

การพัฒนาเซิร์ฟเวอร์พกพาโมบายเชื่อมพูล สำหรับพื้นที่ห่างไกล

THE DEVELOPMENT OF A MUSEUM POOL PORTABLE SERVER FOR REMOTE AREA

ละออ โควาวิสารัช¹
ทวีศักดิ์ สรรเพชดา²
กฤษฎา จินดา³
ธิตพงษ์ วงสาโท⁴
สดใส วิเศษสุด⁵
Sambat Lim⁶
La-or Kovavisaruch¹
Taweesak Sanpechuda²
Krisada Chinda³
Thitipong Wongsatho⁴
Sodsai Wisadsud⁵
Sambat Lim⁶

สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ
ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ ปทุมธานี 12120^{1 ถึง 6}
National Science and Technology Development Agency,
National Electronics and Computer Technology Center,
Pathum Thani 12120 Thailand^{1 to 6}

Corresponding E-mail : la-or.kovavisaruch@nectec.or.th

Received Date August 17, 2023
Revised Date June 20, 2024
Accepted Date July 10, 2024

บทคัดย่อ

การเยี่ยมชมพิพิธภัณฑ์ในรูปแบบดิจิทัลผ่านสมาร์ทโฟน ทำให้นักท่องเที่ยวเข้าถึงข้อมูลได้ง่าย ผู้เข้าชมสามารถเลือกรับข้อมูลวัตถุจัดแสดงต่าง ๆ ได้อย่างอิสระและมีความเป็นส่วนตัว ผ่านแพลตฟอร์มบริหารจัดการพิพิธภัณฑ์แบบเครือข่ายที่พัฒนาขึ้น อย่างไรก็ตาม แพลตฟอร์มนี้ถูกติดตั้งอยู่บนคลาวด์ซึ่งจำเป็นต้องใช้อินเทอร์เน็ตตลอดเวลา เพื่อแก้ไขข้อจำกัดดังกล่าว ผู้วิจัยจึงพัฒนาเซิร์ฟเวอร์พกพาสำหรับใช้งานร่วมกับแพลตฟอร์มบริหารจัดการพิพิธภัณฑ์แบบเครือข่ายให้นำชมพิพิธภัณฑ์ในพื้นที่ที่ไม่มีสัญญาณอินเทอร์เน็ตผ่านสมาร์ทโฟนได้ เมื่อศึกษาด้วยวิธีวิจัยเชิงประยุกต์ ตัวเซิร์ฟเวอร์พกพานี้จะทำหน้าที่สร้างเครือข่ายภายในขึ้นมาเพื่อให้บริการในบริเวณโดยรอบ และใช้เทคนิคปรับแก้เส้นทางเครือข่ายเพื่อให้ผู้เข้าชมยังสามารถสแกนป้ายคิวอาร์โค้ดผ่านสมาร์ทโฟนเพื่อเข้าถึงข้อมูลได้ ผลการทดสอบพบว่า ภายในช่วงเวลาจำกัด 10 วินาที อุปกรณ์ดังกล่าวสามารถรองรับผู้ใช้งานได้ 10-15 คนพร้อมกัน แต่หากมีการเพิ่มช่วงเวลาจำกัด จะสามารถรองรับผู้ใช้งานได้มากขึ้น ซึ่งกำหนดค่าความพึงพอใจต่อการร้องขอที่ผิดพลาดไม่เกินร้อยละ 10 โดยผู้ใช้งานจะเลือกใช้เครือข่ายของเซิร์ฟเวอร์พกพาหรืออินเทอร์เน็ตตนเองได้ จากนั้น ทดลองติดตั้งใช้งานจริงในพิพิธภัณฑ์ 7 แห่ง ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2566 โดยมีข้อมูลสถิติแสดงในภาคผนวก แสดงให้เห็นว่า สามารถใช้งานได้จริงอย่างต่อเนื่อง

คำสำคัญ: เซิร์ฟเวอร์พกพา การบริหารจัดการพิพิธภัณฑ์ ระบบนำชมพิพิธภัณฑ์

Abstract

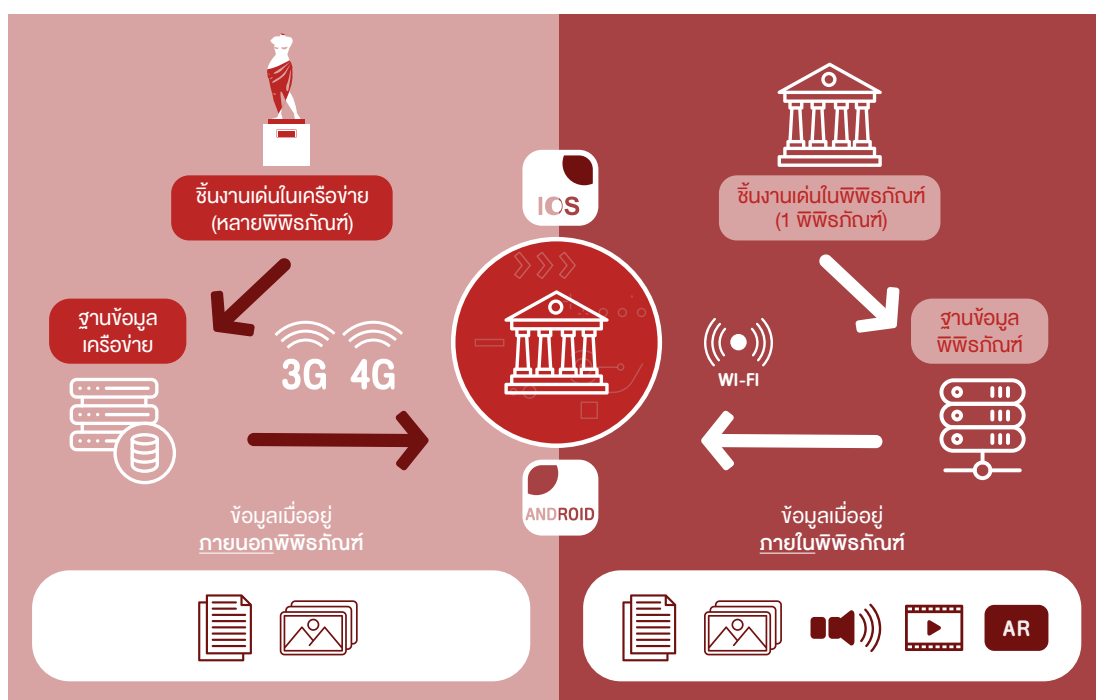
Visiting museums digitally through smartphones has made accessing information easier for tourists. Museum visitors can access information on exhibited objects freely and privately through the Museum Pool platform which was developed for museum content management. However, this platform relies on the cloud and requires constant internet connectivity. To address this restraint, the researcher has developed a portable server for use with the Museum Pool system. With the server, museum information can be accessed via smartphone even when an internet signal is not available. The study was conducted using an applied research method. The server established a network in the surrounding area using a network path adjustment technique to ensure that visitors could smoothly scan QR codes for data access. From an experiment, the server could support 10-15 users within an access period of 10 seconds. However, if the access period was expanded, the server could support more users. The acceptance error request was set at 10%. Users could either choose to use their internet network or the network from the portable server. The portable servers have been deployed in seven museums since January 2023. Statistical data provided in the appendix indicates constant and practical usage.

Keywords: portable server, museum content management, Museum Pool system

1. บทนำ

พิพิธภัณฑ์เป็นแหล่งเรียนรู้ที่สำคัญของประเทศ เนื่องจากเป็นสถานที่จัดเก็บองค์ความรู้ในสาขาต่าง ๆ มากมาย เช่น ความรู้ในสาขาวิทยาศาสตร์ ประวัติศาสตร์ ศิลปะ วัฒนธรรม และภูมิปัญญาบรรพบุรุษที่ถูกสะสมส่งต่อกันมาจากอดีตจนถึงปัจจุบัน ซึ่งองค์ความรู้ในพิพิธภัณฑ์มีทั้งข้อมูลที่สามารถจับต้องได้และจับต้องไม่ได้ ด้วยเหตุที่ข้อมูลในพิพิธภัณฑ์มีเป็นจำนวนมากแต่ขาดระบบการบริหารจัดการที่ดี โดยเฉพาะพิพิธภัณฑ์ขนาดเล็กหลายแห่งในประเทศไทยยังไม่สามารถเข้าถึงเทคโนโลยีสารสนเทศที่จะเข้ามาช่วยเป็นเครื่องมือในการบริหารจัดการองค์ความรู้และเพิ่มความน่าสนใจในการให้บริการ ซึ่งพิพิธภัณฑ์ถือเป็นแหล่งท่องเที่ยวทางวัฒนธรรมและแหล่งเรียนรู้ที่หลากหลาย ในต่างประเทศมีการนำเสนอเทคโนโลยีประยุกต์หลายรูปแบบเพื่อช่วยอำนวยความสะดวกในการเข้าถึงแหล่งข้อมูลเหล่านี้ ด้วยความสามารถของสมาร์ทโฟนในปัจจุบัน มีการสร้างแอปพลิเคชันเกี่ยวกับพิพิธภัณฑ์จำนวนมาก ซึ่งพิพิธภัณฑ์ทั่วไปจะใช้คิวอาร์โค้ด (QR Code) ติดไว้ที่วัตถุที่ต้องการให้ข้อมูลเมื่อใช้แอปพลิเคชันโทรศัพท์มือถือ (mobile application) ถ่ายภาพคิวอาร์โค้ด ก็จะแสดงข้อมูลวัตถุให้กับผู้เข้าชม เช่น แอปพลิเคชันสำหรับพิพิธภัณฑ์ลูฟวร์ (Louvre Museum) (Trishti Systems, 2023) หรือพิพิธภัณฑ์ประวัติศาสตร์ธรรมชาติอเมริกา (American Museum of Natural History: AMNH) (AMNH, 2023) อย่างไรก็ตาม แอปพลิเคชันพิพิธภัณฑ์เหล่านี้จะมีเนื้อหาเฉพาะ เมื่อทางพิพิธภัณฑ์จัดทำนิทรรศการหมุนเวียนก็จะต้องสร้างแอปพลิเคชันขึ้นมารองรับเนื้อหาใหม่ จึงเกิดแอปพลิเคชันจำนวนมากตามจำนวนนิทรรศการ

