โครงการ

การเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์

ชื่อโครงการ เว็บแอปพลิเคชันประชุมวิดีโอแบบกลุ่มด้วย WebRTC
Group Video Conferencing web application using WebRTC

ชื่อนิสิต นางสาวกุสุมา จงปัตนา 603 36088 23

ภาควิชา คณิตศาสตร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์
สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์

ปีการศึกษา 2563

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เว็บแอปพลิเคชันประชุมวีดิโอแบบกลุ่มด้วย WebRTC

นางสาวกุสุมา จงปัตนา

โครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ ภาควิชาคณิตศาสตร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2563
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Group Video Conferencing web application using WebRTC

Kusuma Jongpattana

A Project Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Bachelor of Science Program in Computer Science

Department of Mathematics and Computer Science

Faculty of Science

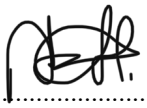
Chulalongkorn University

Academic Year 2020

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อโครงงาน	เว็บแอปพลิเคชันประชุมวีดิโอแบบกลุ่มด้วย WebRTC
โดย	นางสาวกุสุมา จงปัตนา
สาขาวิชา	วิทยาการคอมพิวเตอร์
อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการหลัก	ศาสตราจารย์ ดร.ชิดชนก เหลือสินทรัพย์

ภาควิชาคณิตศาสตร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับโครงงานฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาบัณฑิตในรายวิชา 2301499 โครงงานวิทยาศาสตร์ (Senior Project)



..... หัวหน้าภาควิชาคณิตศาตร์

(ศาสตราจารย์ ดร.กฤษณะ เนียมมณี) และวิทยาการคอมพิวเตอร์

คณะกรรมการสอบโครงงาน

..... อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานหลัก

(ศาสตราจารย์ ดร.ชิดชนก เหลือสินทรัพย์)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ศุภกานต์ พิมลธเรศ)

..... กรรมการ

(อาจารย์ ดร.วุฒิชัย จงจิตเมตต์)

บทคัดย่อภาษาไทย

นางสาวกุสุมา จงปัตนา: เว็บแอปพลิเคชันประชุมวีดิโอแบบกลุ่มด้วย WebRTC. (Group Video Conferencing web application using WebRTC) อ.ที่ปรึกษาโครงงานหลัก: ศาสตราจารย์ ดร.ชิด ชนก เหลือสินทรัพย์, 61 หน้า.

เนื่องจากปัญหาจากไวรัสโควิด-19 กิจกรรมทางสังคมต่าง ๆ ที่รวมทั้งการประชุมทางธุรกิจแบบเจอหน้า การพูดคุยส่วนตัว การสอนในชั้นเรียนแบบปกติ ล้วนไม่สามารถดำเนินการตามปกติได้ เพื่อป้องกันการติดโรคอย่างมีประสิทธิภาพ การปฏิบัติตัวแบบเว้นระยะห่างระหว่างบุคคลเป็นสิ่งที่ต้องทำ และการสื่อสารทางสังคมแบบใหม่โดยใช้เทคโนโลยีของการประชุมผ่านวีดิโอต้องถูกนำมาใช้ โครงการนี้มีจึงมีจุดประสงค์เพื่อสร้างเว็บแอปพลิเคชันบนเว็บเบราว์เซอร์ที่ใช้ในการประชุมแบบวีดิโอและแชทบน WebRTC ร่วมกับ HTML5 และ JavaScript ทั้งนี้เพื่อจะได้ใช้ความสามารถในการจัดการความปลอดภัยในการสื่อสารของเว็บเบราว์เซอร์ นอกจากนั้นการใช้ภาษา HTML5 ทำให้ง่ายต่อการออกแบบส่วนเชื่อมประสานกับผู้ใช้ เว็บแอปพลิเคชันนี้ยังสามารถติดตั้งได้ทั้งบนโทรศัพท์มือถือและบนเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล การประเมินคุณภาพของแอปพลิเคชันนี้ใช้สองด้านคือ ด้านประสิทธิทางเทคนิคซึ่งเกี่ยวกับการใช้หน่วยความจำและประสิทธิภาพการใช้ซีพียูและหน่วยประมวลกราฟิกขณะที่เกิดการประชุมผ่านวีดิโอ และประเมินด้านความพอใจของผู้ใช้งาน จากการประเมินทั้งสองด้านพบว่าจำนวนผู้ใช้มีผลต่อการทำงานของซีพียูและหน่วยความจำ แต่ไม่มีผลต่อหน่วยประมวลกราฟิก และผู้ใช้มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากจนถึงมากที่สุดต่อเว็บแอปพลิเคชันการประชุมนี้

ภาควิชา คณิตศาสตร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์ ลายมือชื่อนิสิต Kusuma J.

สาขาวิชา วิทยาการคอมพิวเตอร์ ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาโครงการหลัก

ปีการศึกษา 2563 ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาโครงการร่วม

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ

6033608823: MAJOR COMPUTER SCIENCE

KEYWORDS: WEBRTC/ REALTIME COMMUNICATION/ WEB APPLICATION/ VIDEO CONFERENCING

KUSUMA JONGPATTANA: GROUP VIDEO CONFERENCING WEB APPLICATION USING WEBRTC

ADVISOR: PROF. CHIDCHANOK LURSINSAP, Ph.D., 61 pp.

Due to the problem of COVID-19, social activities including face-to-face business meeting, personal chat, normal classroom teaching cannot be proceeded as usual. To effectively prevent the infection, a new practice of social distancing is a must and a new social communication based on video conference technology must be deployed. This project aims to develop a group video conferencing web application by using WebRTC with HTML5 and JavaScript. This is for utilizing the capability of web browser to manage the communication security. In addition, using HTML5 makes it easy to design the user interface. This application can be installed on both mobile phones and personal computer. The performance of this application was evaluated on two aspects which are the technical efficiency concerning the memory usage and the efficiency of CPU and GPU utilization and the user satisfaction. From the evaluation, it was found that number of users has affected on CPU usage and memory usage but has no affected on GPU usage, also users satisfied and strongly satisfied on using web application.

Department: Mathematics and Computer Science Student's Signature Kusuma J.

Field of Study: Computer Science Advisor's Signature

Academic Year: 2020 Co-advisor's Signature

กิตติกรรมประกาศ

ในงานวิจัย “เว็บแอปพลิเคชันประชุมวีดิโอแบบกลุ่มด้วย WebRTC” นี้ได้รับการสนับสนุนและความช่วยเหลืออย่างเต็มที่จากศาสตราจารย์ ดร.ชิดชนก เหลือสินทรัพย์ อาจารย์ที่ปรึกษาหลักที่ให้คำชี้แนะต่าง ๆ อันเป็นประโยชน์ต่อการทำงานวิจัย ตรวจทานแก้ไขข้อผิดพลาด และเสนอความคิดเห็นเพื่อปรับปรุงแก้ไขให้งานสามารถประสบผลสำเร็จสูงสุดทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณศาสตราจารย์ ดร.ชิดชนก เหลือสินทรัพย์ รองศาสตราจารย์ ดร.ศุภกานต์ พิมลธเรศ และคุณอนุวัฒน์ ชำนาญ ผู้ทรงคุณวุฒิที่ให้คำแนะนำในการสร้างและแก้ไขแบบประเมินความพึงพอใจทำให้วิจัยนี้มีความละเอียดและสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณดร.วุฒิชัย จงจิตเมตต์ กรรมการสอบโครงงานซึ่งได้ช่วยแนะนำแนวทาง ทำให้โครงงานนี้มีความสมบูรณ์มากขึ้น

ขอขอบพระคุณภาควิชาคณิตศาสตร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์ที่ได้จัดสถานที่ให้ข้าพเจ้าได้ดำเนินงานวิจัยและรวมถึงสนับสนุนค่าใช้จ่ายในการทำวิจัยนี้

ขอขอบพระคุณอาจารย์ท่านอื่นที่มิได้กล่าวนามไว้ที่ได้ถ่ายทอดองค์ความรู้และทฤษฎีสำคัญที่เป็นประโยชน์ทำให้งานวิจัยนี้ดำเนินการไปอย่างราบลื่น

ขอขอบพระคุณครอบครัวของข้าพเจ้าที่ให้ความสนับสนุนค่าซ่อมคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ในการทำวิจัยนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ รวมถึงกำลังใจที่ท่านมอบให้เสมอมา

สารบัญ

บทคัดย่อภาษาไทย ..... **ง**

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... **จ**

กิตติกรรมประกาศ ..... **ฉ**

สารบัญภาพ ..... **ญ**

สารบัญตาราง ..... **ฏ**

บทที่ 1 บทนำ **1**

1.1 ความเป็นมาและเหตุผลการวิจัย 1

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 1

1.3 ขอบเขตการวิจัย 1

1.4 ขั้นตอนการวิจัย 2

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับ 3

1.6 โครงสร้างของรายงาน 3

บทที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง **4**

2.1 หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 4

2.1.1 Web Real-Time Communication (WebRTC) 4

2.1.2 MediaStream 6

2.1.3 PeerConnection 6

2.1.4 DataChannel 7

2.1.5 การวัดผลด้วยมาตรลิเคิร์ต 7

2.1.6 การวัดความเที่ยงตรง Index of Objective Congruence (IOC) 8

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 9

บทที่ 3 วิธีการวิจัย **11**

3.1 ออกแบบภาพรวมของระบบ 12
3.2 ออกแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ (User Interface) 14
3.2.1 หน้าที่ 1 หน้าแรก 14
3.2.2 หน้าที่ 2 เตรียมตัวก่อนเข้าห้องประชุม 16
3.2.3 หน้าที่ 3 ห้องประชุม 17
3.3 ออกแบบระบบการใช้งานส่วนหลัง (Back-end) 18
3.3 แบบประเมินการใช้งาน 20
3.4 ทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานซีพียูและหน่วยความจำและหน่วยประมวลกราฟิก 21
บทที่ 4 ผลการวิจัย **23**
4.1 สรุปผลจากแบบประเมินความสอดคล้องระหว่างคำถามและวัตถุประสงค์ (Index of Item-Objective Congruence) 23
4.2 สรุปผลจากแบบประเมินความพึงพอใจในการใช้เว็บแอปพลิเคชันการประชุม (WebRTC Conferencing App) 25
4.3 ผลการทดสอบเปรียบเทียบประสิทธิภาพการใช้งานบนซีพียู หน่วยความจำ และหน่วยประมวลกราฟิก 29
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ **30**
5.1 สรุปผลการวิจัย 30
5.2 ข้อเสนอแนะ 30
รายการอ้างอิง **31**
ภาคผนวก ก แบบเสนอหัวข้อโครงงาน รายวิชา 2301399 Project Proposal ปีการศึกษา 2563 ..... **32**
ภาคผนวก ข แบบประเมินวัดความพึงพอใจในการใช้เว็บแอปพลิเคชันการประชุม (WebRTC Conferencing App) **37**
ภาคผนวก ค แบบประเมินความสอดคล้องระหว่างคำถามกับวัตถุประสงค์ (Index of Item-Objective Congruence) **39**

ภาคผนวก ง คู่มือการใช้งาน **46**

สารบัญภาพ

ภาพที่ 2.1 การทำงานของ WebRTC 5
ภาพที่ 2.2 รูปแบบการทำงานระหว่าง WebRTC application และ STUN server และ TURN server.....6
ภาพที่ 2.3 ตัวอย่างรูปแบบการให้คะแนนแบบมาตรลิเคิร์ต 8
ภาพที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน 12
ภาพที่ 3.2 แสดงแผนภูมิสายงานของระบบหลักเว็บแอปพลิเคชัน 13
ภาพที่ 3.3 แสดงแผนผังมโนทัศน์ฟังก์ชันของเว็บแอปพลิเคชัน..... 14
ภาพที่ 3.4 ออกแบบส่วนต่อประสานหน้าแรกกับผู้ใช้ครั้งแรก..... 15
ภาพที่ 3.5 แก้ไขส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ภายหลัง..... 15
ภาพที่ 3.6 การขออนุญาตการเข้าถึงกล้องบนอุปกรณ์ส่วนตัว..... 16
ภาพที่ 3.7 หน้าต่างเตรียมตัวก่อนเข้าห้องประชุม..... 17
ภาพที่ 3.8 ขณะประชุมด้วยอุปกรณ์ทั้งหมด 4 เครื่อง..... 18
ภาพที่ 3.9 การทำงานเมื่อ B โทรไปยัง A ด้วยมุมมองของ B 20

สารบัญตาราง

ตาราง 1.1. รายละเอียดและระยะเวลาการดำเนินงาน.....2
ตาราง 4.1 ผล IOC..... 23
ตาราง 4.2 ผลประเมินความพึงพอใจ..... 27
ตาราง 4.3 การใช้งานบนซีพียู หน่วยความจำ และหน่วยประมวลกราฟิกตามลำดับ..... 29

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและเหตุผลการวิจัย

ในช่วงปลายปี 2019 เกิดการระบาดของเชื้อไวรัสโควิด-19 ทั่วโลก โดยที่เชื้อไวรัสนี้แพร่ผ่านฝอยละอองจากการไอหรือจามโดยมีค่าเฉลี่ยที่ผู้ป่วย 1 คนจะแพร่เชื้อให้ผู้อื่นได้อีกถึง 2-4 คน (Basic Reproductive Rate) และมีอัตราการเสียชีวิต (Case Fatality Ratio) คร่าวๆ ทั่วโลกอยู่ที่ 7% (ธันวาคม 2019 - พฤษภาคม 2020)[7] ซึ่งเป็นตัวเลขที่ค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับโรคระบาดอื่น ๆ ที่เคยเกิดขึ้นทั่วโลก อย่างไข้หวัดใหญ่ 2009 อีกทั้งในปัจจุบัน (23 ตุลาคม 2020) ยังไม่มีการผลิตวัคซีนที่ใช้งานได้ทั่วไป ทำให้เกิดมาตราการป้องกันการแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโควิด-19 ไปทั่วโลก อย่างเช่นงดการเดินทางข้ามจังหวัดในช่วงแรกและปิดประเทศในหลายประเทศรวมถึงประเทศไทย

มาตรการเหล่านี้ล้วนเป็นอุปสรรคต่อการติดต่อสื่อสาร รวมถึงมีผลกระทบโดยตรงต่อระบบทางเศรษฐกิจและสังคม ทำให้หลายหน่วยงานแก้ไขปัญหาการติดต่อสื่อสารด้วยการพูดคุยออนไลน์แทนการพบปะตัวจริง โดยเทคโนโลยีของ HTML5 และ WebRTC สามารถนำมาสร้างโปรแกรมพูดคุยแบบวีดิโอได้ง่าย เหมาะสม และสะดวกต่อการใช้งาน

WebRTC เป็นแพลตฟอร์มที่ใช้ในการติดต่อสื่อสารด้วยวีดิโอที่นิยมใช้กันมาก[2]เพราะมีเบราว์เซอร์ที่สนับสนุนการใช้งานหลายเบราว์เซอร์และยังเป็นมาตรฐานใหม่ที่ขยายรูปแบบของเว็บเบราว์เซอร์ที่ทำให้เว็บเบราว์เซอร์สามารถติดต่อสื่อสารแบบ peer-to-peer โดยตรงได้เป็นครั้งแรก[4]

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เพื่อสร้างเว็บแอปพลิเคชันบนเบราว์เซอร์ที่ใช้ในการประชุมแบบวีดิโอและแชทบน WebRTC

1.3 ขอบเขตการวิจัย

1. พัฒนาเว็บแอปพลิเคชันประชุมวีดิโอที่รองรับคนร่วมประชุมได้ 3-4 คนในเบื้องต้นโดยใช้ซอฟต์แวร์ในกลุ่มโอเพนซอร์สเป็นพื้นฐาน
2. ผู้ใช้งานจะสามารถเชื่อมต่อการประชุมโดยใช้ลิงค์เฉพาะหรือรหัสที่ห้องประชุมนั้น ๆ สร้างขึ้นมา
3. ผู้ใช้งานสามารถตั้งค่าการเปิด-ปิดวีดิโอหรือไมโครโฟนบนอุปกรณ์ส่วนตัวของตนเองได้ตามต้องการ
4. ผู้ใช้งานสามารถสนทนาผ่านทั้งวีดิโอและตัวอักษรได้

5. ผู้ใช้ไม่จำเป็นต้องติดตั้งโปรแกรมเพิ่มเติมหรือสมัครสมาชิกเพื่อเข้าใช้บริการ
6. ระบบที่พัฒนาสามารถใช้งานกับเว็บเบราว์เซอร์ต่อไปนี้

