

JOURNAL OF

INFORMATION SCIENCE AND TECHNOLOGY

JIST

ISSN: 1906-9553 (Print)

ISSN: 2651-1053 (Online)

Volume 8. No.2

July - December 2018

Research Papers

คุณลักษณะของเว็บไซต์ที่ผู้ประกอบการโอท็อปจังหวัดพะเยาต้องการ โดยใช้กรอบงานการสกัดความต้องการแบบผู้มีส่วนร่วม.....1 รัตน์ธศักดิ์ เพ็งชะตา	1
ระบบแจ้งเตือนผ่านโมบายแอปพลิเคชันเมื่อรถยนต์เคลื่อนที่ผ่านจุดตรวจโดยใช้อาร์เอฟไอดี.....15 เชียวชาญ ยางศิลา	15
ระบบช่วยการตัดสินใจสั่งซื้อโดยใช้เทคนิค ธุรกิจอัจฉริยะ กรณีศึกษา บริษัท มีสเตอร์ซูชิ จำกัด.....25 กิตติชัย ศรีธรรมพงษ์, มัลลิกา วัฒนะ, วรารัตน์ สงฆ์แป้น, ปวีณา วันชัย และ อภิศักดิ์ พัฒนจักร	25
สื่อโฆษณาบนแผ่นพับเสมือน 3 มิติ ผ่านทางสมาร์ทโฟน สำหรับจัดแสดงในนิทรรศการท่องเที่ยว.....37 วงเดือน พลอยงาม และ ศุภพัทธ์ จารุเศรษฐ์	37
การเปรียบเทียบประสิทธิภาพระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเห็ดในโรงเพาะเห็ด กรณีศึกษา : ฟาร์มเห็ดบ้านเนินสะอาด.....46 ชินาพัฒน์ สุกุลราศรีสวย, ตรี วาทกิจ, ลาภวัตร วงศ์ประชา และ อังศุมาลิน สมเทพ	46
ระบบเฝ้าระวังเหตุเพลิงไหม้ในอาคาร.....56 มุกะวี มะตะเรส	56
ระบบให้บริการผ่านกลุ่มเมฆสำหรับการตรวจวัดและการให้น้ำพืชอัตโนมัติตามค่าความชื้นในดิน.....65 รัฐศิลป์ รานอกภานุวัชร	65
ระบบควบคุมโรงเรือนผักไฮโดรโปนิกส์อัตโนมัติโดยใช้เทคโนโลยี IoT และเครื่องมือการเรียนรู้เชิงลึก.....74 รัฐศิลป์ รานอกภานุวัชร	74
การพัฒนาาระบบเฝ้าระวังและแจ้งเตือนแบบทันทีสำหรับโครงสร้างสะพาน.....83 อิทธิพงษ์ เขมะเพชร	83



JOURNAL OF INFORMATION SCIENCE AND TECHNOLOGY (JIST)

ISSN 2651-1053 (Online), ISSN 1906-9553 (Print)

The Journal of Information Science and Technology (JIST) is an academic journal established by the collaboration of 20 faculties that conduct courses related to Information Technology, namely, Bangkok University, Dhurakij Pundit University, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Mae Fah Luang University, Mahanakorn University of Technology, Mahasarakham University, Mahidol University, Nakhon Phanom University, Panyapiwat Institute of Management, Prince of Songkla University, Rangsit University, Siam University, Silpakorn University, Sripatum University, Thai-Nichi Institute of Technology, Walailak University, Burapha University and Phayao University. According to the agreement of deans of all faculties, Mahanakorn University of Technology was appointed as a coordinator of the journal.

The journal was established in 2010 and plans to publish 2 issues per year (JAN – JUNE and JULY – DECEMBER per year). The journal was established first print journal publication in 2010 (Vol 1. No.1) with ISSN 1906-9553 (Print) and plans to publish 2 issues per year on during January - June and July - December. Also the journal was established first online journal publication in 2010 (Vol 1. No.1) with ISSN 2651-1053 (Online) and plans to publish 2 issues per year on during January - June and July - December.

