศึกษาในกลุ่มประชากรที่เป็นบุคลากรประจำโรงพยาบาลที่ได้เข้าร่วมโครงการพัฒนาต้นแบบของเทคโนโลยีที่ช่วยในหารพัฒนาคุณภาพการให้บริการทางการแพทย์ฉุกเฉินทางไกลในชนบทโดยผ่านเครือข่ายดิจิทัลความเร็วสูงของสำนักงาน กสทช. ประกอบไปด้วย โรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร โรงพยาบาลพุทธชินราช โรงพยาบาลอุตรดิตถ์และโรงพยาบาลสุโขทัย โดยมีการแบ่งผู้ใช้งานเป็นพยาบาลประจำห้องไอซียูของโรงพยาบาลต่างๆ และแพทย์ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 2 ท่าน โดยผลการศึกษาประกอบไปด้วย

1. ผลการทดสอบการใช้ของแอปพลิเคชันบนเครื่องโฮโลเลนส์หรือบนสมาร์ตโฟน
2. ผลการค้นหาข้อมูลผู้ป่วยและการแสดงข้อมูลของผู้ป่วย
3. ผลการขอคำปรึกษาและตอบรับคำปรึกษา
4. ผลการประเมินความพึงพอใจและความคิดเห็นในการใช้แอปพลิเคชันของผู้ทดสอบใช้งานระบบ

การเชื่อมต่อฐานข้อมูลผู้ป่วยจากศูนย์ข้อมูล

ข้อมูลของผู้ป่วยมาจากศูนย์ข้อมูล (Data Center) ที่เชื่อมโยงข้อมูลของแต่ละโรงพยาบาลที่ได้เข้าร่วมโครงการพัฒนาต้นแบบของเทคโนโลยีที่ช่วยในหารพัฒนาคุณภาพการให้บริการทางการแพทย์ฉุกเฉินทางไกลในชนบทโดยผ่านเครือข่ายดิจิทัลความเร็วสูงของสำนักงาน กสทช. จำนวน 157 แห่ง ประกอบไปด้วย โรงพยาบาลศูนย์จำนวน 2 แห่ง โรงพยาบาลชุมชนจำนวน 8 แห่ง และโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลจำนวน 147 แห่ง



ภาพ 27 สถาปัตยกรรมของระบบศูนย์ข้อมูล (Data Center)

ระบบศูนย์ข้อมูลจะทำการเชื่อมโยงข้อมูลในแต่ละพื้นที่โรงพยาบาลแต่ละแห่ง ทำหน้าที่เป็นส่วนประสานงานเพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ต่างๆ โดยเทคโนโลยีแบบ Web Service และ Web Service โดยศูนย์ข้อมูลจะประกอบไปด้วย

1. End Devices คือ เครื่องแม่ข่ายปลายทางที่เชื่อมต่อกับศูนย์ข้อมูล
2. M2M Broker คือ บริการสำหรับการติดต่อกับแม่ข่ายแบบ M2M
3. Services คือ การบริการต่างๆ ของระบบศูนย์ข้อมูล อย่างเช่น การบริการการค้นหาข้อมูลผู้ป่วย การตรวจสอบสถานะการใช้งานของผู้ใช้งาน การส่งการขอคำปรึกษาหรือตอบรับคำปรึกษา
4. Static Database คือ ฐานข้อมูลที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้าง เช่น ข้อมูลของผู้ใช้งาน ข้อมูลของผู้ป่วย
5. Dynamic Database คือ ฐานข้อมูลที่มีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้าง เช่น ข้อมูลการติดต่อกันของระบบวิดีโอคอล
6. Client คือ ลูกข่ายที่ติดต่อเรียกใช้งานศูนย์ข้อมูล คือแอปพลิเคชันขอคำปรึกษาทั้งบนเครื่องโฮโลเลนส์และโทรศัพท์มือถือ

การเข้าถึงข้อมูลผู้ป่วยจะใช้เลขรหัสประจำตัว 13 หลัก จะมี End Devices ที่เรียก Agent เป็นอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ฝังตัว ทำการเชื่อมข้อมูลกับฐานข้อมูลภายในโรงพยาบาลต้นทาง เมื่อมีการเรียกค้นหาข้อมูลผู้ป่วยผ่านทางเว็บเซอร์วิส (Service) ระบบจะทำการเรียก Trigger Agent

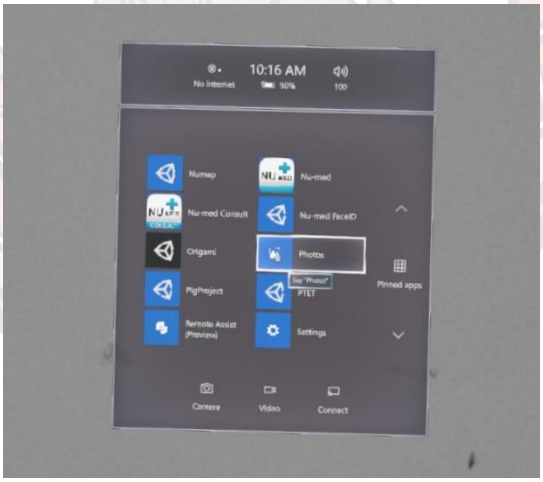
เพื่อทำการกระตุ้นให้ Agent ที่เชื่อมต่อกับฐานข้อมูลของโรงพยาบาลต่างๆ ทำการค้นหาข้อมูลผู้ป่วย เมื่อมีการค้นพบข้อมูลผู้ป่วยแล้ว Agent จะทำการส่งข้อมูลไปยังฐานข้อมูลบนคลาวด์ (Firebase) แล้วนำข้อมูลที่ได้ไปให้บริการแก่ Client ต่อไป

การทดสอบแอปพลิเคชันเทคโนโลยีการแพทย์ทางไกล

แอปพลิเคชันเทคโนโลยีการแพทย์ทางไกลจะถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ฝั่งผู้ขอคำปรึกษา และ ผู้ให้คำปรึกษา ฝั่งผู้ขอคำปรึกษาจะสามารถใช้งานแอปพลิเคชันได้จากเครื่องแว่นโฮโลเลนส์ ฝั่งผู้ให้คำปรึกษาจะสามารถใช้งานแอปพลิเคชันได้จากเครื่องแว่นโฮโลเลนส์ หรือเครื่องโทรศัพท์มือถือ

การทดสอบแอปพลิเคชันเทคโนโลยีการแพทย์ทางไกลฝั่งผู้ขอคำปรึกษาและให้คำปรึกษาด้วยแว่นโฮโลเลนส์

ขั้นตอนใช้งานแอปพลิเคชันเทคโนโลยีการแพทย์ทางไกลฝั่งผู้ขอคำปรึกษาและผู้ให้คำปรึกษาด้วยแว่นโฮโลเลนส์ ผู้ใช้งานจะทำการเปิดแอปพลิเคชัน Numed ในแว่นโฮโลเลนส์



ภาพ 28 แสดงไอคอนของแอปพลิเคชันบนโฮโลเลนส์

1. การตรวจสอบสิทธิ์การใช้งานและการเข้าสู่ระบบ

การทำงานชองแอปพลิเคชันจะเริ่มต้นด้วยการให้ผู้ใช้งานกรอก Email/Password ในช่อง Username และ Password ตามลำดับ เมื่อทำการกรอกข้อมูลเสร็จแล้ว ให้ทำการ Air-tap ที่ปุ่ม

Login เพื่อเข้าสู่ระบบ ถ้ามีข้อมูลอยู่ในฐานข้อมูลก็จะสามารถเข้าสู่ระบบได้ หากไม่พบข้อมูลระบบจะทำการแจ้งเตือน

ภาพ 29 หน้าการเข้าสู่ระบบ

ภาพ 30 แจ้งเตือนการเข้าสู่ระบบสำเร็จ

เมื่อทำการเข้าระบบสำเร็จ แอปพลิเคชันจะแสดงหน้าให้กรอกรหัส PIN 6 หลัก ผู้ใช้งานจะต้องกรอกรหัส PIN และ ยืนยันรหัส PIN อีกครั้ง รหัส PIN มีไว้ใช้ในการเข้าสู่ระบบแอปพลิเคชันในครั้งถัดไปโดยไม่ต้องกรอกข้อมูล Email และ Password

ภาพ 31 หน้ายืนยันการกรอกรหัส PIN

แอปพลิเคชันจะทำการแสดงหน้าหลักขึ้นมา โดยฝั่งผู้ขอคำปรึกษาจะมีเมนูประกอบไปด้วย ค้นหาข้อมูลผู้ป่วย (Search), ดูข้อมูลผู้ป่วย (Patient), ข้อมูลผู้ใช้งาน (Profile), สนทนา (Call), ออกจากระบบ (Logout) ฝั่งผู้ให้คำปรึกษาจะมีเมนูประกอบไปด้วย ดูข้อมูลผู้ป่วย (Patient), ข้อมูลผู้ใช้งาน (Profile), สนทนา (Call), ออกจากระบบ (Logout) ผู้ใช้งานสามารถออกจากระบบได้ด้วยการกดปุ่ม ออกจากระบบ (Log Out) ระบบจะทำการล้างข้อมูลออกจากเครื่องทั้งหมด

