

ระบบบูรณาการอุปกรณ์ตรวจจับภาพโดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์  
เพื่อการปฏิบัติการทางยุทธวิธี

Geographic Information System-Based Integrated Imagery Sensing System  
for Military Operations

<sup>1\*</sup>สุเมธ สุทธารักษ์ และ <sup>2#</sup>ภูมิพัฒน์ ดวงกลาง

<sup>1,2</sup> กองการศึกษา โรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทราชวัลยาภิบาล

<sup>1\*</sup>Sumeth Sutharak and <sup>2#</sup>Phummipat Daungklang

<sup>1,2</sup> Faculty of Academic, Navaminda Kasatriyadhiraj Royal Air Force Academy

\*sumade@rtaf.mi.th, #phummipat\_d@rtaf.mi.th

Received : March 16, 2021

Revised : April 8, 2022

Accepted : April 21, 2022

บทคัดย่อ

ปัจจุบันหน่วยปฏิบัติการทางยุทธวิธีของกองทัพอากาศมีระบบตรวจจับข้อมูลภาพที่อยู่ในรูปแบบ IP Web Camera สำหรับการใช้งานทางยุทธวิธีจำนวนมาก อย่างไรก็ตามข้อมูลภาพจากระบบต่าง ๆ เหล่านี้ ยังไม่ถูกนำมาบูรณาการใช้งานร่วมกันอย่างเป็นระบบในรูปแบบ Common Operation Picture (COP) ที่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพให้การตัดสินใจของผู้บังคับหน่วยได้ ดังนั้น คณะวิจัยจึงได้ทำการสร้างระบบบูรณาการอุปกรณ์ตรวจจับภาพโดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ร่วมกับเทคโนโลยี Web Real-Time Communication (WebRTC) เพื่อสนับสนุนการปฏิบัติการทางยุทธวิธี โดยคณะวิจัยได้ทดลองใช้ระบบกับกล้องจากโทรศัพท์พกพา ซึ่งเป็นกล้องในรูปแบบ IP Web Camera เช่นเดียวกัน และใช้เฟรมเรทในการแสดงผลอยู่ที่ 30 FPS ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้คือ ระบบสามารถใช้ได้กับพื้นฐานความเร็วอินเทอร์เน็ต 0.1~0.5 Mbps สำหรับขนาดภาพ 180p ความเร็วอินเทอร์เน็ต 0.5~1.0 Mbps สำหรับขนาดภาพ 360p และความเร็วอินเทอร์เน็ต 1.0~2.0 Mbps สำหรับภาพขนาด 720p

คำสำคัญ: ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์, การสื่อสารทางเว็บตามเวลาจริง, การปฏิบัติการทางยุทธวิธี

Abstract

The IP Web Camera is currently used as a tactical mean for image data acquisition in many operational units of the Royal Thai Air Force. Nevertheless, those image data have not been integrated into a system called Common Operation Picture (COP), which can further contribute to a competent decision made by the commander of the units. Hence, the research team created the system by integrating the Geographic Information System (GIS) with Web Real-Time Communication (WebRTC) to support the tactical operations. The research team has experimented on mobile phone cameras with IP Web Camera and the frame rate of 30 FPS. The experiment results have shown some remarkable performance under the following circumstances; 0.1 – 0.5 Mbps internet for the image size of 180p, 0.5 – 1.0 Mbps internet for the image size of 360p and 1.0 – 2.0 Mbps internet for the image size of 720p.

**Keywords:** Geographic Information System, Web Real-Time Communication, Military Operational Missions

## 1. บทนำ

การป้องกันภัยทางภาคพื้นเป็นการรักษาความปลอดภัยพื้นที่ บุคคล ทรัพย์สิน ตลอดจนยูทิลิตี้ที่อยู่ที่อาศัยในพื้นที่ของกองทัพอากาศ ซึ่งการป้องกันภัยทางภาคพื้นถือเป็นภารกิจที่มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อความอยู่รอดของกำลังพลและทรัพย์สินภายในพื้นที่ตั้งของหน่วยทหาร โดยในทางปฏิบัติจะมีทั้งภารกิจเชิงรุกและเชิงรับ เช่น การป้องกันฐานบิน การลาดตระเวนรอบพื้นที่ตั้งทหาร ซึ่งจะต้องคำนึงถึงประสิทธิภาพของกำลังพลอาวุธ และการรับรู้สถานการณ์ทั่วไปรอบหน่วยที่ตั้ง รวมถึงการวิเคราะห์ความสามารถและท่าทีของข้าศึก อีกทั้งผู้ปฏิบัติงานแต่ละระดับจะต้องศึกษาภารกิจให้เข้าใจ เพื่อจะได้หาวิธีการที่เหมาะสมมาใช้เป็นแนวทางปฏิบัติ โดยจะต้องมีการจัดเตรียมแผนการป้องกันที่มีความเหมาะสมและอ่อนตัวได้ตามสถานการณ์ นอกจากนี้ความได้เปรียบทางเทคโนโลยีของเครื่องมือ และอาวุธยูทิลิตี้ก็เป็นที่ปัจจัยที่สำคัญต่อความสำเร็จของภารกิจเช่นกัน ในปัจจุบันกองทัพอากาศมีเทคโนโลยีที่มีความทันสมัยต่อกับยุคความรูปแบบใหม่ โดยสังเกตได้จากที่กองทัพอากาศมีอุปกรณ์ตรวจจับข้อมูลภาพสำหรับการใช้งานทางยุทธวิธีจำนวนมาก ได้แก่ ข้อมูลภาพจากโทรศัพท์พกพาที่สามารถใช้ร่วมกับงานสายตรวจจักษุยานยนต์ ตลอดจนข้อมูลภาพจากกล้องรูปแบบ IP Web Camera เป็นต้น อย่างไรก็ตาม ข้อมูลภาพจากระบบต่าง ๆ เหล่านี้ ยังไม่ได้นำมาบูรณาการการใช้งานร่วมกันอย่างเป็นระบบในรูปแบบ Common Operation Picture (COP)[1] ซึ่งเป็นระบบที่ใช้ในการวางแผนและติดตามสถานการณ์ร่วมกัน โดยระบบจะแสดงภาพสถานการณ์ข้อมูลฝ่ายเรา และฝ่ายตรงข้ามไปพร้อมกันผ่านระบบแผนที่สถานการณ์ที่อยู่บนพื้นฐานระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) เพื่อช่วยให้การตัดสินใจของผู้บังคับหน่วยสามารถทำได้อย่างรวดเร็วมากขึ้น ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มาเป็นเครื่องมือในการบูรณาการข้อมูลภาพและพิกัดของระบบตรวจจับภาพ สำหรับช่วยให้ผู้บังคับบัญชาและผู้ปฏิบัติงานเห็นภาพ และสามารถหยั่งรู้สถานการณ์ร่วมกันได้