EDITOR IN CHIEF

Werasak Kurutach, Mahanakorn University of Technology, Thailand

ADVISORY BOARD

Ruttikorn Varakulsiripunth Thai-Nichi Institute of Technology, Thailand	Krisana Chinnasarn Burapha University, Thailand	Phayung Meesad King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Thailand
Pisit Charnkeitkong Panyapiwat Institute of Management, Thailand	Woraphon Lilakiataskun Mahanakorn University of Technology, Thailand	Poonpong Boonbrahm Walailak University, Thailand
Pattanasak Mongkolwat Mahidol University, Thailand	Sasitorn Kaewman Mahasarakham University, Thailand	Chetneti Srisaan Rangsit University, Thailand
Nopporn Chotikakumtorn King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Thailand	Thirapon Wongsaaardsakul Bangkok University, Thailand	Teeravisit Laohapensaeng Mae Fah Luang University, Thailand
Thana Sukvaree Sripatum University, Thailand	Dechanuchit Katanyutaveetip Siam University, Thailand	Narongdech Keeratipranon Dhurakij Pundit University, Thailand
Somsak Chartnamphet Silpakorn University, Thailand	Sinchai Kamolphiwong Prince Of Songkla University, Thailand	Anong Rungsuk Nakhon Phanom University, Thailand
Thitirath Cheosuwan University of Phayao, Thailand	Kriengkrai Porkaew King Mongkut's University of Technology Thonburi, Thailand	

JOURNAL OF INFORMATION SCIENCE AND TECHNOLOGY (JIST)

ISSN 2651-1053 (Online), ISSN 1906-9553 (Print)

EDITORIAL BOARD

Mudarmeen Munlin
Mahanakorn University of
Technology, Thailand

Suronapee Phoomvuthisarn
Mahanakorn University of
Technology, Thailand

Surakarn Duangphasuk
Mahanakorn University of
Technology, Thailand

Rattana Wetprasit
Prince Of Songkla University,
Thailand

Datchakorn Tancharoen
Panyapiwat Institute of Management,
Thailand

Wanvipa Wongvilaisakul
Panyapiwat Institute of
Management, Thailand

Pawitra Chiravirakul
Mahidol University, Thailand

Songsri Tangsripairoj
Mahidol University, Thailand

Suppat Rungraungsilp
Walailak University,
Thailand

Kasem Thiptarajan
Thai-Nichi Institute of
Technology, Thailand

Annop Monsakul
Thai-Nichi Institute of Technology,
Thailand

Sasitorn Kaewman
Mahasarakham University,
Thailand

Nutchanat Buasri
Mahasarakham University,
Thailand

Sayan Riwtong
Mahanakorn University of
Technology, Thailand

Kaboon Thongtha
Mahanakorn University of
Technology, Thailand

Werasak Kurutach
Mahanakorn University of
Technology, Thailand

Pruegsa Duangphasuk
Mahanakorn University of
Technology, Thailand

Woraphon Lilakiatsakun
Mahanakorn University of
Technology, Thailand

Benjamas Meansamut
Mahanakorn University of
Technology, Thailand

MANAGER

Pruegsa Duangphasuk, Mahanakorn University of Technology, Thailand

CONTACT ADDRESS

Faculty of Information Science and Technology,
Mahanakorn University of Technology
140 Moo 1, Cheum-Sampan Road, Nongchok,
Bangkok, Thailand 10530
Tel: +(662) 988-3655 ext 4115

CALL FOR PAPER

Journal of Information Science and Technology (JIST)

<https://www.tci-thaijo.org/index.php/JIST>

Editor in Chief

Werasak Kurutach (MUT)

Advisory Board

Woraphon Lilakiatsakun (MUT)

Kriengkrai Porkaew (KMUTT)

Sasitorn Kaewman (MSU)

Pattanasak Mongkolwat (MU)

Poonpong Boonbrahm (WU)

Ruttikorn Varakulsiripunth (TNI)

Pisit Charnkeitkong (PIM)

Chetneti Srisaoan (RSU)

Nopporn Chotikakamthorn

(KMITL)

Thirapon wongsaaardsakul (BU)

Phayung Meesad (KMUTNB)

Teeravisit Laohapensaeng (MFU)

Thana Sukvaree (SPU)

Dechanuchit Katanyutaveetip (SU)

Narongdech Keeratipranon (DPU)

Somsak Chartnamphet (SU)

Sinchai Kamolphiwong (PSU)

Anong Rungsuk (NPU)

Krisana Chinasarn (BUU)

Thitirath Cheowsuwan (UP)

Editorial Board

Mudameen Munlin (MUT)

Suronapee Phoomvuthisarn (MUT)

Surakarn Duangphasuk (MUT)

Rattana Wetprasit (PSU)

Datchakorn Tancharoen (PIM)

Wanvipa Wongvilaisakul (PIM)

Pawitra Chiravirakul (MU)

Songsri Tangsripairoj (MU)

Suppat Rungraungsilp (WU)

Kasem Thiptarajan (TNI)

Annop Monsakul (TNI)

Sasitorn Kaewman (MSU)

Nutchanat Buasri (MSU)

Sayan Riwtong (MUT)

Kaboon Thongtha (MUT)

Benjamas Meansamut (MUT)

Manager

Pruegsa Duangphasuk (MUT)

Submissions

Online Journal Submission

[https://www.tci-](https://www.tci-thaijo.org/index.php/JIST)

[thaijo.org/index.php/JIST](https://www.tci-thaijo.org/index.php/JIST)

Publication Periodicity

published 2 times a year in

June and December.