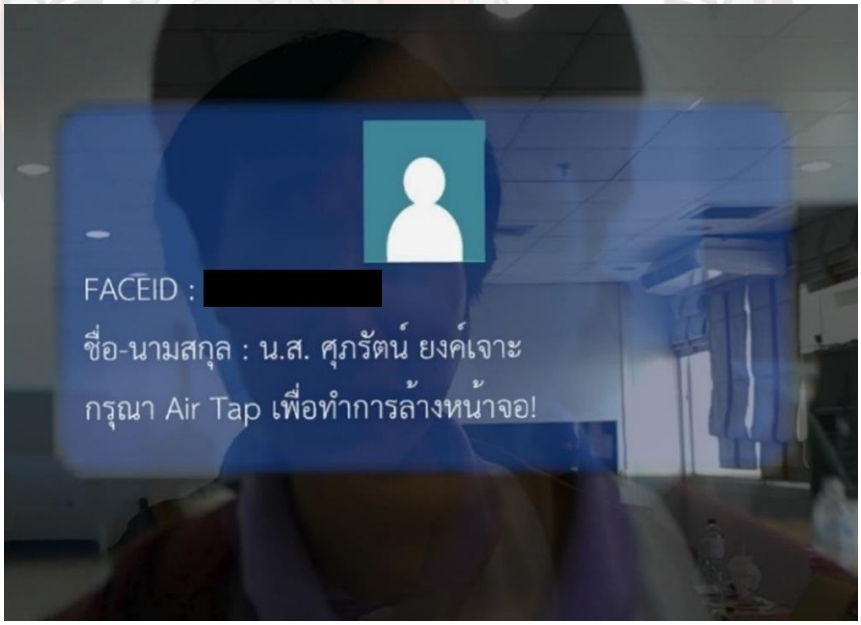
ภาพ 32 หน้าหลักของฝั่งผู้ขอคำปรึกษา

ภาพ 33 หน้าหลักของผู้ให้คำปรึกษา

2. การค้นหาและแสดงข้อมูลของผู้ป่วย

การค้นหาข้อมูลผู้ป่วยนั้น มีการค้นหาด้วย 2 วิธี ได้แก่ การกรอกเลขบัตรประชาชน 13 หลัก โดยตรง กับการถ่ายรูปใบหน้าด้วยระบบ FaceID โดยวิธีการกรอกเลขบัตรประชาชน 13 หลัก นั้น ผู้ใช้งานจะต้องกรอกเลขบัตรในช่อง ค้นหาเลขบัตรประชาชน เมื่อทำการพิมพ์เสร็จแล้วให้ทำการ Air-tap ที่รูปไอคอนแว่นขยาย ระบบจะทำการตรวจสอบความถูกต้องของรหัสประชาชนแล้วส่งเลขบัตรประชาชนไปค้นหาข้อมูลในฐานข้อมูล หากไม่พบข้อมูลจะแสดงการเตือนไม่พบข้อมูล หากพบข้อมูลแอปพลิเคชันจะไปยังหน้าแสดงประวัติข้อมูลผู้ป่วย วิธีการการค้นหาด้วย FaceID ผู้ใช้งานจะต้องกดไอคอนรูปคนแล้ว แอปพลิเคชันจะทำการเปิดแอปพลิเคชัน Numed FaceID ขึ้นมา โดยผู้ใช้งานจะต้องหันหน้ากล้องของแว่นโฮโลเลนส์ไปยังผู้ป่วยที่ต้องการค้นหา โดยในหน้าของผู้ป่วยอยู่ประมาณกลางจอของแอปพลิเคชัน และอยู่ในที่ที่มีแสงพอสมควร เมื่อจัดท่าทางเรียบร้อยแล้วให้ผู้ใช้งานทำการ Air-tap ตรงไหนก็ได้ โดยที่นิ้วไม่ไปบังกล้องโฮโลเลนส์ เมื่อทำการถ่ายรูปเสร็จเรียบร้อยแล้ว ระบบจะนำภาพที่ถ่ายได้ส่งไปยังระบบ FaceID เพื่อทำการหาข้อมูล เมื่อทำการค้นหาเสร็จจะส่งข้อมูลกลับมายังแอปพลิเคชัน หากไม่พบข้อมูล ผู้ใช้งานสามารถทดลองถ่ายรูปใหม่ได้อีกครั้ง หากพบข้อมูลระบบจะทำการแสดงชื่อของเจ้าของใบหน้า, ID และเลขบัตรประชาชน 13 หลัก ผู้ใช้งานทำการ Air-tap อีกครั้ง เพื่อทำการส่งข้อมูลที่ได้กลับไปยังแอปพลิเคชัน Numed และปิดแอปพลิเคชัน FaceID ลง เมื่อกลับมายังแอปพลิเคชัน Numed แล้ว ระบบจะนำเลขบัตรบัตรประชาชน 13 หลักไปค้นหาข้อมูล เหมือนกับขั้นตอนการกรอกเลขบัตรประชาชน 13 หลัก

ภาพ 34 หน้าค้นหาข้อมูลผู้ป่วย



ภาพ 35 ผลลัพธ์จากการถ่ายรูปด้วย FaceID

หน้าแสดงประวัติข้อมูลผู้ป่วยจะประกอบไปด้วย 5 ส่วน หลักๆ ได้แก่ ประวัติส่วนส่วนตัว ประวัติการตรวจ ผลวินิจฉัย ผลแลป และการจ่ายยา สามารถเปลี่ยนการดูข้อมูลด้วยการ Air-tap ที่เมนูที่ต้องการจะดูข้อมูลด้านล่างของแอปพลิเคชัน

โดยข้อมูลประวัติส่วนตัวจะมาจากประวัติจากโรงพยาบาลที่เคยเข้ารับการรักษา ประกอบไปด้วย ชื่อ-นามสกุล วันเกิด โรงพยาบาลที่เข้ารับการรักษา ที่อยู่ เป็นต้น

ภาพ 36 หน้าแสดงประวัติส่วนตัวของผู้ป่วย

ข้อมูลของประวัติการตรวจ ผลวินิจฉัย ผลแลป และการจ่ายยา จะถูกแบ่งแยกออกรายวันที่มีการตรวจ ทำการ Air-tap ที่วันจะแสดงข้อมูลรายละเอียดตามข้อหัวที่เลือกของวันนั้นๆ ผู้ใช้งานสามารถ Drag เพื่อทำการเลื่อนดูข้อมูลต่างๆ ได้ ถ้าหากไม่มีข้อมูล แอปพลิเคชันจะแสดงว่า ไม่พบข้อมูลในหัวข้อที่เลือก