    1.1 Chrome รุ่น 63.0.3239.13263 ขึ้นไป ทั้งแบบบนคอมพิวเตอร์และแบบบนมือถือ

    1.2 Firefox รุ่น 57.0.4 ขึ้นไป ทั้งแบบบนคอมพิวเตอร์และแบบบนมือถือ

    1.3 Safari รุ่น 41.16299.15.0 ขึ้นไป ทั้งแบบบนคอมพิวเตอร์และแบบบนมือถือ
7. สุ่มกลุ่มตัวอย่างจำนวนมากกว่าหรือเท่ากับ 50 คนเพื่อทำแบบประเมินความพึงพอใจในการใช้เว็บแอปพลิเคชันการประชุม
8. สุ่มกลุ่มตัวอย่างออกเป็นสามประเภท ได้แก่ อาจารย์ นิสิตและนักศึกษามหาวิทยาลัย และบุคคลทั่วไป

1.4 ขั้นตอนการวิจัย

1. ศึกษาค้นคว้าทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง
2. ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
3. ศึกษาวิธีเขียนเว็บแอปพลิเคชันประชุม
4. ออกแบบและเขียนเว็บแอปพลิเคชันประชุม
5. ทดสอบการทำงานและประสิทธิภาพของเว็บแอปพลิเคชันประชุม
6. ประเมินผลและอภิปรายผล
7. จัดทำเอกสาร

ตาราง 1.1. รายละเอียดและระยะเวลาการดำเนินงาน

ขั้นตอนการดำเนินงาน	ปี พ.ศ. 2563					ปี พ.ศ. 2564			
	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.
1. ศึกษาค้นคว้าทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง									
2. ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง									
3. ศึกษาวิธีเขียนเว็บแอปพลิเคชันประชุม									
4. ออกแบบและเขียนเว็บแอปพลิเคชันประชุม									
5. ทดสอบการทำงานและประสิทธิภาพของเว็บแอปพลิเคชันประชุม									

6. ประเมินผลและอภิปรายผล									
7. จัดทำเอกสาร									

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับ

ก. ประโยชน์ต่อตัวผู้พัฒนาโครงงาน

1. รู้วิธีการเขียนเว็บแอปพลิเคชันประชุมผ่านวีดิโอ
2. เรียนรู้วิธีในการพัฒนาระบบที่ใช้ peer-to-peer ในการสื่อสารระหว่างผู้ใช้งาน
3. พัฒนาศักยภาพการทำงานด้วยตนเอง เสริมสร้างระเบียบวินัยในตนเอง และมีความรับผิดชอบต่องานที่ทำ
4. ฝึกฝนทักษะการรับรู้ข้อเสียของชิ้นงานจากความเห็นของผู้ใช้และนำมาปรับปรุงแก้ไข

ข. ประโยชน์ต่อผู้ใช้ประโยชน์จากโครงงาน

1. สามารถนำไปพัฒนาเป็นโปรแกรมที่มีความสามารถมากขึ้นและเป็นผลิตภัณฑ์จริงได้
2. ช่วยให้การประชุมบนเครือข่ายสามารถจัดขึ้นได้อย่างรวดเร็วและสะดวกมากขึ้นโดยไม่ต้องติดตั้งโปรแกรม

1.6 โครงสร้างของรายงาน

บทที่ 2 กล่าวถึงหลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับเว็บแอปพลิเคชันประชุมวีดิโอแบบกลุ่มด้วย WebRTC รวมถึงงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับ WebRTC

บทที่ 3 กล่าวถึงวิธีการวิจัยและเบื้องหลังในการออกแบบเว็บแอปพลิเคชันประชุมวีดิโอแบบกลุ่มด้วย WebRTC ซึ่งประกอบไปด้วย การออกแบบภาพรวมของระบบ การออกแบบส่วนต่อประสานผู้ใช้ การออกแบบการใช้งานส่วนหลัง ขั้นตอนการทำแบบประเมินและการทดลองผล ทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานซีพียูและหน่วยความจำและหน่วยประมวลกราฟิก

บทที่ 4 กล่าวถึงกระบวนการทดลอง ผลของการดำเนินการวิจัยจากการทำแบบประเมินและผลจากการทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานซีพียูและหน่วยความจำและหน่วยประมวลกราฟิก

บทที่ 5 กล่าวถึงการสรุปผลวิจัยการสร้างเว็บแอปพลิเคชันประชุมวีดิโอแบบกลุ่มด้วย WebRTC รวมถึงปัญหาและข้อเสนอแนะหรือแนวทางการแก้ไข

บทที่ 2
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

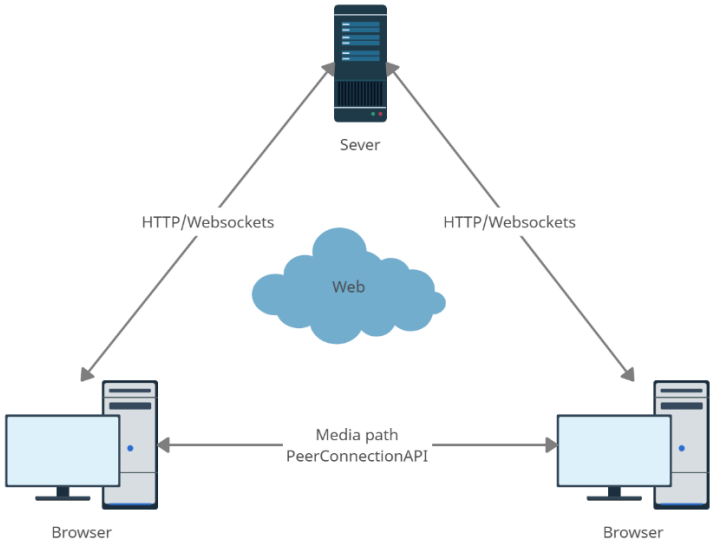
ในบทนี้จะกล่าวถึงหลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับเว็บแอปพลิเคชันประชุมวีดิโอแบบกลุ่มด้วย WebRTC รวมถึงงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับ WebRTC

2.1 หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 Web Real-Time Communication (WebRTC)

Web Real-Time Communication หรือ WebRTC คือรูปแบบการติดต่อสื่อสารผ่านเว็บเบราว์เซอร์โดยตรงที่มีการใช้งานด้านสื่ออย่างการคุยผ่านวีดิโอหรือการพูดคุยทางเสียงได้แบบทันที[4] และเป็นส่วนหนึ่งของภาษา JavaScript และ API (Application Programming Interfaces) ร่วมกับการสร้างหน้าเว็บด้วย HTML5 ภายใต้โพรโทคอลเดียวกัน สามารถใช้งานได้ทั้งบนมือถือ คอมพิวเตอร์ส่วนตัว หรือคอมพิวเตอร์พกพาเพียงแค่มีแอปพลิเคชันที่เรียกว่าเว็บเบราว์เซอร์ และมีการขออนุญาตการเข้าถึงกล้องและไมโครโฟนบนอุปกรณ์นั้น ๆ

โดยปกติการเชื่อมต่อระหว่างเว็บและผู้ใช้เป็นการรับส่งผ่านตัวบริการแม่ข่ายกับผู้ใช้เท่านั้น นั่นหมายความว่าเมื่อผู้ใช้ทำการอัปเดตบางอย่างบนเว็บไซต์ สิ่งที่เปลี่ยนไปนี้จะถูกส่งไปยังตัวบริการแม่ข่ายและค่อยส่งการเปลี่ยนแปลงนี้ไปยังผู้ใช้รายอื่นอีกที ซึ่งแน่นอนว่าเมื่อมีอะไรเปลี่ยนแปลงไปย่อมมีความล้าช้ากว่าปกติ แต่ภาพที่ 2.1 แสดงถึงเทคโนโลยี WebRTC ที่เข้ามาเปลี่ยนแปลงรูปแบบการสื่อสารใหม่โดยที่เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงใด ๆ ก็ไม่จำเป็นที่จะต้องผ่านตัวบริการแม่ข่ายเสมอไป สามารถติดต่อสื่อสารระหว่างผู้ใช้ได้โดยตรงและทันที



ภาพที่ 2.1 การทำงานของ WebRTC

WebRTC เป็นการทำงานระหว่างเว็บเบราว์เซอร์ผ่าน PeerConnection[4] ที่อนุญาตให้สื่ออย่างวีดิโอหรือการพูดคุยทางเสียงส่งถึงกันโดยตรงแบบไม่มีส่วนของตัวแม่ข่ายเข้ามาแทรก โดยที่เว็บเบราว์เซอร์จะเรียกใช้เว็บแอปพลิเคชันจากแหล่งเดียวกันและการติดต่อสื่อสารที่เกิดขึ้นจะมาจากการเรียกใช้ WebRTC API ในด้านหลัง ซึ่งแนวคิดหลักได้แก่

- MediaStream
- PeerConnection
- DataChannel

WebRTC API สามารถใช้งานได้หลากหลายอย่าง เช่น การใช้ในการสื่อสารระดับเดียวกันบนเว็บเบราว์เซอร์ ความสามารถในการเข้ารหัสหรือถอดรหัส การควบคุมสื่อ และอื่น ๆ โดยมีการรับส่งข้อมูลจะมีการเข้ารหัสใช้โพรโทคอลที่เรียกว่า DTLS[4]

Datagram Transport Layer Security (RFC6347) คือ โพรโทคอลที่ออกแบบมาเพื่อป้องกันการดักฟัง การเข้าถึงที่ไม่ได้รับอนุญาต หรือการปลอมข้อความ[4] โพรโทคอล DTLS มีรากฐานมาจากโพรโทคอล Transport Layer Security (TLS) ทำให้มีการรักษาความปลอดภัยที่ใกล้เคียงกัน DTLS จะทำงานระหว่างผู้ใช้

Network Address Translator (NAT) (RFC1631C) เข้ามาช่วยในเรื่องของความขาดแคลนของ IPv4 address ทำให้ใช้งาน IP address มากยิ่งขึ้น โดยที่อุปกรณ์ NAT จะเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการติดต่อสื่อสารระหว่างเครือข่ายภายในและอินเทอร์เน็ตเพียงตัวเดียวที่มี IP address แม้ว่าในเครือข่าย Lan นั้นจะมีหลายเครื่องที่ใช้งาน IP Address อยู่ก็ตาม ทำให้เราสามารถใช้ IP address ซ้ำเพื่อแก้ปัญหาการขาดแคลน IPv4 address

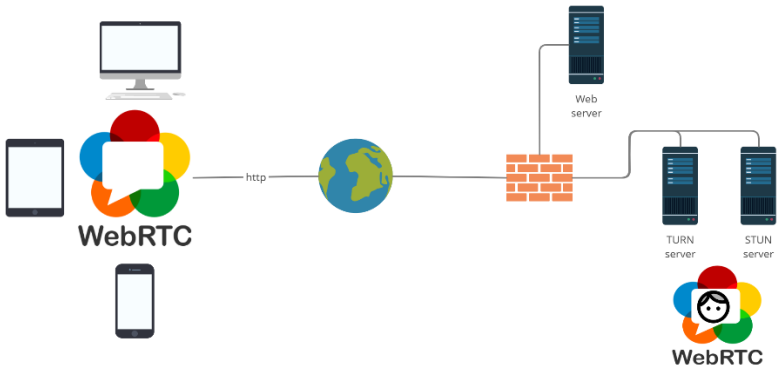
2.1.2 MediaStream

MediaStream คือกระแสของข้อมูลอย่างเสียงหรือวีดิโอ ใช้สำหรับการจัดการเรื่องสื่อต่าง ๆ[4] เช่น การควบคุมการเปิดกล้องวีดิโอในอุปกรณ์ การบันทึกวีดิโอ หรือการส่งวีดิโอไปยังผู้ใช้รายอื่น

LocalMediaStream คือกระแสของข้อมูลที่อยู่บนอุปกรณ์ของเรา[4] เช่น กล้องหน้าโทรศัพท์ ไมโครโฟนตั้งโต๊ะ หรืออื่น ๆ เว็บแอปพลิเคชันต้องมีการขออนุญาตใช้เสียงหรือวีดิโอจากอุปกรณ์เหล่านั้นผ่านฟังก์ชัน getUserMedia() ซึ่งเราสามารถตอบตกลงยินยอมหรือปฏิเสธก็ย่อมได้ จากนั้นมันก็จะหยุดทำงานผ่านฟังก์ชัน stop() บน LocalMediaStream

2.1.3 PeerConnection

PeerConnection เป็นสิ่งที่เกี่ยวกับการสื่อสารโดยตรงระหว่างเบราว์เซอร์สู่อีกเบราว์เซอร์ หรือก็คือการทำงานของ JavaScript นั่นเอง[4] การสื่อสารนั้นทำผ่านช่องสัญญาณที่ได้มาจากรหัสสัญญาณที่ส่งผ่านตัวแม่ข่ายของเว็บมาสู่เว็บแอปพลิเคชันของเราจากการใช้ XMLHttps หรือ WebSocket และเมื่อสามารถติดต่อกันผ่าน PeerConnection ได้แล้วก็จะทำให้ MediaStream ทำการส่งสื่อต่าง ๆ ระหว่างกันได้



ภาพที่ 2.2 รูปแบบการทำงานระหว่าง WebRTC application และ STUN server และ TURN server

The Session Traversal Utilities for NAT (STUN) เป็นโพรโทคอลที่ให้เจ้าของแอปพลิเคชันสามารถทำการเชื่อมต่อเซสชันของอุปกรณ์ต้นทางและปลายทางของ WebRTC ให้สามารถสื่อสารผ่านทางโครงข่ายอินเทอร์เน็ตสาธรณะได้[4]

The Traversal Using Relays around NAT (TURN) เป็นโพรโทคอลที่ยอมให้แม่ข่ายข้างหลัง NAT สามารถเชื่อมต่อเซสชันของอุปกรณ์ต้นทางและปลายทางของ WebRTC ในกรณีที่เชื่อมต่อเซสชันผ่าน STUN server นั้นไม่สามารถทำงานได้ โดยการรับ IP address สาธารณะจาก relay server ที่อยู่บนเครือข่ายอินเทอร์เน็ตสาธารณะ ทำให้เจ้าของแอปพลิเคชันสามารถรับสื่อจากผู้ใช้ใดก็ได้ที่สามารถส่งแพ็กเก็ตบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ตสาธารณะได้[4]

ภาพที่ 2.2 แสดงถึงการทำงานร่วมกันระหว่างเบราว์เซอร์ เว็บแอปพลิเคชัน ตัวบริการแม่ข่าย TURN server และ STUN server

กลไกของ PeerConnection ใช้โพรโทคอล ICE กับ STUN และ TURN เพื่อให้สื่อที่ใช้โพรโทคอล UDP สามารถผ่านกล่องและไฟร์วอลล์ของ NAT[4] ได้ โดยโพรโทคอล ICE อนุญาตให้เบราว์เซอร์ค้นหาข้อมูลที่เกี่ยวกับทอพอโลยีของเครือข่ายเพื่อหาเส้นทางในการติดต่อสื่อสารที่ดีที่สุด และการใช้โพรโทคอล ICE ก็มีมาตรการรักษาความปลอดภัยที่ป้องกันเว็บและแอปพลิเคชันที่ไม่น่าเชื่อถือจากการส่งข้อมูลไปยังแม่ข่าย

2.1.4 DataChannel

DataChannel API ถูกออกแบบมาเพื่อให้เป็นบริการรับส่งข้อมูลทั่วไประหว่างเว็บเบราว์เซอร์แบบสองทิศทาง[4] โดยมันจะถูกติดตั้งเมื่อฟังก์ชัน CreateDataChannel ถูกเรียกใช้เป็นครั้งแรกบนอ็อบเจกต์ PeerConnection ในแต่ละครั้งที่เรียกใช้ฟังก์ชัน CreateDataChannel จะทำการสร้าง DataChannel ใหม่ภายใต้โพรโทคอล SCTP ที่มีอยู่

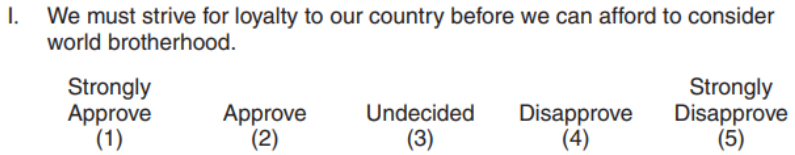
2.1.5 การวัดผลด้วยมาตรลิเคิร์ต

มาตรลิเคิร์ต คือการให้คะแนนในระดับระหว่าง 5 หรือ 7 ตัวเลือกจากคำถามของแบบสอบถามปลายปิด อาจจะเป็นตัวเลือกที่บ่งบอกถึงความชอบไปจนถึงไม่ชอบหรือความถี่ อย่างเช่น บ่อยไปจนถึงไม่บ่อย[6] มาตรลิเคิร์ตเป็นเครื่องมือพื้นฐานที่นิยมใช้ในการวัดความคิดเห็นในการศึกษาและบนวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสังคมศาสตร์[3] เป็นตัวชี้วัดการประเมินผลความคิดเห็นและพฤติกรรมซึ่งค่อนข้างเป็นที่นิยมอย่างแพร่หลายกว่าการใช้ตัววัดแบบอื่น[6]