(JAN – JUN and JULY – DEC).

(Indexed by TCI tier 2)

JIST Office Address

Faculty of Information Science

and Technology, Mahanakorn

University of Technology

140 Moo 1, Cheum-Sampan Rd.,

Nongchok, Bangkok, Thailand

10530

Tel: +(662)988-3655 ext 4115,

Fax: +(662)988-4027

Peer Review Process

All submitted manuscripts must be reviewed by at least three expert reviewers via the double-blinded review system.

Manuscript Preparation Guide (Publication Charge: Free)

The template for writing the journal is available for downloading (jist_template_eng-2018.doc or jist_template_thai-2018.doc). Minimum length of the paper should be in between 6-12 pages of A4 size. Text should be typewritten or printed with double-spaced in 11-point of A4 white paper with margins of 1.5" for top, 1.25" for left, and 1" for bottom and right sides. All pages must be numbered sequentially. Here are some guidelines.

- Abstract with length 100-200 words in length.
- Introduction which discusses existing problem and related research
- Materials and methods used for experimentation, Results of the experiment, Discussion and conclusion, References Style is IEEE.

The **Journal of Information Science and Technology (JIST)** aims to be the forum through which researchers, faculties, and experts of the computer and information technology and others technological related fields share and discuss their high quality research work as well as innovation. Original research articles, practical applications and innovations in the broad area of computer and information technology are suitable for publication in JIST.

- **Soft Computing:**
Artificial Intelligence, Fuzzy and Neural Computing, Genetic Algorithms, Intelligent Agents, Neural Networks, Natural Language Processing, Robotics and Automation, Image Processing
- **Human-Computer Interaction:**
Graphical User Interfaces, Multimedia, Interactive Systems, Computer-Supported Cooperative Work, Human Cognitive Skills, Visualization, and Computer Simulation
- **Information Assurance and Security:**
Cryptography, Forensics and Incident Response, Biometrics, Security Policies and Procedures
- **Information Systems:**
Databases, Information Retrieval, Transaction Processing, Distributed and Object Databases, Data Warehousing, Knowledge Management, Expert Systems, Multimedia Information Systems, Digital Libraries, Geographical Information Systems
- **Networking:**
Advanced Computer Networks, Internet Technology and Applications, Distributed Systems, Wireless and Mobile Computing, Data Compression, Network Security, Enterprise Networking, Digital Communications
- **Programming:**
Object-Oriented Programming, Event-Driven Programming, Functional Programming, Logic Programming, XML and other Extensible Languages, Parallel Programming
- **Platform Technologies:**
Advanced Computer Architecture, Parallel Architectures, Cluster / Grid Computing, RFID, Embedded Systems
- **System Integration and Architecture:**
Software Acquisition and Implementation, System Needs Assessment, Software Economics, Enterprise Systems, Computing Economics
- **Social and Professional Issues:**
Professional Practice, Social Context of Computing, Computers Ethics, IT Law, Intellectual Property, Privacy and Civil Rights
- **Web Systems and Technologies:**
Programming for the WWW, E-commerce, E-Learning, Content Management Systems, E-Government and E-Service
- **Multidisciplinary:**
Bioinformatics, Biomedical Information Systems, Nano Technology
- **e-Business and m-Business:**
e-Business Process Aspects, Intelligent e-Business System, m-Business, e-Supply Chain Management & e-Logistics, e-Customer Relationship Management, e-Negotiation, e-Payment, e-Business Design and Developments
- **Business and Information System:**
Information management for business applications, Enterprise systems and architecture, Business systems infrastructure design for information integration, Service-oriented architecture, Service-component architecture
- **Social and Business Aspects of Convergence IT and Ubiquitous Computing:**
Economics of emerging technologies, Home and community computing, Economic and social complexities in CIT and UC, New forms of media and communications
- **Internet of Things (IoT):**
IoT system architecture, IoT enabling technologies, IoT communication and networking protocols such as network coding, and IoT services and applications and technology development in different standard development organizations (SDO).
- **Cloud Computing:**
Auditing, monitoring, scheduling, resource registration/discovery, Automatic reconfiguration, self healing/monitoring, Service level agreements, integration, management.
- **Fintech and blockchain:**
Development of Blockchain Security Enhancement Technologies, Platform Technology that Supports Safe Transactions, Financial and Economic Structures, Blockchain's Impacts on Workstyles, Fast Fintech for Smartphone Application Service Platform.