ภาพ 37 แสดงข้อมูลการตรวจแบ่งตามรายวัน

ภาพ 38 รายละเอียดข้อมูลการตรวจ

ภาพ 39 แสดงข้อมูลวินิจฉัยแบ่งตามรายวัน

ภาพ 40 รายละเอียดข้อมูลการวินิจฉัย

ภาพ 41 แสดงข้อมูลการจ่ายยาแบ่งตามรายวัน

ภาพ 42 รายละเอียดข้อมูลการจ่ายยา

ภาพ 43 แสดงข้อมูลผลแลปแบ่งตามรายวัน

ภาพ 44 รายละเอียดข้อมูลผลแลป

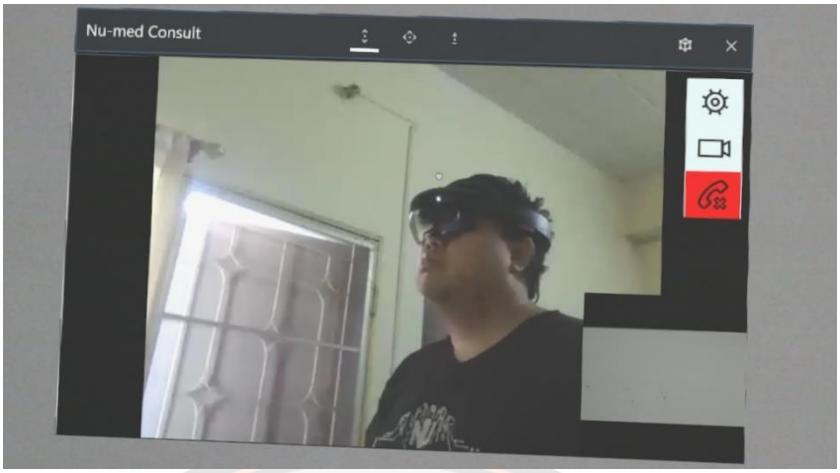
3. การขอคำปรึกษาผ่านระบบวิดีโอคอล

ผู้ใช้งานจะต้องกดเมนูโทร (Call) เพื่อทำการเปิดแอปพลิเคชัน Numed Consult ขึ้นมา ในหน้าหลักจะประกดรายชื่อของผู้ที่กำลังใช้งานแอปพลิเคชัน Numed Consult ในขณะนั้น ให้ทำการ Air-tap เลือกชื่อที่ต้องการสนทนาแล้วปุ่มโทรด้านขวาบนจะแสดงเป็นสีเขียว ให้ทำการ Air-tap ปุ่มโทร เพื่อส่งสัญญาณไปยังชื่อที่เลือก ระบบจะแสดงหน้าต่างรอการตอบรับ ผู้ใช้งานสามารถยกเลิกการติดต่อได้ด้วยการ Air-tap ปุ่มวางสาย ระบบจะตัดการวางสายอัตโนมัติ หากเป็นฝ่ายรับแอปพลิเคชันจะทำการเล่นเพลงและแสดงหน้าต่างรอตอบรับขึ้นมา โดยหน้าต่างตอบรับจะแสดงข้อมูลของคนที่โทรมา ผู้ใช้งานสามารถต้อบรับหรือปฏิเสธได้ ด้วยการ Air-tap ที่ปุ่มโทรสีเขียว หรือ Air-tap ที่ปุ่มสีแดงตามลำดับ เมื่อทำการติดต่อกันสำเร็จ แอปพลิเคชันจะทำการแสดงหน้าจอการสนทนาขึ้นมา โดยผู้ใช้งานสามารถเปิด/ปิด การใช้งานไมโครโฟนหรือกล้องได้ โดยในหน้าจอของผู้ขอคำปรึกษาจะแสดงภาพจากกล้องตัวเองในหน้าต่างขนาดใหญ่ และภาพจากกล้องผู้ให้คำปรึกษาในหน้าต่างเล็กมุมขวาล่าง ส่วนผู้ให้คำปรึกษาจะแสดงภาพสลับกับผู้ขอคำปรึกษาโดยที่ภาพจากกล้องตัวเองจะอยู่ในหน้าต่างเล็กมุมขวาล่าง แล้วภาพจากผู้ขอคำปรึกษาจะอยู่ในหน้าต่างใหญ่ ในระหว่างที่สนทนานี้ระบบจะทำการส่งข้อมูลที่ขอคำปรึกษาได้ค้นหาไว้ไปยังผู้ให้คำปรึกษา ผู้ให้คำปรึกษาสามารถกดดูประวัติข้อมูลได้ด้วยการ Air-tap ปุ่ม Patient ในแอปพลิเคชัน Numed

ภาพ 45 หน้ารายชื่อของผู้ขอคำปรึกษา/ผู้ให้คำปรึกษาที่กำลังใช้งาน

ภาพ 46 รอการตอบรับจากผู้โทรออก

ภาพ 47 รอการตอบรับจากผู้รอรับสาย



ภาพ 48 แสดงการสนทนาด้วยระบบวิดิโอคอล

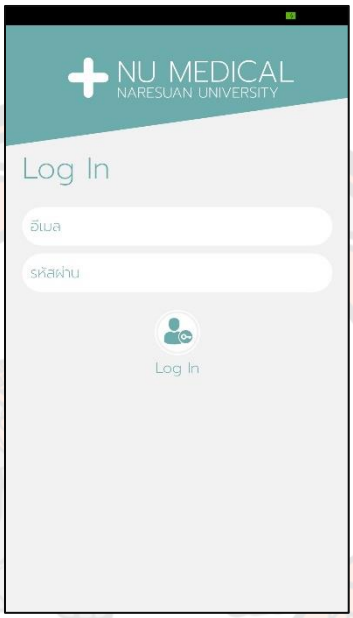
การทดสอบแอปพลิเคชันเทคโนโลยีการแพทย์ทางไกลฝั่งให้คำปรึกษาบนโทรศัพท์มือถือสมาร์ตโฟน

ขั้นตอนใช้งานแอปพลิเคชันเทคโนโลยีการแพทย์ทางไกลฝั่งผู้ให้คำปรึกษาด้วยโทรศัพท์มือถือสมาร์ตโฟน ผู้ใช้งานจะต้องเปิดแอปพลิเคชันที่ชื่อว่า Numed ขึ้นมา

ภาพ 49 แสดงไอคอนของแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์

1. การตรวจสอบสิทธิ์การใช้งานและการเข้าสู่ระบบ

การทำงานชองแอปพลิเคชันจะเริ่มต้นด้วยการให้ผู้ใช้งานกรอก Email/Password ในช่อง Email และ Email ตามลำดับ เมื่อทำการกรอกข้อมูลเสร็จแล้ว ให้ทำการกดปุ่ม Login เพื่อเข้าสู่ระบบ ถ้ามีข้อมูลอยู่ในฐานข้อมูลก็จะสามารถเข้าสู่ระบบได้ หากไม่พบข้อมูลระบบจะทำการแจ้งเตือน



ภาพ 50 หน้าการเข้าสู่ระบบ

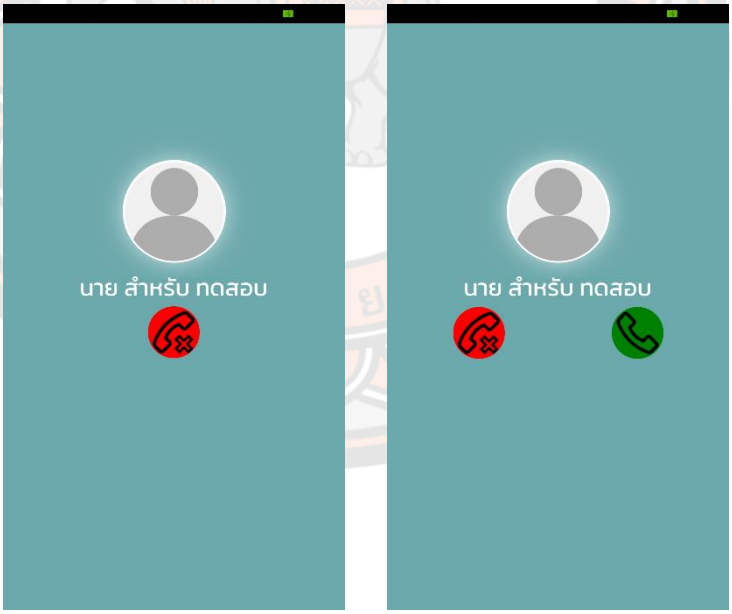
เมื่อทำการเข้าระบบแล้วแอปพลิเคชันจะทำการแสดงหน้าหลักขึ้นมา ผู้ใช้งานสามารถออกจากระบบได้ด้วยการกดปุ่ม ออกจากระบบ (Log Out) ระบบจะทำการล้างข้อมูลออกจากเครื่องทั้งหมด

ภาพ 51 หน้าหลัก

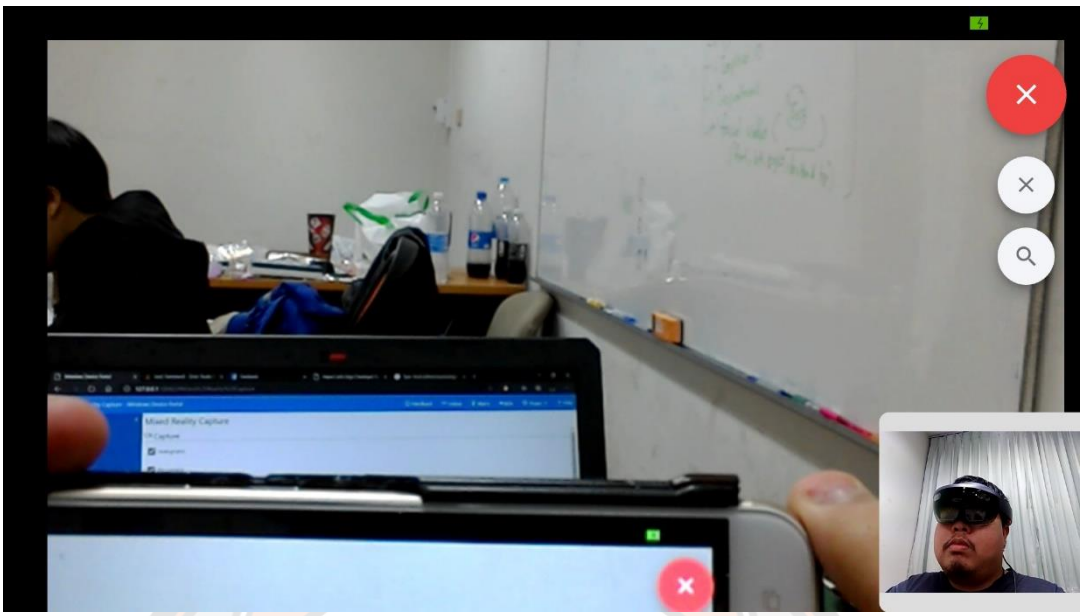
2. การตอบรับคำปรึกษาผ่านระบบวิดิโอคอล และการดูประวัติข้อมูลผู้ป่วย

ผู้ใช้งานกดปุ่ม ติดต่อ (Contacts) แอปพลิเคชันจะแสดงรายชื่อของผู้ติดต่อที่งานระบบในขณะนั้น ทำการเลือกเพื่อส่งสัญญาณไปยังผู้ติดต่อ แอปพลิเคชันจะแสดงหน้ารอการตอบรับ ในขณะนี้ผู้ใช้สามารถกดปุ่มตัดสายเพื่อยกเลิกได้ หากไม่มีการตอบรับภายใน 1 นาที ระบบจะตัดการเชื่อมต่ออัติโนมัติ หากมีการส่งสัญญาณคำขอการปรึกษาเข้ามา แอปพลิเคชันจะแจ้งเตือนด้วยเสียง และแสดงหน้าการตอบรับขึ้นมา โดยมีข้อมูลของคนที่ขอคำปรึกษามา ผู้ใช้งานสามารถกดตอบรับเพื่อเริ่มการสนทนา หรือกดวางสายเพื่อทำการปฏิเสธ เมื่อทำการติดต่อกันสำเร็จ แอปพลิเคชันจะแสดงหน้าต่างสนทนาวิดิโอคอลขึ้นมา โดยหน้าต่างใหญ่จะแสดงภาพวิดิโอจากผู้ขอคำปรึกษา และหน้าต่างเล็กมุมขวาล่างจะแสดงภาพวิดิโอจากกล้องของผู้ใช้งาน ผู้ใช้งานสามารถกดปุ่มเมนูขวาบน เพื่อแสดงเมนูย่อยออกมา ประกอบไปด้วยปุ่ม วางสาย และปุ่มดูข้อมูลผู้ป่วยจากฝั่งที่ผู้ขอคำปรึกษาได้ส่งมา