หมุนเวียนในหนึ่งพิพิธภัณฑ์ จากปัญหาดังกล่าว Kovavisaruch et al. (2015) จากศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (เนคเทค) (National Electronics and Computer Technology Center: NECTEC) ได้พัฒนาแพลตฟอร์มบริหารจัดการพิพิธภัณฑ์แบบเครือข่าย ชื่อ “Museum Pool” เป็นแอปพลิเคชันให้ผู้เข้าชมได้เรียนรู้วัตถุจัดแสดงที่น่าสนใจในแต่ละพิพิธภัณฑ์ และมีเว็บแอปพลิเคชันให้เจ้าหน้าที่ของพิพิธภัณฑ์บริหารจัดการข้อมูลดังกล่าว เริ่มต้นใช้งานตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2557 โดยปัจจุบันมีพิพิธภัณฑ์เข้าร่วมในเครือข่ายแล้วกว่า 100 แห่ง โดยได้ออกแบบแพลตฟอร์มบริหารจัดการพิพิธภัณฑ์แบบเครือข่ายให้รองรับการใช้งานของหลายพิพิธภัณฑ์ เพื่ออำนวยความสะดวกให้กับผู้เข้าชม สามารถเข้าชมข้อมูลหลายพิพิธภัณฑ์ด้วยแอปพลิเคชันเดียว ซึ่งระบบเดิมออกแบบให้ฐานข้อมูลอยู่ในคลาวด์ (cloud) เป็นหลัก ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ภาพรวมการใช้งานแพลตฟอร์มบริหารจัดการพิพิธภัณฑ์แบบเครือข่ายของภัณฑารักษ์และผู้เข้าชม

จากการลงพื้นที่ขยายผลในช่วงแรก พบข้อจำกัดด้านการเข้าถึงข้อมูลในพื้นที่ห่างไกล เช่น การติดตั้งแพลตฟอร์มดังกล่าวสำหรับเจ้าหน้าที่พิพิธภัณฑ์ยังเป็นเรื่องท้าทาย เนื่องจากยังไม่มี ความชำนาญ อีกทั้งคุณภาพสัญญาณอินเทอร์เน็ตยังไม่ดีในหลายพื้นที่ ดังนั้น เพื่อเป็นการพัฒนาแพลตฟอร์มที่มีอยู่ให้จัดการปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยจึงพัฒนาเซิร์ฟเวอร์พกพาสำหรับบริหารจัดการพิพิธภัณฑ์แบบคู่เสมือนเพื่อให้สามารถใช้งานร่วมกับแพลตฟอร์มมิวเซียมพูล โดยป้ายคิวอาร์โค้ดที่ถูกสร้างจากเซิร์ฟเวอร์แบบพกพาจะรองรับผู้เข้าชมที่ใช้งานทั้งเครือข่ายวายฟาย (wi-fi) และเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ซึ่งข้อมูลที่ได้รับจะเทียบเท่ากับเซิร์ฟเวอร์พกพาเป็นเครื่องมือในการเผยแพร่ข้อมูลวัตถุจัดแสดงต่าง ๆ ภายในพิพิธภัณฑ์หรือชุมชน โดยมีจุดประสงค์หลัก คือ

แก้ปัญหาเรื่องสัญญาณอินเทอร์เน็ตที่หลายพื้นที่มีคุณภาพไม่ดี เซิร์ฟเวอร์พกพาสามารถสร้างเครือข่ายภายในของตนเองมาให้บริการเป็นทางเลือกให้กับผู้เข้าชม และด้วยขนาดเล็กพกพาสะดวก จึงเคลื่อนย้ายปรับเปลี่ยนตำแหน่งติดตั้งได้โดยง่าย อีกทั้งสามารถนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการเผยแพร่ข้อมูลตามบูทจัดแสดงนิทรรศการชั่วคราวได้ ภายในเซิร์ฟเวอร์พกพาจะมีการปรับแต่งเส้นทางของเครือข่ายเพื่อให้รองรับการเข้าถึงข้อมูลวัตถุจัดแสดงต่าง ๆ ผ่านป้ายคิวอาร์โค้ดเช่นเดียวกับการใช้งานขณะอยู่บนเครือข่ายคลาวด์ การใช้งานเซิร์ฟเวอร์พกพานี้มีการกำหนดเซิร์ฟเวอร์คู่เสมือนที่ใช้งานร่วมกันไว้แล้วล่วงหน้า ทำให้การใช้งานสะดวกเป็นอย่างมาก ผู้ดูแลสถานที่เพียงแค่กดปุ่มเปิดสวิตช์ใช้งานได้ทันที

2. วัตถุประสงค์

เพื่อพัฒนาเซิร์ฟเวอร์พกพาสำหรับใช้งานร่วมกับแพลตฟอร์มระบบบริหารจัดการพิพิธภัณฑ์แบบเครือข่ายให้สามารถนำชมพิพิธภัณฑ์ผ่านสมาร์ตโฟนในพื้นที่ที่ไม่มีสัญญาณอินเทอร์เน็ตได้

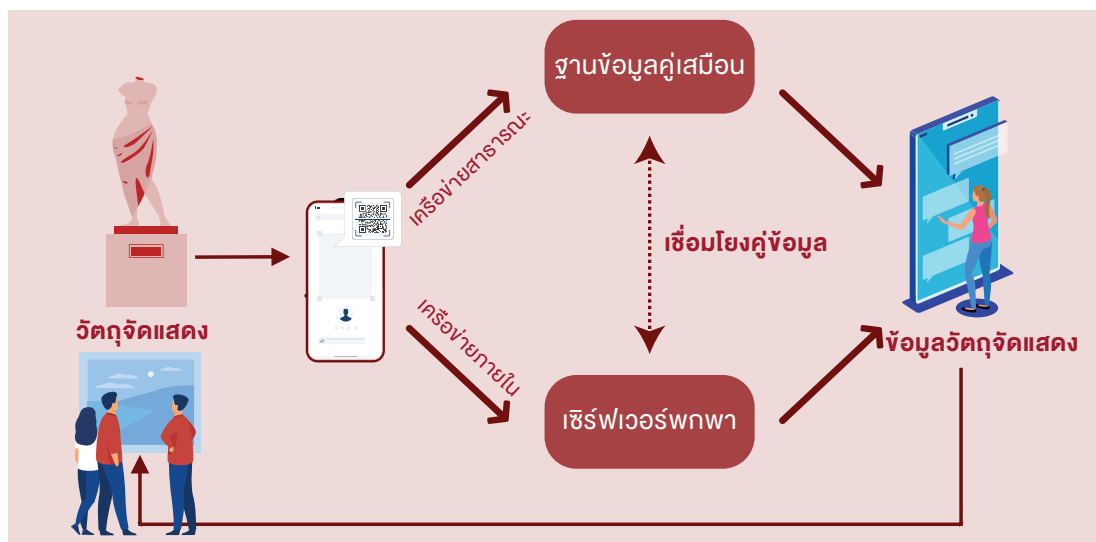
3. วิธีการศึกษา

ผู้วิจัยใช้วิธีวิจัยเชิงประยุกต์โดยแบ่งการพัฒนาเป็น 3 ส่วน ดังนี้

3.1 การพัฒนาระบบของเซิร์ฟเวอร์พกพา

3.1.1 รูปแบบการพัฒนา เป็นการพัฒนาค่อยๆ จากเดิมที่ระบบทำงานอยู่บนโครงสร้างบนคลาวด์เท่านั้น ซึ่งพบว่า มีปัญหาการใช้งานบริเวณที่ไม่มีสัญญาณอินเทอร์เน็ตหรือสัญญาณอินเทอร์เน็ตไม่เสถียร เซิร์ฟเวอร์พกพานี้ทำงานเป็นคู่เสมือนกับฐานข้อมูลของเดิมที่ติดตั้งอยู่บนคลาวด์ โดยมีจุดประสงค์เพื่อรองรับการทำงานกับสมาร์ตโฟนของผู้เข้าชมในทุกรูปแบบการเชื่อมต่อ

3.1.2 การใช้งาน เพื่อให้ผู้เข้าชมสามารถเข้าถึงข้อมูลได้แม้ไม่มีสัญญาณอินเทอร์เน็ต ดังนั้นข้อมูลวัตถุจัดแสดงในเซิร์ฟเวอร์พกพาจะถูกแปลงเป็นที่อยู่บนโปรโตคอล (protocol) HTTP โดยผ่านสื่อตัวกลางเช่น ป้ายคิวอาร์โค้ด และเพื่อให้รองรับการใช้งานกับสมาร์ตโฟนของผู้เข้าชมในขณะที่ต่อเครือข่ายภายใน (intranet) เซิร์ฟเวอร์พกพาจะใช้ Domain Name System (DNS) ในการปรับเปลี่ยนเส้นทางที่ถูกร้องขอเข้ามาให้ไปยังปลายทางใหม่เพื่อรับข้อมูลวัตถุจัดแสดง หรือในกรณีที่สมาร์ตโฟนของผู้เข้าชมเชื่อมต่ออยู่กับคลาวด์ การร้องขอจะถูกส่งไปยังฐานข้อมูลเสมือนที่ถูกกำหนดไว้คู่กันเพื่อรับข้อมูลวัตถุจัดแสดง ดังแสดงในภาพที่ 2

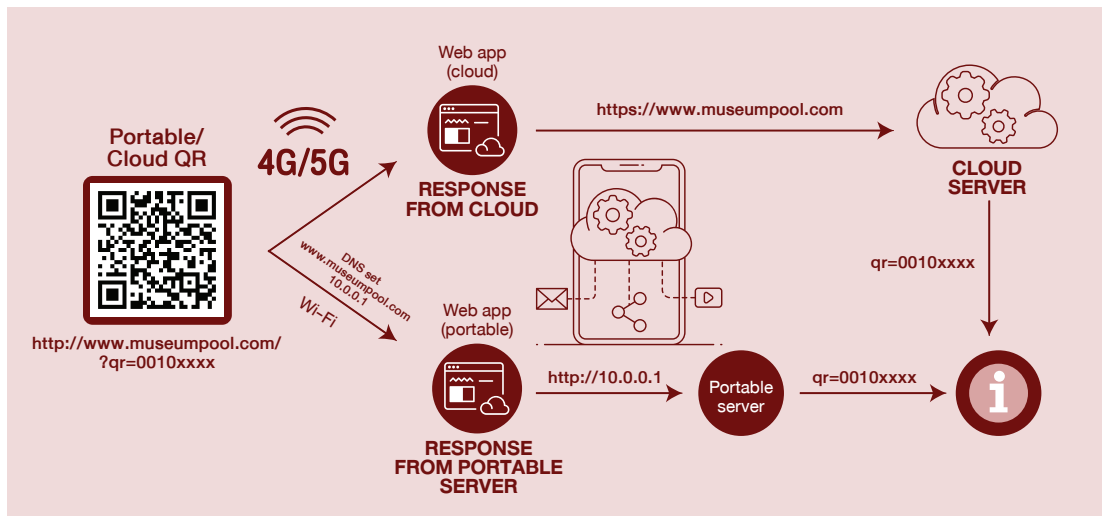


ภาพที่ 2 แผนภาพการทำงานเมื่อสมาร์ทโฟนของผู้เข้าชมเชื่อมต่อเครือข่ายที่แตกต่างกันเพื่อเข้าถึงข้อมูลวัตถุจัดแสดงผ่านสื่อนำเสนอ