คุณลักษณะของเว็บไซต์ที่ผู้ประกอบการโอท็อปจังหวัดพะเยาต้องการ โดยใช้กรอบ
งานการสกัดความต้องการแบบผู้มีส่วนร่วม

A Required Specification from Entrepreneur on Phayao OTOP Website by Using Participatory Requirement Elicitation Frameworks

รัตน์รศกดิ์ เพ็งชะตา

สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา

Rattasak Pengchata

Information Technology, School of Information Technology and Communication, University of Phayao.

Received: October 29, 2018; Revised: December 23, 2018; Accepted: December 24, 2018; Published: December 25, 2018

ABSTRACT – Phayao OTP entrepreneurs creating marketing channels via E-commerce expressed opinions about weaknesses of their E-commerce, involving accessibility, usability and compatibility between the system and business rules. These factors resulted in their seldom use of the Website on a regular basis, the irresponsibility of keeping the Website contents up to date, and the site has unintentionally therefore become merely a socializing tool for the entrepreneurs. This phenomenon works against Thailand 4.0 policy. This research has placed an emphasis on user requirements elicitation process by means of integrating Collaborative Requirements Model with Futuristic Requirement Model and Crowd requirement Model to prioritize an adaptive tasks in requirements elicitation on Phayao OTOP entrepreneurs and create requirements specification. The research findings are as follows: Firstly, the B2B is a major source of sale volume and exhibition booth is a major channel of B2C businesses under G2G business; however, they lack of marketing and advanced information technology use. Secondly, there are 21 low-level requirements found. Finally, 14 generic requirements for Phayao OTOP Websites are essentially established. Future research includes the study of E-commerce platform that can link and transform modest local businesses to larger-scale enterprises.

Keywords: Participatory Software Design; User Requirement Elicitation; Elicitation process; Website Specification; OTOP Website; SME Website

บทคัดย่อ -- ผู้ประกอบการโอท็อปจังหวัดพะเยาที่เปิดช่องทางการตลาดผ่านเว็บไซต์อีคอมเมิร์ซได้แสดงความคิดเห็นในจุดอ่อนด้าน Accessibility, Useability และ ความเข้ากันได้กับ Business Rule ของเว็บไซต์อีคอมเมิร์ซ จึงไม่เข้าใช้งานเป็นประจำแล้วละเลยความรับผิดชอบในการทำให้ข้อมูลเป็นปัจจุบัน การเปิดช่องทางการตลาดผ่านเว็บไซต์เป็นเพียงเครื่องมือในการเข้าสังคม ซึ่งเป็นสถานการณ์ที่สวนทางกับนโยบายประเทศไทย 4.0 วิจัยครั้งนี้จึงให้ความสำคัญในการสกัดหาคุณลักษณะของเว็บไซต์โดยชุมชนมีส่วนร่วม โดยสร้างลำดับงานการสกัดความต้องการที่เหมาะสมกับบริบทโอท็อปพะเยาจากการประสาน Collaborative Requirement Modeling กับ Futuristic Requirement Model และ Crowd Requirement

Model เข้าด้วยกัน ผลการวิจัยพบว่า 1)ธุรกิจแบบ B2B เป็นแหล่งรายได้หลัก การออกงานแสดงสินค้าเป็นช่องทางหลักของธุรกิจแบบB2C ภายใต้แรงผลักดันของธุรกิจแบบ G2G ผู้ประกอบการได้รับแรงผลักดันจากรัฐแต่ขาดทักษะจำเป็นทางการตลาดและการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศที่ซับซ้อน 2)ได้ความต้องการขั้น low-level จำนวน 21 ข้อ และ 3) ได้ข้อกำหนดคุณลักษณะของเว็บไซต์ที่สำคัญกับโอท็อปพะเยา จำนวน 14 คุณลักษณะ งานวิจัยขั้นต่อไปคือการศึกษาอีคอมเมิร์ซแพลตฟอร์มที่สามารถนำพากิจกรรมการค้าแบบชุมชนให้เชื่อมต่อและวิวัฒนาการเป็นกิจกรรมการค้าระดับองค์กรได้

คำสำคัญ : การออกแบบซอฟต์แวร์แบบมีส่วนร่วม; การสกัดความต้องการผู้ใช้; กระบวนการสกัดความต้องการ; คุณลักษณะของเว็บไซต์; เว็บไซต์โอท็อป; เว็บไซต์ SME