ภาพ 52 หน้ารายชื่อของผู้ขอคำปรึกษา/ผู้ให้คำปรึกษาที่กำลังใช้งาน

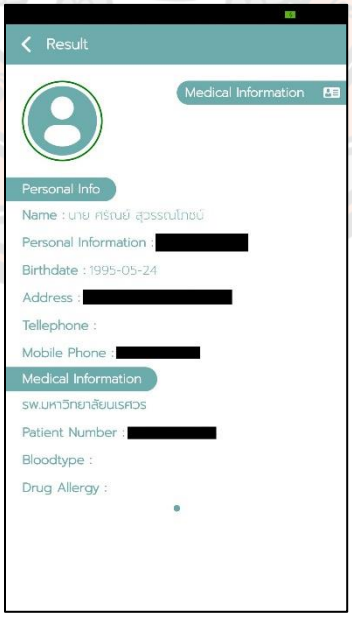


ภาพ 53 รอการตอบรับจากผู้โทรออกและผู้รอรับสาย



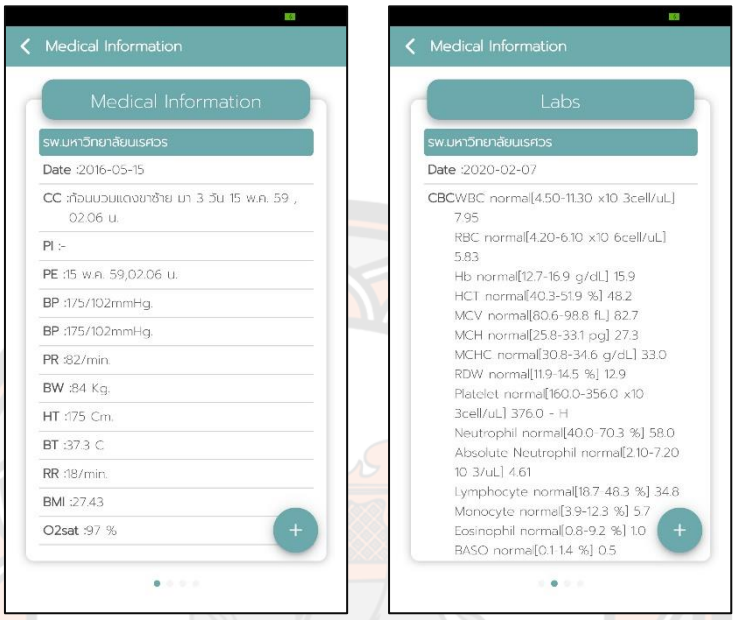
ภาพ 54 แสดงการสนทนาด้วยระบบวิดิโอคอล

หน้าต่างแสดงข้อมูลในหน้าแรกจะแสดงข้อมูลประวัติส่วนตัวของผู้ป่วย กดปุ่ม ประวัติการแพทย์ (Medical Information) เพื่อทำการดูข้อมูลต่างๆ

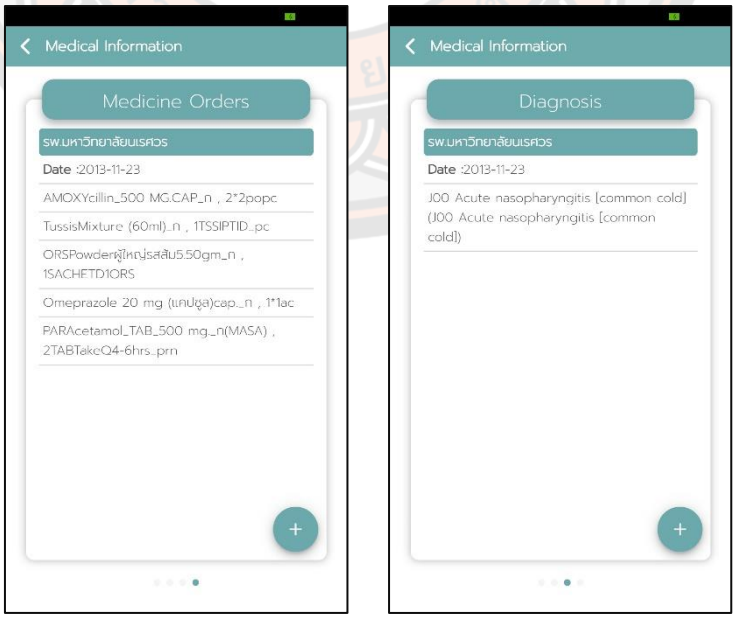


ภาพ 55 หน้าแสดงประวัติส่วนตัวของผู้ป่วย

หน้าต่างประวัติการแพทย์ จะแสดงออกเป็น 4 ส่วนได้แก่ ประวัติการตรวจ ผลวินิจฉัย ผลแลป และการจ่ายยา ผู้ใช้งานสามารถเลื่อนหน้าต่างซ้าย-ขวา เพื่อทำการดูข้อมูลต่างๆ ในแต่ละหัวข้อจะแสดงข้อมูลจากวันล่าสุดที่ได้รับการตรวจ ผู้ใช้งานจะต้องกดปุ่มบวก เพื่อดูข้อมูลในชุดถัดไป



ภาพ 56 แสดงผลตรวจกับผลแลป



ภาพ 57 แสดงผลการจ่ายยากับการวินิจฉัย

ผลการประเมินระบบจากผู้ทดสอบใช้งาน

ผู้เข้าร่วมการวิจัยทั้งหมด 13 คน แบ่งเป็นผู้ให้คำปรึกษาจำนวน 2 คน และ ผู้ขอคำปรึกษาทั้งหมด 11 คน ได้ทำการประเมินความพึงพอใจและเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบให้คำปรึกษาด้วยเทคโนโลยีแว่นโฮโลเลนส์ ทั้งแบบระหว่างปรึกษาด้วยแว่นโฮโลเลนส์กับแว่นโฮโลเลนส์ และ แว่นโฮโลเลนส์กับโทรศัพท์มือถือสมาร์ตโฟน

ตาราง 15 ข้อมูลเกี่ยวกับสถานภาพและข้อมูลพื้นฐานของผู้ตอบแบบสอบถาม

เพศ	**จำนวน**	**คิดเป็นร้อยละ**
ชาย	4	30.77
หญิง	8	61.54
ไม่ระบุ	1	7.69
รวม	13	100
อายุ	**จำนวน**	**คิดเป็นร้อยละ**
ต่ำกว่า 30 ปี	1	7.69
ระหว่าง 30 – 50 ปี	8	61.54
50 ปีขึ้นไป	2	15.38
ไม่ระบุ	2	15.38
รวม	13	100
สถานะ	**จำนวน**	**คิดเป็นร้อยละ**
ผู้ขอคำปรึกษา	11	84.62
ผู้ให้คำปรึกษา	2	15.38
รวม	13	100
ตำแหน่ง	**จำนวน**	**คิดเป็นร้อยละ**
นายแพทย์ชำนาญพิเศษ	4	30.77
พยาบาลวิชาชีพชำนาญการ	6	46.15
เจ้าหน้าที่บริหารทั่วไป	1	7.69
นักวิชาการคอมพิวเตอร์	1	7.69
ไม่ระบุ	1	7.69
รวม	13	100

สังกัด	จำนวน	คิดเป็นร้อยละ
โรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร	3	23.08
โรงพยาบาลอุตรดิษถ์	2	15.38
โรงพยาบาลสุโขทัย	3	23.08
โรงพยาบาลสมเด็จพระเจ้าตากสินมหาราช	2	15.38
โรงพยาบาลพุทธชินราช	2	15.38
ไม่ระบุ	1	7.69
รวม	13	100

ความพึงพอใจที่มีต่อการทดสอบการใช้ระบบและเปรียบเทียบประสิทธิภาพมีเกณฑ์การประเมินดังนี้

1 หมายถึง ความพึงพอใจน้อยที่สุด
2 หมายถึง ความพึงพอใจน้อย
3 หมายถึง ความพึงพอใจปานกลาง
4 หมายถึง ความพึงพอใจมาก
5 หมายถึง ความพึงพอใจมากที่สุด

สามารถวัดระดับความพึงพอใจของผู้ทดสอบใช้ระบบให้คำปรึกษาด้วยเทคโนโลยีแว่นโฮโลเลนส์ ด้วยระดับค่าเฉลี่ยความพึงพอใจ ซึ่งมีค่าระหว่าง 1.0 ถึง 5.0 โดยที่ระดับความพึงพอใจเฉลี่ยที่วัดได้มีความหมายดังต่อไปนี้

ระดับความพึงพอใจในช่วงระหว่าง 1.0 ถึง 1.8 หมายถึง ความพึงพอใจน้อย
ระดับความพึงพอใจในช่วงระหว่าง 1.8 ถึง 2.6 หมายถึง ความพึงพอใจค่อนข้างน้อย
ระดับความพึงพอใจในช่วงระหว่าง 2.6 ถึง 3.4 หมายถึง ความพึงพอใจปานกลาง
ระดับความพึงพอใจในช่วงระหว่าง 3.4 ถึง 4.2 หมายถึง ความพึงพอใจค่อนข้างมาก
ระดับความพึงพอใจในช่วงระหว่าง 4.2 ถึง 5.0 หมายถึง ความพึงพอใจมาก

จากการประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งานระบบพบว่า

ด้านระบบ ผู้ทดสอบมีความพึงพอใจสูงสุดในด้านความน่าสนใจของระบบเทคโนโลยีให้คำปรึกษา โดยมีค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 4.769 ± 0.439 คะแนน ผู้ทดสอบมีความพึงพอใจน้อยสุดคือการเชื่อมต่อและความเสถียรของอินเทอร์เน็ตที่ใช้ โดยมีค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบน

มาตรฐานเท่ากับ 3.77 ± 0.599 คะแนน มีความพึงพอใจมากที่สุดคือด้านความน่าสนใจของระบบ โดยมีค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 4.769 ± 0.439 คะแนน

ด้านการใช้งานและประโยชน์ ผู้ทดสอบมีความพึงพอใจสูงสุดในด้านประโยชน์ที่ได้รับและความต้องการต่อยอดระบบเทคโนโลยีให้คำปรึกษา โดยมีค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 4.692 ± 0.48 คะแนน

ด้านนักพัฒนา ผู้ทดสอบมีความพึงพอใจสูงสุดในความพึงพอใจต่อทีมผู้พัฒนาโดยมีค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 4.385 ± 0.65 คะแนน

รายละเอียดการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน แสดงในตารางที่ 16

ตาราง 16 สรุปผลการตอบแบบสอบถามความพึงพอใจต่อการใช้ระบบให้คำปรึกษาด้วยเทคโนโลยีแว่นโฮโลเลนส์

หัวข้อการประเมิน	ความพึงพอใจ					รวม	AVG	SD
	5	4	3	2	1			
ระบบให้คำปรึกษาผ่านเทคโนโลยีโฮโลแกรมด้วยแว่นโฮโลเลนส์								
1. ความน่าสนใจของระบบให้คำปรึกษา	10	3	0	0	0	62	4.769	0.439
2. ระบบสามารถใช้งานได้ง่าย ไม่ซับซ้อน	4	8	1	0	0	55	4.231	0.599
3. การแสดงผลภาพจากกล้องมีความชัดเจน	7	5	1	0	0	58	4.462	0.66
4. เสียงมีความชัดเจน	6	6	1	0	0	57	4.385	0.65
5. การใช้งานอุปกรณ์โฮโลเลนส์มีการแสดงภาพตรงตามตำแหน่ง	6	7	0	0	0	58	4.462	0.519
6. ความเสถียรของการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต	1	8	4	0	0	49	3.77	0.599
รวมคะแนน							4.346	0.641
การใช้งานและประโยชน์ของระบบให้คำปรึกษาผ่านเทคโนโลยีโฮโลแกรมด้วยแว่นโฮโลเลนส์								
7. ตอบโจทย์การใช้งานและช่วยแก้ไขปัญหาด้านการปรึกษาแบบเดิม	7	6	0	0	0	59	4.538	0.519
8. ความสะดวกและรวดเร็วในการปรึกษาเมื่อเปรียบเทียบกับระบบเดิม	7	6	0	0	0	59	4.538	0.519

หัวข้อการประเมิน	ความพึงพอใจ					รวม	AVG	SD
	5	4	3	2	1			
9. ได้รับประโยชน์จากการใช้ระบบ	9	4	0	0	0	61	4.692	0.48
10. เป็นการศึกษารายกรณีเพื่อให้ผู้ใช้งานเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนรู้จากประเด็นการปรึกษาการแพทย์	7	6	0	0	0	59	4.538	0.519
11. มีความต้องการต่อยอด เพื่อให้ถูกใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพและประโยชน์สูงสุด	9	4	0	0	0	61	4.692	0.48
รวมคะแนน							4.6	0.494
ด้านทีมพัฒนา								
12. ความรวดเร็วในการแก้ไขปัญหา	5	7	1	0	0	56	4.308	0.63
13. ความพึงพอใจต่อทีมพัฒนา	6	6	1	0	0	57	4.385	0.65
14. การให้ความสำคัญกับการแก้ไขปัญหา	5	6	2	0	0	55	4.231	0.725
15. ถ่ายทอดการใช้งานและให้คำปรึกษาเกี่ยวกับระบบ	6	5	2	0	0	56	4.308	0.751
รวมคะแนน							4.308	0.673

นอกจากนี้ผู้ทดลองใช้งานได้ร่วมประเมินเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบให้คำปรึกษาด้วยเทคโนโลยีแว่นโฮโลเลนส์ ระหว่างแว่นโฮโลเลนส์กับโฮโลเลนส์ และแว่นโฮโลเลนส์กับโทรศัพท์มือถือสมาร์ตโฟน โดยการประเมินมีเกณฑ์การให้คะแนนเหมือนกับการประเมิณความพึงพอใจ ยกเว้นข้อ 3 ที่มีการให้คะแนนต่างกับข้ออื่น โดยถ้าตอบ 5 มีความซับซ้อนมากคะแนนจะเท่ากับ 1 และตอบ 1 มีความซับซ้อนน้อย

จากการประเมินเปรียบเทียบประสิทธิภาพการใช้งานระบบให้คำปรึกษาด้วยเทคโนโลยีแว่นโฮโลเลนส์ ระหว่างแว่นโฮโลเลนส์กับโฮโลเลนส์ และแว่นโฮโลเลนส์กับโทรศัพท์มือถือสมาร์ตโฟนพบว่า

ความคิดเห็นเกี่ยวกับประสิทธิภาพและความยากง่ายของระบบพบว่าผู้ทดสอบมีความพึงพอต่อใจต่อการใช้ระบบให้คำปรึกษาด้วยเทคโนโลยีแว่นโฮโลเลนส์ ระหว่างแว่นโฮโลเลนส์กับโฮโลเลนส์มากกว่า แว่นโฮโลเลนส์กับโทรศัพท์มือถือ โดยมีค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานรวมเท่ากับ 3.658

± 1.146 คะแนน แต่พบว่าการทดสอบด้วยแว่นโฮโลเลนส์กับโทรศัพท์มือถือจะมีความซับซ้อนมากกว่าในทดสอบแบบแว่นโฮโลเลนส์กับโฮโลเลนส์

ความคิดเห็นเกี่ยวกับการใช้ระบบพบว่าผู้ทดสอบมีความพึงพอต่อใจต่อการใช้ระบบให้คำปรึกษาด้วยเทคโนโลยีแว่นโฮโลเลนส์ ระหว่างแว่นโฮโลเลนส์กับโฮโลเลนส์ มากกว่า แว่นโฮโลเลนส์กับโทรศัพท์มือถือ โดยมีค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานรวมเท่ากับ 4.424 ± 0.502 คะแนน

ความพึงพอใจต่อระบบพบว่า ผู้ทดสอบมีความพึงพอต่อใจต่อการใช้ระบบให้คำปรึกษาด้วยเทคโนโลยีแว่นโฮโลเลนส์ ระหว่างแว่นโฮโลเลนส์กับโฮโลเลนส์ มากกว่า แว่นโฮโลเลนส์กับโทรศัพท์มือถือ โดยมีค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานรวมเท่ากับ 4.333 ± 0.506 คะแนน

รายละเอียดการประเมินเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบให้คำปรึกษาด้วยเทคโนโลยีแว่นโฮโลเลนส์ ระหว่างแว่นโฮโลเลนส์กับโฮโลเลนส์ และแว่นโฮโลเลนส์กับโทรศัพท์มือถือ แสดงในตารางที่ 17 และ ตารางที่ 18

ตาราง 17 ผลการตอบแบบสอบถามเปรียบเทียบการทำงานของระบบให้คำปรึกษาด้วยเทคโนโลยีแว่นโฮโลเลนส์ ระหว่างแว่นโฮโลเลนส์กับโฮโลเลนส์ และแว่นโฮโลเลนส์กับโทรศัพท์มือถือสมาร์ตโฟน

หัวข้อการประเมิน	ระบบให้คำปรึกษาด้วยเทคโนโลยีโฮโลแกรม									
	แบบแว่นโฮโลเลนส์กับแว่นโฮโลเลนส์					แบบแว่นโฮโลเลนส์กับโทรศัพท์มือถือ				
	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1
ความคิดเห็นเกี่ยวกับประสิทธิภาพและความยากง่ายของระบบให้คำปรึกษาด้วยเทคโนโลยีแว่นโฮโลเลนส์										
1. เทคโนโลยีสามารถตั้งค่าและใช้งานได้	3	9	1	0	0	3	4	1	0	0
2. เทคโนโลยีนี้ช่วยเพิ่มความสามารถในการส่งภาพผู้ป่วยไปยังผู้ให้คำปรึกษา	6	7	0	0	0	4	3	2	0	0
3. เทคโนโลยีมีความซับซ้อนมากเกินไป	2	5	5	0	0	2	3	3	0	0
ความคิดเห็นเกี่ยวกับการใช้ระบบให้คำปรึกษาด้วยเทคโนโลยีแว่นโฮโลเลนส์										
4. สามารถให้คำปรึกษาแก่ผู้ขอคำปรึกษาได้อย่างมีประสิทธิภาพ	3	8	0	0	0	2	4	3	0	0
5. เทคโนโลยีมีประสิทธิภาพในการเสริมสร้าง	5	6	0	0	0	2	3	3	0	0