## 2. ขอบเขตงานวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์ใช้เทคโนโลยี Web Real-Time Communication (WebRTC) ร่วมกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์สำหรับบูรณาการภาพจากกล้องของโทรศัพท์พกพา และกล้องจากระบบ IP Web Camera ให้สามารถใช้งานร่วมกับระบบบัญชาการและความคุมทางยุทธวิธีบนพื้นฐานการแสดงผลข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบ COP โดยใช้แนวทาง System Development Life Cycle (SDLC) [2]

## 3. แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

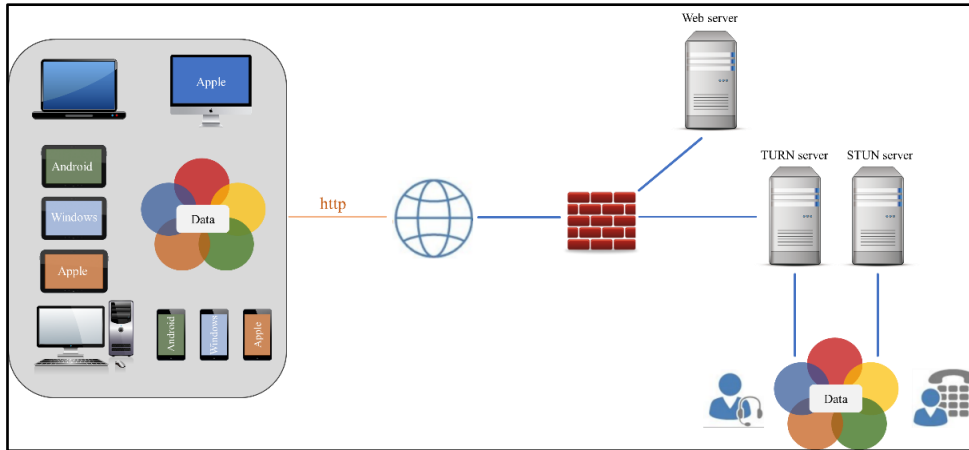
### 3.1 Web Real-Time Communication (WebRTC) [3]

เป็นความสามารถของ Web Browser ที่รองรับมาตรฐาน HTML5 ในการสื่อสารข้อมูล เช่น เสียง วิดีโอแบบเรียลไทม์ โดยไม่ต้องใช้อุปกรณ์หรือโปรแกรมเพิ่มเติมสำหรับอุปกรณ์ส่งและรับข้อมูล ทั้งนี้อุปกรณ์ที่ใช้ในการสื่อสารสามารถเป็นได้ทั้งคอมพิวเตอร์ สมาร์ทโฟน แท็บเล็ต สมาร์ททีวี ตลอดจน อุปกรณ์เกี่ยวกับ Internet Of Thing (IOT) เป็นต้น ในปัจจุบันได้มีการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี WebRTC อย่างแพร่หลาย เช่น การประยุกต์ใช้ร่วมกับการจดจำใบหน้าแบบเรียลไทม์ผ่านเว็บเบราว์เซอร์ [4] รวมถึงการประยุกต์ใช้ร่วมกับโปรแกรมสื่อสังคมออนไลน์ เป็นต้น

#### 3.1.1 ส่วนประกอบของ WebRTC (ตามรูปที่ 1) มีดังนี้

- 1) อุปกรณ์ต้นทาง เช่น คอมพิวเตอร์ สมาร์ทโฟน แท็บเล็ต เป็นต้น
- 2) อุปกรณ์ปลายทาง คือ อุปกรณ์ที่จะใช้สื่อสารกับอุปกรณ์ต้นทาง สามารถเป็นอุปกรณ์ประเภทเดียวกันหรือต่างกันกับอุปกรณ์ต้นทางก็ได้
- 3) Session Traversal Utilities for NAT (STUN Server) มีหน้าที่เชื่อมต่ออุปกรณ์ต้นทาง และปลายทางให้สามารถสื่อสารผ่านทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ตได้

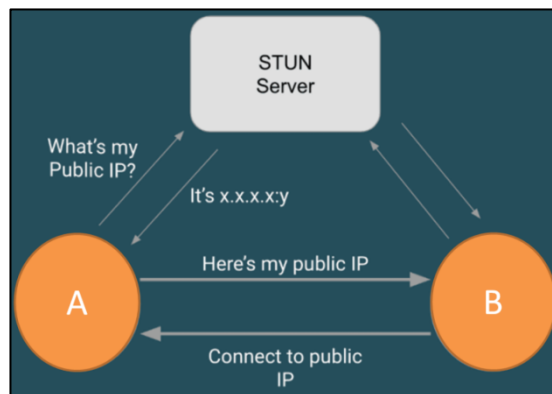
- 4) Traversal Using Relays around NAT (TURN Server) มีหน้าที่เชื่อมต่ออุปกรณ์ต้นทางและปลายทางในกรณีที่การเชื่อมต่ออุปกรณ์ต้นทางและปลายทางผ่าน STUN Server ไม่สำเร็จ เนื่องจากระบบเครือข่ายมีความซับซ้อน
- 5) Web Server มีหน้าที่สำหรับให้บริการ WebRTC