การเปรียบเทียบระหว่าง Binary question ที่มีคำตอบให้เลือกแค่ใช่กับไม่ใช่ ซึ่งต่างกับมาตรลิเคิร์ตตรงที่มีตัวเลือกหลากหลายในการให้คำตอบ คำตอบเป็นได้ตั้งแต่ เห็นด้วย ค่อนข้างเห็นด้วย ไปจนถึงไม่เห็นด้วย ซึ่งทำให้การตอบแบบประเมินมีความแม่นยำมากยิ่งขึ้นและสามารถเจาะลึกไปถึงคำถามที่เราสนใจเป็นพิเศษได้ด้วย

ภาพที่ 2.3 แสดงตัวอย่างของตัวเลือกแบบ 5 ระดับของ Likert scale โดยในวิจัยนี้จะใช้ตัวเลือกเป็นดังนี้

- พอใจอย่างมาก
- พอใจ
- เฉย ๆ
- ไม่พอใจ
- ไม่พอใจอย่างมาก



ภาพที่ 2.3 ตัวอย่างรูปแบบการให้คะแนนแบบมาตรลิเคิร์ต

2.1.6 การวัดความเที่ยงตรง Index of Objective Congruence (IOC)

IOC คือ การวัดความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ที่มีค่าอยู่ระหว่าง 1 ถึง -1 หากข้อคำถามนั้นมีความเที่ยงตรงตามเนื้อหาจะมีค่า IOC เข้าใกล้ 1.00 หากข้อใดมีค่า IOC ต่ำกว่า 0.5 ควรมีการปรับปรุงข้อคำถามใหม่ให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ที่ต้องการวัด

วิธีการหาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาทำได้โดยหาค่าความสอดคล้องหรือดัชนีของความสอดคล้องกันระหว่างข้อคำถามแต่ละข้อกับจุดประสงค์ (Index of Item – Objective Congruence หรือ IOC) โดยข้อกำหนดคะแนนของผู้เชี่ยวชาญเป็น +1 หรือ 0 หรือ -1 ดังนี้

+1 คือ แน่ใจว่าข้อคำถามข้อนั้นวัดจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ระบุไว้จริง

0 คือ ไม่แน่ใจว่าข้อคำถามนั้นวัดจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ระบุไว้

-1 คือ แน่ใจว่าข้อคำถามข้อนั้นไม่ได้วัดจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ระบุ

กำหนดให้จำนวนคำถามมี n ข้อ คะแนนของคำถามข้อที่ i แทนด้วยตัวแปร s_i ค่า IOC คำนวณโดยใช้สมการต่อไปนี้

$$IOC = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} s_i$$

ถ้าคำถามทุกข้อเกี่ยวข้องกับจุดประสงค์ ค่า IOC จะเท่ากับ 1 แต่ถ้าค่า IOC ต่ำกว่า 0.5 ก็จำเป็นต้องปรับคำถามใหม่ให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ที่ต้องการวัด

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยของ Naktak Edan และ Sanabill A. Mhamood[1] เกี่ยวกับการใช้งานด้าน e-learning โดยการใช้งานผ่านเทคโนโลยี WebRTC ได้ทำการทดลองสร้างและใช้ WebRTC ในการประชุมวีดิโอแบบสองทิศทางด้วยวิธีการเมชทอพอโลยี (many-to-many) ด้วยการใช้ Google Chrome และ Firefox และ Opera และ Explorer ผ่านอีเทอร์เน็ต อินเทอร์เน็ตไร้สาย และเครือข่าย 4G โดยเน้นศึกษาไปที่ประสิทธิภาพการทำงานของซีพียูและปริมาณการใช้งานแบนด์วิดท์ โดยสรุปผลออกมาได้ว่าซีพียูมีผลต่อจำนวนผู้ใช้งาน หากผู้ใช้งานเป็นจำนวนมากยิ่งต้องการแกนซีพียูมากขึ้นตามไปด้วย และแบนด์วิดท์มีผลต่อคุณภาพของเสียงและวีดิโอที่กำลังถ่ายทอดสด การทำงานไม่รองรับผู้ใช้ที่มีจำนวนมากกว่า 3 คนขึ้นไปเพื่อคงไว้ซึ่งคุณภาพของเสียงและวีดิโอที่ดีที่สุด

งานวิจัยของ Chenguang Yu และคณะ[2] ทำการวิจัยเกี่ยวกับการวัดคุณภาพการโทรด้วยวีดิโอบนโทรศัพท์พกพาผ่านเครือข่ายไร้สายทั้งบน WiFi และ Cellular โดยเน้นวัดค่าความหน่วงและความสูญเสียในการส่งแพ็กเก็ตบนแอปพลิเคชันยอดนิยม ได้แก่ Face-Time Google Plus Hangout และ Skype ผลการวิจัยพบว่าคุณภาพในการโทรด้วยวีดิโอบนโทรศัพท์พกพามีช่องโหว่มากในเรื่องของการสูญหายของแพ็กเก็ตและมีความหน่วงในการส่งแพ็กเก็ต

งานวิจัยของ Andreas Reiter และ Alexander Marsalek[5] วิจัยเกี่ยวกับความเป็นส่วนตัวที่อาจโดนบุกรุกจากการใช้ WebRTC โดยทำการสร้างการโจมตีหลายรูปแบบบน WebRTC เพื่อลดทอนความปลอดภัยและความเป็นส่วนตัวของผู้ใช้และยังรวมถึงการโจมตีความเป็นส่วนตัวบนอุปกรณ์เครื่องอื่นที่อยู่ในเครือข่ายเดียวกันอีกด้วย การวิจัยของเขาพบว่าแม้ WebRTC จะมีรากฐานความปลอดภัยที่มั่นคงแต่ก็ยังคงถูกโจมตีได้จากการทดลอง

บางรูปแบบ โดยแต่ละการโจมตีนั้นยังคงทำให้การดำเนินงานและฟังก์ชันของ WebRTC ยังคงทำงานได้ต่อไปและยังคงปกป้องความเป็นส่วนตัวของผู้ใช้งานได้อยู่

งานวิจัยของ Ankur Joshi และ Saket Kake และคณะ[3] กล่าวว่าการวิเคราะห์ผลด้วยมาตรลิเคิร์ตส่วนใหญ่นั้นขึ้นอยู่กับส่วนประกอบในวิจัย การออกแบบองค์ประกอบนั้นขึ้นอยู่กับจุดประสงค์ และโครงสร้างแบบโครงคร่าวเป็นตัวตัดสินการรักษาทางสถิติ การแปลงสิ่งที่จับต้องไม่ได้ให้มีความแน่ชัดเพื่อใช้ในการวัดค่าต่าง ๆ เป็นสิ่งสำคัญ

บทที่ 3
วิธีการวิจัย

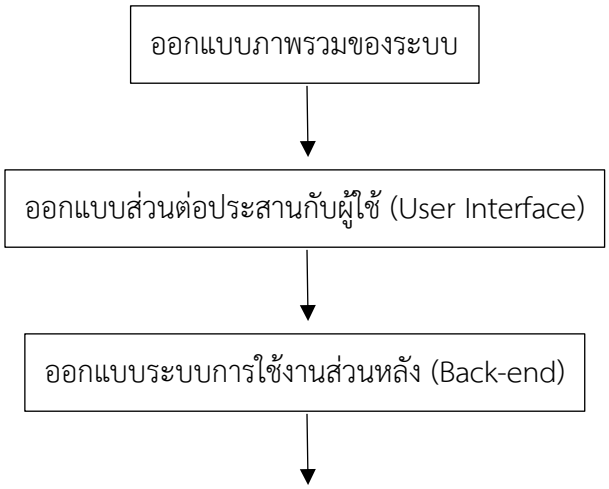
ในบทนี้จะกล่าวถึงวิธีการออกแบบและสร้างเว็บแอปพลิเคชัน ขั้นตอนการทำแบบประเมินการใช้งาน ซึ่งได้แก่ แบบประเมินความพึงพอใจในการใช้เว็บแอปพลิเคชันการประชุมและแบบประเมินความสอดคล้องระหว่างคำถามและวัตถุประสงค์ และสุดท้ายคือการทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานซีพียูและหน่วยความจำและหน่วยประมวลกราฟิก

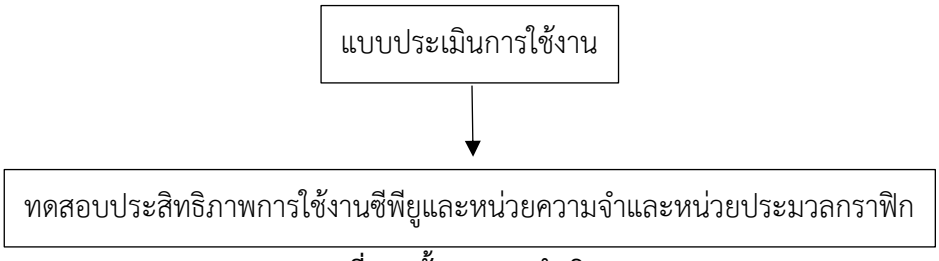
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. เครื่องมือพัฒนาโปรแกรม Microsoft Visual Studio Code
2. โอเพนซอร์สเต็มรูปแบบ (Full stack open source) ของ WebRTC, SimpleRTC
3. โอเพนซอร์สส่วนหน้า (Front-end open source) ของ React JS
4. แบบประเมินความสอดคล้องระหว่างคำถามและวัตถุประสงค์ (Index of Item-Objective Congruence)
5. แบบประเมินความพึงพอใจโดยใช้มาตรวัดลิเคิร์ต

ขั้นตอนดำเนินงานวิจัย

การดำเนินงานสามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ขั้นตอนดังแสดงในภาพที่ 3.1 ขั้นตอนแรกเริ่มจากการออกแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ (User Interface) ให้สอดคล้องกับประสบการณ์ที่ดีของผู้ใช้ (User Experience) หลังจากนั้นทำงานทดสอบการใช้งานเว็บแอปพลิเคชันด้วยตนเองก่อนที่จะสร้างแบบประเมินให้ผู้ใช้งานทำการประเมินและท้ายสุดสรุปผลจากที่ผู้ใช้ที่ได้ทดลองใช้งานเว็บแอปพลิเคชันแล้วจึงทำการประเมิน





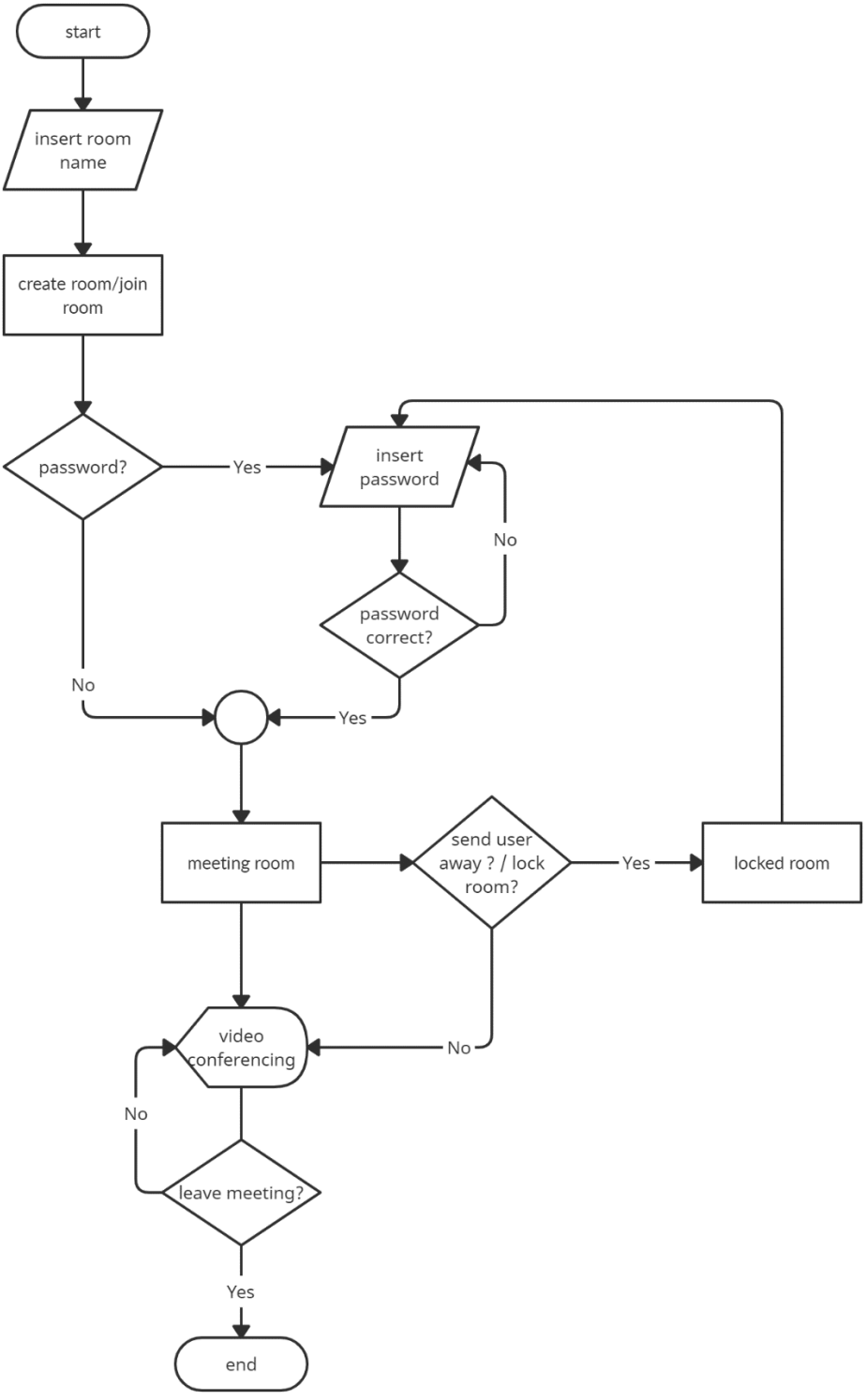
ภาพที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

3.1 ออกแบบภาพรวมของระบบ

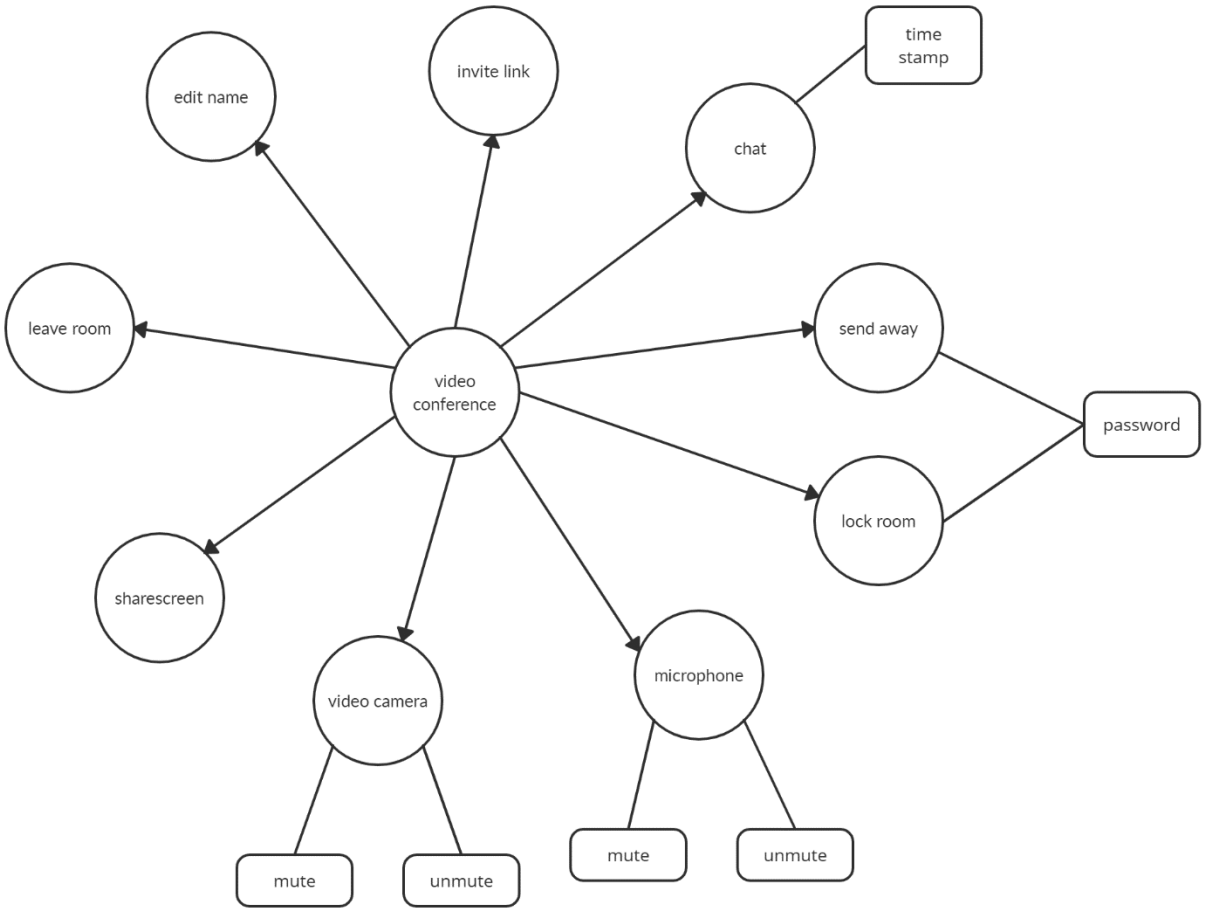
การทำงานของระบบในเว็บแอปพลิเคชันนี้มีส่วนหลัก ได้แก่ การเข้าห้อง การล็อคห้อง และการออกจากห้องที่จะมีผลต่อการเข้าใช้งานระบบ ดังที่แสดงในภาพที่ 3.2 โดยเริ่มที่หน้าแรกสุดจะเป็นการตั้งชื่อห้องประชุม ซึ่งสามารถเลือกได้ว่าจะเป็นการเข้าร่วมประชุมโดยการใส่ชื่อห้องที่ตั้งไว้อยู่แล้ว หรือการสร้างห้องประชุมใหม่โดยการตั้งชื่อที่ไม่ซ้ำกับที่กำลังมีอยู่ในระบบออนไลน์ เมื่อใส่ชื่อห้องเรียบร้อย จากนั้นระบบจะถามผู้ใช้ในกรณีที่ห้องประชุมนั้นตั้งรหัสผ่านเอาไว้ หากตั้งรหัสผ่านเอาไว้ ผู้ใช้จำเป็นต้องใส่รหัสผ่านให้ถูกต้องจึงจะเข้าไปยังห้องประชุมได้ ถ้าหากว่าใส่รหัสผ่านผิด ระบบจะขอให้ใส่รหัสผ่านใหม่ซ้ำไปเรื่อย ๆ จนกว่าจะใส่รหัสผ่านถูก