หัวข้อการประเมิน	ระบบให้คำปรึกษาด้วยเทคโนโลยีโฮโลแกรม									
	แบบแว่นโฮโลเลนส์กับแว่นโฮโลเลนส์					แบบแว่นโฮโลเลนส์กับโทรศัพท์มือถือ				
	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1
การฝึกสอนแบบระยะไกล										
6. สามารถให้คำแนะนำแก่ผู้ขอคำปรึกษาในสถานที่ฉุกเฉินได้ในชีวิตจริงด้วยเทคโนโลยีนี้	6	5	0	0	0	2	3	1	0	0
ระดับความพึงพอใจประสิทธิภาพการทำงานใช้ระบบให้คำปรึกษาด้วยเทคโนโลยีแว่นโฮโลเลนส์										
7. การเตรียมตัวสำหรับขั้นตอนในการปรึกษา	6	4	3	0	0	2	3	3	0	0
8. ความชัดเจนของภาพและตำแหน่งภาพ	6	6	1	0	0	2	1	5	0	0
9. ประสิทธิภาพโดยรวม	5	8	0	0	0	2	3	3	0	0

ตาราง 18 สรุปผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานของระบบให้คำปรึกษาด้วยเทคโนโลยีแว่นโฮโลแกรม ระหว่างแว่นโฮโลเลนส์กับโฮโลเลนส์ หรือแว่นโฮโลเลนส์กับโทรศัพท์มือถือสมาร์ตโฟน

หัวข้อการประเมิน	ระบบให้คำปรึกษาด้วยเทคโนโลยีโฮโลแกรม					
	แบบแว่นโฮโลเลนส์กับแว่นโฮโลเลนส์			แบบแว่นโฮโลเลนส์กับโทรศัพท์มือถือ		
	รวม	AVG	SD	รวม	AVG	SD
ความคิดเห็นเกี่ยวกับประสิทธิภาพและความยากง่ายของระบบให้คำปรึกษาด้วยเทคโนโลยีแว่นโฮโลเลนส์						
1. เทคโนโลยีสามารถตั้งค่าและใช้งานได้	54	4.154	0.555	34	4.25	0.707
2. เทคโนโลยีนี้ช่วยเพิ่มความสามารถในการส่งภาพผู้ป่วยไปยังผู้ให้คำปรึกษา	58	4.462	0.519	38	4.22	0.833
3. เทคโนโลยีมีความซับซ้อนมากเกินไป	27	2.25	0.754	17	2.125	0.835
รวมคะแนน		3.658	1.146		3.56	1.261
ความคิดเห็นเกี่ยวกับการใช้ระบบให้คำปรึกษาด้วยเทคโนโลยีแว่นโฮโลเลนส์						
4. สามารถให้คำปรึกษาแก่ผู้ขอ	47	4.273	0.467	35	3.889	0.782

หัวข้อการประเมิน	ระบบให้คำปรึกษาด้วยเทคโนโลยีโฮโลแกรม					
	แบบแว่นโฮโลเลนส์กับแว่นโฮโลเลนส์			แบบแว่นโฮโลเลนส์กับโทรศัพท์มือถือ		
	รวม	AVG	SD	รวม	AVG	SD
คำปรึกษาได้อย่างมีประสิทธิภาพ						
5. เทคโนโลยีมีประสิทธิภาพในการเสริมสร้างการฝึกสอนแบบระยะไกล	49	4.455	0.522	31	3.875	0.835
6. สามารถให้คำแนะนำแก่ผู้ขอคำปรึกษาในสถานที่ฉุกเฉินได้ในชีวิตจริงด้วยเทคโนโลยีนี้	50	4.545	0.522	33	4.125	0.641
รวมคะแนน		4.424	0.502		3.96	0.735
ระดับความพึงพอใจประสิทธิภาพการทำงานใช้ระบบให้คำปรึกษาด้วยเทคโนโลยีแว่นโฮโลเลนส์						
7. การเตรียมตัวสำหรับขั้นตอนในการปรึกษา	55	4.231	0.832	31	3.875	0.835
8. ความชัดเจนของภาพและตำแหน่งภาพ	57	4.385	0.65	29	3.625	0.916
9. ประสิทธิภาพโดยรวม	57	4.385	0.506	31	3.875	0.835
รวมคะแนน		4.333	0.662		3.792	0.833
รวมคะแนนทั้งหมด		4.127	0.889		3.77	0.973

บทที่ 5

บทสรุป

สรุปผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์ใช้แว่นโฮโลเลนส์กับการปรึกษาทางแพทย์ทางไกลในห้อง ICU และเพื่อประเมินประสิทธิภาพการปรึกษาทางแพทย์ทางไกลด้วยแว่นโฮโลเลนส์ โดยผู้วิจัยได้ทำการนำเทคโนโลยีแว่นโฮโลเลนส์มาใช้ช่วยในการดูแลผู้ป่วยในห้องไอซียู โดยให้ทีมพยาบาลประจำห้องไอซียูเป็นผู้ขอคำปรึกษา โดยมีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

1. ให้แพทย์หรือพยาบาลประจำไอซียูเลือกผู้ป่วยในห้องไอซียูที่เห็นสมควรปรึกษาแพทย์
2. โทรศัพท์ปรึกษาแพทย์เฉพาะทางเพื่อขอความเห็นในการดูแลผู้ป่วย
3. เริ่มทำการปรึกษาผ่านระบบให้คำปรึกษาด้วยเทคโนโลยีแว่นโฮโลเลนส์ ระหว่างแว่นโฮโลเลนส์กับแว่นโฮโลเลนส์ หรือแว่นโฮโลเลนส์กับโทรศัพท์มือถือ
4. ผู้ใช้งานทำการทำการกรอกข้อมูลและตอบแบบสอบถามต่างๆ หลังจากทำการปรึกษาเสร็จเรียบร้อยแล้ว

จากการทดลองระบบให้คำปรึกษาด้วยเทคโนโลยีแว่นโฮโลเลนส์ ระหว่างแว่นโฮโลเลนส์กับแว่นโฮโลเลนส์ และแว่นโฮโลเลนส์กับโทรศัพท์มือถือ จำนวน 13 คน พบว่า

ผู้ใช้งานมีความพึงพอใจต่อการใช้งานระบบโดยรวมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.346 ± 0.641 คะแนน โดยผู้ใช้งานมีความพึงพอใจด้านความน่าสนใจของระบบมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.769 ± 0.439 คะแนน ในด้านการใช้งานและประโยชน์โดยรวมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.6 ± 0.494 คะแนน โดยมีผู้ใช้งานมีความพึงพอใจที่ต้องการที่จะต่อยอดระบบเพื่อให้ได้ถูกใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดและประโยชน์ที่ได้รับจากการใช้ระบบโดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.769 ± 0.439 คะแนน

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานระหว่าง การปรึกษาด้วยแว่นโฮโลเลนส์กับแว่นโฮโลเลนส์ และแว่นโฮโลเลนส์กับโทรศัพท์มือถือ พบว่ามีความพึงพอใจต่อการใช้งานระบบให้คำปรึกษาแบบโฮโลเลนส์กับโฮโลเลนส์มากกว่าแบบโฮโลเลนส์และโทรศัพท์มือถือ โดยมีคะแนนเฉลี่ย 4.127 ± 0.889 คะแนน มีค่าสัมประสิทธิ์แปรผัน คือ 21.55% และ 3.77 ± 0.973 คะแนน ค่าสัมประสิทธิ์แปรผัน คือ 25.8% ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าผู้ใช้งานพึงพอใจการใช้งานแบบการปรึกษาด้วยแว่นโฮโลเลนส์กับแว่นโฮโลเลนส์ มากกว่า การปรึกษาด้วยแว่นโฮโลเลนส์และโทรศัพท์มือถือ

อภิปรายผลการวิจัย

การศึกษาการทดสอบระบบต้นแบบเทคโนโลยีส่งเสริมคุณภาพการบริการโทรเวชกรรมด้วยแว่นโฮโลเลนส์ พบว่าผู้ใช้งานมีความพึงพอใจต่อการนำแว่นโฮโลเลนส์มาใช้ในการดูแลผู้ป่วยห้อง ICU ค่อนข้างมาก สามารถช่วยให้ผู้ป่วยได้รับการดูแลได้อย่างทันท่วงที อย่างไรก็ตามพบว่าเทคโนโลยีแว่นโฮโลเลนส์ยังต้องได้รับการพัฒนาเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับการใช้เทคโนโลยีที่ใช้ในปัจจุบัน อย่างเช่น การใช้โทรศัพท์พูดคุยปรึกษากัน การปรึกษาผ่านข้อความผ่านทางแอปพลิเคชันอย่างเช่นไลน์ การใช้วิดีโอคอลผ่านแอปพลิเคชันอื่นๆ