รูปที่ 1 WebRTC

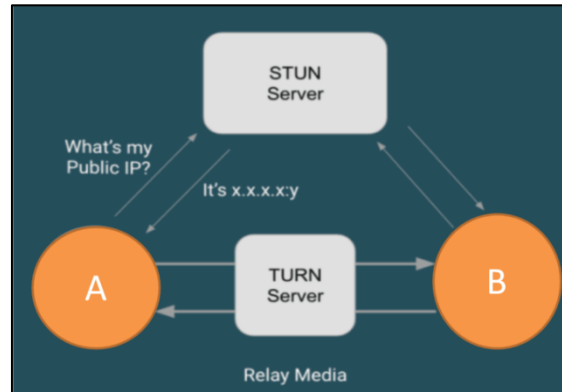
3.1.2 หลักการทำงานของ WebRTC [5] โดยทั่วไปแล้ว อุปกรณ์ต้นทางหรือปลายทางที่อยู่ต่างระบบเครือข่ายจะได้รับไอพีแอดเดรสที่ไม่สามารถเชื่อมต่อกันได้โดยตรง ดังนั้น ระบบ WebRTC จึงมีการใช้ STUN Server และ TURN Server สำหรับแปลงไอพีแอดเดรสภายในเครือข่าย (Private IP) เป็นไอพีของเครือข่ายสาธารณะ (Public IP) เพื่อช่วยจัดการให้อุปกรณ์ต้นทางและปลายทางสามารถสื่อสารกันได้ (รูปที่ 2) ดังนี้

- 1) อุปกรณ์ต้นทาง (A) จะทำร้องขอไปยัง STUN Server สำหรับแปลงไอพีภายในให้เป็น ไอพีของเครือข่ายสาธารณะ
- 2) อุปกรณ์ปลายทาง (B) จะทำการเชื่อมต่ออุปกรณ์ทั้งสองโดยใช้ไอพีของเครือข่ายสาธารณะที่ได้จาก STUN Server
- 3) ถ้าการเชื่อมต่อสำเร็จ อุปกรณ์ทั้งต้นทาง (A) และปลายทาง (B) จะสามารถสื่อสารข้อมูลกันได้โดยตรง โดยไม่ต้องผ่าน Server หรือ อุปกรณ์เสริมใด ๆ



รูปที่ 2 การทำงานของ STUN Server

4) ในกรณีที่การเชื่อมต่อไม่สำเร็จ TURN Server จะเข้ามามีบทบาทในการแจ้งไปยังทุกอุปกรณ์ให้ทำการสื่อสารข้อมูลผ่าน TURN Server แทน (รูปที่ 3)



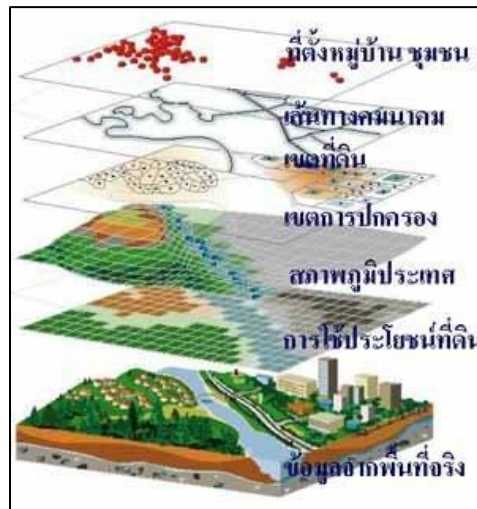
รูปที่ 3 การทำงานของ TRUN Server

จากการศึกษาเทคโนโลยี WebRTC ที่มีขีดความสามารถในการสื่อสารข้อมูลภาพและเสียงแบบเรียลไทม์ผ่าน Web Browser ที่รองรับ HTML5 รวมถึงมีสามารถในการแปลงไอพีแอดเดรสของเครือข่ายภายใน (Private IP) เป็นไอพีของเครือข่ายสาธารณะ (Public IP) ได้นั้น ทำให้ผู้วิจัยมีแนวคิดที่จะนำเทคโนโลยี WebRTC มาประยุกต์ใช้สำหรับสื่อสารข้อมูลภาพร่วมกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

### 3.2 ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) [6]

เป็นระบบที่นำเอาข้อมูลมารวบรวม จัดเก็บ และวิเคราะห์อย่างเป็นระบบ สามารถทำการสืบค้นข้อมูล และปรับปรุงข้อมูล รวมไปถึงการนำเอาข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ เพื่อช่วยประกอบการตัดสินใจในเรื่องต่างๆ ได้ การรวบรวมข้อมูลจะถูกเก็บรวบรวมเป็นชั้นของข้อมูลเทียบกับพิกัดทางภูมิศาสตร์ เช่น ชั้นของข้อมูลของพื้นที่จริง ชั้นข้อมูลเขตการปกครอง ชั้นข้อมูลคมนาคม ชั้นข้อมูลที่ตั้งหมู่บ้านชุมชน เป็นต้น (ตามรูปที่ 4) ในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์สามารถเพิ่มชั้นข้อมูลเพื่อใช้ในการเก็บข้อมูลที่สำคัญต่อการนำไปใช้ประโยชน์ในการวิเคราะห์ข้อมูล โดยที่ข้อมูลเชิงพื้นที่ที่จะแบ่งออกเป็น 2 ประเภทหลัก ๆ [7] คือ ข้อมูลเชิงพื้นที่ประเภทบอกตำแหน่งเชิงสัมพัทธ์ (Relative Position) เป็นข้อมูลเชิงพื้นที่ที่ไม่สามารถบอกตำแหน่งได้แน่ชัด แต่สามารถเทียบเคียงได้ โดยใช้ความสัมพันธ์ ได้แก่ ใกล้กับ ติดกับ ภายใน เป็นต้น และข้อมูลเชิงพื้นที่ประเภทบอกตำแหน่งสมบูรณ์ (Absolute Position) ที่ข้อมูลเชิงพื้นที่ที่สามารถบอกตำแหน่งได้แน่ชัด โดยใช้ระบบพิกัดทางภูมิศาสตร์ เช่น ละติจูด ลองจิจูด