3.1.3 ด้านโครงสร้างฐานข้อมูล ระบบบริหารจัดการพิพิธภัณฑ์บนคลาวด์ แต่ละพิพิธภัณฑ์จะมีฐานข้อมูลเป็นของตนเอง และเชื่อมโยงกันเป็นโครงสร้างแบบลำดับชั้น (hierarchy) โดยปกติแต่ละพิพิธภัณฑ์สามารถสร้างพิพิธภัณฑ์ย่อยเป็นเครือข่ายย่อยของตนเองได้ 1 ระดับ ต่อกันไปเรื่อย ๆ ฐานข้อมูลที่อยู่ระดับบนสุดเรียกว่า “ฐานข้อมูลกลาง” ซึ่งเปรียบเสมือนศูนย์กลางที่มีข้อมูลของทุกพิพิธภัณฑ์ภายในเครือข่ายทั้งหมด ฐานข้อมูลลำดับชั้นถัดไปเรียกว่า “ฐานข้อมูลย่อยชั้นที่ 1”

3.1.4 การผนวกเซิร์ฟเวอร์พิกพาเข้ากับคลาวด์ เซิร์ฟเวอร์พิกพาทุกตัวถูกกำหนดให้เป็นส่วนหนึ่งของโครงสร้างบนคลาวด์ โดยฐานข้อมูลย่อยชั้นที่ 1 ชุดหนึ่ง ได้ถูกกำหนดให้เป็นฐานข้อมูลคู่เสมือนเพื่อรองรับการทำงานกับเซิร์ฟเวอร์พิกพาทุกตัว ปัจจุบันเรียกว่า portable hub และมีไอดีประจำตัวเป็น (0010) ฐานข้อมูลคู่เสมือนนี้มีหน้าที่หลักในการให้บริการข้อมูลวัตถุจัดแสดงเมื่อผู้เข้าชมเชื่อมต่อกับคลาวด์ ในขณะที่เซิร์ฟเวอร์พิกพาจะให้บริการข้อมูลวัตถุจัดแสดงเมื่อผู้เข้าชมเชื่อมต่อกับเครือข่ายภายในของตนเองเท่านั้น อย่างไรก็ตาม เซิร์ฟเวอร์พิกพาไม่ได้รับอนุญาตให้สร้างเครือข่ายต่อเนื่องลงไปอีก เนื่องจากโดยลักษณะใช้งานแล้ว เซิร์ฟเวอร์พิกพาจะไม่ได้อยู่ในสถานะออนไลน์ตลอดเวลา จึงไม่สามารถรองรับงานในฐานะแม่ข่ายได้ ผู้ดูแลสามารถเชื่อมโยงข้อมูลวัตถุจัดแสดงจากเซิร์ฟเวอร์พิกพาไปยังฐานข้อมูลคู่เสมือนได้ตลอดเวลาหากเซิร์ฟเวอร์พิกพาเชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ตได้

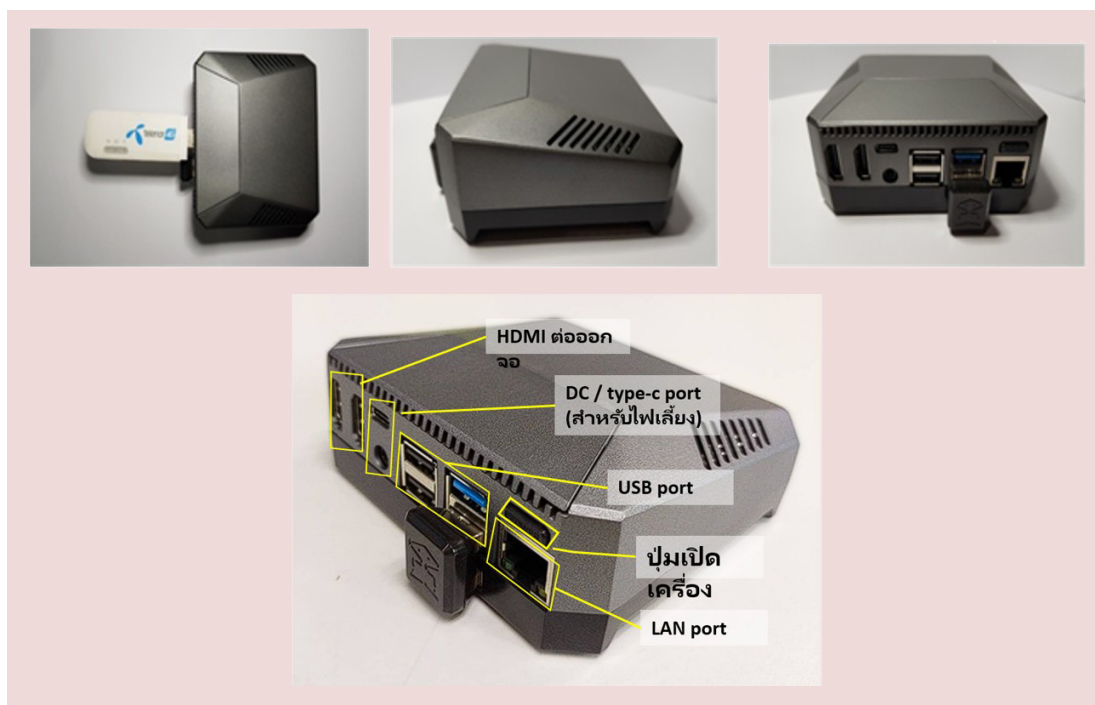
3.1.5 การใช้งานคิวอาร์โค้ด เนื่องจากคิวอาร์โค้ดเป็นสื่อสำคัญในการเลือกเชื่อมต่อฐานข้อมูล ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้ออกแบบรหัสในคิวอาร์โค้ดให้สามารถตอบสนองได้กับทุกฉากทัศน์ที่จะเกิดขึ้นได้จริง ดังภาพที่ 3 ที่รองรับทั้งการเชื่อมต่อวายฟายและอินเทอร์เน็ต



ภาพที่ 3 การเลือกเชื่อมต่อกับฐานข้อมูลจากการอ่านคิวอาร์โค้ด

3.2 เซิร์ฟเวอร์พกพา

เซิร์ฟเวอร์พกพาดังภาพที่ 4 สร้างจากคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กเรียกว่า Raspberry Pi4 ซึ่งมีหน่วยประมวลผล Quad core Cortex-A72 (ARM v8) 64-bit SoC @ 1.5GHz สามารถเชื่อมต่อกับ USB modem เช่น 4G Dongle เพื่อเชื่อมต่อกับสัญญาณอินเทอร์เน็ต ซึ่งการเชื่อมต่อเพื่อใช้งาน Dongle นี้ ระบบ OS ของ Pi จะจัดการให้อัตโนมัติอยู่แล้ว อย่างไรก็ตาม การให้บริการโดยทั่วไปของเซิร์ฟเวอร์พกพาไม่จำเป็นต้องเชื่อมต่อกับสัญญาณ 4G เนื่องจากเซิร์ฟเวอร์พกพาสามารถกระจายสัญญาณเครือข่ายภายในให้ผู้เข้าชม ดังนั้น ถึงแม้ไม่มีสัญญาณอินเทอร์เน็ต ผู้เข้าชมยังสามารถเข้าถึงเนื้อหาจากเซิร์ฟเวอร์พกพาได้ผ่านการอ่านป้ายคิวอาร์โค้ดจากเครือข่ายภายในเสมอ การเชื่อมต่อสัญญาณ 4G เป็นเพียงกระบวนการภายในเพื่ออัปโหลดข้อมูลระหว่างเซิร์ฟเวอร์พกพากับคลาวด์เท่านั้น ซึ่งข้อมูลที่อยู่บนคลาวด์จะใช้รองรับเฉพาะผู้เข้าชมที่เลือกใช้อินเทอร์เน็ตของตนเอง และตารางที่ 1 แสดงคุณสมบัติของเซิร์ฟเวอร์พกพาเมื่อเทียบกับระบบคลาวด์ ทั้งนี้ สำหรับเซิร์ฟเวอร์พกพา จะต้องเสียบไฟ 220 โวลต์ ผ่าน DC adapter ซึ่งเมื่อเสียบไฟแล้วก็กดสวิตช์เพื่อเปิดใช้งาน



ภาพที่ 4 เซิร์ฟเวอร์พกพา

ตารางที่ 1 คุณสมบัติของเซิร์ฟเวอร์พกพาเมื่อเทียบกับระบบเดิม (คลาวด์)