1. บทนำ

ผู้ประกอบการโอท็อปจังหวัดพะเยาเปิดช่องทางการตลาดผ่านเว็บไซต์อีคอมเมิร์ซจำนวนไม่น้อยกว่า 3 เว็บไซต์และผ่านโซเชียลเน็ตเวิร์กโดยมีทั้งที่เกิดจากการผลักดันของภาครัฐและการทำตามแบบผู้อื่น สถานการณ์กลับกลายเป็นว่าแม้เว็บไซต์อีคอมเมิร์ซนั้นจะมีจำนวนมากแต่ยังไม่ตรงกับความต้องการกับธุรกิจขนาดเล็กที่ยังต้องอาศัยการส่งเสริมผลักดันจากภาครัฐ ผลจากการสำรวจเบื้องต้นพบว่าผู้ประกอบการโอท็อปมีความต้องการเปิดรับคำสั่งซื้อจากทั้งในและต่างประเทศผ่านทางเว็บไซต์และโซเชียลเน็ตเวิร์ก แต่ผลที่ได้คือเกิดการติดต่อกับพ่อค้าคนกลางขอเป็นตัวแทนจำหน่ายแต่ยังไม่มีการซื้อขาย ส่วนการเปลี่ยนแปลงข้อมูลในเว็บไซต์ก็ทำได้แบบติดขัดไม่คล่องแคล่วเพราะไม่มีความสามารถและเวลาที่เพียงพอสำหรับปรับแต่งข้อมูลที่ปรากฏในเว็บไซต์ให้ตรงกับใจตน ให้แตกต่างจากผู้ประกอบการอื่น ทั้งหมดนี้จึงทำให้เกิดความไม่พอใจในภาพลักษณ์ของตนและสินค้าที่ปรากฏบนเว็บไซต์อีคอมเมิร์ซ จึงไม่ได้คาดหวังว่าเว็บไซต์จะทำให้เกิดประโยชน์ทางตรงกับรายได้เท่ากับการพึ่งพาการตลาดแบบ G2G ทำให้ละเลยการเข้าใช้งานเว็บไซต์ ความรู้สึกเป็นเจ้าของข้อมูลจึงหายไป เว็บไซต์อีคอมเมิร์ซจึงถูกลดระดับความสำคัญจากทรัพยากรธุรกิจเป็นเครื่องมือการเข้าถึงคม

ทั้งนี้เป็นที่ยอมรับกันแล้วว่าอีคอมเมิร์ซไม่ได้เป็นเพียงแค่เครื่องมือทางเทคโนโลยีแต่เป็นส่วนหนึ่งของทรัพยากรองค์กรที่ต้องใช้เพื่อการแข่งขันในยุคเศรษฐกิจดิจิทัลปัจจุบัน ทั้งนี้เว็บไซต์ที่ให้บริการอีคอมเมิร์ซที่มีอยู่เชื่อได้ว่าได้พัฒนาตรงตามหลักการของการพัฒนาซอฟต์แวร์และยังเพิ่มกลยุทธ์ทางธุรกิจเข้าไปอีกด้วยแต่ยังปรากฏข้อด้อยด้าน Accessibility Useability และความเข้ากันได้กับ Business Rule ที่เว็บไซต์มีให้นั้นยังไม่

ตรงกับความต้องการของผู้ประกอบการโอท็อปพะเยาอย่างมีนัยสำคัญ จึงเกิดปรากฏการณ์ที่ผู้ประกอบการไม่แสดงความเป็นเจ้าของข้อมูลที่ปรากฏบนเว็บเหล่านั้น

การวิจัยครั้งนี้มุ่งที่จะตอบข้อคำถามว่าข้อกำหนดคุณลักษณะใดของอีคอมเมิร์ซเป็นความต้องการของผู้ประกอบการโอท็อปพะเยา โดยใช้กรอบแนวคิดของ Collaborative Requirement modeling กับ Futuristic Requirement และ Crowd Requirement เพื่อสร้างกระบวนการการสกัดความต้องการที่เหมาะสมกับการทำงานแบบมีส่วนร่วมระหว่างนักเทคโนโลยีสารสนเทศและผู้ใช้ประโยชน์

2. กรอบแนวคิดและวิธีดำเนินงาน

2.1 ความแตกต่างของเว็บไซต์ในธุรกิจ B2B และ B2C

แม้ว่าเว็บไซต์ของ B2B และ B2C จะมีความคล้ายกัน และหลักการสร้างเว็บไซต์ ขั้นตอนการสร้าง ประเด็นสำคัญในการสร้างเว็บไซต์มีการเปิดเผยอย่างกว้างขวางและนำมาใช้ได้ทันที เช่น awwwards.com, websitebuilderexpert.com, shopify.com และ bigcommerce.com ที่สามารถดาวน์โหลดมาใช้กับสินค้าหรือ ภาพลักษณ์ของแบรนด์ได้