ในการประยุกต์ใช้ร่วมกับภารกิจทางทหารนั้น ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์นับได้ว่าเป็นมีความสำคัญในการช่วยบูรณาการข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบข้อมูลเชิงพื้นที่ ให้อยู่ในรูปแบบแผนที่สถานการณ์ เพื่อดำเนินกรรมวิธีเกี่ยวกับการวิเคราะห์ตีความ และประเมินสถานการณ์ของฝ่ายตรงข้ามให้ชัดเจน และเป็นรูปธรรมมากขึ้น พร้อมเป็นข้อมูลที่ใช้สำหรับการประเมินสถานการณ์ เพื่อหาหนทางปฏิบัติของฝ่ายตรงข้ามได้ จากกรณีความไม่สงบในพื้นที่จังหวัดชายแดนภาคใต้ เจ้าหน้าที่วิเคราะห์ข่าวจะใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการบูรณาการข้อมูลความเคลื่อนไหวของแกนนำผู้ก่อความไม่สงบ ข้อมูลคร่าวเรือน เหตุการณ์ความรุนแรงที่เกิดขึ้นในพื้นที่ และข่าวสารที่ได้รับจากหน่วยในพื้นที่ เพื่อประเมินสถานการณ์ รวมถึงใช้เป็นข้อมูลสำหรับการปิดล้อมตรวจค้นพื้นที่ที่ใช้หลบซ่อนของผู้ก่อความไม่สงบอีกด้วย



รูปที่ 4 ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ [8]

#### 4. การดำเนินการวิจัย

งานวิจัยมีขั้นตอนการดำเนินงาน ดังนี้

##### 4.1 กำหนดปัญหา

เนื่องจากสาเหตุที่กองทัพอากาศมีระบบตรวจจับข้อมูลภาพสำหรับงานทางยุทธวิธีจำนวนมาก แต่ยังไม่ได้นำมาบูรณาการใช้งานร่วมกันอย่างเป็นระบบในรูปแบบ COP อีกทั้งอุปกรณ์ตรวจจับภาพดังกล่าวยังได้รับไอพีแอดเดรสจากเครือข่ายที่แตกต่างกัน ทำให้การสื่อสารข้อมูลแบบเรียลไทม์เกิดข้อขัดข้องไม่สามารถดำเนินการได้ เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าวงานวิจัยนี้จึงดำเนินการผ่านการใช้เทคโนโลยี WebRTC ร่วมกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ให้สามารถสนับสนุนการปฏิบัติการทางยุทธวิธี

##### 4.2 การวิเคราะห์

การวิเคราะห์ความต้องการของผู้ปฏิบัติงานเพื่อพัฒนาระบบบูรณาการอุปกรณ์ตรวจจับภาพให้สอดคล้องกับความต้องการการปฏิบัติงานจริง สามารถดำเนินการโดยมีขั้นตอนการปฏิบัติ และความต้องการของระบบบูรณาการฯ ดังนี้

##### 4.2.1 ขั้นตอนการปฏิบัติงาน

- 1) ขั้นตอนเตรียมการ เป็นการประชุมเพื่อทำความเข้าใจการปฏิบัติการ และมอบหมายหน้าที่การปฏิบัติหน้าที่ รวมถึงตั้งค่าอุปกรณ์ด้านการสื่อสารข้อมูล
- 2) ขั้นตอนปฏิบัติการ เป็นขั้นตอนการปฏิบัติการตามหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายให้สำเร็จเรียบร้อย
- 3) ขั้นตอนสรุปผลการปฏิบัติงาน เป็นการประชุมเพื่อสรุปผลการปฏิบัติงาน รวมถึงจะให้โอกาสเจ้าหน้าที่ได้ทำการแจ้งข้อขัดข้อง และเสนอแนะเกี่ยวกับการปฏิบัติเพื่อปรับปรุงการปฏิบัติในครั้งถัดไป

##### 4.2.2 ความต้องการของระบบบูรณาการฯ

- 1) ผู้ปฏิบัติงานสามารถกำหนดอุปกรณ์สำหรับที่จะใช้ในการปฏิบัติการในแต่ละครั้งได้
- 2) ผู้บังคับบัญชาสามารถติดตามการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่ได้อย่างต่อเนื่อง โดยการติดตามได้ทั้งภาพและตำแหน่งของเจ้าหน้าที่ในขณะที่ปฏิบัติงาน
- 3) ระบบบูรณาการฯ จะต้องทำการบันทึกข้อมูลตำแหน่งในการปฏิบัติการเพื่อใช้ในขั้นตอนการสรุปผลการปฏิบัติงาน

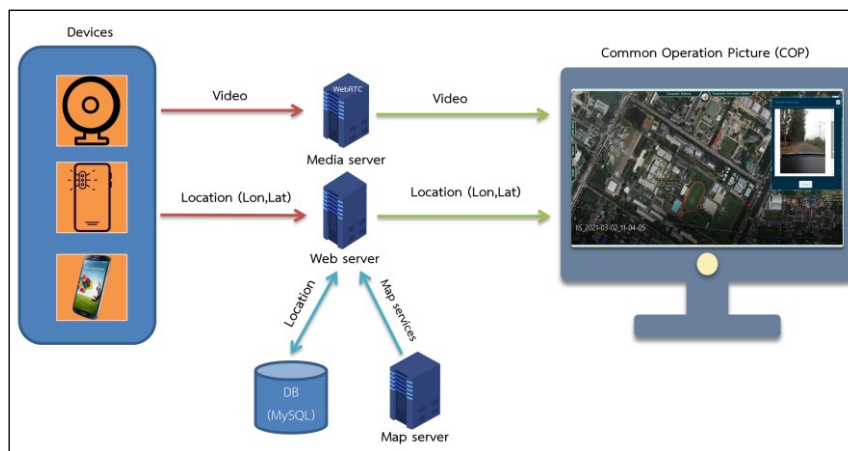
### 4.3 การออกแบบ

จากความต้องการของระบบบูรณาการฯ ในหัวข้อที่ผ่านมา คณะวิจัยได้ทำการออกแบบโดยแบ่งมุมมองออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

4.3.1 สถาปัตยกรรม การออกแบบในส่วนนี้ถือได้ว่าเป็นส่วนที่มีความสำคัญที่สุด เนื่องจากมีผลต่อความยากง่ายในการพัฒนา และความสะดวกต่อการใช้งาน รวมถึงการดูแลรักษาระบบบูรณาการฯ