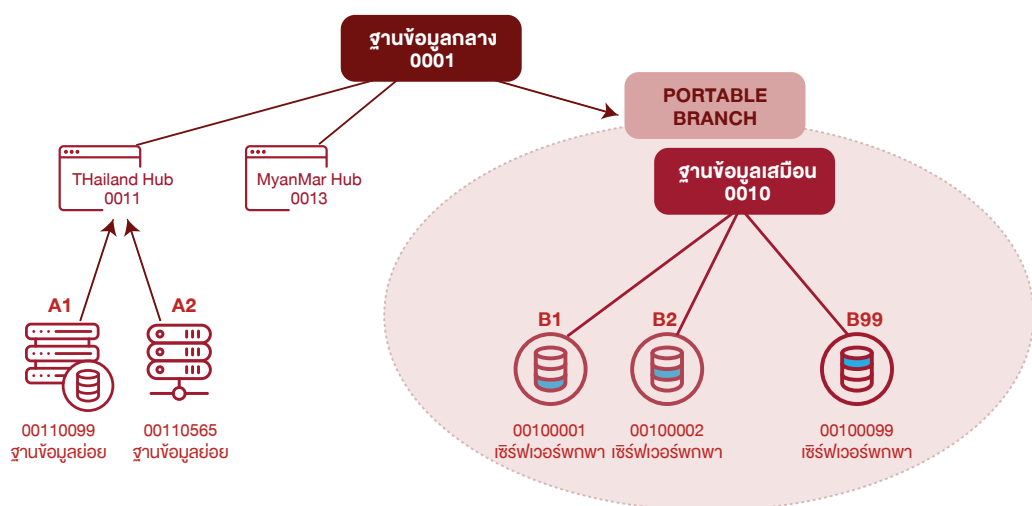
หัวข้อ	ระบบคลาวด์	เซิร์ฟเวอร์พกพา
การติดตั้งเพื่อใช้งาน	ต้องติดตั้งโดยผู้ดูแลระบบก่อนใช้งาน	สามารถใช้งานได้ทันที
การใช้งาน	ตลอดเวลา (บนเซิร์ฟเวอร์)	เปิดปิดผ่านสวิตช์ (plug and play)
การบริหารจัดการ	เครื่อง่ายสาธารณะ	เครื่อง่ายภายใน
การให้บริการ	เครื่อง่ายสาธารณะ	เครื่อง่ายสาธารณะหรือเครื่อง่ายภายใน
ขอบเขตการให้บริการ	ไม่จำกัด	20-30 เมตร กรณีเชื่อมต่อเครื่อง่ายภายใน (สามารถเพิ่มอุปกรณ์ขยายเครือข่ายทั่วไป เช่น สวิตช์ เราเตอร์ (router) หรือเพิ่มเซิร์ฟเวอร์พกพา ก็ได้)
จำนวนไซต์ (site) ที่รองรับต่ออุปกรณ์	หลายแห่ง	1 แห่ง
จำนวนผู้ใช้งานที่รองรับ	มากกว่า 15 คน	15 คน (ในระยะเวลา 10 วินาที)
การเชื่อมโยงข้อมูล	ตลอดเวลา	ขณะเชื่อมต่อเครื่อง่ายสาธารณะเท่านั้น

3.3 สถาปัตยกรรมเครือข่าย (network architecture)

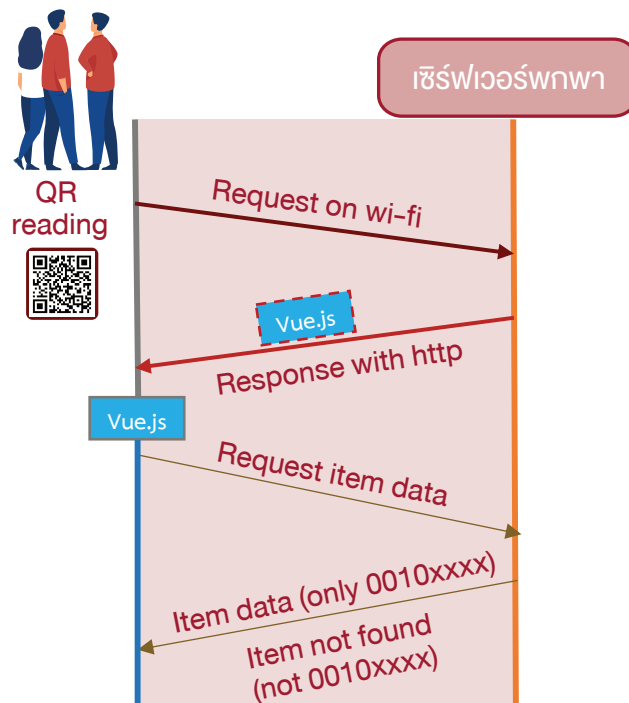
แผนภาพสถาปัตยกรรมด้านเครือข่ายของฐานข้อมูลเสมือน แสดงดังภาพที่ 5

กรณีที่ผู้ใช้ผู้ใช้อุปกรณ์ส่วนตัวอ่านสื่อกลางเพื่อเข้าถึงข้อมูลวัตถุจัดแสดงด้วยการเชื่อมต่ออยู่กับเครือข่ายภายในของเซิร์ฟเวอร์พวกา แสดงดังภาพที่ 6 สมาร์ทโฟนของผู้ใช้จะร้องขอไปยังปลายทางที่ระบุ ซึ่งในกรณีนี้ปลายทางดังกล่าวจะถูกปรับเส้นทางไปยังเซิร์ฟเวอร์พวกาและได้ข้อมูลกลับมาผ่านโพรโทคอล HTTP ข้อมูลที่ได้กลับมาจะเป็นโค้ด (code) สำหรับร้องขอข้อมูลวัตถุจัดแสดงเพื่อมาแสดงผลให้กับผู้ใช้งาน โดยโค้ดดังกล่าวจะตรวจสอบโพรโทคอล HTTP ที่ใช้งานก่อนหน้านี้ แล้วจึงร้องขอข้อมูลวัตถุจัดแสดงไปยังฐานข้อมูลของเซิร์ฟเวอร์พวกาอีกครั้ง หากในฐานข้อมูลดังกล่าวมีข้อมูลของวัตถุจัดแสดงชิ้นนั้นอยู่ จะนำมาแสดงผลบนหน้าจอของสมาร์ทโฟนของผู้ใช้ทันที

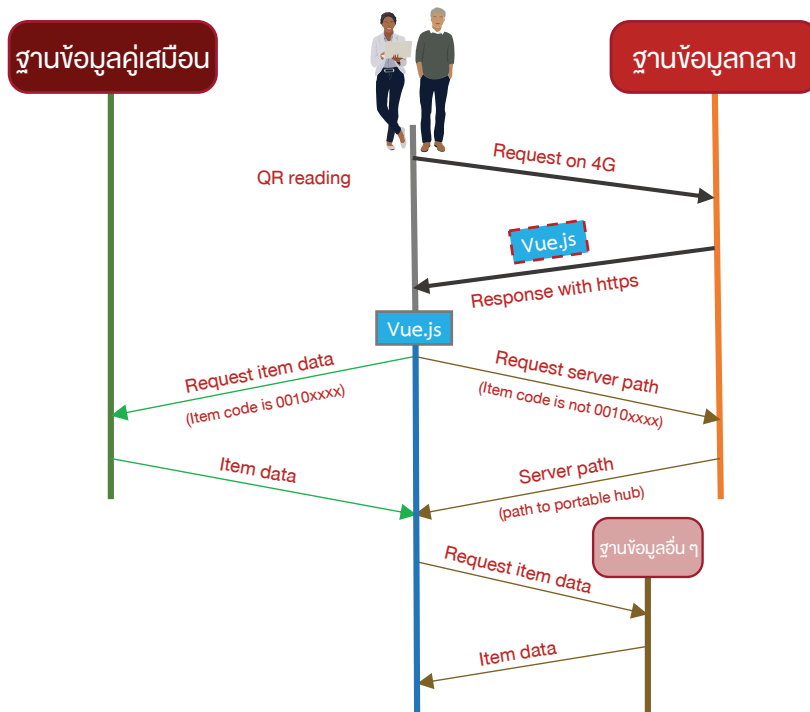
กรณีที่ผู้ใช้ผู้ใช้อุปกรณ์ส่วนตัวอ่านสื่อกลางเพื่อเข้าถึงข้อมูลวัตถุจัดแสดงด้วยการเชื่อมต่ออยู่กับคลาวด์ แสดงดังภาพที่ 7 อุปกรณ์ส่วนตัวของผู้ใช้จะร้องขอไปยังปลายทางที่ระบุ ซึ่งในกรณีนี้ปลายทางจะไปยังฐานข้อมูลหลักเสมอ และข้อมูลที่ได้กลับมาจะเป็นโค้ดสำหรับร้องขอข้อมูลวัตถุจัดแสดงเช่นเดียวกัน หากแต่อยู่ในรูปแบบโพรโทคอล HTTPS ที่แตกต่างจากก่อนหน้านี้ เมื่อตรวจสอบโพรโทคอลดังกล่าวแล้ว จะมีการตรวจสอบรหัสของวัตถุจัดแสดงเพิ่มเติม ในกรณีที่เป็นการรหัสของวัตถุจัดแสดงที่ร้องขอจากเซิร์ฟเวอร์พวกา (ในที่นี้กำหนดให้ขึ้นต้น 0010) ก็จะมีร้องขอข้อมูลวัตถุจัดแสดงไปที่ฐานข้อมูลคู่เสมือน แต่หากเป็นรหัสอื่นจะร้องขอไปยังฐานข้อมูลหลักอีกครั้ง เพื่อขอข้อมูลจากฐานข้อมูลรองที่มีข้อมูลวัตถุจัดแสดงดังกล่าวอยู่ก่อน จากนั้นจึงค่อยร้องขอข้อมูลวัตถุจัดแสดงไปที่ฐานข้อมูลรองที่ระบุเพื่อนำข้อมูลมาแสดงผลบนหน้าจอของอุปกรณ์ส่วนตัวของผู้ใช้



ภาพที่ 5 แผนภาพสถาปัตยกรรมด้านเครือข่ายของฐานข้อมูลเสมือน



ภาพที่ 6 วิธีการให้บริการข้อมูลวัตถุจัดแสดงกับผู้เข้าชมผ่านเครือข่ายสายฟ้า



ภาพที่ 7 วิธีการให้บริการข้อมูลวัตถุจัดแสดงกับผู้เข้าชมผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