แต่ในรายละเอียดแล้ว B2B และ B2C มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ จึงจำเป็นต้องหาวิธีที่ต้องให้ผู้ใช้ประโยชน์เข้ามามีส่วนร่วมในทุกขั้นตอนการแปลงความต้องการเป็นข้อกำหนดคุณสมบัติเว็บไซต์ มีผลการวิจัยที่ยืนยันว่าคุณลักษณะของเว็บไซต์อีคอมเมิร์ซของธุรกิจแบบ B2B และ B2C นั้นแตกต่างกัน โดย B2C จะเอื้อประโยชน์แก่ผู้ซื้อโดยมีประเด็นความรู้สึกของผู้ใช้ที่จะเชื่อมั่นในเว็บไซต์และสินค้า [1] - [3] ซึ่งมี 11 คุณสมบัติสำคัญ (1.Analytic tool 2.Catalogues, navigation 3.Contact page 4.Customer -> member page chain 5.Free

styling 6.Landing page -> contact page 7.Responsive design 8.Site map, page navigator, button design 9.การออกแบบที่สื่อให้เห็นภาพลักษณ์องค์กรรวม 10.ความสามารถในการกักข้อมูลเพื่อการตรวจสอบก่อนเผยแพร่ 11.ความสามารถในการตัดสต็อกที่จะให้มีหรือไม่มีในบางสินค้า)

เว็บไซต์แบบ B2B นั้นจะมุ่งเน้นประสิทธิภาพด้านการทำงานร่วมระหว่างองค์กร การสร้าง sale solution ของการเจรจาธุรกิจ การส่งต่อข้อมูลจากเว็บไซต์สู่ ERP [8], [9] โดยมี 8 ประเด็น(1.Catalogues, navigation, content classification 2.Contact page 3.e-marketplace 4.Site map, page navigator, button design 5.Standard function 6.การออกแบบที่สื่อให้เห็นภาพลักษณ์องค์กรรวม ที่น่าเชื่อถือ 7.ความสามารถในการกักข้อมูลให้ได้รับการตรวจสอบก่อนเผยแพร่ และ กำหนดระดับการเข้าถึงข้อมูล 8.ความสามารถในการตัดสต็อกที่จะให้มีหรือไม่มีในบางสินค้า)

2.2 การสกัดความต้องการของผู้ใช้ในแนวทางการมีส่วนร่วม

[10] วิธีการเก็บความต้องการของผู้ใช้ที่มีผลต่อซอฟต์แวร์ที่ผลิตได้ แม้มีกระบวนการวิธีการในการเก็บความต้องการผู้ใช้แบบอิงซอฟต์แวร์ เช่น model-driven [11] หรือ Event-driven Process Chain [12] หรือ Ethnography[13] แต่การค้นเจอความต้องการที่แท้จริงนั้นเป็นเรื่องยาก เพราะแต่ละวิธีมีความเหมาะสมกับบริบทที่แตกต่างกัน [11]จึงนำเสนอแนวปฏิบัติการเก็บความต้องการแบบอิงผู้ใช้งานซึ่งเหมาะกับบริบทการมีส่วนร่วมของชุมชน โดย Collaborative Requirement มีขั้นตอนการสกัดความต้องการ 5 ขั้นตอน(feasibility study, requirement collection and specification, analysis of business requirements, system requirement modelling and system design)เพื่อให้ได้ข้อมูลความต้องการเป็น 4 ระดับขั้น(ระดับธุรกิจ ระดับระบบ ระดับก่อนปรับแต่ง และระดับสมบูรณ์) [14]ได้เสนอว่าหากความต้องการที่ได้ถูกทำให้ละเอียดทีละขั้นตอนเป็นจำนวน 6 ขั้น (1.รายการความต้องการ 2.รายละเอียดความต้องการแยกตามประเภทผู้ใช้ 3.รายการความต้องการแยกกลุ่ม 4.ความต้องการผ่านการพิจารณาภาพรวมจากผู้ใช้ 5.ความต้องการที่ถูกให้ความสำคัญ 6.ข้อมูลสรุป) ซึ่งจะถือได้ว่าการสกัดความต้องการประสบความสำเร็จ ส่วน[15], [16] ยืนยันความสำคัญของทัศนคติผู้ใช้เพราะทัศนคติด้านลบที่มีต่อคุณสมบัติอันสำคัญ