เมื่อเข้าสู่ห้องประขุมได้แล้ว ในห้องประชุมจะประกอบด้วยฟังก์ชันมากมาย ได้แก่ การปิด-เปิดไมโครโฟน การปิด-เปิดกล้องวีดิโอ การสนทนาด้วยตัวอักษร การตั้งชื่อ การเชิญชวนเข้าห้องประชุมด้วยลิงก์ การกดออกจากห้องประชุม การแบ่งปันหน้าจอร่วมกัน การล็อกห้องและสร้างรหัสผ่านโดยอัตโนมัติ ดังที่แสดงในภาพที่ 3.3

ในระหว่างการประชุมสามารถบังคับผู้ใช้งานรายอื่นให้ออกจากห้องได้ด้วยฟังก์ชัน send away ที่มีการทำงานคล้ายกับฟังก์ชัน lock room โดยเมื่อใช้ฟังก์ชัน send away จะทำให้ห้องประชุมนั้น ๆ สุ่มรหัสผ่านขึ้นมาโดยอัตโนมัติเพื่อป้องกันไม่ให้ผู้ใช้ที่ถูกบังคับออกจากห้องสามารถเข้าห้องได้อีกครั้งด้วยรหัสเข้าห้องเดิมหรือสามารถเข้าห้องโดยไม่ต้องใช้รหัส



ภาพที่ 3.2 แสดงแผนภูมิสายงานของระบบหลักเว็บแอปพลิเคชัน



ภาพที่ 3.3 แสดงแผนผังมโนทัศน์ฟังก์ชันของเว็บแอปพลิเคชัน

3.2 ออกแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ (User Interface)

เริ่มต้นจากการออกแบบหน้าส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ให้สอดคล้องกับการใช้งานตามหลักการได้แก่ ความสามารถในการเรียนรู้และการใช้งานของผู้ใช้ที่สอดคล้องกัน โดยจะมี 3 หน้าต่างหลักในการทำงาน ได้แก่

หน้าที่ 1 หน้าแรก

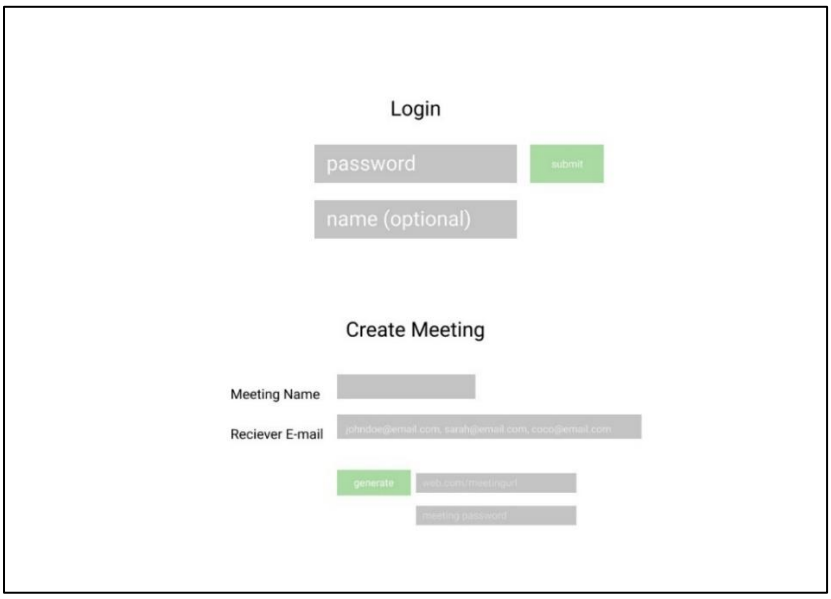
หน้าที่ 2 เตรียมตัวก่อนเข้าห้องประชุม

หน้าที่ 3 ห้องประชุม

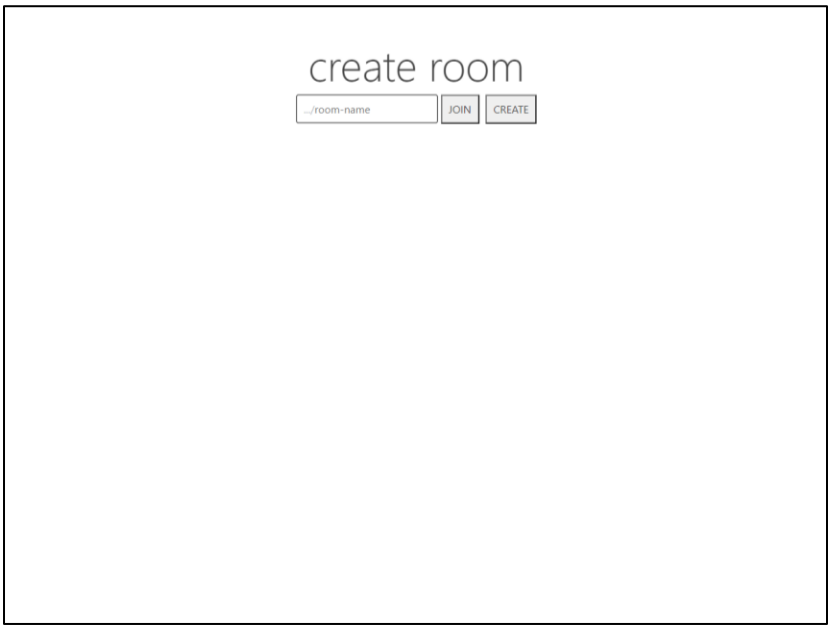
3.2.1 หน้าที่ 1 หน้าแรก

ภาพที่ 3.4 เป็นการแสดงให้เห็นถึงครั้งแรกที่เริ่มออกแบบเว็บแอปพลิเคชันการประชุม สังเกตุว่าเต็มไปด้วยปุ่มและกล่องให้ใส่ค่าเป็นจำนวนมาก จากการสอบถามผู้ใช้งานบางส่วน ผู้ใช้งานให้คำตอบว่า

การใช้งานหน้าแรกนั้นเข้าใจได้ยากและไม่รู้ว่าตัวผู้ใช้นั้นต้องเริ่มจากตรงไหน จากการรับฟังความเห็นจึงมีการปรับเปลี่ยนและแก้ไขรูปแบบสะดวกมากยิ่งขึ้นดังแสดงในภาพที่ 3.5 ที่มีจำนวนช่องลดลง ทำให้ลดความสับสนว่าผู้ใช้ควรเริ่มจากตรงไหน เพราะบังคับให้ใส่ชื่อห้องได้แค่เพียงช่องเดียว



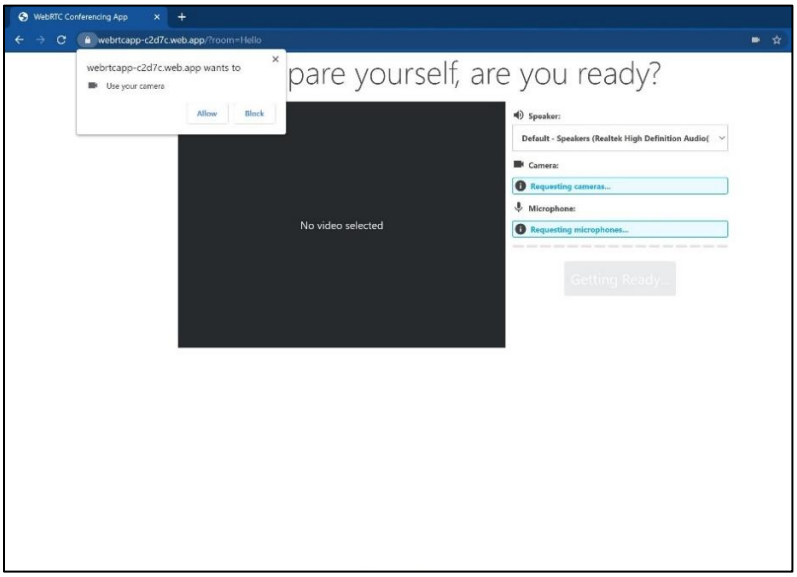
ภาพที่ 3.4 ออกแบบส่วนต่อประสานหน้าแรกกับผู้ใช้ครั้งแรก



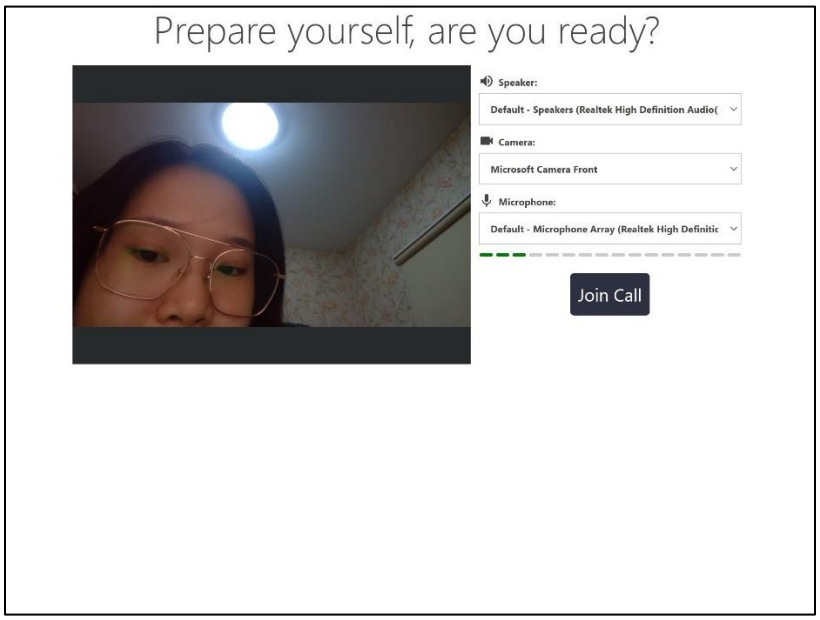
ภาพที่ 3.5 แก้ไขส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ภายหลัง

3.2.2 หน้าที่ 2 เตรียมตัวก่อนเข้าห้องประชุม

สร้างหน้าต่างให้ผู้ใช้งานได้เตรียมตัวก่อนเข้าไปยังห้องประชุมโดยมีหน้าต่างให้อนุญาตการเข้าถึงกล้องและไมโครโฟนบนอุปกรณ์ส่วนตัวของผู้ใช้ดังแสดงในภาพที่ 3.6 เพื่อความเป็นส่วนตัวและความปลอดภัยตามนโยบายการใช้งานแอปพลิเคชันใด ๆ ที่ป้องกันไม่ให้ข้อมูลส่วนตัวของผู้ใช้ถูกเข้าถึงโดยที่ผู้ใช้ไม่ได้มีส่วนรู้เห็นหรือยินยอม โดยเมื่อยินยอมให้เข้าถึงกล้องบนอุปกรณ์ส่วนตัวแล้ว วีดิโอจะแสดงขึ้นมาดังภาพที่ 3.7



ภาพที่ 3.6 การขออนุญาตการเข้าถึงกล้องบนอุปกรณ์ส่วนตัว



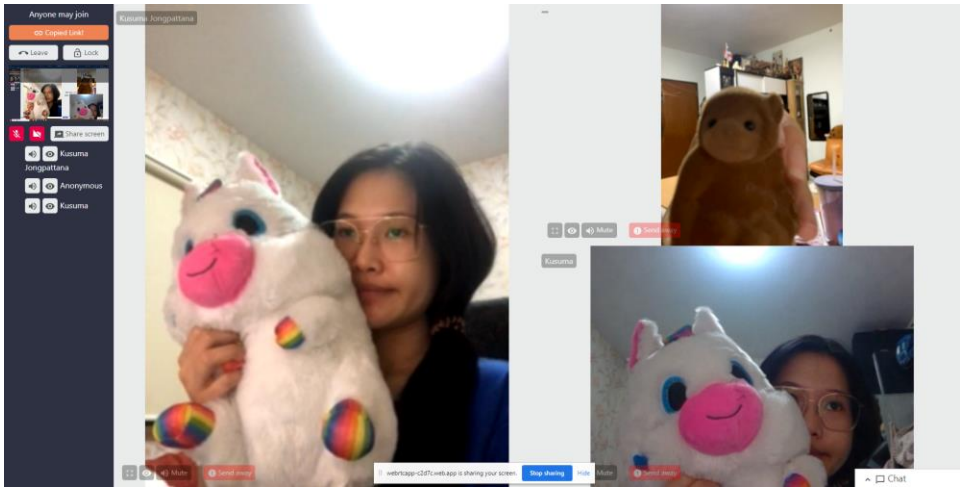
ภาพที่ 3.7 หน้าต่างเตรียมตัวก่อนเข้าห้องประชุม

3.2.3 หน้าที่ 3 ห้องประชุม

ห้องประชุมรองรับจำนวนคนได้สูงสุดประมาณ 5 คนในเบื้องต้นและประกอบด้วยฟังก์ชันการใช้งานได้แก่

- การกดคัดลอกลิงก์ห้องประชุม
- ออกจากห้องประชุม
- ล็อกห้องประชุม
- เปิด-ปิดไมโครโฟนและกล้อง
- แบ่งปันหน้าจอร่วมกัน
- ปิดกล้องของผู้ใช้รายอื่น
- ปิดไมโครโฟนของผู้ใช้รายอื่น
- ขยายหน้าจอ
- บังคับให้ผู้ใช้รายอื่นออกจากห้องโดยไม่ผ่านการยินยอมจากผู้ใช้รายนั้น
- ช่องสนทนาผ่านตัวอักษร

ภาพที่ 3.8 แสดงตอนขณะประชุมด้วยอุปกรณ์ทั้งหมด 4 เครื่อง ได้แก่ คอมพิวเตอร์พกพา 1 เครื่อง คอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ 1 เครื่อง โทรศัพท์มือถือจำนวน 2 เครื่อง



ภาพที่ 3.8 ขณะประชุมด้วยอุปกรณ์ทั้งหมด 4 เครื่อง

3.3 ออกแบบระบบการใช้งานส่วนหลัง (Back-end)