4. การทบทวนวรรณกรรม

งานที่เกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการพิพิธภัณฑ์มีหลากหลายรูปแบบ เช่น การพัฒนาอุปกรณ์เพื่ออำนวยความสะดวกในการเข้าถึง การพัฒนาแพลตฟอร์มเพื่อช่วยบริหารข้อมูล หรือการวิเคราะห์รูปแบบการเยี่ยมชมใช้ในการแนะนำ ส่วนหนึ่งของงานเหล่านี้มักปรากฏอยู่ในรูปแบบของสิทธิบัตรต่าง ๆ เช่น ในสิทธิบัตรของ Kane et al. (2009) กล่าวถึงวิธีการแนะนำข้อมูลในรูปแบบไฟล์อิเล็กทรอนิกส์ เช่น หนังสืออิเล็กทรอนิกส์ เสียง วิดีโอ โดยอ้างอิงตามตำแหน่งผู้ใช้งานในขณะนั้น หรือในสิทธิบัตรของ Soule et al. (2019) ที่อ้างถึงการนำความสนใจของผู้ชมที่เก็บรวบรวมจากพฤติกรรมการเลือกชมข้อมูลต่าง ๆ ของผู้เข้าชมในสถานที่จัดงานหรือพิพิธภัณฑ์ ทั้งแบบรายตัวและรายกลุ่ม และนำไปใช้อ้างอิงในการแนะนำข้อมูลที่มีความสัมพันธ์กัน อย่างไรก็ตาม วิธีการเหล่านี้จำเป็นต้องมีเครือข่ายที่รองรับการใช้งานแบบครอบคลุมควบคู่ไปกับอุปกรณ์ส่วนตัวของผู้ใช้งาน ดังนั้น การบริหารจัดการเครือข่ายให้สามารถครอบคลุมการใช้งานจึงมีความสำคัญมาก อีกทั้งต้องคำนึงถึงรูปแบบการใช้งานที่เอื้อต่อการปรับปรุงและแก้ไขได้อย่างง่ายดายเพื่อลดภาระให้กับภัณฑารักษ์ (curator) ในการดูแลระบบด้วย ในกรณีของ Franklin (2017) ที่ได้นำเสนอวิธีการประยุกต์เครือข่ายการใช้งานโดยมีการตั้งชื่อ SSID (Service Set Identifier) ให้สอดคล้องกับข้อมูลในแต่ละบริเวณ และมีการใช้แอปพลิเคชันเพื่อช่วยในการแนะนำข้อมูลให้กับผู้ใช้งานตามตำแหน่งที่อยู่ วิธีการรูปแบบดังกล่าว ใช้การตั้งชื่อ SSID เพื่อช่วยในการประเมินความสนใจของผู้ใช้งาน แต่ทำให้การบริหารจัดการเครือข่ายมีความซับซ้อนขึ้น ทำให้ไม่เหมาะกับพิพิธภัณฑ์ที่มีผู้ดูแลอยู่ไม่มาก ในขณะที่แพลตฟอร์มบริหารจัดการพิพิธภัณฑ์แบบเครือข่าย ผ่านแอปพลิเคชันโทรศัพท์มือถือชื่อ “Museum Pool” (Kovavisaruch et al., 2015) เป็นการสร้างแพลตฟอร์มเพื่อให้ผู้ดูแลพิพิธภัณฑ์สามารถสร้างสื่อแนะนำผ่านสมาร์ตโฟนของผู้เข้าชมได้โดยง่าย โดยผู้ดูแลสามารถเพิ่มและแก้ไขข้อมูลวัตถุจัดแสดงต่าง ๆ ได้ตลอดเวลาผ่านเว็บเบราว์เซอร์ทั่วไปบนอุปกรณ์ใดก็ได้ ตลอดจนผู้เข้าชมก็สามารถเข้าถึงข้อมูลดังกล่าวผ่านการสแกนป้ายคิวอาร์โค้ด จากหลักการข้างต้นจะเห็นได้ว่า จุดร่วมสำคัญอย่างหนึ่งคือ มีการพึ่งพาเครือข่ายการสื่อสารระหว่างอุปกรณ์ต่าง ๆ เป็นส่วนสำคัญ ซึ่งหากคุณภาพของเครือข่ายไม่ดีย่อมส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการใช้งานด้วย และจากการลงพื้นที่จริงในต่างจังหวัดของประเทศไทย พบว่า ยังมีหลายพื้นที่ที่แม้จะมีสัญญาณโทรศัพท์ แต่คุณภาพของสัญญาณอินเทอร์เน็ตยังไม่ดีนัก งานวิจัยนี้จึงนำเสนอเซิร์ฟเวอร์พกพาซึ่งช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงข้อมูลต่าง ๆ ได้อย่างไม่ติดขัดแม้จะอยู่ในบริเวณที่มีคุณภาพสัญญาณอินเทอร์เน็ตไม่ดี โดยเซิร์ฟเวอร์พกพานี้ยังสามารถทำงานร่วมกับแพลตฟอร์มระบบบริหารจัดการพิพิธภัณฑ์แบบเครือข่ายดังที่ได้กล่าวมาด้วย

5. นิยามศัพท์เฉพาะ

5.1 เซิร์ฟเวอร์พกพาสำหรับบริหารจัดการพิพิธภัณฑ์แบบคู่เสมือน (Museum Pool portable server) เป็นเสมือนฐานข้อมูลออนไลน์ที่ติดตั้งไว้ที่พิพิธภัณฑ์ ทำหน้าที่กระจายสัญญาณวิทยุ หนึ่งเดียวกัน ก็ให้ข้อมูลนำชมแก่ผู้เข้าชม เป็นเหมือนส่วนต่อขยายของแพลตฟอร์มบริหารจัดการพิพิธภัณฑ์แบบเครือข่าย ที่ให้บริการได้ครอบคลุมมากขึ้น

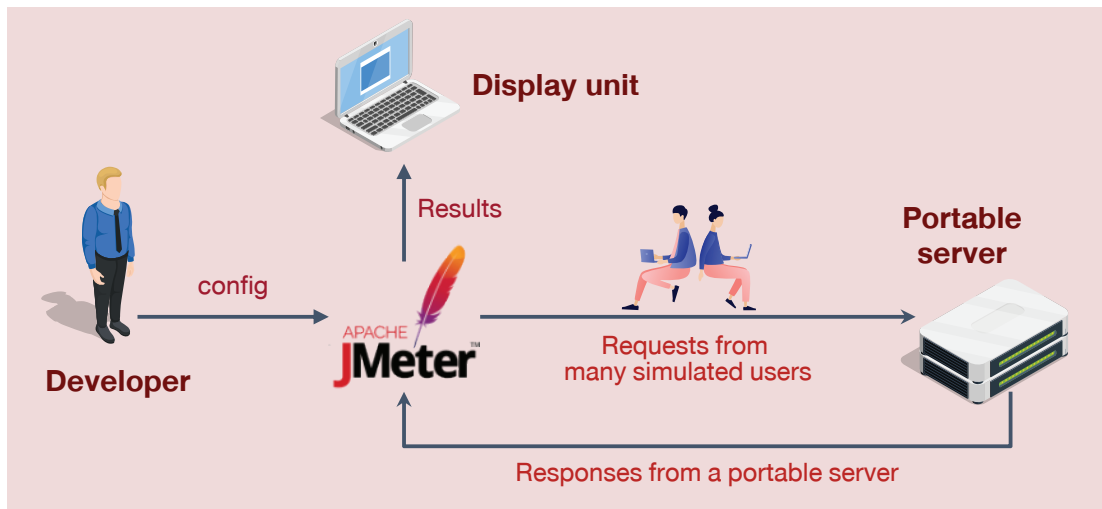
5.2 ฐานข้อมูลเสมือน (virtual database) เป็นฐานข้อมูลที่อยู่บนคลาวด์ ใช้สำหรับรวบรวมข้อมูล จากเซิร์ฟเวอร์พกพาทั้งหมด และถูกใช้เป็นแหล่งข้อมูลให้กับสมาร์ทโฟนของผู้เข้าชมขณะเชื่อมต่ออยู่กับคลาวด์

5.3 แพลตฟอร์มบริหารจัดการพิพิธภัณฑ์แบบเครือข่าย (Museum Pool platform) เป็นแพลตฟอร์ม ที่ออกแบบการบริหารจัดการนำชมตั้งแต่ต้นทางคือ ภัณฑารักษ์สามารถนำเข้าข้อมูลผ่านเว็บแอปพลิเคชัน เพื่อส่งข้อมูลขึ้นคลาวด์ ในส่วนของผู้เข้าชมสามารถใช้สมาร์ทโฟนสแกนคิวอาร์โค้ดเพื่อให้เข้าถึงข้อมูลนำชม ที่อยู่บนคลาวด์

5.4 เครือข่าย Museum Pool เป็นเครือข่ายของแพลตฟอร์มบริหารจัดการข้อมูล ซึ่งจะมีโครงข่าย แบบลำดับชั้น

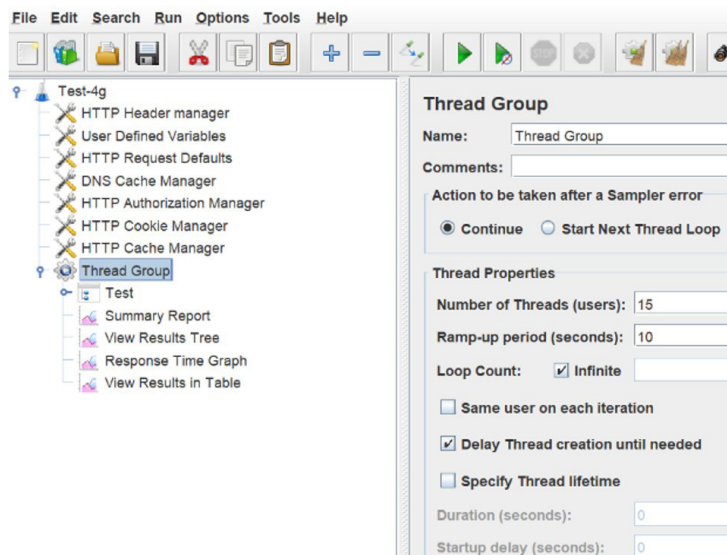
6. ผลการศึกษา

การทดสอบสภาวะวิกฤตในสถานการณ์จริงนั้นทำได้ยาก เนื่องจากต้องมีการจำลองรูปแบบการใช้งาน รูปแบบต่าง ๆ ซึ่งยากต่อการควบคุม ผู้วิจัยจึงเลือกใช้ JMeter ซึ่งเป็นซอฟต์แวร์ (software) แบบ Open Source Software (OSS) จำลองสภาวะดังกล่าวเพื่อทดสอบกับเซิร์ฟเวอร์พกพา ดังภาพที่ 8 ซึ่งเป็นการทดสอบการร้องขอ ข้อมูลจากเซิร์ฟเวอร์พกพาตามจำนวนผู้ใช้งานที่หลากหลายในสภาวะต่าง ๆ โดยจำลองให้มีผู้ใช้งานตั้งแต่ 5-15 ราย (number of threads) พร้อมกับจำลองกรอบเวลาร้องขอข้อมูลเป็น 10-60 วินาที (ramp-up period) และกำหนดให้จำนวนแพ็กเก็ต (packet) รวมที่ทำการร้องขอในแต่ละรอบมากกว่า 500 ชุดขึ้นไป โดยตั้งค่า ใน JMeter ให้อยู่ในหมวด thread group ดังแสดงในภาพที่ 9 ส่วนการตั้งค่าของ HTTP สามารถใช้โปรแกรม BlazeMeter (เครื่องมือ open source สำหรับทดสอบโหลดของระบบ) ซึ่งเป็นส่วน extension ในเบราว์เซอร์ เช่น Chrome ช่วยกำหนดค่าให้ได้