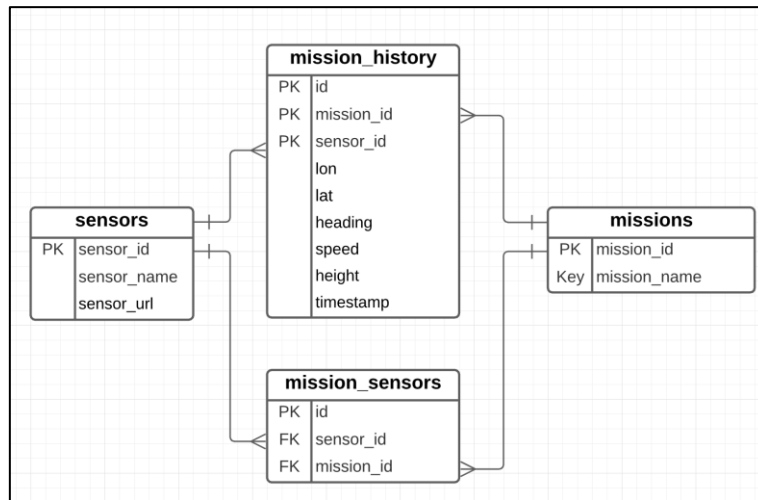
#### 4.3.1.1 องค์ประกอบของระบบบูรณาการฯ (ตามรูปที่ 5) ประกอบด้วย

- 1) โปรแกรมและอุปกรณ์ภาคสนามที่ใช้เป็นระบบตรวจจับภาพ สำหรับงานวิจัยนี้จะมุ่งเน้นการใช้งาน IP Web Camera และกล้องโทรศัพท์พกพา
- 2) Media Server ใช้สำหรับสื่อสารข้อมูลภาพระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับภาพและโปรแกรมส่วนกลาง (Common Operation Picture)
- 3) Web Server ทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางในการบริหารจัดการระบบบูรณาการฯ ในภาพรวม ได้แก่ เชื่อมต่อกับฐานข้อมูล เชื่อมต่อกับเซิร์ฟเวอร์ที่ให้บริการข้อมูลเชิงพื้นที่ (Map Server) รวมถึงการเชื่อมต่อ โปรแกรมและอุปกรณ์ภาคสนามเพื่อเข้าถึงตำแหน่ง เป็นต้น
- 4) Database เป็นส่วนที่เก็บข้อมูลหลักของระบบบูรณาการฯ
- 5) Map Server มีหน้าที่ให้บริการข้อมูลเชิงพื้นที่ในรูปแบบของ Map Services
- 6) โปรแกรมส่วนกลางสำหรับใช้บูรณาการภาพจากอุปกรณ์ตรวจจับ เป็นหน้าที่เจ้าหน้าที่ส่วนกลางและผู้บังคับบัญชาใช้งานเพื่อตั้งค่าเริ่มต้นให้กับแต่ละภารกิจ รวมถึงติดตามภาพรวมของสถานการณ์



รูปที่ 5 สถาปัตยกรรมของระบบบูรณาการฯ

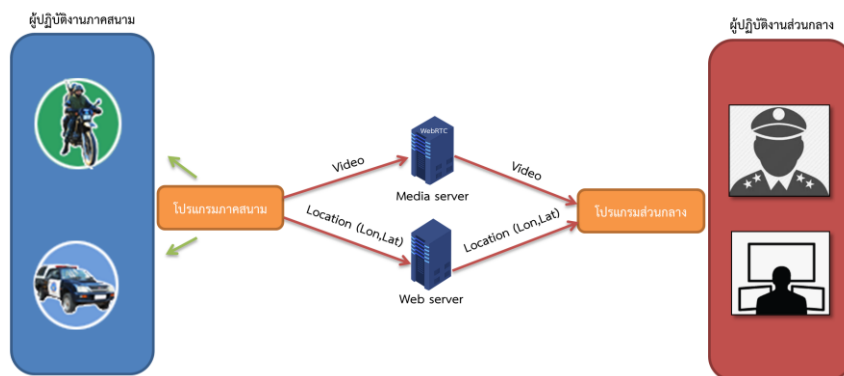
4.3.1.2 ฐานข้อมูลของระบบบูรณาการฯ มีประโยชน์สำหรับให้ผู้ใช้งานสามารถบริหารจัดการอุปกรณ์ตรวจจับภาพตามแต่ละภารกิจ รวมถึงสามารถเรียกดูประวัติการปฏิบัติการกิจได้ ซึ่งคณะวิจัยได้มีการออกแบบตารางเพื่อจัดเก็บข้อมูลของระบบบูรณาการฯ โดยประกอบด้วย 4 ตารางหลัก คือ ตารางข้อมูลอุปกรณ์การตรวจจับ (Sensors) ตารางข้อมูลภารกิจ (Missions) ตารางจัดการข้อมูลอุปกรณ์ตรวจจับตามภารกิจ (Mission\_Sensors) และตารางข้อมูลประวัติการปฏิบัติการกิจ (Mission\_History) (ตามรูปที่ 6)



รูปที่ 6 ฐานข้อมูลของระบบ

4.3.2 หลักการทำงานของระบบบูรณาการฯ (รูปที่ 7) สรุปได้ดังนี้

- 1) อุปกรณ์ภาคสนาม (Devices) จะส่งข้อมูลภาพมายัง Media Server ผ่าน โปรแกรมภาคสนามที่ใช้เทคโนโลยี WebRTC และในขณะเดียวกันก็ส่งข้อมูลตำแหน่งมายัง Web Server ผ่าน Application Program Interface (API) เพื่อทำการบันทึกข้อมูลตำแหน่งของอุปกรณ์ลงฐานข้อมูล
- 2) เจ้าหน้าที่ในศูนย์ปฏิบัติการจะใช้โปรแกรมส่วนกลางในการเรียกดูข้อมูลการปฏิบัติการกิจของเจ้าหน้าที่ภาคสนาม ซึ่งข้อมูลที่ได้จะประกอบด้วยภาพจาก Media Server ข้อมูลตำแหน่งล่าสุดของอุปกรณ์ภาคสนามจากฐานข้อมูลผ่าน API ดัดตั้งที่ Web Server และข้อมูลแผนที่จาก Map Server