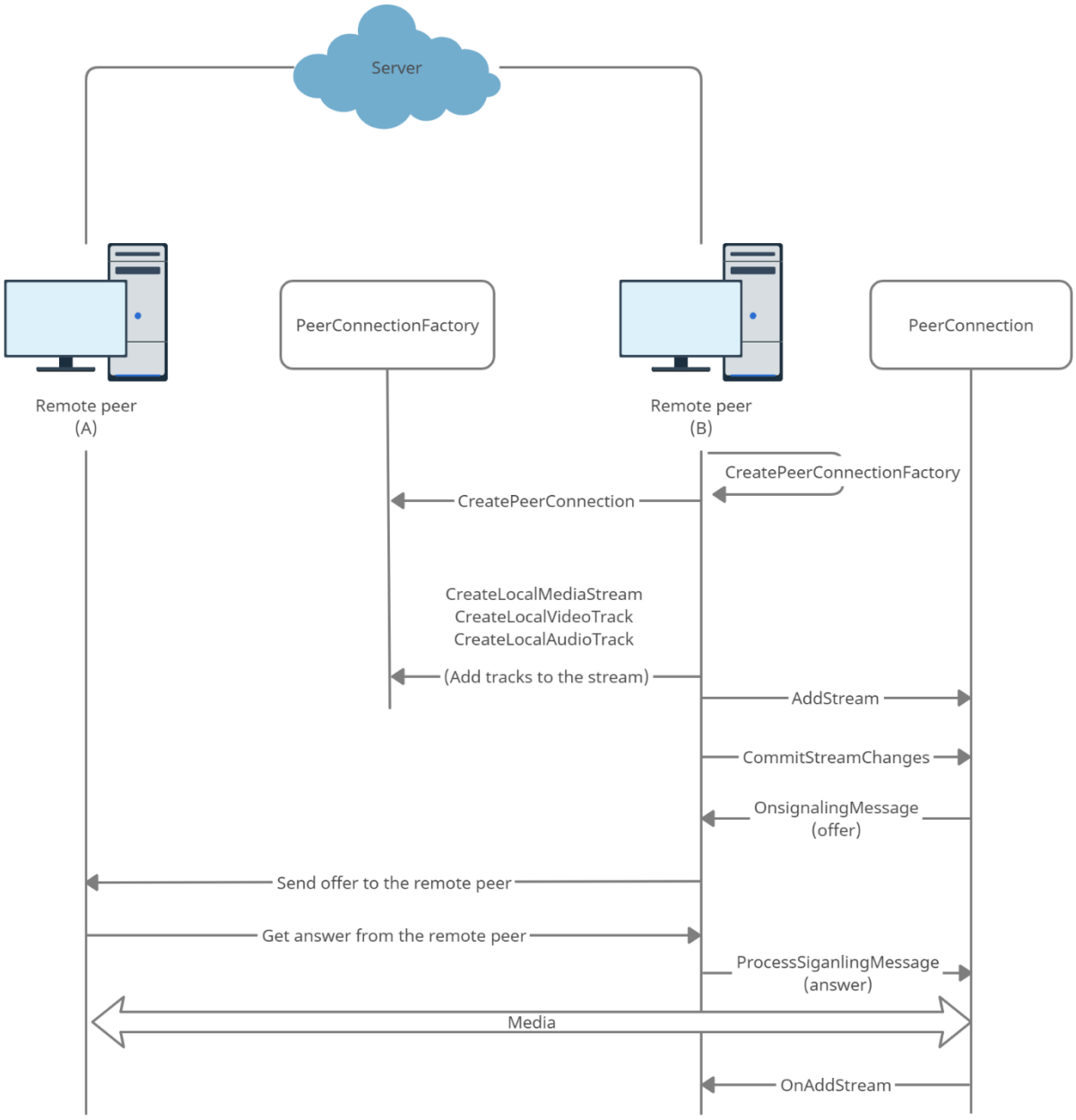
สมมติให้ A และ B เป็นผู้ใช้งานทั่วไป ก่อนที่เว็บเบราว์เซอร์ของเขาทั้งคู่จะสามารถติดต่อสื่อสารกันได้นั้น ต้องมีตัวกลางอย่างตัวบริการเว็บ (web server) เพื่อทำหน้าที่ส่งสัญญาณก่อนเป็นอันดับแรก เว็บเบราว์เซอร์ A และ B จะทำการดาวน์โหลดหน้าเว็บแอปพลิเคชัน HTML ที่ประกอบด้วย JavaScript ซึ่งเป็นตัวช่วยให้เว็บเบราว์เซอร์สามารถเชื่อมต่อกับตัวบริการเว็บโดยผ่านโพรโทคอล HTTP เพื่อที่ผู้ใช้จะสามารถเรียกดูข้อมูลจากตัวบริการเว็บให้แสดงผลบนหน้าจอของตัวเอง

เมื่อ B เริ่มทำการติดต่อไปยัง A จะทำให้ JavaScript สร้างค่าอ็อบเจกต์ PeerConnection เมื่อสร้างสำเร็จแล้ว JavaScript ฝั่ง B จะเริ่มติดตั้งสื่อต่าง ๆ ผ่านฟังก์ชัน MediaStream จากนั้นก็ส่งคำขออนุญาตไปยัง B เพื่อยอมให้เว็บแอปพลิเคชันเข้าถึงไมโครโฟนและกล้องของ B

เมื่อเอพีไอทำงานและมีการเชื่อมต่อกระแสข้อมูลบนเว็บเบราว์เซอร์ของ B เรียบร้อยแล้วก็จะเริ่มส่งข้อความสัญญาณเพื่อบอกความต้องการที่จะติดต่อสื่อสารกับ A ซึ่งข้อความนี้จะถูกส่งไปยังตัวบริการในการส่งสัญญาณอย่าง XMLHttpRequest

จากภาพที่ 3.9 จะแสดงถึงการติดต่อสื่อสารแบบทันที (Real-time) ระหว่างเว็บเบราว์เซอร์ของ A กับ B

ตัวบริการในการส่งสัญญาณจะทำการส่งข้อความสัญญาณจาก B หรือที่เรียกว่าโทร (Call) ไปหายังเว็บเบราว์เซอร์ A จากนั้น JavaScript บนเว็บเบราว์เซอร์ของ A จะทำการแจ้งเตือนข้อความนั้นให้ A ตัดสินใจอีกทีว่าจะยอมรับการติดต่อจาก B หรือไม่ เมื่อทำการยอมรับแล้ว เว็บเบราว์เซอร์ A จะมีการติดตั้งสื่อต่าง ๆ เหมือนตอนที่ทำในตอนแรก โดยที่ JavaScript จะทำงานบนเว็บเบราว์เซอร์ของ A แล้วสร้างอ็อบเจกต์ PeerConnection ขึ้นมาเหมือนกัน จากนั้นเว็บเบราว์เซอร์ของ A จะทำการยืนยันว่าการติดต่อนั้นถูกยอมรับแล้ว แล้วก็จะสร้างกระแสข้อมูลขึ้นมาระหว่างเว็บเบราว์เซอร์ของ A และ B หลังจากนั้นสัญญาณข้อความที่บรรจุข้อมูลสื่อจะถูกส่งกลับไปยัง B ผ่านตัวบริการส่งสัญญาณ



ภาพที่ 3.9 การทำงานเมื่อ B โทรไปยัง A ด้วยมุมมองของ B

3.4 แบบประเมินการใช้งาน

แบบประเมินการใช้งานจะประกอบด้วย 2 แบบประเมินด้วยกัน ได้แก่

1) แบบประเมินความพึงพอใจในการใช้เว็บแอปพลิเคชันการประชุม (WebRTC Conferencing App)

2) แบบประเมินความสอดคล้องระหว่างคำถามและวัตถุประสงค์ (Index of Item-Objective Congruence)

โดยเริ่มจากการร่างแบบประเมินความพึงพอใจให้สอดคล้องกับการใช้งานบนเว็บแอปพลิเคชันแล้วนำแบบประเมินความพึงพอใจในการใช้เว็บแอปพลิเคชันไปสอบถามอาจารย์และผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่านด้วยการใช้แบบประเมินความสอดคล้องระหว่างคำถามและวัตถุประสงค์ (Index of Item-Objective Congruence) เพื่อปรับปรุงแก้ไขให้แบบประเมินความพึงพอใจในการใช้เว็บแอปพลิเคชันมีความเที่ยงตรงกับจุดประสงค์ที่ถามมากที่สุด โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนมี 2 ระดับคือ

ประเด็นที่พิจารณาสามารถใช้ได้ ค่าเฉลี่ย 0.5 ขึ้นไป

ประเด็นที่พิจารณาต้องปรับปรุง ค่าเฉลี่ยต่ำกว่า 0.5

นำแบบประเมินความพึงพอใจในการใช้เว็บแอปพลิเคชันที่แก้ไขแล้วอัปโหลดขึ้นบริการบน Google Form เพื่อความสะดวกในการแจกจ่ายแบบสอบถามและตอบสนองต่อปัญหาเว้นระยะห่างทางสังคม จากนั้นทำการส่งเว็บแอปพลิเคชันการประชุมให้กับผู้ใช้งานได้ทดลองใช้งานในเบื้องต้น เช่น การสร้างห้องประชุมด้วยตนเอง การประชุมวีดิโอร่วมกับข้าพเจ้า ทดลองกดเปิด-ปิดไมโครโฟน ทดลองใช้ฟังก์ชันแบ่งปันหน้าจอร่วมกันและ อื่น ๆ จากนั้นจึงให้ทำแบบประเมินความพึงพอใจตามความสมัครใจและทำอย่างสัตย์จริง โดยมีเกณฑ์การให้คะแนน 5 ระดับดังนี้

พึงพอใจมากที่สุด ค่าเฉลี่ย 4.21 - 5.00

พึงพอใจมาก ค่าเฉลี่ย 3.41 - 4.20

พึงพอใจปานกลาง ค่าเฉลี่ย 2.61 - 3.40

พึงพอใจน้อย ค่าเฉลี่ย 1.81 - 2.60

พึงพอใจน้อยที่สุด ค่าเฉลี่ย 1.00 - 1.80

3.5 ทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานซีพียูและหน่วยความจำและหน่วยประมวลกราฟิก

ทำการทดสอบประสิทธิภาพซีพียู หน่วยความจำ และตัวประมวลผลกราฟิกบนเว็บแอปพลิเคชันการประชุมที่มีการรับและส่งข้อมูลระหว่างผู้ใช้ด้วยเว็บเบราว์เซอร์ Google Chrome โดยข้อกำหนดของเครื่องคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะเป็นดังนี้

- ซีพียู (CPU) ยี่ห้อ AMD รุ่น A10-7850K Radeon R7, 12 Compute Cores 4C+8G
- หน่วยความจำขนาด (Memory) 8.0 GB DDR3 speed 1600MHz
- หน่วยประมวลกราฟิก (GPU) ยี่ห้อ NVIDIA รุ่น Geforce GTX 1050 Ti

บทที่ 4
ผลการวิจัย

4.1 สรุปผลจากแบบประเมินความสอดคล้องระหว่างคำถามและวัตถุประสงค์ (Index of Item-Objective Congruence)

จากการนำแบบประเมินความพึงพอใจในการใช้เว็บแอปพลิเคชันการประชุม (WebRTC Conferencing App) จำนวน 15 ข้อ ให้ผู้เชี่ยวชาญ 3 คน ตรวจสอบความสอดคล้องกับจุดประสงค์ โดยกำหนดคะแนน +1 หรือ 0 หรือ -1

การคำนวณค่า IOC ของผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญได้คะแนนดังตารางที่ 4.1 แสดงผลการประเมินความเที่ยงตรงของคำถาม

ตาราง 4.1 ผล IOC

จุดประสงค์	ประเด็นการพิจารณา	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			ผลรวมของคะแนน	ค่าเฉลี่ย	สรุปผล
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
1. เว็บแอปพลิเคชันสามารถใช้งานได้ง่ายและเข้าใจได้ง่ายและเป็นมิตรต่อผู้ใช้งานทั่วไป	1.1 สร้างห้องประชุมได้โดยมีขั้นตอนที่สั้นและรวดเร็ว	1	1	1	3	1	ใช้ได้
	1.2 เข้าร่วมการประชุมได้โดยมีขั้นตอนที่สั้นและรวดเร็ว	1	1	1	3	1	ใช้ได้
	1.3 ฟังก์ชันการเชิญเข้าประชุมแบบลิงก์ช่วยอำนวยความสะดวก	1	1	1	3	1	ใช้ได้
	1.4 ฟังก์ชันต่าง ๆ ทำให้การใช้งานสะดวกสบายมากขึ้น เช่น การกดออกจากห้อง การไล่คนออกจากห้อง การแชร์หน้าจอร่วมกัน การตั้งชื่อ	1	0	1	2	0.67	ใช้ได้

	1.5 ฟังก์ชันการไล่คนออกจากห้องช่วยอำนวยความสะดวก	1	0	1	2	0.67	ใช้ได้
	1.6 ฟังก์ชันการปิดไมโครโฟนและกล้องของผู้อื่นช่วยอำนวยความสะดวก	-	1	1	2	1	ใช้ได้
	1.7 ฟังก์ชันการแชร์หน้าจอร่วมกันช่วยอำนวยความสะดวก	-	1	1	2	1	ใช้ได้
	1.8 การประชุมวีดิโอไม่มีความหน่วง	-	0	1	2	0.5	ใช้ได้
2. เว็บแอปพลิเคชันมีความสวยงามและใช้งานได้สะดวกสอดคล้องกับประสบการณ์ผู้ใช้	2.1 หน้าสร้างห้องมีความเรียบง่ายและสะอาดตา	1	1	1	3	1	ใช้ได้
	2.2 หน้ายืนยันการเข้าใช้งานมีความเรียบง่ายและสะอาดตา	1	0	1	2	0.67	ใช้ได้
	2.3 หน้าการประชุมมีความเรียบง่ายและสะอาดตา	1	1	1	3	1	ใช้ได้
	2.4 ปุ่มมีความโดดเด่นและอยู่ในตำแหน่งที่หาได้ง่าย	1	1	1	3	1	ใช้ได้
	2.5 ช่องสนทนาอยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสมและอ่านได้ง่าย	1	1	1	3	1	ใช้ได้
	2.6 หน้าต่างวีดิโออยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสม	1	1	1	3	1	ใช้ได้
3. เว็บแอปพลิเคชันมีการขออนุญาตการเข้าถึงอุปกรณ์ส่วนตัวของผู้ใช้ทำให้รู้สึกปลอดภัยและไม่ถูกจับตามองจากบุคคลที่ไม่เกี่ยวข้อง	3.1 อนุญาตการเข้าถึงกล้องทำให้รู้สึกปลอดภัย	1	1	1	3	1	ใช้ได้
	3.2 อนุญาตการเข้าถึงไมโครโฟนทำให้รู้สึกปลอดภัย	1	1	1	3	1	ใช้ได้

	3.3 ขณะใช้งานสามารถปิดกล้องและไมโครโฟนได้ทำให้รู้สึกปลอดภัย	1	1	1	3	1	ใช้ได้
	3.4 ฟังก์ชันล็อคห้องประชุมทำให้รู้สึกสะดวกและปลอดภัย	1	1	1	3	1	ใช้ได้

ข้อเสนอแสนะจาก รศ.ดร. ศุภกานต์ พิมลธเรศ

“อยากให้เพิ่มเติมข้อเสนอแนะแยกออกมาอีกข้อหนึ่งให้ผู้ประเมินแสดงความเห็นว่าควร เพิ่มฟังก์ชันใดที่มีประโยชน์ในอนาคต นอกจากนี้ในข้อ 1.4 ถ้าเป็นไปได้อาจแบ่งออกเป็นหลายๆ ข้อ เช่นเรื่องของ การแชร์หน้าจอก็น่าจะกำหนดเป็นอีกข้อหนึ่งได้”

ข้อเสนอแสนะจาก คุณอนุวัฒน์ ชำนาญ

“การเพิ่ม cyber security เช่น encryption, invitation link expiration/ validation รวมถึงการแจ้ง Term and Conditions ในการใช้งาน และสิทธิในส่วน PDPA ในกรณีที่ software มีการเก็บข้อมูล และการป้องกัน เช่นการ record หน้าจอระหว่าง vdo call จะช่วยให้ users รู้สึกมั่นใจในการใช้งานมากขึ้น”

ข้อเสนอแนะจาก ศ.ดร.ชิดชนก เหลือสินทรัพย์

“เพิ่มช่องใส่ชื่อคนเข้าร่วมคุย จะได้รู้ว่าเป็นใครที่เข้ามาประชุม”

4.2 สรุปผลจากแบบประเมินความพึงพอใจในการใช้เว็บแอปพลิเคชันการประชุม (WebRTC Conferencing App)

การทดลองใช้เว็บแอปพลิเคชัน มีผู้เข้าร่วมทดสอบทั้งสิ้น 50 คน และมีผู้ตอบแบบประเมินทั้งสิ้น 50 คน โดยผู้เข้าร่วมการทดสอบส่วนใหญ่แสดงความคิดเห็น สามารถสรุปได้ดังนี้

1) ด้านการใช้งาน ผู้ทำแบบประเมินมีความพึงพอใจสูงสุดในการสร้างห้องประชุมได้โดยมีขั้นตอนที่สั้นและรวดเร็ว มีค่าเฉลี่ยสูงถึง 4.54 จากระดับคะแนนเต็ม 5 โดยมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่

0.57 ส่วนความพึงพอใจการใช้งานด้านอื่น ๆ มีคะแนนลดหลั่นลงมาแต่ยังคงอยู่ในช่วงคะแนนมากถึงมากที่สุด