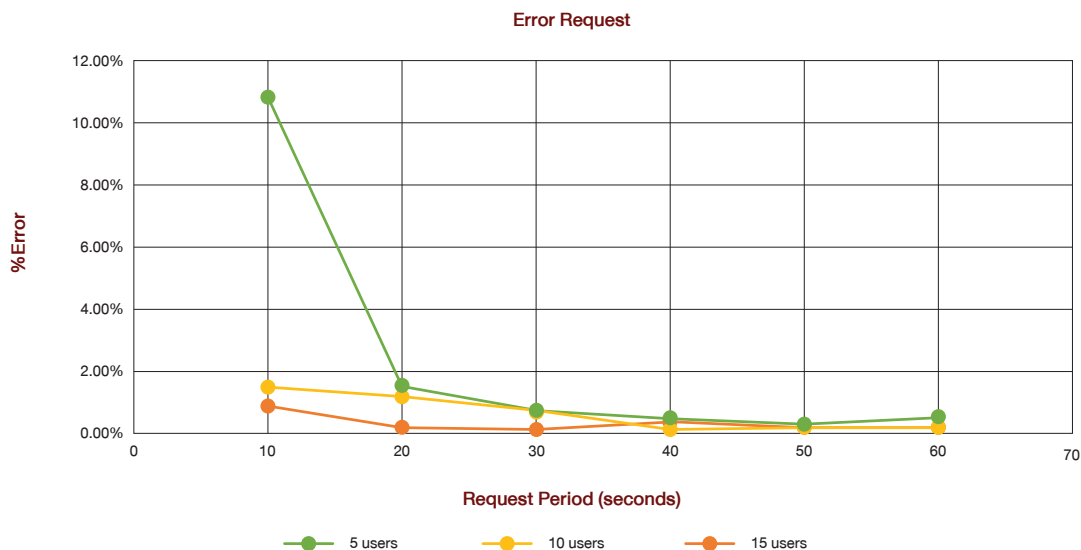


ภาพที่ 8 การใช้ JMeter จำลองสถานการณ์เพื่อทดสอบการใช้งานเซิร์ฟเวอร์พพพ

ผลการทดสอบแสดงดังภาพที่ 10 พบว่า เมื่อผู้ใช้งานไม่เกิน 10 ราย และมีการกำหนดค่าความพึงพอใจของการร้องขอผิดพลาดที่ร้อยละ 10 ในการทดลองส่วนใหญ่จะมีจำนวนการร้องขอผิดพลาดเฉลี่ยต่ำกว่าร้อยละ 2 ในขณะที่จำนวนการร้องขอผิดพลาดจะเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดเมื่อมีผู้ใช้งานมากกว่า 15 ราย ภายในกรอบเวลา 10 วินาที (เกินร้อยละ 10) อย่างไรก็ตาม การใช้งานเซิร์ฟเวอร์พพพพนี้โดยปกติจะใช้ในบริเวณจำกัด ดังนั้น ข้อจำกัดในการรองรับจำนวนผู้ใช้งานไม่เกิน 15 คนภายในช่วงเวลา 10 วินาทีนี้ จึงเพียงพอต่อการใช้งานในแบบทั่วไป



ภาพที่ 9 การตั้งค่าเพื่อทดสอบใน JMeter



ภาพที่ 10 จำนวนการร้องขอผิดพลาดที่ขนาดคาบเวลาร้องขอต่าง ๆ ตามจำนวนผู้ใช้งาน

ในการทดสอบการใช้งานจริงได้มีการนำเซิร์ฟเวอร์พกพาไปติดตั้งดังภาพที่ 8 ที่พิพิธภัณฑ์หรือชุมชนท้องถิ่นทั้ง 7 แห่ง ได้แก่ 1) เรือนพ่อคง เรือนโคราช จังหวัดนครราชสีมา 2) พิพิธภัณฑ์ศูนย์การเรียนรู้หมู่บ้านเครื่องปั้นดินเผาด่านเกวียน จังหวัดนครราชสีมา 3) ศูนย์วัฒนธรรมไทโส จังหวัดสกลนคร 4) พิพิธภัณฑ์บ้านป่าหุ้ม-ป่าไ้ จังหวัดสกลนคร 5) พระมหาเจดีย์ชัยมงคล จังหวัดร้อยเอ็ด 6) วัดประชาคมวนาราม (วัดป่ากุง) จังหวัดร้อยเอ็ด 7) พิพิธภัณฑ์วัดบ้านสร้างเรือง จังหวัดศรีสะเกษ โดยการทดสอบการใช้งานฟังก์ชัน (function) พื้นฐานต่าง ๆ ในบริเวณหน้างานติดตั้งจริงประกอบด้วยหัวข้อดังตารางที่ 2 และ 3 ต่อไปนี้

ตารางที่ 2 หัวข้อที่ใช้ทดสอบการทำงานของเซิร์ฟเวอร์พกพา

หัวข้อ	รายละเอียด	ผลการทดสอบ
อุปกรณ์	รองรับการใช้งานผ่าน USB-C	สามารถใช้งานได้
	สามารถเปิด-ปิดการทำงานผ่านปุ่มที่กล่อง	สามารถใช้งานได้
โหมดการทำงาน	รองรับการใช้งานแบบออฟไลน์โหมด	สามารถใช้งานได้
	รองรับการใช้งานแบบออนไลน์โหมด	สามารถใช้งานได้
การใช้งานของกันทาร์กซ์	รองรับการใช้งานผ่านอุปกรณ์ที่มีสายพาย เช่น โน้ตบุ๊ก (notebook) หรือโทรศัพท์มือถือ	สามารถใช้งานได้
การใช้งานของผู้เข้าชม	รองรับการอ่านคิวอาร์โค้ดผ่านเว็บแอปพลิเคชัน	สามารถใช้งานได้
	รองรับการอ่านคิวอาร์โค้ดผ่านแอปพลิเคชันโทรศัพท์มือถือ	สามารถใช้งานได้ (ออนไลน์โหมด)

ตารางที่ 3 สถิติจำนวนครั้งในการเยี่ยมชมผ่านคิวอาร์โคดของเซิร์ฟเวอร์พกพา มีวเซียมพูล พ.ศ. 2566

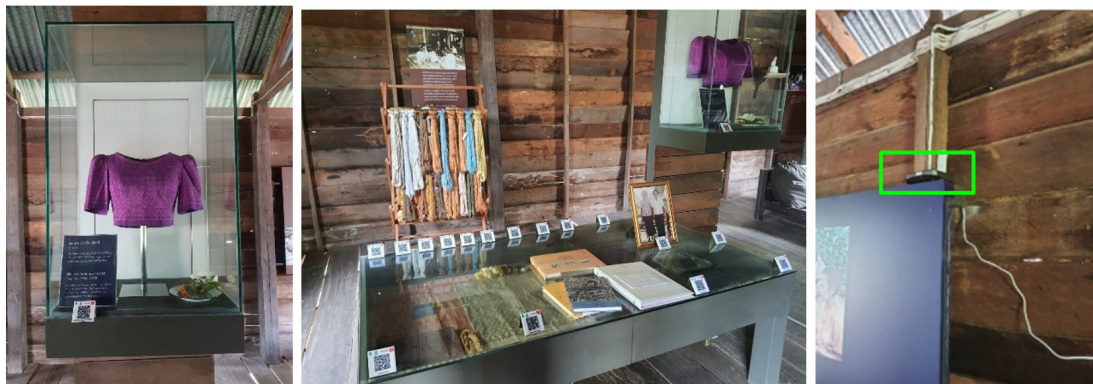
พิพิธภัณฑ์	จังหวัด	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.
เรือนพ่อคง เรือนโคราษ	นครราชสีมา	88	43	11	18	6	4	24	26
พิพิธภัณฑ์ศูนย์การเรียนรู้ หมู่บ้านเครื่องปั้นดินเผาด่านเกวียน	นครราชสีมา	67	19	6	5	32	7	8	9
ศูนย์วัฒนธรรมไทโส้	สกลนคร	24	9	66	0	15	0	0	24
พิพิธภัณฑ์บ้านป่ากุ่ม-ป่าไถ่	สกลนคร	33	1	59	0	4	1	1	4
พระมหาเจดีย์ชัยมงคล	ร้อยเอ็ด	10	0	105	31	12	11	20	4
วัดประชาคมวนาราม (วัดป่ากุง)	ร้อยเอ็ด	9	0	151	15	12	31	77	71
พิพิธภัณฑ์วัดบ้านสร้างเรือง	ศรีสะเกษ	18	9	44	84	0	21	20	33



ภาพที่ 11 จุดติดตั้งเซิร์ฟเวอร์พกพาและคิวอาร์โคด ณ พิพิธภัณฑ์วัดบ้านสร้างเรือง



ภาพที่ 12 จุดติดตั้งเซิร์ฟเวอร์พกพาและคิวอาร์โคด ณ พิพิธภัณฑ์ศูนย์การเรียนรู้หมู่บ้านเครื่องปั้นดินเผาด่านเกวียน



ภาพที่ 13 จุดติดตั้งเซิร์ฟเวอร์พกพาและคิวอาร์โคด ณ พิพิธภัณฑ์บ้านป่ากุ่ม-ป่าไผ่

7. การอภิปรายผล

การพัฒนาเซิร์ฟเวอร์พกพาสำหรับบริหารจัดการพิพิธภัณฑ์แบบคู่เสมือนที่นำเสนอในบทความนี้ เป็นการพัฒนาต่อยอดมาจากแพลตฟอร์มบริหารจัดการพิพิธภัณฑ์แบบเครือข่ายที่เรียกว่า Museum Pool ซึ่งเนคเทคได้พัฒนาขึ้นเพื่อให้ภัณฑารักษ์สามารถบริหารจัดการข้อมูลวัตถุจัดแสดง พร้อมทั้งเผยแพร่ข้อมูลเหล่านั้นผ่านสื่อนำเสนอได้อย่างรวดเร็ว เช่น ป้ายคิวอาร์โคด ทั้งนี้ เซิร์ฟเวอร์พกพาสำหรับบริหารจัดการพิพิธภัณฑ์แบบคู่เสมือนถูกออกแบบมาเพื่อแก้ปัญหาการใช้งานในพื้นที่ที่สัญญาณอินเทอร์เน็ตมีคุณภาพไม่เสถียร โดยเซิร์ฟเวอร์พกพานี้จะทำหน้าที่สร้างเครือข่ายเฉพาะกิจขึ้นมาเพื่อให้บริการในบริเวณรอบ ๆ ผู้เข้าชมสามารถเชื่อมโยงกับเครือข่ายดังกล่าวเพื่อเข้าถึงข้อมูลวัตถุจัดแสดงผ่านป้ายคิวอาร์โคดได้