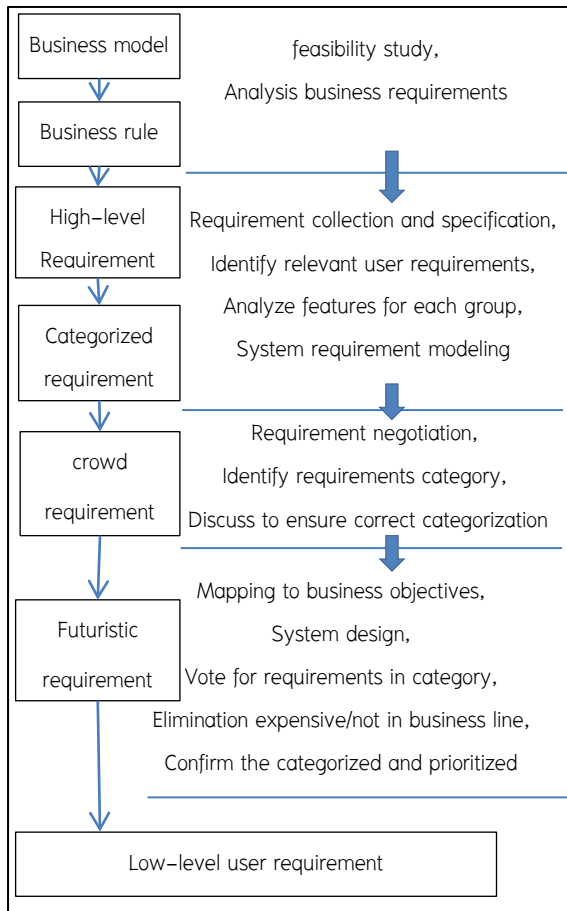
น้อยที่สุดในเว็บไซต์ จะถูกนำมาเป็นเหตุผลสำคัญในการไม่ยอมรับทั้งเว็บไซต์ได้ [16]จึงเสนอ Crowd Requirement เพื่อรับฟังการวิพากษ์วิจารณ์จากผู้ใช้งานทั้งหมดแทนการเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง และเพื่อให้ได้เว็บไซต์ที่เข้าได้กับอนาคต [17] ได้เสนอ Futuristic Requirement ที่ 1)แยกความต้องการตามจุดประสงค์ธุรกิจอย่างละเอียด 2)กำจัดความต้องการที่ต้องใช้ต้นทุนสูงและไม่อยู่ในเส้นทางของจุดประสงค์ธุรกิจด้วยการสอบถามจากผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย และ [10] ได้เสนอว่า Futuristic Requirement ที่สมบูรณ์ต้องให้มีการตรวจสอบปัจจัยสำคัญเป็นระยะเพื่อให้เกิดความเชื่อมั่นและสร้างข้อตกลงร่วมกันระหว่างนักพัฒนาและผู้ใช้งาน

2.3 การประสานต้นแบบกระบวนการงานการสกัดความต้องการ

การประสานกรอบวิธีการ Collaborative Requirement modeling(CLR) ที่ให้ความสำคัญกับการมีส่วนร่วมของผู้ใช้งาน ตั้งแต่การศึกษาความเป็นไปได้ไปจนถึงการร่างต้นแบบเว็บไซต์ กับ Futuristic Requirement(FUR) ที่ให้ความสำคัญกับการหาความต้องการตามกระบวนการที่สัมพันธ์ทางธุรกิจ และ Crowd Requirement(CDR) ที่ให้ความสำคัญกับการยอมรับความคิดเห็นกับทุกคนที่มีส่วนได้ส่วนเสีย ซึ่งจะนำไปสู่พิจารณาประเด็นสำคัญในการดำเนินการสกัดความต้องการที่มีความละเอียดตั้งแต่ขั้น high-level (ถูกแสดงออกในช่วงแรก) ไปจนถึงความต้องการที่มีความละเอียดขั้น low-level (ชัดเจนนำไปสร้างฟังก์ชันของซอฟต์แวร์ได้โดยง่าย)

การประสานต้นแบบกระทำโดยการกำหนดลำดับขั้นของผลลัพธ์และกระบวนการ แล้วจัดเรียงเข้าด้วยกัน โดยไม่เปลี่ยนลำดับภายในของแต่ละแบบจำลอง เป็นผลให้ขั้นตอนหลักและรายละเอียดสำคัญทั้งหมดที่ต้องดำเนินการถูกแสดงออกมาอย่างชัดเจน ดังแสดงในรูปที่ 1