รูปที่ 7 การติดต่อกับผู้ใช้งาน

#### 4.4 การพัฒนาและทดสอบ

จากขั้นตอนการออกแบบระบบบูรณาการฯ คณะวิจัยเห็นว่าโปรแกรมจะต้องประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก คือ โปรแกรมสำหรับเจ้าหน้าที่ภาคสนาม และ โปรแกรมสำหรับผู้ปฏิบัติงานส่วนกลาง โดยจะต้องพัฒนาให้สอดคล้องกับขั้นตอนการปฏิบัติการกิจ รวมถึงมีความยืดหยุ่นในการปฏิบัติงาน สำหรับหัวข้อนี้จะอธิบายแนวทางการพัฒนาระบบโดยสังเขป ดังนี้

4.4.1 การพัฒนาระบบโปรแกรมภาคสนาม มีวัตถุประสงค์เพื่อส่งข้อมูลภาพ และตำแหน่งจากอุปกรณ์ของผู้ปฏิบัติงานภาคสนามไปยัง Media Server โดยใช้เทคโนโลยี WebRTC ซึ่งโปรแกรมในส่วนนี้จะพัฒนาด้วยภาษา Javascript, MediaDevices Interface [9], RTCPeerConnection Interface [10] และใช้ STUN Server [11] ที่ไม่เสียค่าใช้จ่าย สำหรับการส่งข้อมูลตำแหน่งไปจัดเก็บยังฐานข้อมูลจะใช้ API ที่พัฒนาด้วยภาษา PHP ผ่าน POST Method ติดตั้งที่ Web Server ซึ่งข้อมูลที่ส่งจะประกอบด้วย พิกัด ทิศทาง ความเร็ว ความสูง และเวลา รายละเอียด ตามรูปที่ 8

```
$mission_id = $_POST["mission_id"];
$sensor_id = $_POST["sensor_id"];
$lon = $_POST["lon"];
$lat = $_POST["lat"];
$heading = $_POST["heading"];
$speed = $_POST["speed"];
$height = $_POST["height"];
$timestamp = $_POST["timestamp"];
$sql = "INSERT INTO mission_history(mission_id,sensor_id,lon,lat,heading,speed,height,timestamp)
VALUES($mission_id,'$sensor_id',$lon,$lat,$heading,$speed,$height,'$timestamp')";
mysql_query($sql)or die(["status":"0","message":"mysql_error().","sql":".$sql.""]);
echo ["status":"1","message":"record sensor success"];
```

#### รูปที่ 8 API สำหรับการส่งข้อมูลตำแหน่งอุปกรณ์

4.4.2 การพัฒนาโปรแกรมบูรณาการสำหรับส่วนกลาง มีวัตถุประสงค์เพื่อบูรณาการข้อมูลภาพจากอุปกรณ์ของหน่วยสนามผ่าน Media Server โดยในส่วนนี้จะใช้เทคโนโลยี WebRTC เช่นเดียวกับโปรแกรมภาคสนาม ซึ่งใช้ภาษา Javascript ในการพัฒนา นอกจากการบูรณาการภาพแล้ว โปรแกรมในส่วนนี้ยังต้องพัฒนาส่วนติดต่อฐานข้อมูลสำหรับแสดงตำแหน่งของอุปกรณ์ภาคสนามให้อยู่บนพื้นฐานรูปแบบ COP และสามารถใช้ร่วมกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ได้ ซึ่งการเรียกข้อมูลตำแหน่งอุปกรณ์ภาคสนามจะใช้ API ภาษา PHP ในการเข้าถึงตำแหน่งล่าสุดของอุปกรณ์ภาคสนาม (ตามรูปที่ 9)