2) ด้านความสวยงาม ผู้ทำแบบประเมินมีความพึงพอใจสูงสุดในด้านปุ่มมีความโดดเด่นและอยู่ในตำแหน่งที่หาได้ง่าย มีค่าเฉลี่ยสูงถึง 4.16 โดยมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ 0.73 ส่วนความพึงพอใจด้านความสวยงามอื่น ๆ มีคะแนนลดหลั่นลงมาแต่ยังคงอยู่ในช่วงคะแนนมากถึงมากที่สุด
3) ด้านความปลอดภัย ผู้ทำแบบประเมินมีความพึงพอใจสูงสุดในด้านขณะใช้งานสามารถปิดกล้องและไมโครโฟนได้ทำให้รู้สึกปลอดภัย มีค่าเฉลี่ยสูงถึง 4.31 โดยมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ 0.84 ส่วนความพึงพอใจด้านความปลอดภัยอื่น ๆ มีคะแนนลดหลั่นลงมาแต่ยังคงอยู่ในช่วงคะแนนมากถึงมากที่สุด

รายละเอียดข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถาม

1) จำนวนผู้เข้าร่วมทดสอบและผู้ตอบแบบประเมิน

ผู้เข้าร่วมทดลองใช้เว็บแอปพลิเคชัน	จำนวน	50	คน
ผู้ตอบแบบประเมิน	จำนวน	5	คน
ผู้ไม่ตอบแบบประเมิน	จำนวน	-	คน

2) สถานภาพทั่วไป (ข้อมูลจากผู้ตอบแบบประเมิน)

อาจารย์	จำนวน	2	คน
นิสิต/นักศึกษามหาวิทยาลัย	จำนวน	33	คน
บุคคลทั่วไป	จำนวน	15	คน

3) ระดับความพึงพอใจ แสดงในตารางที่ 4.2 สรุปผลการประเมินระดับความพึงพอใจของการใช้งานโปรแกรมที่พัฒนา

ตาราง 4.2 ผลประเมินความพึงพอใจ

ประเด็น/หัวข้อการพิจรณา	ระดับความพึงพอใจ					ค่าเฉลี่ย	S.D.	ผลการประเมิน
	เห็นด้วยอย่างมาก	เห็นด้วย	ปานกลาง	ไม่ค่อยเห็นด้วย	ไม่เห็นด้วย			
	5	4	3	2	1			
1. ด้านการใช้งาน								
1.1 สร้างห้องประชุมได้โดยมีขั้นตอนที่สั้นและรวดเร็ว	29	19	2	0	0	4.54	0.57	มากที่สุด
1.2 เข้าร่วมการประชุมได้โดยมีขั้นตอนที่สั้นและรวดเร็ว	27	10	3	0	0	4.48	0.61	มากที่สุด
1.3 ฟังก์ชันการเชิญเข้าประชุมแบบลิงก์ช่วยอำนวยความสะดวก	24	22	4	0	0	4.40	0.63	มากที่สุด
1.4 ฟังก์ชันการกดออกจากห้องช่วยอำนวยความสะดวก	17	24	8	1	0	4.14	0.75	มาก
1.5 ฟังก์ชันการไล่คนออกจากห้องช่วยอำนวยความสะดวก	11	15	0	1	0	4.14	0.74	มาก
1.6 ฟังก์ชันการปิดไมโครโฟนและกล้องของผู้อื่นช่วยอำนวยความสะดวก	9	15	3	1	0	4.14	0.74	มาก
1.7 ฟังก์ชันการแชร์หน้าจอร่วมกันช่วยอำนวยความสะดวก	12	15	1	0	0	4.39	0.56	มากที่สุด
1.8 การประชุมวีดิโอไม่มีความหน่วง	17	23	7	3	0	4.08	0.84	มาก
2. ด้านความสวยงาม								
2.1 หน้าสร้างห้องมีความเรียบง่ายและสะอาดตา	10	25	14	1	0	3.88	0.74	มาก
2.2 หน้ายืนยันการเข้าใช้งานมีความเรียบง่ายและสะอาดตา	14	23	13	0	0	4.02	0.73	มาก
2.3 หน้าการประชุมมีความเรียบง่ายและสะอาดตา	15	20	14	0	1	3.96	0.87	มาก

2.4 ปุ่มมีความโดดเด่นและอยู่ในตำแหน่งที่หาได้ง่าย	17	25	7	1	0	4.16	0.73	มาก
2.5 ช่องสนทนาอยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสมและอ่านได้ง่าย	13	26	10	0	1	4	0.8	มาก
2.6 หน้าต่างวีดีโออยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสม	15	23	9	1	2	3.96	0.96	มาก
3. ด้านความปลอดภัย								
3.1 อนุญาตการเข้าถึงกล้องทำให้รู้สึกปลอดภัย	19	19	12	0	0	4.14	0.77	มาก
3.2 อนุญาตการเข้าถึงไมโครโฟนทำให้รู้สึกปลอดภัย	24	17	9	0	0	4.3	0.75	มาก
3.3 ขณะใช้งานสามารถปิดกล้องและไมโครโฟนได้ทำให้รู้สึกปลอดภัย	25	18	6	0	1	4.32	0.84	มากที่สุด
3.4 ฟังก์ชันล็อคห้องประชุมทำให้รู้สึกสะดวกและปลอดภัย	22	19	8	0	1	4.22	0.86	มากที่สุด

4) ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมจากผู้ใช้งาน

- “ต้องมีช่องใส่ชื่อคนคุย จะได้รู้ว่ามีใครบ้าง”
- “ปุ่มสำคัญๆ เช่น Leave room หรือ Send out ควรจะมี pop-up confirmation เพื่อป้องกันการกดพลาด”
- “Interface สามารถทำให้สวยกว่านี้ได้อีก”
- “ตอนใส่พาสเวิร์ดควรทำให้เป็น type password field / ซ่อน text บางอย่างควรจะมีการ confirm ก่อน เช่น Kick ตรงรายชื่อคนในห้องที่อยู่ใต้วีดีโอเราน่าจะแบ่งให้ดูชัดเจนกว่านี้หน่อย password ควรตั้งเองได้ หรือถ้าจะ generate ให้ ก็ควรจะซับซ้อนกว่านี้ > 10หลักเลข+อักษร”
- “อยากให้แอปมีความเป็นformalกว่านี้หน่อย จะได้ดูน่าเชื่อถือมากขึ้นครับ”
- “- แชร์สกรีนวีดีโอไหลลื่น ไม่กระตุกเลย แต่มีอยู่ๆก็คลิปไม่ขึ้นมีแต่เสียง - หน้ารวมวีดีโอของทุกคนไม่ได้มีกรอบแบ่งที่ชัดเจน จึงอาจจะมองยากถ้าคนเข้าจากทั้งไอแพดและมือถือและคอม - บ่อยครั้งเข้าเว็บมาแล้วเปิด-ปิดกล้องและไมค์ไม่ได้

ต้องออกแล้วเข้าใหม่จึงจะหาย - เมื่อเปิดวีดิโอแล้วเจ้าของที่แชร์พูดมันจะลดเสียงวีดิโอให้ด้วย ถือว่าสุดยอด - การใช้งานในมือถือ งงมาก ใช้แทบไม่ได้เลย – กรณีมีการแชร์สกรีนหลายคนพร้อมกันจะกระตุกและใช้งานเว็บไม่ได้”

- “- แชร์สองหน้าจอพร้อมกันไม่ได้, แชร์หน้าจอจาก youtube แล้ววีดิโอขาดๆขึ้นเป็นจอขาว, เวลาแชร์สกรีนหน้าจอของคนแชร์ควรจะใหญ่และชัดเจนที่สุดผู้เข้าร่วมประชุมจะได้เห็นง่าย - อยู่ดีๆกล้องก็ปิดไปเอง กดเปิดกล้องไม่ได้ ต้องกดออกแล้วเข้าใหม่ - ชอบตรงที่ถ้ากดส่งลิ้งค์ประชุมมาในไลน์ก็ไม่ต้องกดไปหน้าอื่น สามารถประชุมได้เลยในหน้านั้น แต่พอเข้ามาให้ห้องประชุมแล้วมันแบ่งช่องของแต่ละคนงงๆ - ตอนแรกลองเข้าในไอแพด กดเปิดกล้องกับไมค์ไม่ได้ ละก็ขึ้น getting ready ก็ยังเข้าไม่ได้ - ถ้าส่งไฟล์ได้ในห้องด้วยจะเยี่ยมสุดๆไปเลยยย ^^”

4.3 ผลการทดสอบเปรียบเทียบประสิทธิภาพการใช้งานบนซีพียู หน่วยความจำ และหน่วยประมวลกราฟิก

พบว่าจำนวนผู้ใช้ที่มากขึ้นส่งผลให้การทำงานของซีพียูและหน่วยความจำทำงานมากขึ้น แต่จำนวนของผู้ใช้ไม่มีผลต่อการทำงานบนหน่วยประมวลกราฟิก โดยทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการใช้งานที่สัมพันธ์กับจำนวนผู้ใช้ที่อยู่ในห้องประชุม 1 ห้อง ผลสรุปการใช้งานบนซีพียู การใช้งานหน่วยความจำ และการใช้งานหน่วยประมวลกราฟิกแสดงในตารางที่ 4.3

ตาราง 4.3 การใช้งานบนซีพียู หน่วยความจำ และหน่วยประมวลกราฟิกตามลำดับ

จำนวนผู้ใช้	CPU usage (%) การใช้งานซีพียู (%)	Memory usage (MB) การใช้งานหน่วยความจำ (MB)	GPU usage (%) การใช้งานหน่วยประมวลกราฟิก (%)
2	39.9	427.2	8.4
3	60.6	464.1	8.3
4	64.6	562.4	8.5
5	72.3	628.8	8.6

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์ในการสร้างและพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับเทคโนโลยี WebRTC ซึ่งเป็นเทคโนโลยียอดนิยมของโลกที่เกี่ยวข้องการสื่อสารแบบ peer-to-peer ได้เป็นครั้งแรก โดยเว็บแอปพลิเคชันนี้ทำการทดสอบสองส่วนด้วยกัน ได้แก่ ทดสอบความพึงพอใจในการใช้งานและทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานบนซีพียูและหน่วยความจำและหน่วยประมวลกราฟิก พบว่าผู้ใช้งานมีความพึงพอใจในเว็บแอปพลิเคชันมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระหว่างมากไปจนถึงมากที่สุดและพบว่าจำนวนผู้ใช้ที่มากขึ้นทำให้ซีพียูและหน่วยความจำมีการใช้งานที่มากขึ้น แต่ไม่พบว่าจำนวนผู้ใช้มีผลต่อการใช้งานบนหน่วยประมวลกราฟิก

5.2 ข้อเสนอแนะ

หลังจากที่ได้สอบถามผู้ใช้ด้วยการให้ผู้ใช้ทำแบบประเมินความพึงพอใจในการใช้งานเว็บแอปพลิเคชันบนคอมพิวเตอร์หรือโทรศัพท์ส่วนตัวของผู้ใช้ ทำให้ได้รับข้อเสนอแนะและความคิดเห็นจากผู้ใช้งาน ดังนี้

1. ส่วนต่อประสานกับผู้ใช้สามารถทำให้สวยงามได้มากกว่านี้และเป็นทางการได้มากกว่านี้
2. หน้าห้องประชุมควรแบ่งส่วนแสดงวีดิโอของผู้ใช้รายอื่นให้ชัดเจน
3. ควรแก้ให้เว็บแอปพลิเคชันใช้งานบนโทรศัพท์มือถือให้ใช้งานได้ง่ายกว่านี้

รายการอ้างอิง

[1] Edan N., and Mahmood, S. A. Multi-user media streaming service for e-learning based web real-time communication technology. **International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE)** 11 (February 2021): 567-574.

[2] Jansen B., Goodwin T., Gupta V., Kuipers F., and Zussman G. Performance Evaluation of WebRTC-based Video Conferencing. **Performance Evaluation Review** 45: 56-68.

[3] Joshi A., Kale S., Chandel S., and Pal, D. K. Likert Scale: Explored and Explained. **British Journal of Applied Science & Technology** (2015): 396-403

[4] Loreto S., and Romano, S. P. **Real-Time Communication with WebRTC**, 1st ed. Sebastopol, CA: O'Reilly Media, Inc., 2014.

[5] Reiter A., and Marsalek A. WebRTC: Your Privacy is at Risk. **In Proceedings of the Symposium on Applied Computing** (2017): 664-669

[6] ServeyMonkey. **What is a Likert scale?** [Online]. 2021. Available from: https://www.surveymonkey.com/mp/likert-scale/ [Visited date: 2021, Feb 10]

[7] World Health Organization Thailand. **โรคโควิด 19 คืออะไร** [Online]. ประเทศไทย: WHO, 2020. Available from: https://www.who.int/docs/default-source/searo/thailand/update-28-covid-19-what-we-know---june2020---thai.pdf?sfvrsn=724d2ce3_0 [Visited date: 2020, May1]

ภาคผนวก ก
แบบเสนอหัวข้อโครงงาน รายวิชา 2301399 Project Proposal
ปีการศึกษา 2563

ชื่อโครงงาน (ภาษาไทย)	เว็บแอปพลิเคชันประชุมวีดิโอแบบกลุ่มด้วย WebRTC
ชื่อโครงงาน (ภาษาอังกฤษ)	Group Video Conferencing web application using WebRTC
อาจารย์ที่ปรึกษา	ศ.ดร.ชิดชนก เหลือสินทรัพย์
ผู้ดำเนินการ	1. นางสาวกุสุมา จงปัตนา เลขประจำตัวนิสิต 6033608823
	สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์
	ภาควิชาคณิตศาสตร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์
	คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หลักการและเหตุผล

ในช่วงปลายปี 2019 เกิดการระบาดของเชื้อไวรัสโควิด-19 ทั่วโลก โดยที่เชื้อไวรัสนี้แพร่ผ่านฝอยละอองจากการไอหรือจามโดยมีค่าเฉลี่ยที่ผู้ป่วย 1 คนจะแพร่เชื้อให้ผู้อื่นได้อีกถึง 2-4 คน (Basic Reproductive Rate) และมีอัตราการเสียชีวิต (Case Fatality Ratio) คร่าวๆ ทั่วโลกอยู่ที่ 7% (ธันวาคม 2019 - พฤษภาคม 2020) ซึ่งเป็นตัวเลขที่ค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับโรคระบาดอื่น ๆ ที่เคยเกิดขึ้นทั่วโลก อย่าง ไข้หวัดใหญ่ 2009 อีกทั้งในปัจจุบัน (23 ตุลาคม 2020) ยังไม่มีการผลิตวัคซีนที่ใช้งานได้ทั่วไป ทำให้เกิดมาตราการป้องกันการแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโควิด-19 ไปทั่วโลก อย่างเช่นงดการเดินทางข้ามจังหวัดในช่วงแรกและปิดประเทศในหลายประเทศ รวมถึงประเทศไทย

มาตรการเหล่านี้ล้วนเป็นอุปสรรคต่อการติดต่อสื่อสาร รวมถึงมีผลกระทบโดยตรงต่อระบบทางเศรษฐกิจและสังคม และหลายหน่วยงานแก้ไขปัญหาการติดต่อสื่อสารด้วยการพูดคุยออนไลน์แทนการพบปะตัวจริง

WebRTC เป็นแพลตฟอร์มที่ใช้ในการติดต่อสื่อสารด้วยวีดิโอที่นิยมใช้กันมากเพราะมีเบราว์เซอร์ที่สนับสนุนการใช้งานหลายเบราว์เซอร์และยังเป็นมาตรฐานใหม่ที่ขยายรูปแบบของเว็บเบราว์เซอร์ที่ทำให้เว็บเบราว์เซอร์สามารถติดต่อสื่อสารแบบ peer-to-peer โดยตรงได้เป็นครั้งแรก

วัตถุประสงค์

1. เพื่อเรียนรู้การทำงานและการใช้งาน WebRTC ในชีวิตจริง
2. เพื่อสร้างเว็บแอปพลิเคชันที่ใช้ในการประชุมแบบวีดีโอกลุ่ม
3. เพื่อแก้ปัญหาการสื่อสารทางไกลที่ไม่สามารถพบเจอกันในชีวิตจริงได้
4. เพื่อนำองค์ความรู้ไปต่อยอดในการพัฒนาแอปพลิเคชันใด ๆ ที่มีพื้นฐานทาง WebRTC ให้เป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้ได้จริงในอนาคต

ขอบเขตของโครงงาน

9. พัฒนาโปรแกรมประชุมผ่านวีดีโอที่มีคนร่วมประชุมได้ 3-4 คนในเบื้องต้น โดยใช้โปรแกรมกลุ่มโอเพนซอร์สเป็นพื้นฐาน
10. ผู้ใช้งานจะสามารถเชื่อมต่อการประชุมโดยใช้ลิงค์เฉพาะหรือรหัสที่ห้องประชุมนั้น ๆ สร้างขึ้นมา
11. โปรแกรมจะมีระบบที่สามารส่งลิงค์เฉพาะและรหัสไปให้ผู้ใช้งานผ่านอีเมลล์ให้ผู้ใช้งานแต่ละคน
12. ผู้ใช้ไม่จำเป็นต้องติดตั้งโปรแกรมหรือสมัครสมาชิกเพื่อใช้บริการ
13. โปรแกรมสามารถเปลี่ยนภาษาไทย-อังกฤษในการแสดงผล เพื่อความสะดวกแก่ผู้ใช้คนไทยและคนต่างชาติ
14. ทางระบบจะลองรับเว็บเบราว์เซอร์ต่อไปนี้