ในบทความนี้ใช้โปรแกรม Jmeter (Gaba, 2023) ซึ่งเป็นซอฟต์แวร์แบบ open source ทำการจำลองสถานะวิกฤตเพื่อทดสอบการใช้งาน โดยจำลองให้จำนวนผู้ใช้งานตั้งแต่ 5-15 ราย ทำการร้องขอข้อมูลเข้ามาภายในกรอบเวลาตั้งแต่ 10-60 วินาที และกำหนดให้จำนวนแพ็กเก็ตรวมที่ร้องขอในแต่ละรอบมากกว่า 500 ชุดขึ้นไป ซึ่งกำหนดค่าความพึงพอใจของการร้องขอผิดพลาดที่ร้อยละ 10 ผลการทดลองพบว่า ส่วนใหญ่มีจำนวนการร้องขอผิดพลาดเฉลี่ยต่ำกว่าร้อยละ 2 ในขณะที่จำนวนการร้องขอผิดพลาดเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดเมื่อมีผู้ใช้งานมากกว่า 15 ราย ภายในกรอบเวลา 10 วินาที (ร้องขอผิดพลาดเกินร้อยละ 10) ทั้งนี้ เนื่องมาจากตัวอุปกรณ์ที่ใช้มีหน่วยประมวลผลขนาดเล็ก จึงมีข้อจำกัดเรื่องการรองรับจำนวนผู้ใช้งานจำนวนมากพร้อมกัน ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ต้องคำนึงเมื่อนำไปใช้งานจริง ส่วนกรณีของพิพิธภัณฑ์หรือแหล่งชุมชนที่ไม่ได้มีผู้เข้าชมมากนัก กรอบเวลาอ้างอิงดังกล่าวจะมีขนาดใหญ่ขึ้น และส่งผลให้เซิร์ฟเวอร์พกพาสามารถรองรับผู้ใช้งานภายในกรอบเวลาดังกล่าวได้มากขึ้นตามไปด้วย

ในงานวิจัยนี้ได้มีการติดตั้งติดตั้งเซิร์ฟเวอร์พกพาที่เรือนพ่อคง เรือนโคราช พิพิธภัณฑสถานบ้านป่าหุ้ม-ป่าไ้ วัดประชาคมวนาราม (วัดป่ากง) และวัดพระมหาเจดีย์ชัยมงคล แห่งละจุด เนื่องจากพื้นที่ไม่ใหญ่มาก สัญญาณอินเทอร์เน็ตสามารถครอบคลุมได้ สำหรับพิพิธภัณฑสถานการเรียนรู้หมู่บ้านเครื่องปั้นดินเผาด่านเกวียน และศูนย์วัฒนธรรมไทโส้ มีพื้นที่จัดแสดงขนาดใหญ่ จึงได้ติดตั้งแห่งละ 2 จุด โดยให้มีรัศมีครอบคลุมพื้นที่จัดแสดงทั้งหมด ส่วนพิพิธภัณฑสถานวัดบ้านสร้างเรือง เป็นอาคาร 4 ชั้น มีพื้นที่จัดแสดง 3 ชั้น จึงได้ติดตั้ง 3 จุด เซิร์ฟเวอร์พกพาสามารถทำงานในส่วนหลัก ๆ ได้แก่ การสร้างป้ายคิวอาร์โคด การใช้งานบนเครือข่ายที่แตกต่างกันได้ โดยไม่มีปัญหา ในขณะที่พิพิธภัณฑสถานหรือแหล่งชุมชนเหล่านี้ ปกติมีผู้เข้าชมไม่หนาแน่น จึงไม่ต้องกังวลกับข้อจำกัดในเรื่องจำนวนผู้ใช้งาน

หลังจากติดตั้ง มีข้อมูลการใช้งานอย่างต่อเนื่อง เป็นเสมือนคำตอบว่าระบบที่ออกแบบนี้สามารถใช้งานได้จริงและยังใช้งานได้อยู่

8. ข้อสรุป

เซิร์ฟเวอร์พกพาสำหรับบริหารจัดการพิพิธภัณฑสถานแบบคู่มือที่นำเสนอในบทความนี้ เป็นการพัฒนาต่อยอดจากแพลตฟอร์มบริหารจัดการพิพิธภัณฑสถาน ซึ่งเดิมเป็นการทำงานแบบคลาวด์เท่านั้น ให้สามารถรองรับการใช้งานในพื้นที่ซึ่งสัญญาณอินเทอร์เน็ตไม่ดีได้ โดยเจ้าหน้าที่หรือผู้ดูแลพิพิธภัณฑสถานเชื่อมต่ออุปกรณ์ใช้งานตนเองเข้ากับเครือข่ายของเซิร์ฟเวอร์พกพา ก็จะสามารถใช้งานได้เช่นเดียวกับระบบที่อยู่บนคลาวด์โดยไม่ต้องเสียเวลาเรียนรู้วิธีใช้งานใหม่ ซึ่งข้อมูลของวัตถุจัดแสดงต่าง ๆ ที่ถูกเพิ่มให้กับเซิร์ฟเวอร์พกพา สามารถเชื่อมโยงเข้ากับคลาวด์ได้ หากมีการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตไว้ ผู้เข้าชมสามารถเชื่อมต่ออุปกรณ์ของตนเองเข้ากับเว็บบายพายของเซิร์ฟเวอร์พกพาหรือเชื่อมต่อกับสัญญาณอินเทอร์เน็ตของตนเองเพื่ออ่านป้ายคิวอาร์โคด ในกรณีที่ใช้งานผ่านเว็บแอปพลิเคชันซึ่งเป็นการแสดงผลผ่านเบราว์เซอร์จะรองรับการเชื่อมต่อทั้งสองแบบ ในขณะที่การใช้งานเนทีฟแอปพลิเคชัน (native application) บนระบบแอนดรอยด์ (Android) และไอโอเอส (iOS) ยังคงรองรับเพียงการเชื่อมต่อกับสัญญาณอินเทอร์เน็ตเท่านั้น เนื่องจากเซิร์ฟเวอร์พกพาได้มีการปรับแต่งค่าของ DNS ไว้เพื่อจัดการเกี่ยวกับเส้นทางข้อมูล ดังนั้น เพื่อให้เนทีฟแอปพลิเคชันสามารถใช้งานร่วมกับการเชื่อมต่อเว็บบายพายของเซิร์ฟเวอร์พกพาได้ จำเป็นต้องอัปเดตโปรโตคอลการรับส่งข้อมูลเพิ่มเติมในภายหลัง

สำหรับความสามารถในการรองรับผู้ใช้งาน สามารถรองรับผู้ใช้งานได้ 10-15 คนภายในช่วงเวลาประมาณ 10 วินาที ในกรณีที่ต้องการเพิ่มจำนวนผู้ใช้งานสามารถเพิ่มจำนวนเซิร์ฟเวอร์พกพาได้ หรือในกรณีที่ต้องการเพิ่มขนาดพื้นที่ให้บริการ สามารถเพิ่มอุปกรณ์เครือข่าย เช่น เราเตอร์หรือสวิตช์ได้ ปัจจุบันได้มีการนำไปติดตั้งสถานที่ใช้งานจริงจำนวน 7 แห่ง ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2566 และยังมีสถิติการใช้งานในแต่ละพิพิธภัณฑสถานอย่างต่อเนื่อง เป็นหลักฐานยืนยันว่าระบบนี้ใช้งานได้จริง

9. ข้อเสนอแนะ

9.1 ข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษาในอนาคต

เนื่องจากระบบนี้เป็นแพลตฟอร์มบริหารข้อมูลวัตถุจัดแสดงโดยภัณฑารักษ์เพื่อนำเสนอข้อมูลให้กับผู้เข้าชม โดยรองรับสื่อในรูปแบบพื้นฐานทั่วไป เช่น ภาพ วิดีโอ เอกสาร ในภาษาต่าง ๆ เท่านั้น อย่างไรก็ตาม การที่จะให้แพลตฟอร์มสามารถรองรับสื่อที่มีความซับซ้อน เช่น ความเป็นจริงเสริม (Augmented Reality: AR) ขึ้นอยู่กับทักษะส่วนตัวของภัณฑารักษ์เป็นสำคัญ การทำให้ภัณฑารักษ์ทุกระดับความรู้สามารถทำงานร่วมกับสื่อที่มีรูปแบบซับซ้อนมากขึ้นจึงเป็นเรื่องที่ท้าทาย และเป็นโจทย์ที่น่าสนใจในคราวเดียวกัน

9.2 ข้อเสนอแนะเชิงนโยบายสำหรับกิจการสื่อสารดิจิทัล

หน่วยงานภาครัฐมีการสนับสนุนให้มีการเก็บความรู้ ภูมิปัญญาท้องถิ่น แต่ควรส่งเสริมเครื่องมือให้กับชุมชนเพื่อเป็นการพัฒนาทักษะดิจิทัล ในขณะเดียวกันก็สามารถเก็บข้อมูลในรูปดิจิทัลซึ่งเป็นการอนุรักษ์ และสามารถพัฒนาต่อยอดเชิงสังคมและพาณิชย์ให้กับชุมชนได้

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณกองทุนวิจัยและพัฒนากิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคม เพื่อประโยชน์สาธารณะ (กทปส.) สำหรับแหล่งทุน และขอขอบคุณเครือข่ายมหาวิทยาลัยราชภัฏภาคตะวันออกเฉียงเหนือทั้ง 11 แห่ง ที่ช่วยประสานงานกับพิพิธภัณฑ์และชุมชนในขณะลงพื้นที่