ปัญหาและอุปสรรคที่พบในระหว่างการทดลองพบว่า ทางด้านอุปกรณ์นั้น แว่นโฮโลเลนส์ต้องเชื่อมต่อผ่านอินเตอร์เน็ต Wi-Fi เท่านั้นทำให้ไม่สามารถเคลื่อนย้ายออกจากจุดปล่อยสัญญาณ Wi-Fi ได้ไกลมากหนัก ต้องใช้เครื่อง Pocket Wi-Fi หรือสัญญาณอินเทอร์เน็ตจากโทรศัพท์ในบางกรณี แว่นโฮโลเลนส์มีขนาดใหญ่ เมื่อใช้ไปได้ระยะเวลาประมาณ 30 นาทีจะเริ่มมีอาการปวดศีรษะหรือปวดที่ต้นคอ อายุแบตเตอรี่ของแว่นโฮโลเลนส์เมื่อมีการใช้งานอย่างต่อเนื่องจะอยู่ที่ระยะ 2 – 3 ชั่วโมง แว่นโฮโลเลนส์ยังเป็นเทคโนโลยีค่อนข้างใหม่ ทำให้ต้องเรียนรู้และฝึกฝนการใช้งานพื้นฐานของแว่นโฮโลเลนส์ระดับหนึ่งก่อนที่จะใช้งานจริงได้ ทางด้านแอปพลิเคชันบนแว่นโฮโลเลนส์ พบว่าการใช้งานในสถานที่แจ้งและมีแสงสว่างมาก อย่างเช่นการใช้งานภายนอกอาคารในเวลาเช้าจะทำให้มองเห็นแอปพลิเคชันในแว่นโฮโลเลนส์ได้น้อยมากหรือมองไม่เห็นเลย การพิมพ์ข้อความบนแว่นโฮโลเลนส์นั้นค่อนข้างลำบากเนื่องจากต้องใช้ศีรษะในการเล็งตัวอักษรที่ต้องการจะพิมพ์และใช้นิ้วทำการ Air-tap ทำให้เวลาพิมพ์เลขบัตรประชาชน 13 หลัก นั้นใช้เวลานานและการพิมพ์ในระยะเวลานานจะทำให้เมื่อยแขนได้ง่าย

ข้อเสนอแนะ

1. พัฒนาระบบวิดิโอคอลให้สามารถส่งภาพโฮโลเกรมจากจอแสดงผลของผู้ส่งไปยังจอแสดงผลของผู้รับได้

2. ในการศึกษาครั้งถัดไปควรเลือกใช้แว่นโฮโลเลนส์รุ่นใหม่กว่าอย่างเช่นโฮโลเลนส์ 2 (HoloLens 2) เนื่องจากมีคุณสมบัติและประสิทธิภาพดีกว่า อย่างเช่น โฮโลเลนส์ 2 มีหน่วยความจำแรม 8 GB ในขณะที่ โฮโลเลนส์มีหน่วยความจำแรม 2 GB โฮโลเลนส์ 2 มีพื้นที่การมองเห็นของจอที่กว้างกว่า โฮโลเลนส์ ถึง 2 เท่า

3. ควรใช้อินเทอร์เน็ตที่สามารถปล่อยสัญญาณแบบ 5G เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและความเสถียรในการเชื่อมต่อ

4. ในการศึกษาครั้งถัดไปควรพัฒนาแอปลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือสมาร์ตโฟนแบบ Native App เพื่อเพิ่มความเร็วในการทำงานของแอปพลิเคชัน

บรรณานุกรม

นพรัตน์. (2560). *Video Conference (วิดีโอคอนเฟอเรนซ์) คืออะไร ระบบติดต่อสื่อสารรับ-ส่งข้อมูลภาพ และเสียง.* สืบค้น 11 ตุลาคม 2563. จาก https://www.mindphp.com/คู่มือ/73-คืออะไร/4040-what-is-video-conference.html

ปรีดี นุกุลสมปรารถนา. (2563). *ความแตกต่างของเทคโนโลยีเสมือนจริง VR/AR/MR*. สืบค้น 10 ตุลาคม 2563. จาก https://www.popticles.com/business/what-is-the-difference-between-vr-ar-mr/

วรรณพร นามเสถียร. (2563). *Telemedicine ระบบการแพทย์ทางไกล ในยุค 5G*. สืบค้น 1 มีนาคม 2566. จาก https://www.dtn.go.th/th/content/page/index/id/2653

วิภาวัณย์ อรรณพพรชัย, ชวภณ กิจหิรัญกุล (2564) การประยุกต์ใช้ระบบการแพทย์ทางไกลเพื่อการพัฒนาคุณภาพการให้บริการทางการแพทย์ฉุกเฉินทางไกลในชนบท. *วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยเวสเทิร์น มนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์, 7*(3), 258-271.

สกลนันท์ หุ่นเจริญ, ณมน จีรังสุวรรณ, และปณิตา วรรณพิรุณ. (2557). การประยุกต์ใช้ระบบการแพทย์ทางไกลเพื่อสนับสนุนการดูแลสุขภาพ. *วารสารวิชาการครุศาสตร์อุตสาหกรรมพระจอมเกล้าพระนครเหนือ*, *5*(2), 191-198.

ศูนย์วิจัยสุขภาพกรุงเทพ. (2565). *การแพทย์ทางไกล (Telemedicine) ในศตวรรษที่21*. สืบค้น 16 มีนาคม 2566. จาก https://www.bangkokhealth.com/articles/การแพทย์ทางไกล-telemedicine-ในศตวร/

3CX. (2013). A. *What is SDP - Session Description Protocol?* Retrieved 16 October 2019, from https://www.3cx.com/pbx/sdp/

Alex Castrounis. (2019). A. *What Is WebRTC and How Does It Work?* Retrieved 15 October 2019, from https://www.innoarchitech.com/blog/what-is-webrtc-and-how-does-it-work

Alkhamisi, A., Monowar, M. (2013). "Rise of Augmented Reality: Current and Future Application Areas", *International Journal of Internet and Distributed Systems,* Vol. 1 No. 4, 2013, 25-34. doi: 10.4236/ijids.2013.14005.

Azom, E., Dunka, B. (2017). *A Peer-To-Peer Architecture For Real-Time Communication Using Webrtc*. *Journal of Multidisciplinary Engineering Science Studies*. *3*(4). 1671-1683.

Bifulco, P., Narducci, F., Vertucci, R., Ambruosi, P., Cesarelli, M., & Romano, M. (2014). Telemedicine supported by Augmented Reality: an interactive guide for

untrained people in performing an ECG test. *Biomedical engineering online, 13*, 153. https://doi.org/10.1186/1475-925X-13-153

Bluteau, J., Kitahara, I., Kameda, Y., Noma, H., Kogure, K., Ohta, Y. (2005). Visual support for medical communication by using projector-based augmented reality and thermal markers. *ICAT '05: Proceedings of the 2005 international conference on Augmented tele-existence*. 98-105. doi:10.1145/1152399.1152418.

David Marcus. (2017). *Insanely Simple WebRTC Video Chat Using Firebase*. Retrieved 15 October 2019, from https://websitebeaver.com/insanely-simple-webrtc-video-chat-using-firebase-with-codepen-demo

Dante Domain Manager. (2021). *Sample SDP Specification*. Retrieved 14 March 2023, from https://dev.audinate.com/GA/ddm/userguide/1.1/webhelp/content/appendix/sample_sdp_specification.htm

Dorn, K., Ukis, V., Friese, T. (2011). "A Cloud Deployed 3D Medical Imaging System with Dynamically Optimized Scalability and Cloud Costs," *Euro Micro Conf. Soft. Eng. Advanced Applications, 2011*, 155–158. doi:10.1109/SEAA.2011.31

Dutton, S. (2013). *WebRTC in the real world: STUN, TURN and signaling*. Retrieved 15 October 2019, from https://www.html5rocks.com/en/tutorials/webrtc/infrastructure/

Geroimenko, V. (2018). *Augmented Reality Art*. Retrieved from https://www.humblebundle.com/

Grigorik, I. *WebRTC. Networking 101*. Retrieved 15 October 2019, from https://hpbn.co/webrtc/

Healthmenowth. (2019). *Telemedicine*. Retrieved 12 October 2019, from https://healthmenowth.com/telemedicine/telemedicine-is/#google_vignette.

Khawas, C., Shah, P. (2018). Application of Firebase in Android App Development-A Study. *International Journal of Computer Applications. 179*(46). 49-53. doi:10.5120/ijca2018917200.

Khemapech, I., Sansrimahachai, W., & Toachoodee, M. (2019). Telemedicine – Meaning, Challenges and Opportunities. Siriraj Medical Journal, 71(3), 246–252. https://doi.org/10.33192/Smj.2019.38

Ivy Wigmore. (2018). *Mixed reality (hybrid reality, extended reality).* Retrieved 22 March 2023, from https://www.techtarget.com/whatis/definition/mixed-reality

Jin, Z., & Chen, Y. (2015). Telemedicine in the Cloud Era: Prospects and Challenges. *IEEE Pervasive Computing, 14*(1), 54-61. doi:10.1109/MPRV.2015.19

Karthika, S., Praveena, P., GokilaMani, M. (2017). HOLOLENS. *International Journal of Computer Science and Mobile Computing. 6*(2). 41-50. Retrieved from https://ijcsmc.com/docs/papers/February2017/V6I2201709.pdf

Kevin Sookocheff. (2019). *How Does WebRTC Work*?. Retrieved 22 October 2019, from https://sookocheff.com/post/networking/how-does-web-rtc-work/

Mark Handley, Van Jacobson, Colin Perkins. (2006). *SDP: Session Description Protocol*. Retrieved 24 October 2019, from https://tools.ietf.org/html/rfc4566

Marek Kowalski, Zbigniew Nasarzewski, Grzegorz Galinski, Piotr Garbat. (2018). HoloFace: Augmenting Human-to-Human Interactions on HoloLens. *2018 IEEE Winter Conference on Applications of Computer Vision (WACV), 2018*. 141-149. doi: 10.1109/WACV.2018.00022.

Matthew, H., Ishtiaque, N., Jeffrey, N., Shyam, P., Pantanowitz, L. (2018). Augmented Reality Technology Using Microsoft HoloLens in Anatomic Pathology. *Archives of Pathology & Laboratory Medicine*. 142. doi: 10.5858/arpa.2017-0189-OA.