    1.4 Chrome เวอร์ชัน 63.0.3239.13263 ขึ้นไป ทั้งเวอร์ชันบนคอมพิวเตอร์และเวอร์ชันบนมือถือ

    1.5 Firefox เวอร์ชัน 57.0.4 ขึ้นไป ทั้งเวอร์ชันบนคอมพิวเตอร์และเวอร์ชันบนมือถือ

    1.6 Safari เวอร์ชัน 41.16299.15.0 ขึ้นไป ทั้งเวอร์ชันบนคอมพิวเตอร์และเวอร์ชันบนมือถือ

วิธีการดำเนินงาน

8. ศึกษาภาษา HTML, CSS, Javascript, Bootstrap, WebRTC Architecture และ WebRTC APIs
9. ศึกษาวิธีเขียนโปรแกรมประชุม วิธีติดตั้งโปรแกรม
10. ศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้อง
11. ออกแบบและเขียนโปรแกรมประชุม
12. ทดสอบการทำงานของโปรแกรม
13. สรุปผลการดำเนินงานและจัดทำเอกสารรายงาน

ตารางเวลาการดำเนินงาน

ขั้นตอนการดำเนินงาน	ปี พ.ศ. 2563					ปี พ.ศ. 2564		
	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
1. ศึกษาภาษา HTML, CSS, Javascript, Bootstrap, WebRTC Architecture และ WebRTC APIs								
2. ศึกษาวิธีเขียนโปรแกรมประชุม วิธีเข้ารหัส วิธีติดตั้งโปรแกรม								
3. ศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้อง								
4. ออกแบบและเขียนโปรแกรมประชุม								
5. ทดสอบการทำงานของโปรแกรม								
6. สรุปผลการดำเนินงานและจัดทำรูปเล่มรายงาน								

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ประโยชน์ต่อตัวผู้พัฒนาโครงงาน

1. รู้วิธีการเขียนโปรแกรมประชุมด้วยการพูดคุยผ่านวีดิโอ
2. เรียนรู้วิธีในการพัฒนาระบบที่ใช้ peer-to-peer ในการสื่อสารระหว่างผู้ใช้งานแต่ละคน
3. ได้เรียนรู้เรื่องการเขียนเว็บด้วย HTML, CSS, Javascript และ API ต่าง ๆ ของ WebRTC

ประโยชน์ต่อผู้ใช้ประโยชน์จากโครงงาน

3. สามารถนำไปพัฒนาเป็นโปรแกรมที่มีความสามารถมากขึ้นและเป็นผลิตภัณฑ์จริงได้
4. ช่วยให้การประชุมออนไลน์สามารถจัดขึ้นได้รวดเร็วและสะดวกมากขึ้นโดยไม่ต้องติดตั้งโปรแกรม

อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้

1. ฮาร์ดแวร์
    1.1. เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลที่มีคุณสมบัติดังนี้
        Processor: AMD A10-7850L Radeon R7, 12 Compute Cores 4C+8G 3.70 GHz
        Memory (RAM): 8.00 GB
        System type: 64-bit oprerating system, x64-based processor
    1.2. เครื่องคอมพิวเตอร์พกพาที่มีคุณสมบัติดังนี้
        Processor: Intel® core™ i5-7300U CPU @ 2.60GHz 2.71GHz
        Memory (RAM): 4.00 GB
        System type: 64-bit oprerating system, x64-based processor
    1.3. เมาส์ไร้สาย (Wireless Mouse)
    1.4. คีย์บอร์ดพกพาไร้สาย รุ่น Logitech Multi-Device Bluetooth Keyboard K380
2. ซอฟต์แวร์
    2.1. ภาษาโปรแกรมคอมพิวเตอร์
        2.1.1. HTML
        2.1.2. CSS
        2.1.3. JavaScript
        2.1.4. jQuery
    2.2. เครื่องมือพัฒนาซอฟต์แวร์
        2.2.1. Visual Studio Code
    2.3. เฟรมเวิร์ค
        2.3.1. Node.js
    2.4. โอเพนซอร์ส
        2.4.1. Bootstrap
        2.4.2. WebRTC

งบประมาณ

1. กล้องเว็บแคมพร้อมไมโครโฟนในตัว จำนวน 2 ตัว	3,000	บาท
2. ค่าหนังสือ	1,000	บาท

3. ค่าเว็บเซิร์ฟเวอร์		1,000	บาท
	รวม	5,000	บาท

เอกสารอ้างอิง

World Health Organization Thailand. **โรคโควิด 19 คืออะไร** [ระบบออนไลน์]. ประเทศไทย: WHO, 2020. แหล่งที่มา: https://www.who.int/docs/default-source/searo/thailand/update-28-covid-19-what-we-know---june2020---thai.pdf?sfvrsn=724d2ce3_0 [1 พฤษจิกายน 2020]

Loreto S., and Romano, S. P. **Real-Time Communication with WebRTC**, 1st ed. Sebastopol, CA: O'Reilly Media, Inc., 2014.

Jansen B., Goodwin T., Gupta V., Kuipers F., and Zussman G. Performance Evaluation of WebRTC-based Video Conferencing. **Performance Evaluation Review** Vol. 45: pp. 56-68.

ภาคผนวก ข

แบบประเมินวัดความพึงพอใจในการใช้เว็บแอปพลิเคชันการประชุม (WebRTC Conferencing App)

สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ ภาควิชาคณิตศาสตร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีการศึกษา 2563

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ใช้บริการ

- ○ อาจารย์
- ○ ประชาชนทั่วไป
- ○ นิสิต/นักศึกษามหาวิทยาลัย

ตอนที่ 2 ความพึงพอใจต่อการใช้บริการเว็บแอปพลิเคชัน

<u>คำชี้แจง</u> ทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่เป็นความคิดเห็นของท่านที่มีต่อต่อเว็บแอปพลิเคชันการประชุม (WebRTC Conferencing App)

ประเด็น/หัวข้อการพิจารณา	เห็นด้วยอย่างมาก	เห็นด้วย	ปานกลาง	ไม่ค่อยเห็นด้วย	ไม่เห็นด้วย
1. ด้านการใช้งาน					
1.1 สร้างห้องประชุมได้โดยมีขั้นตอนที่สั้นและรวดเร็ว					
1.2 เข้าร่วมการประชุมได้โดยมีขั้นตอนที่สั้นและรวดเร็ว					
1.3 ฟังก์ชันการเชิญเข้าประชุมแบบลิงก์ช่วยอำนวยความสะดวก					
1.4 ฟังก์ชันการกดออกจากห้องช่วยอำนวยความสะดวก					
1.5 ฟังก์ชันการไล่คนออกจากห้องช่วยอำนวยความสะดวก					
1.6 ฟังก์ชันการปิดไมโครโฟนและกล้องของผู้อื่นช่วยอำนวยความสะดวก					
1.7 ฟังก์ชันการแชร์หน้าจอร่วมกันช่วยอำนวยความสะดวก					
1.8 การประชุมวีดิโอไม่มีความหน่วง					
2. ด้านความสวยงาม					

ประเด็น/หัวข้อการพิจรณา	เห็นด้วยอย่างมาก	เห็นด้วย	ปานกลาง	ไม่ค่อยเห็นด้วย	ไม่เห็นด้วย
2.1 หน้าสร้างห้องมีความเรียบง่ายและสะอาดตา					
2.2 หน้ายืนยันการเข้าใช้งานมีความเรียบง่ายและสะอาดตา					
2.3 หน้าการประชุมมีความเรียบง่ายและสะอาดตา					
2.4 ปุ่มมีความโดดเด่นและอยู่ในตำแหน่งที่หาได้ง่าย					
2.5 ช่องสนทนาอยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสมและอ่านได้ง่าย					
2.6 หน้าต่างวีดิโออยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสม					
3. ด้านความปลอดภัย					
3.1 อนุญาตการเข้าถึงกล้องทำให้รู้สึกปลอดภัย					
3.2 อนุญาตการเข้าถึงไมโครโฟนทำให้รู้สึกปลอดภัย					
3.3 ขณะใช้งานสามารถปิดกล้องและไมโครโฟนได้ทำให้รู้สึกปลอดภัย					
3.4 ฟังก์ชันล็อคห้องประชุมทำให้รู้สึกสะดวกและปลอดภัย					

ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

ภาคผนวก ค

แบบประเมินความสอดคล้องระหว่างคำถามกับวัตถุประสงค์

(Index of Item-Objective Congruence)

สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ ภาควิชาคณิตศาสตร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีการศึกษา 2563

คำชี้แจง ขอให้ท่านผู้เชี่ยวชาญได้กรุณาแสดงความคิดเห็นของท่านที่มีต่อเว็บแอปพลิเคชันการประชุม (WebRTC Conferencing App) โดยทำสัญลักษณ์ ✓ ลงในช่องความคิดเห็นของท่านพร้อมเขียนข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ในการนำไปพิจารณาปรับปรุงต่อไป

จุดประสงค์	ประเด็นการพิจารณา	คะแนนการพิจารณา			ข้อเสนอแนะ
		เหมาะสม 1	ไม่แน่ใจ 0	ไม่เหมาะสม -1	
1. เว็บแอปพลิเคชันสามารถใช้งานได้ง่ายและเข้าใจได้ง่ายและเป็นมิตรต่อผู้ใช้งานทั่วไป	1.1 สร้างห้องประชุมได้โดยมีขั้นตอนที่สั้นและรวดเร็ว				
	1.2 เข้าร่วมการประชุมได้โดยมีขั้นตอนที่สั้นและรวดเร็ว				
	1.3 ฟังก์ชันการเชิญเข้าประชุมแบบลิงก์ช่วยอำนวยความสะดวก				
	1.4 ฟังก์ชันต่าง ๆ ทำให้การใช้งานสะดวกสบายมากขึ้น เช่น การกดออกจากห้อง การไล่คนออกจากห้อง การแชร์หน้าจอร่วมกัน การตั้งชื่อ				
	1.5 ฟังก์ชันการไล่คนออกจากห้องช่วยอำนวยความสะดวก				
	1.6 ฟังก์ชันการปิดไมโครโฟนและกล้องของผู้อื่นช่วยอำนวยความสะดวก				

	1.7 ฟังก์ชันการแชร์หน้าจอร่วมกันช่วยอำนวยความสะดวก				
	1.8 การประชุมวีดิโอไม่มีความหน่วง				
2. เว็บแอปพลิเคชันมีความสวยงามและใช้งานได้สะดวกสอดคล้องกับประสบการณ์ผู้ใช้	2.1 หน้าสร้างห้องมีความเรียบง่ายและสะอาดตา				
	2.2 หน้ายืนยันการเข้าใช้งานมีความเรียบง่ายและสะอาดตา				
	2.3 หน้าการประชุมมีความเรียบง่ายและสะอาดตา				
	2.4 ปุ่มมีความโดดเด่นและอยู่ในตำแหน่งที่หาได้ง่าย				
	2.5 ช่องสนทนาอยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสมและอ่านได้ง่าย				
	2.6 หน้าต่างวีดิโออยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสม				
3. เว็บแอปพลิเคชันมีการขออนุญาตการเข้าถึงอุปกรณ์ส่วนตัวของผู้ใช้ทำให้รู้สึกปลอดภัยและไม่ถูกจับตามองจากบุคคลที่ไม่เกี่ยวข้อง	3.1 อนุญาตการเข้าถึงกล้องทำให้รู้สึกปลอดภัย				
	3.2 อนุญาตการเข้าถึงไมโครโฟนทำให้รู้สึกปลอดภัย				
	3.3 ขณะใช้งานสามารถปิดกล้องและไมโครโฟนได้ทำให้รู้สึกปลอดภัย				
	3.4 ฟังก์ชันล็อคห้องประชุมทำให้รู้สึกสะดวกและปลอดภัย				

ข้อเสนอแนะอื่น ๆ .....

.....

.....

ขอแสดงความขอบคุณอย่างยิ่ง

กุสุมา

(กุสุมา จงปัตนา)

ลงชื่อ.....

(.....)

ผู้ทรงคุณวุฒิ

แบบประเมินความสอดคล้องระหว่างคำถามกับวัตถุประสงค์

(Index of Item-Objective Congruence)

สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ ภาควิชาคณิตศาสตร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีการศึกษา 2563

คำชี้แจง ขอให้ท่านผู้เชี่ยวชาญได้กรุณาแสดงความคิดเห็นของท่านที่มีต่อเว็บแอปพลิเคชันการประชุม (WebRTC Conferencing App) โดยทำสัญลักษณ์กากบาท (x) ลงในช่องความคิดเห็นของท่านพร้อมเขียนข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ในการนำไปพิจารณาปรับปรุงต่อไป

จุดประสงค์	ประเด็นการพิจารณา	คะแนนการพิจรณา			ข้อเสนอแนะ
		เหมาะสม 1	ไม่แน่ใจ 0	ไม่เหมาะสม -1	
1. เว็บแอปพลิเคชันสามารถใช้งานได้ง่ายและเข้าใจได้ง่ายและเป็นมิตรต่อผู้ใช้งานทั่วไป	1.1 สร้างห้องประชุมได้โดยมีขั้นตอนที่สั้นและรวดเร็ว	x			
	1.2 เข้าร่วมการประชุมได้โดยมีขั้นตอนที่สั้นและรวดเร็ว	x			
	1.3 ฟังก์ชันการเชิญเข้าประชุมแบบลิงก์ช่วยอำนวยความสะดวก	x			
	1.4 ฟังก์ชันต่าง ๆ ทำให้การใช้งานสะดวกสบายมากขึ้น เช่น การกดออกจากห้อง การไล่คนออกจากห้อง การแชร์หน้าจอร่วมกัน การตั้งชื่อ	x			การตั้งชื่อ ควรระบุว่าเป็นการตั้งชื่อผู้ใช้ หรือการตั้งชื่อห้อง การไล่คนออกจากห้อง ใช้คำอื่นที่เบาลงน่าจะเหมาะสมกว่า
	1.5 การประชุมวิดีโอไม่มีความหน่วง	x			
2. เว็บแอปพลิเคชันมีความสวยงามและใช้งานได้สะดวกสอดคล้อง	2.1 หน้าสร้างห้องมีความเรียบง่ายและสะอาดตา	x			
	2.2 หน้ายืนยันการเข้าใช้งานมีความเรียบง่ายและสะอาดตา	x			

กับประสบการณ์ผู้ใช้	2.3 หน้าการประชุมมีความเรียบง่ายและสะอาดตา	x			
	2.4 ปุ่มมีความโดดเด่นและอยู่ในตำแหน่งที่หาได้ง่าย	x			
	2.5 ช่องสนทนาอยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสมและอ่านได้ง่าย	x			
	2.6 หน้าต่างวิดีโออยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสม	x			
3. เว็บแอปพลิเคชันมีการขออนุญาตการเข้าถึงอุปกรณ์ส่วนตัวของผู้ใช้ทำให้รู้สึกปลอดภัยและไม่ถูกจับตามองจากบุคคลที่ไม่เกี่ยวข้อง	3.1 อนุญาตการเข้าถึงกล้องทำให้รู้สึกปลอดภัย	x			
	3.2 อนุญาตการเข้าถึงไมโครโฟนทำให้รู้สึกปลอดภัย	x			
	3.3 ขณะใช้งานสามารถปิดกล้องและไมโครโฟนได้ทำให้รู้สึกปลอดภัย	x			
	3.4 ฟังก์ชันล็อคห้องประชุมทำให้รู้สึกสะดวกและปลอดภัย	x			

ข้อเสนอแนะอื่น ๆ .....อยากให้เพิ่มเติมข้อเสนอแนะแยกออกมาอีกข้อหนึ่งให้ผู้ประเมินแสดงความเห็นว่าควรเพิ่มฟังก์ชันใดที่มีประโยชน์ในอนาคต นอกจากนี้ในข้อ 1.4 ถ้าเป็นไปได้อาจแบ่งออกเป็นหลายๆ ข้อ เช่นเรื่องของการแชร์หน้าจอก็น่าจะกำหนดเป็นอีกข้อหนึ่งได้.....

ขอแสดงความขอบคุณอย่างยิ่ง

กุสุมา

(กุสุมา จงปัตนา)

ลงชื่อ.....