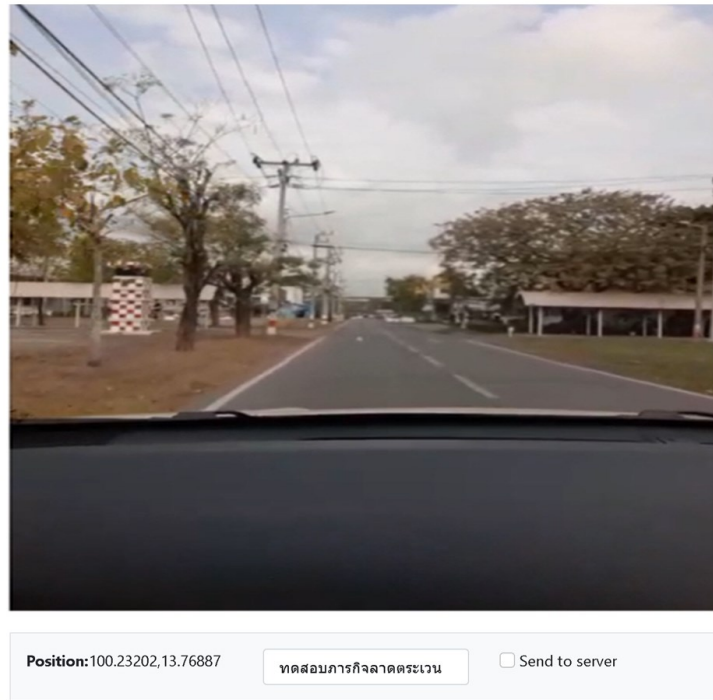
```

$sql = "SELECT mission_id,sensor_id,lon,lat,heading,speed,height,timestamp
        FROM mission_history sensor_id = ' sensor_id ' ORDER BY timestamp DESC LIMIT 0,1";
$count = 0;
$result = mysql_query($sql)or die(mysql_error());
$json_data = '[';
while($row = mysql_fetch_array($result)){
    $json_data = $json_data . '{';
    $json_data = $json_data . "id:". $count. ",";
    $json_data = $json_data . "mission_id:". $row["mission_id"]. ",";
    $json_data = $json_data . "sensor_id:". $row["sensor_id"]. ",";
    $json_data = $json_data . "lon:". $row["lon"]. ",";
    $json_data = $json_data . "lat:". $row["lat"]. ",";
    $json_data = $json_data . "heading:". $row["heading"]. ",";
    $json_data = $json_data . "speed:". $row["speed"]. ",";
    $json_data = $json_data . "height:". $row["height"]. ",";
    $json_data = $json_data . "timestamp:". $row["timestamp"]. ",";
    $json_data = $json_data . '},';
    $count++;
}
$json_data = trim($json_data,','');
$json_data = $json_data . ']';
echo $json_data;

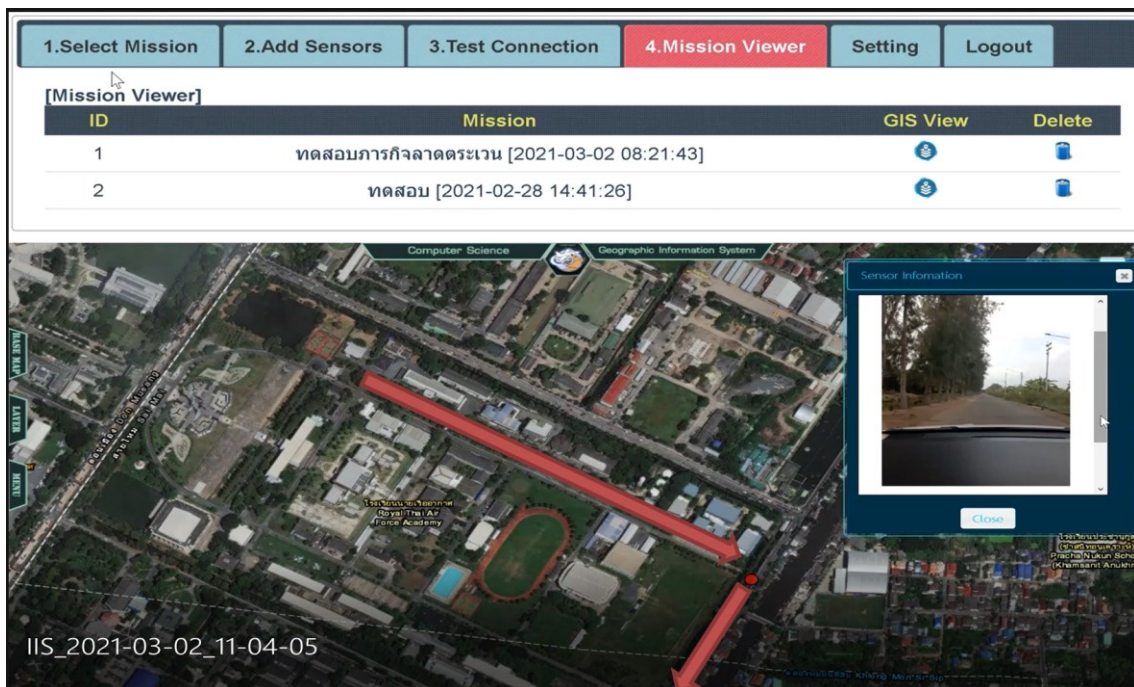
```

### รูปที่ 9 API สำหรับเข้าถึงข้อมูลตำแหน่งอุปกรณ์ภาคสนาม

4.4.3 การทดสอบระบบบูรณาการฯ หลังจากที่ทำการพัฒนาระบบเรียบร้อยแล้ว คณะวิจัยได้ทำการทดสอบการใช้งานระบบบูรณาการฯ โดยใช้พื้นที่โดยรอบโรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช และขับขี้นพาหนะที่ใช้ความเร็วไม่เกิน 60 km./hr. ใช้อุปกรณ์ตรวจจับภาพจากโทรศัพท์พกพา (Samsung A7 2018) สำหรับทดลองโปรแกรมในส่วนของเจ้าหน้าที่ภาคสนาม (รูปที่ 10) และทดสอบโปรแกรมบูรณาการข้อมูลภาพของเจ้าหน้าที่ส่วนกลางผ่านเครือข่ายกองทัพอากาศ (รูปที่ 11) อีกทั้งคณะผู้วิจัยได้เลือกขนาดภาพสำหรับการทดสอบคือ 180p, 360p และ 720p ตามลำดับ รวมถึงได้เลือกใช้เฟรมเรทในการแสดงผลอยู่ที่ 30 FPS เนื่องจากเป็นเฟรมเรทในการแสดงผลมาตรฐานของโทรทัศน์ระบบ NTSC ที่ทำให้การเคลื่อนไหวที่ดูเป็นธรรมชาติ [12]



รูปที่ 10 โปรแกรมในส่วนของผู้ใช้ที่ภาคสนาม



รูปที่ 11 โปรแกรมในส่วนของผู้ใช้ที่ส่วนกลาง

#### 4.5 การติดตั้งระบบ

ระบบบูรณาการอุปกรณ์ตรวจจับภาพโดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อการปฏิบัติการทางยุทธวิธี ได้ผ่านการทดสอบ และติดตั้งให้ผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงระบบฯ ผ่านเครือข่ายของกองทัพอากาศ ซึ่งได้ติดตั้งบนระบบปฏิบัติการ Window Server 2012 และใช้ IIS เป็น Web Server รวมถึงจะต้องทำการติดตั้งและปรับแต่ง Web Server ให้สามารถใช้โปรโตคอล https ให้มีความสามารถเข้าถึงอุปกรณ์ตรวจจับของเจ้าหน้าที่ภาคสนามได้

#### 5. ผลการวิจัย

หลังจากได้ทำการทดลองระบบบูรณาการฯ จริง พบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อการใช้งานคือความเร็วของอินเทอร์เน็ต ซึ่งผลลัพธ์แสดงดังตารางที่ 1 โดยความเร็วที่มีความเหมาะสมต่อการใช้งานที่ค่าการแสดงผล 30 FPS คือ ความเร็วอินเทอร์เน็ต 0.1~0.5 Mbps จะมีความเหมาะสมกับการแสดงผลภาพขนาด 180p , ความเร็วอินเทอร์เน็ต 0.5~1.0 Mbps เหมาะสมกับขนาดภาพ 360p และความเร็วอินเทอร์เน็ต 1.0~2.0 Mbps สำหรับภาพขนาด 720p