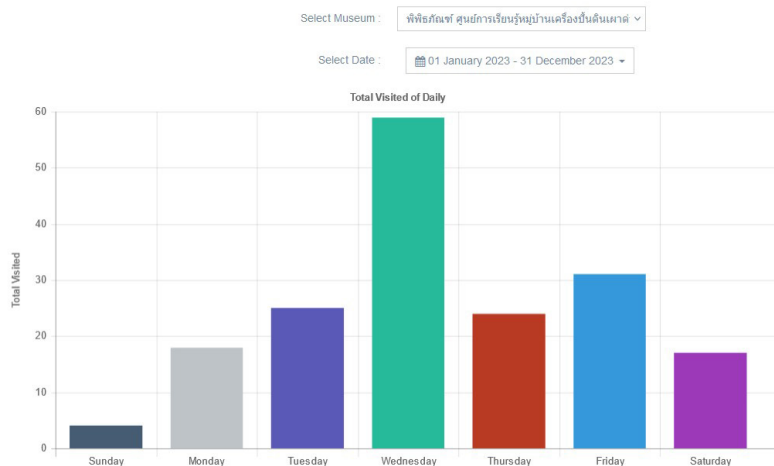
รายการเอกสารอ้างอิง

- American Museum of Natural History. (2023). Explorer – AMNH NYC [Application]. <http://www.amnh.org/apps>
- Franklin, W. E. (2017, January 27). *Method and system for localized data retrieval* (U.S. Patent No. US9877138B1). U.S. Patent and Trademark Office. <https://patents.google.com/patent/US9877138B1/en>
- Gaba, I. (2023, July 21). *JMeter Load Testing: A Comprehensive Guide*. Simplilearn. <https://www.simplilearn.com/tutorials/jmeter-tutorial/jmeter-load-testing>
- Kane, F. J., Killalea, T., & Mason, L. J. (2009, June 30). *Recommendation of media content items based on geolocation and venue* (U.S. Patent No. US8510247B1). U.S. Patent and Trademark Office. <https://patents.google.com/patent/US8510247B1/en>
- Kovavisaruch, L., Sanpechuda, T., Chinda, K., Wongsatho, T., Chiwongyen, A., & Wisadsud, S. (2015). Museums Pool: a Mobile application for Museum Network. *2015 Portland International Conference on Management of Engineering and Technology. PICMET* (pp. 1-5). Portland, OR: USA. <https://doi.org/10.1109/PICMET.2015.7273028>
- Soule, C., Cella, C. H., & Spitz, R. (2019, August 6). *Methods and systems for personalizing visitor experience at a venue* (W.O. Patent No. WO2020033354A3). World Intellectual Property Organization. <https://patents.google.com/patent/WO2020033354A3/en>
- Trishti Systems. (2023). Louvre Museum Audio Guide [Application]. <https://www.museum-buddy.com/App/Louvre-Museum-Tour-Guide>

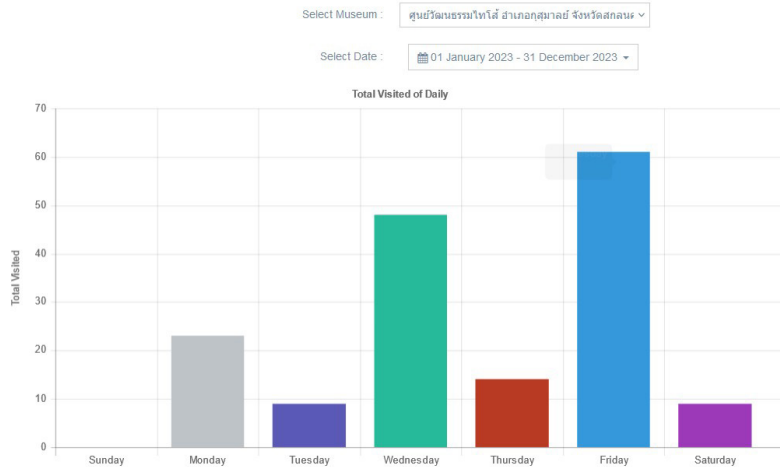
ภาคผนวก



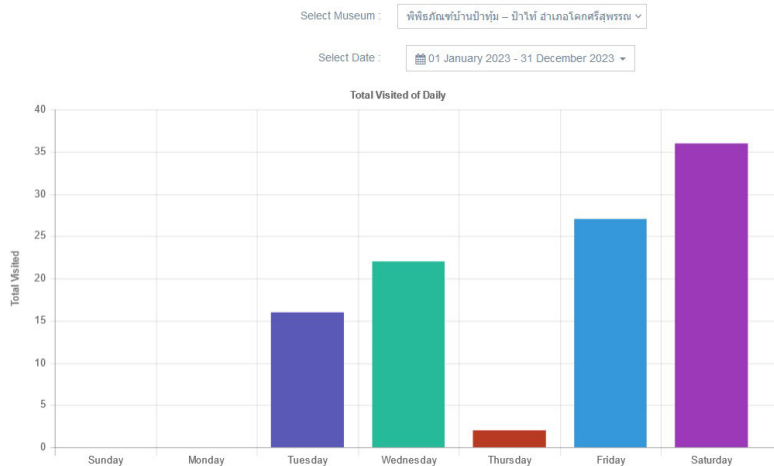
ภาพที่ 14 สถิติการเข้าชมพิพิธภัณฑ์เรือนพ่อคง เรือนโคราช ผ่านคิวอาร์โคดที่ตั้งมาจากเซิร์ฟเวอร์พิกพามิวเซียมพูล



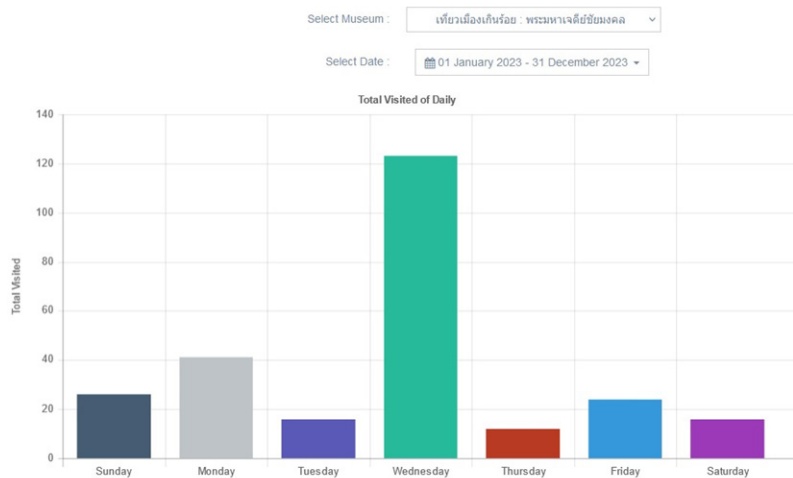
ภาพที่ 15 สถิติการเข้าชมพิพิธภัณฑ์ศูนย์การเรียนรู้หมู่บ้านเครื่องปั้นดินเผาผ่านคิวอาร์โคดที่ตั้งมาจากเซิร์ฟเวอร์พิกพามิวเซียมพูล



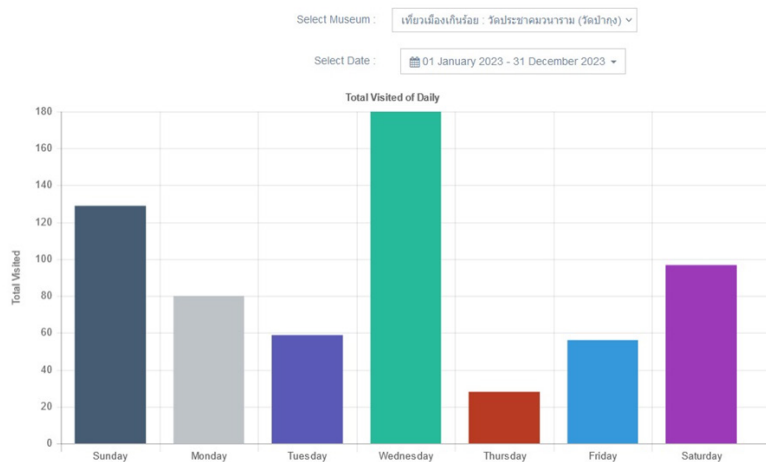
ภาพที่ 16 สถิติการเข้าชมพิพิธภัณฑ์ศูนย์วัฒนธรรมไทโซ่ด้วยคิวอาร์โคดที่ดึงมาจากเซิร์ฟเวอร์พหามิวเซียมพูล



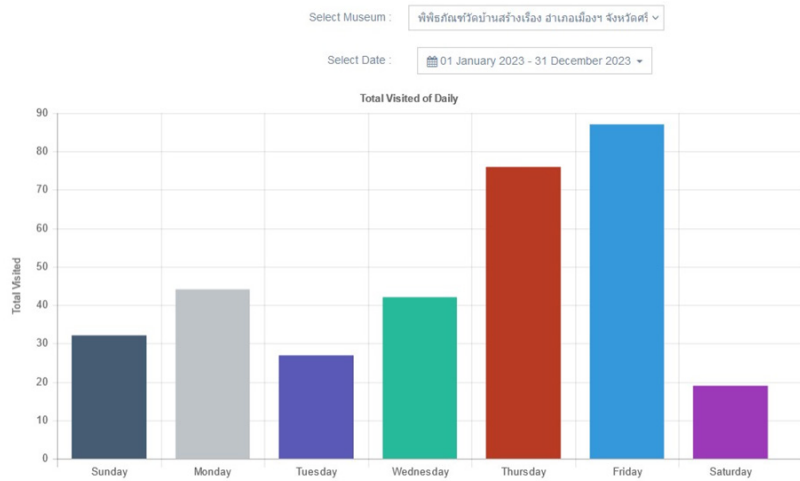
ภาพที่ 17 สถิติการเข้าชมพิพิธภัณฑ์บ้านป่ากุ่ม-ป่าไถ ด้วยคิวอาร์โคดที่ดึงมาจากเซิร์ฟเวอร์พหามิวเซียมพูล



ภาพที่ 18 สถิติการเข้าชมพิพิธภัณฑ์พระมหาเจดีย์ชัยมงคลด้วยคิวอาร์โค้ดที่ดึงมาจากเซิร์ฟเวอร์พหามิวเซียมพูล



ภาพที่ 19 สถิติการเข้าชมพิพิธภัณฑ์วัดประชาคมวนาราม (วัดป่ากุม) ด้วยคิวอาร์โค้ดที่ดึงมาจากเซิร์ฟเวอร์พหามิวเซียมพูล



ภาพที่ 20 สถิติการเข้าชมพิพิธภัณฑ์วัดบ้านสร้างเรื่องด้วยคิวอาร์โค้ดที่ดึงมาจากเซิร์ฟเวอร์พิกพามิวเซียมพูล