(รศ.ดร. ศุภกานต์ พิมลธเรศ)

ผู้ทรงคุณวุฒิ

แบบประเมินความสอดคล้องระหว่างคำถามกับวัตถุประสงค์

(Index of Item-Objective Congruence)

สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ ภาควิชาคณิตศาสตร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีการศึกษา 2563

คำชี้แจง ขอให้ท่านผู้เชี่ยวชาญได้กรุณาแสดงความคิดเห็นของท่านที่มีต่อเว็บแอปพลิเคชันการประชุม (WebRTC Conferencing App) โดยทำสัญลักษณ์ ✓ ลงในช่องความคิดเห็นของท่านพร้อมเขียนข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ในการนำไปพิจารณาปรับปรุงต่อไป

จุดประสงค์	ประเด็นการพิจารณา	คะแนนการพิจารณา			ข้อเสนอแนะ
		เหมาะสม 1	ไม่แน่ใจ 0	ไม่เหมาะสม -1	
1. เว็บแอปพลิเคชันสามารถใช้งานได้ง่ายและเข้าใจได้ง่ายและเป็นมิตรต่อผู้ใช้งานทั่วไป	1.1 สร้างห้องประชุมได้โดยมีขั้นตอนที่สั้นและรวดเร็ว	✓			
	1.2 เข้าร่วมการประชุมได้โดยมีขั้นตอนที่สั้นและรวดเร็ว	✓			
	1.3 ฟังก์ชันการเชิญเข้าประชุมแบบลิงก์ช่วยอำนวยความสะดวก	✓			
	1.4 ฟังก์ชันต่าง ๆ ทำให้การใช้งานสะดวกสบายมากขึ้น เช่น การกดออกจากห้อง การไล่คนออกจากห้อง การแชร์หน้าจอร่วมกัน การตั้งชื่อ		✓		บาง functions ควรมีคำอธิบายตอน mouse over
	1.5 ฟังก์ชันการไล่คนออกจากห้องช่วยอำนวยความสะดวก		✓		
	1.6 ฟังก์ชันการปิดไมโครโฟนและกล้องของผู้อื่นช่วยอำนวยความสะดวก	✓			
	1.7 ฟังก์ชันการแชร์หน้าจอร่วมกันช่วยอำนวยความสะดวก	✓			
	1.8 การประชุมวิดีโอไม่มีความหน่วง		✓		
2. เว็บแอปพลิเคชันมีความสวยงามและใช้งานได้สะดวกสอดคล้องกับประสบการณ์ผู้ใช้	2.1 หน้าสร้างห้องมีความเรียบง่ายและสะอาดตา	✓			
	2.2 หน้ายืนยันการเข้าใช้งานมีความเรียบง่ายและสะอาดตา		✓		สามารถทำให้ดูสวยงามกว่านี้ได้ แต่ยังคงความเรียบง่าย

	2.3 หน้าการประชุมมีความเรียบง่ายและสะอาดตา	✓			
	2.4 ปุ่มมีความโดดเด่นและอยู่ในตำแหน่งที่หาได้ง่าย	✓			
	2.5 ช่องสนทนาอยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสมและอ่านได้ง่าย	✓			
	2.6 หน้าต่างวิดีโออยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสม	✓			
3. เว็บแอปพลิเคชันมีการขออนุญาตการเข้าถึงอุปกรณ์ส่วนตัวของผู้ใช้ทำให้รู้สึกปลอดภัยและไม่ถูกจับตามองจากบุคคลที่ไม่เกี่ยวข้อง	3.1 อนุญาตการเข้าถึงกล้องทำให้รู้สึกปลอดภัย	✓			
	3.2 อนุญาตการเข้าถึงไมโครโฟนทำให้รู้สึกปลอดภัย	✓			
	3.3 ขณะใช้งานสามารถปิดกล้องและไมโครโฟนได้ทำให้รู้สึกปลอดภัย	✓			
	3.4 ฟังก์ชันล็อคห้องประชุมทำให้รู้สึกสะดวกและปลอดภัย	✓			

ข้อเสนอแนะอื่น ๆ การเพิ่ม cyber security เช่น encryption, invitation link expiration/ validation รวมถึงการแจ้ง Term and Conditions ในการใช้งาน และสิทธิในส่วน PDPA ในกรณีที่ software มีการเก็บข้อมูล และการป้องกัน เช่นการ record หน้าจอระหว่าง vdo call จะช่วยให้ users รู้สึกมั่นใจในการใช้งานมากขึ้น

ขอแสดงความขอบคุณอย่างยิ่ง

กุสุมา

(กุสุมา จงปัตนา)

ลงชื่อ Anuwat Chamnan

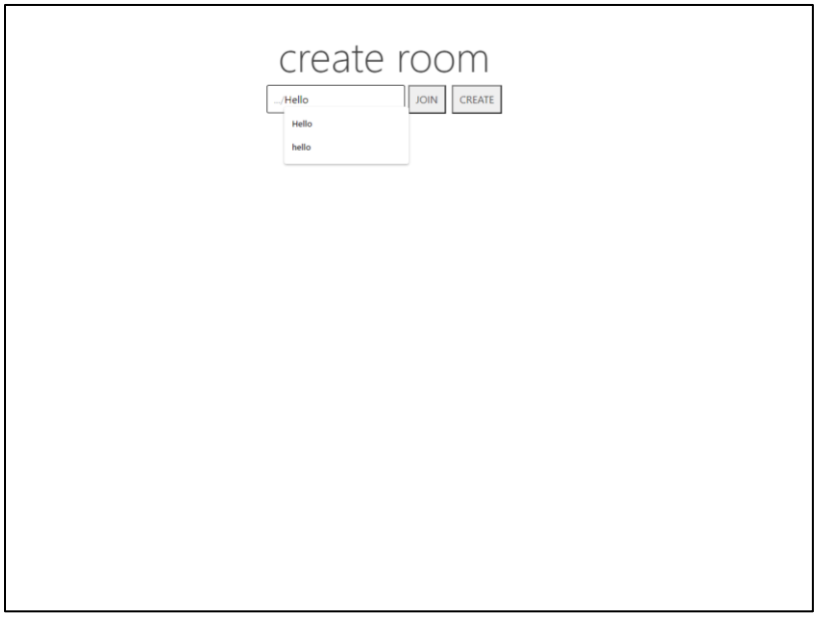
Dynamic Intelligence Asia

(.....)

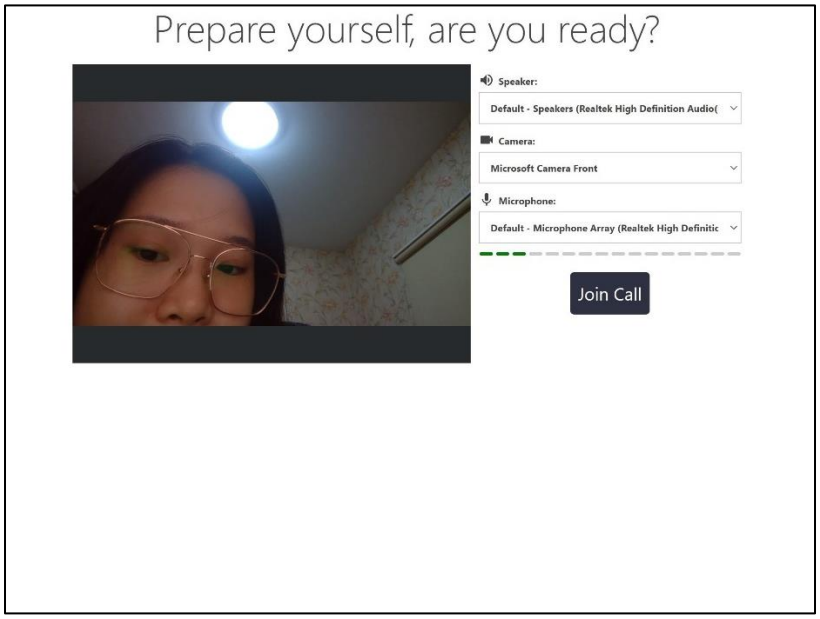
ผู้ทรงคุณวุฒิ

ภาคผนวก ง
คู่มือการใช้งาน

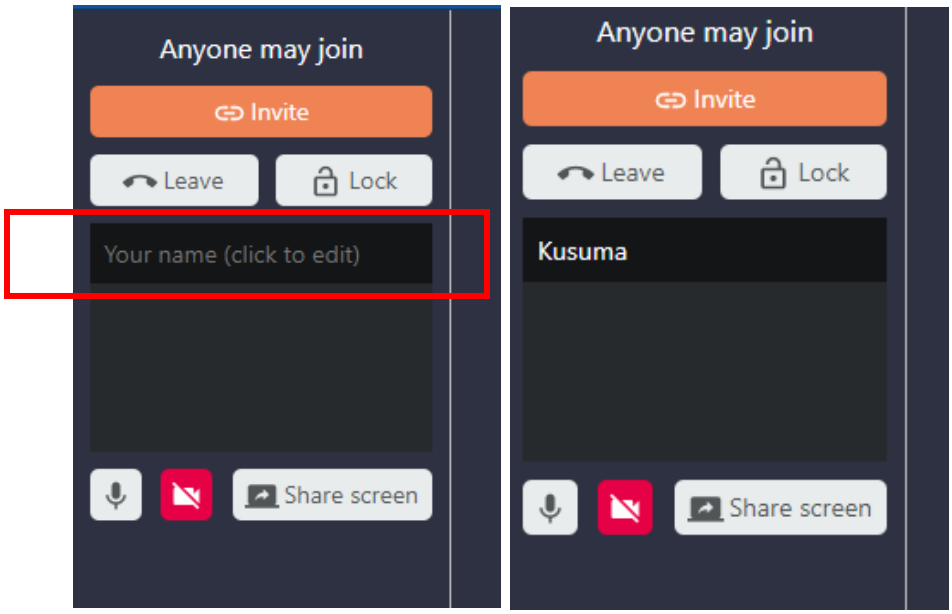
ขั้นที่ 1 สร้างห้อง ตั้งชื่อห้อง กดปุ่ม CREATE



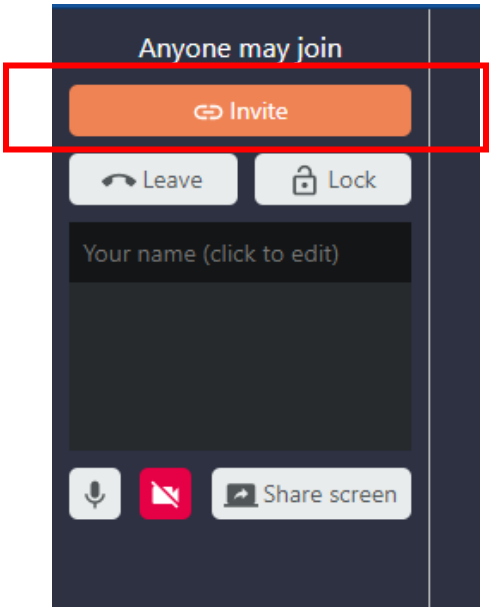
ขั้นที่ 2 กดอนุญาตการเข้าถึงกล้องและไมโครโฟนบนอุปกรณ์ส่วนตัว แล้วกด Join Call



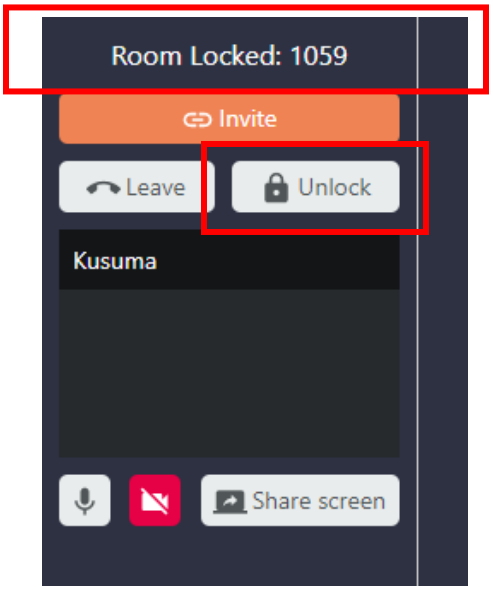
ขั้นที่ 3 ตั้งชื่อในแถบด้านซ้าย



ขั้นที่ 4 ชวนผู้ใช้รายอื่นด้วยลิงก์

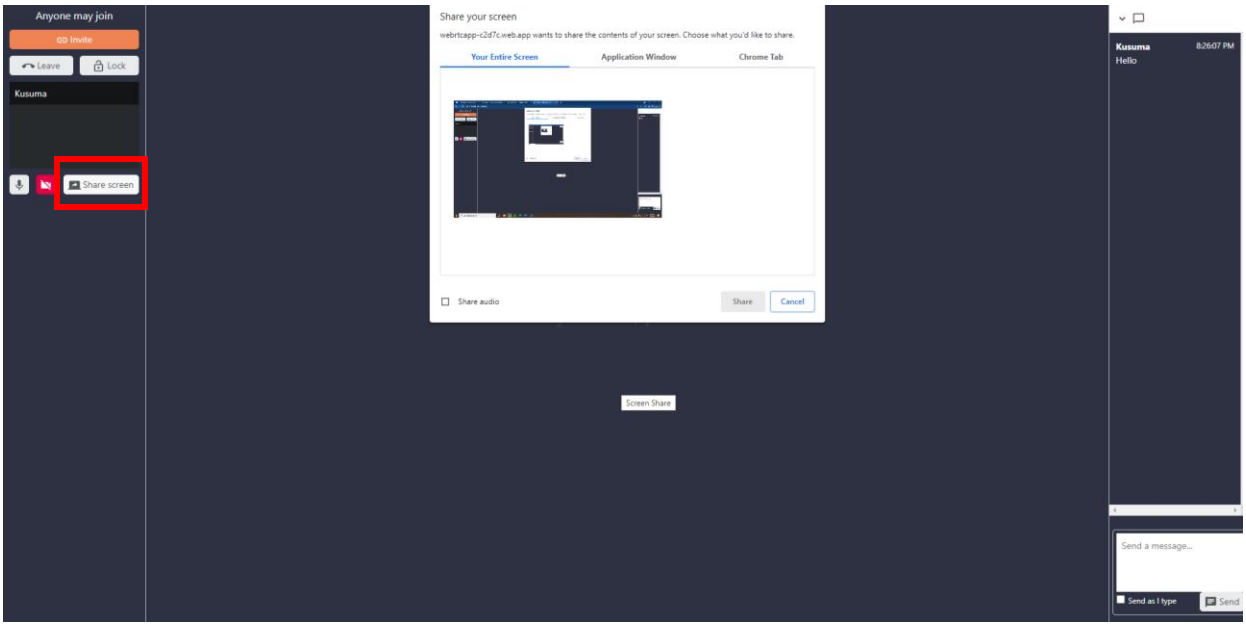


ขั้นที่ 5 กด Lock เพื่อสร้างรหัสผ่านเข้าห้องอัตโนมัติ

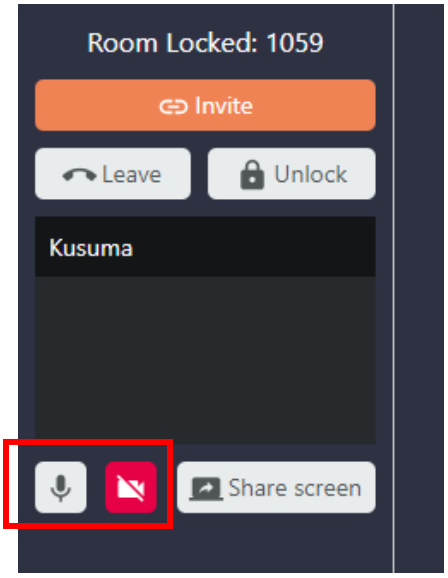


ขั้นที่ 6 สามารถใช้ช่องแชทด้านขวาได้ พิมพ์ข้อความและกด Send เพื่อส่งให้ผู้ใช้ทุกคนในห้อง

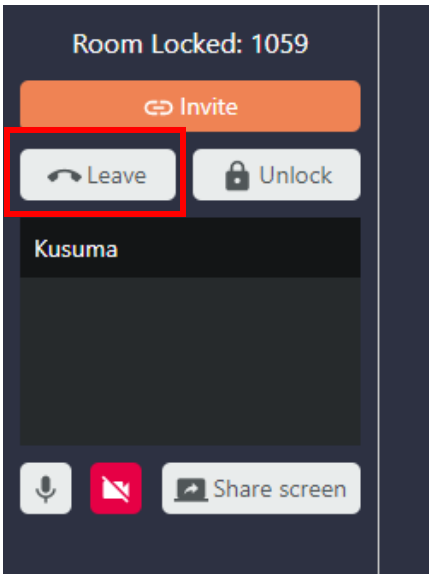
ขั้นที่ 7 กด Sharescreen เพื่อแชร์หน้าจอบนอุปกรณ์ส่วนตัว



ขั้นที่ 8 กดรูปไมโครโฟนหรือกล้อง เพื่อเปิดหรือปิดกล้อง เมื่อกดปิดจะได้ไอคอนสีแดงที่มีเส้นคาดทับ



ขั้นที่ 9 กด Leave เพื่อออกจากห้องประชุม เมื่อกดแล้วหน้าต่างจะเด้งไปยังหน้าแรกสุด(หน้าสร้างห้อง)


Room Locked: 1059
Invite
Leave
Unlock
Kusuma
Share screen