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบความเร็วอินเทอร์เน็ตกับขนาดภาพที่มีความเหมาะสมต่อการแสดงผลที่ 30 FPS

ลำดับที่	ขนาดของภาพ	ความเร็วที่เหมาะสม
1	180p	0.1~0.5 Mbps
2	360p	0.5~1.0 Mbps
3	720p	1.0~2.0 Mbps

#### 6. สรุปผล

การทำวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างระบบบูรณาการอุปกรณ์ตรวจจับภาพ โดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ร่วมกับเทคโนโลยี Web Real-Time Communication (WebRTC) เพื่อสนับสนุนการปฏิบัติการทางยุทธวิธี ให้สามารถเพิ่มศักยภาพระบบบัญชาการและควบคุมทางยุทธวิธี รวมถึงเพิ่มขีดความสามารถการปฏิบัติการที่ใช้เครือข่ายเป็นศูนย์กลาง ซึ่งขอบเขตงานวิจัยนี้มุ่งเน้นบูรณาการข้อมูลภาพจากกล้องโทรศัพท์พกพา และ ระบบ IP Web Camera และเมื่อทำการพัฒนาและทดสอบระบบเรียบร้อยแล้ว สรุปผลได้ว่าระบบบูรณาการฯ ดังกล่าวสามารถใช้งานได้ดี และมีประสิทธิภาพบนพื้นฐานความเร็วอินเทอร์เน็ต 0.1~0.5 Mbps สำหรับขนาดภาพ 180p , ความเร็วอินเทอร์เน็ต 0.5~1.0 Mbps สำหรับขนาดภาพ 360p และความเร็วอินเทอร์เน็ต 1.0~2.0 Mbps สำหรับภาพขนาด 720p ซึ่งจากผลการทดลองคณะผู้วิจัยจึงขอเสนอให้ทดลองใช้ระบบบูรณาการฯ ร่วมกับการปฏิบัติการกิจภาคพื้นของหน่วยทางยุทธวิธีในกองทัพอากาศต่อไป

#### 7. ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากงานวิจัยนี้ได้เริ่มต้นใช้เพียงระบบตรวจจับภาพจากกล้อง IP Web Camera และจากโทรศัพท์พกพา ซึ่งเป็นระบบตรวจจับภาพทางภาคพื้นเท่านั้น อย่างไรก็ตามการปฏิบัติการทางภาคพื้นในปัจจุบันมิได้มีเพียงแต่อุปกรณ์ตรวจจับทางภาคพื้นเท่านั้น แต่ยังมีอุปกรณ์ตรวจจับภาคอากาศ เช่น กล้องจากอากาศยานไร้คนขับ อีกด้วย ทำให้งานวิจัยนี้ยังไม่ครอบคลุมอุปกรณ์การตรวจจับที่สนับสนุนการปฏิบัติการทางภาคพื้นทั้งหมด ดังนั้น ผู้วิจัยจึงขอเสนอให้พัฒนาต่อยอดร่วมกับอุปกรณ์ตรวจจับภาคอากาศ เพื่อความสมบูรณ์ในการปฏิบัติการกิจของกองทัพอากาศต่อไป

## 8. เอกสารอ้างอิง

- [1] พันเอก ชนบดี กรศจารุญ (2560). การอำนวยความสะดวกร่วมของศูนย์บัญชาการทางทหารในภาวะสงคราม. วิทยาลัยการทัพบก (เอกสารวิจัยส่วนบุคคล).
- [2] ปรีชา พินทุนศรี, วิจิตรรัตน์ จันทรรดา, ยุทธเดช ช้อยแสง, ธนิกา กอสินประเสริฐ และ ดวงนภา บัวสันต์. (2562). การพัฒนาโปรแกรมสารสนเทศเพื่อการบริหารจัดการด้านทะเบียนทรัพย์สินของมหาวิทยาลัยเอกชนแห่งหนึ่งในจังหวัดนครปฐม. วารสารมหาวิทยาลัยคริสเตียน, 25(2): 79-91.
- [3] ภูวิช แก้วหาญ. (2561). WebRTC, Thailand. Retrived on February 15, 2021, from <http://www.callcentermaster.com/Technology/What-is-WebRTC.html>
- [4] Phankokkrud, M., Jaturawat, P., & Pongmanawut, P. (2016). A Real-time Face Recognition for Class Participation Enrollment System over WebRTC. In 8th International Conference on Digital Image Processing (100330), Chengdu, China.
- [5] Nguyen, C. (2020). WebRTC-The technology that powers Google Meet/Hangout, Facebook Messenger and Discord. Retrived on March 11, 2021, from <https://dev.to/calvinqc/webrtc-the-technology-that-powers-google-meet-hangout-facebook-messenger-and-discord-4j67>.
- [6] หนังสือเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ SPACE TECHNOLOGY AND GEO-INFORMATICS, สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และสมาคมสำรวจข้อมูลระยะไกลและสารสนเทศภูมิศาสตร์แห่งประเทศไทย.
- [7] ศุภกานต์ แก้วเหลี่ยม และ ภูมิพัฒน์ ดวงกลาง (2563). ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ประยุกต์เพื่อการติดตามอากาศยานพาหนะและบุคคล กองทัพอากาศ. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนายเรืออากาศ, 16(1) : 42-51.
- [8] สมบัติ อยู่เมือง. ศูนย์วิจัยภูมิสารสนเทศเพื่อประเทศไทย. ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์. Retrived on March 10, 2021, <http://www.gisthai.org/about-gis/gis.html>.
- [9] MDN.(2021). MediaDevices. Retrived on February 10, 2021, from <https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/API/MediaDevices>.
- [10] MDN.(2021). RTCPeerConnection. Retrived on February 10, 2021, from <https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/API/RTCPeerConnection>.
- [11] Paul Gregoire.(2016).public stun list . Retrived on February 20, 2021, <https://gist.github.com/mondain/b0ec1cf5f60ae726202e>.
- [12] Peera Wongpanya. 5 เรื่องน่ารู้ของวิดีโอเฟรมเรท (fps). Retrived on February 28, 2021, <https://www.fotoinfo.online/5-เรื่องวิดีโอเฟรมเรท>.