Microsoft. (2021). *HoloLens (1st gen) hardware.* Retrieved 24 March 2022, from https://learn.microsoft.com/en-us/hololens/hololens1-hardware

Microsoft. (2022). *What is a hologram?.* Retrieved 23 March 2023, from https://learn.microsoft.com/en-us/windows/mixed-reality/discover/hologram

Microsoft. (2023). *What is mixed reality?.* Retrieved 23 March 2023, from https://learn.microsoft.com/en-us/windows/mixed-reality/discover/mixed-reality

Ong, S. (2017). *Beginning Windows Mixed Reality Programming*. Retrieved from https://www.humblebundle.com/

Panteleimon Pantelidis, Angeliki Chorti, Ioanna Papagiouvanni, Georgios Paparoidamis, Christos Drosos, Thrasyvoulos Panagiotakopoulos, Georgios Lales and Michail Sideris. (2017). *Virtual and Augmented Reality in Medical Education*. Retrieved from https://www.intechopen.com/chapters/58199

Rebekah Carter. (2023). *What is Mixed Reality? Immersive Experiences.* Retrieved 30 March 2023, from https://www.xrtoday.com/mixed-reality/what-is-mixed-reality-immersive-experiences/

Sam Dutton. (2013). *Build the backend services needed for a WebRTC app.* Retrieved 28 October 2022, from https://web.dev/webrtc-infrastructure/

Taylor, A. G. (2016). *Develop Microsoft HoloLens Apps Now*. Retrieved from https://www.humblebundle.com/

Tsahi Levent-Levi. (2020). *WebRTC Signaling Servers: Everything You Need to Know*. Retrieved 16 March 2013, from https://www.wowza.com/blog/webrtc-signaling-servers

Wang, S., Parsons, M., Stone-McLean, J., Rogers, P., Boyd, S. Hoover, K., Meruvia-Pastor, O., Gong, M., Smith, A. (2017). Augmented Reality as a Telemedicine Platform for Remote Procedural Training. *Sensors. 17*. 2294. doi:10.3390/s17102294.

Yariv Levski (2017). *AR and Healthcare: The Future Is Now*. Retrieved 18 October 2019. from https://appreal-vr.com/blog/augmented-reality-for-healthcare/

ภาคผนวก

ภาคผนวก เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

แบบสอบถาม

ส่วนที่ 1 ระบบให้คำปรึกษาผ่านเทคโนโลยีโฮโลแกรมด้วยแว่นภาพเสมือนจริง (HoloLens)

ตอนที่ 1 ข้อมูลส่วนตัว

ข้อ	คำถาม
1.	ชื่อ - นามสกุล อายุ
2.	เพศ ☐ ชาย ☐ หญิง
3.	สถานะ ☐ ผู้ขอคำปรึกษา ☐ ผู้ให้คำปรึกษา
4.	ตำแหน่ง สังกัด

ตอนที่ 2 ความพึงพอใจต่อการใช้งานระบบ

รายการ	ความพึงพอใจ				
	5	4	3	2	1
1. ด้านระบบให้คำปรึกษาด้วยเทคโนโลยีโฮโลแกรมด้วยแว่นแสดงภาพเสมือนจริง					
1.1 ความน่าสนใจของระบบให้คำปรึกษาด้วยเทคโนโลยีโฮโลแกรมด้วยแว่นแสดงภาพเสมือนจริง					
1.2 ระบบให้คำปรึกษาด้วยเทคโนโลยีโฮโลแกรมด้วยแว่นแสดงภาพเสมือนจริง สามารถใช้งานได้ง่ายไม่ซับซ้อน					
1.3 การแสดงผลภาพจากกล้องมีความชัดเจน					
1.4 การถ่านทอดคำปรึกษาด้วยเสียงมีความชัดเจน					
1.5 การใช้งานอุปกรณ์ HoloLens มีการแสดงผลมุมมองของภาพตรงตามตำแหน่งที่ต้องการ					
1.6 ความเสถียรของอินเทอร์เน็ต					
2. ด้านการใช้งานและประโยชน์ของระบบให้คำปรึกษาด้วยเทคโนโลยีโฮโลแกรมด้วยแว่นแสดงภาพเสมือนจริง					
2.1 การนำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้ สามารถตอบโจทย์การใช้งานและช่วยแก้ไขปัญหาด้านการปรึกษาแบบเดิม					
2.2 ความสะดวกและรวดเร็วในการปรึกษาปัญหาด้านการแพทย์เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการปรึกษาแบบเดิม					
2.3 ผู้ใช้งานได้รับประโยชน์จากการใช้งานระบบให้คำปรึกษาด้วยเทคโนโลยีโฮโลแกรมด้วยแว่นแสดงภาพเสมือนจริง					
2.4 เป็นการศึกษารายกรณี (Case Study) ให้แก่ผู้ใช้งานเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนรู้จากประเด็นการปรึกษาการแพทย์					
2.5 มีความต้องการให้พัฒนาต่อยอดแอปพลิเคชันเพื่อให้ถูกใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพและครอบคลุมทุกพื้นที่เพื่อเกิดประโยชน์สูงสุดต่อบุคลากรทางการแพทย์					

รายการ	ความพึงพอใจ				
	5	4	3	2	1
3. ด้านทีมพัฒนา					
3.1 ความรวดเร็วของทีมพัฒนาในการแก้ไขปัญหา					
3.2 ความพึงพอใจในการบริการของทีมพัฒนา					
3.3 การให้ความสำคัญในการแก้ไขปัญหาจากทีมพัฒนา					
3.4 ทีมพัฒนาถ่ายทอดการใช้งานและให้คำปรึกษาเกี่ยวกับระบบและการใช้งานระบบได้อย่างครบถ้วนและตรงความต้องการ					

ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะการใช้งานระบบ

3.1 ระบบให้คำปรึกษาด้วยเทคโนโลยีโฮโลแกรมด้วยแว่นแสดงภาพเสมือนจริง มีข้อดีและประโยชน์อย่างไร

.....

.....

.....

.....

3.2 ระบบให้คำปรึกษาด้วยเทคโนโลยีโฮโลแกรมด้วยแว่นแสดงภาพเสมือนจริง สามารถใช้งานได้ง่ายหรือไม่ อย่างไร

.....

.....

.....

.....

3.3 ความรู้สึกและข้อคิดเห็นต่อการใช้งานระบบให้คำปรึกษาด้วยเทคโนโลยีโฮโลแกรมด้วยแว่นแสดงภาพเสมือนจริง

.....

.....

.....

.....

3.4 ข้อเสนอแนะในการพัฒนาระบบให้คำปรึกษาด้วยเทคโนโลยีโฮโลแกรมด้วยแว่นแสดงภาพเสมือนจริง สำหรับแผนงานในอนาคต

.....

.....

.....

.....

ส่วนที่ 2 การเปรียบเทียบประสิทธิภพการทำงานของระบบให้คำปรึกษาด้วยเทคโนโลยีโฮโลแกรมด้วยแว่นแสดงภาพเสมือนจริง ระหว่าง แว่นแสดงภาพเสมือนจริงกับแว่นแสดงภาพเสมือนจริง หรือ แว่นแสดงภาพเสมือนจริงกับเครื่องโทรศัพท์มือถือ

รายการ	ระบบให้คำปรึกษาด้วยเทคโนโลยีโฮโลแกรม									
	แว่นแสดงภาพเสมือนจริงกับแว่นแสดงภาพเสมือนจริง					แว่นแสดงภาพเสมือนจริงกับเครื่องโทรศัพท์มือถือ				
	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1
<u>สำหรับผู้ขอคำปรึกษา</u> : ความคิดเห็นเกี่ยวกับประสิทธิภาพและความยากง่ายของระบบให้คำปรึกษาด้วยเทคโนโลยีโฮโลแกรมด้วยแว่นแสดงภาพเสมือนจริง										
1. เทคโนโลยีสามารถตั้งค่าและใช้งานได้ง่าย										
2. เทคโนโลยีนี้ช่วยเพิ่มความสามารถในการส่งภาพผู้ป่วยไปยังผู้ให้คำปรึกษา										
3. เทคโนโลยีมีความซับซ้อนมากเกินไป										
<u>สำหรับผู้ให้คำปรึกษา</u> : ความคิดเห็นเกี่ยวกับการใช้ระบบให้คำปรึกษาด้วยเทคโนโลยีโฮโลแกรมด้วยแว่นแสดงภาพเสมือนจริง										
4. สามารถให้คำปรึกษาแก่ผู้ขอคำปรึกษาได้อย่างมีประสิทธิภาพ										
5. เทคโนโลยีประสิทธิภาพในการเสริมสร้างการฝึกสอนแบบระยะไกล										
6. สามารถให้คำแนะนำแก่ผู้ขอคำปรึกษาในสถานการณ์ที่ฉุกเฉินได้ในชีวิตจริงด้วยเทคโนโลยีนี้										
ระดับความพึงพอใจประสิทธิภาพการทำงานใช้ระบบให้คำปรึกษาด้วยเทคโนโลยีโฮโลแกรมด้วยแว่นแสดงภาพเสมือนจริง										
7. การเตรียมตัวสำหรับขั้นตอนในการปรึกษา										
8. ความชัดเจนของภาพและตำแหน่งภาพ										
9. ประสิทธิภาพโดยรวม										