ในรูปที่ 1 ติความได้ว่าการดำเนินการตามทั้ง 3 แบบจำลองนั้น จะเริ่มจากการค้นหา Business model โดยเน้นความสำคัญกับ feasibility study, Analysis business requirements หรือเมื่อถึงขั้นการค้นหา Futuristic requirement ต้องเน้นความสำคัญกับ Mapping to business objectives, System design, Vote for requirements in category, Elimination expensive/not in business line, Confirm the categorized and prioritized เป็นต้น



รูปที่ 1 แสดงการประสาน CLR FUR และ CDR

แสดงการเทียบเคียงโดยให้ความสำคัญกับลำดับภายในของแต่ละแบบจำลอง ทำให้ขั้นตอนหลักและรายละเอียดสำคัญที่ต้องดำเนินการ ถูกแสดงออกมา

2.4 กรอบกระบวนการสกัดความต้องการที่ถูกปรับ เหมาะกับบริบทของการศึกษา

จากรูปที่ 1 เมื่อขั้นตอนหลักและรายละเอียดสำคัญถูกทำให้ปรากฏออกมาแล้ว ผู้วิจัยได้ทำการประสาน รวม โดยไม่เปลี่ยนแปลงลำดับภายในของแต่ละแบบจำลอง แล้วปรับเหมาะกระบวนการและขั้นของผลลัพธ์เพื่อจะได้ low-level requirement ที่ดี โดยกำหนดให้เกิดการย้อนกลับทำซ้ำกลุ่มขั้นตอนการแปลงความต้องการไปเป็นข้อกำหนดคุณสมบัติเนื่องจากบริบทโอทอปพะเยามีประสบการณ์ในการใช้ e-marketplace และการทำตลาดออนไลน์น้อย ทักษะการใช้เทคโนโลยีที่ซับซ้อนมีจำกัด ผลกรอบกระบวนการที่ได้ ดังแสดงในรูปที่ 2 และมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. **สำรวจภูมิหลัง** สถานภาพทางธุรกิจ แนวคิดธุรกิจ ความต้องการในการตลาด กระบวนการทางธุรกิจ เงื่อนไขการทำธุรกิจ ประเภทสินค้า ผู้เกี่ยวข้องสำคัญของธุรกิจ

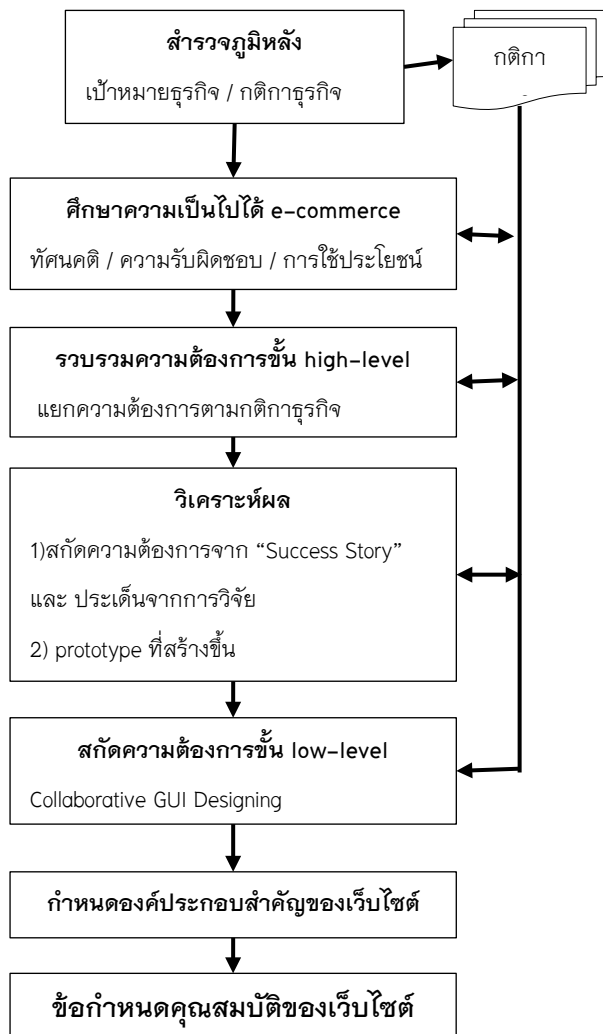
2. **ศึกษาความเป็นไปได้** 1)ศึกษาทัศนคติ ระดับการให้ความสำคัญ 2)สถานภาพปัจจุบัน 3)กำหนดเนื้อหาความรู้ในการสร้างวิสัยทัศน์ใหม่ในการแก้ปัญหา โดยทำ 1) ถึง 3) ในแต่ละกติการธุรกิจ ขั้นตอนนี้สามารถย้อนกลับมาเพิ่ม-ลดได้

3. **รวบรวมความต้องการขั้น high-level** 1)บงชี้ตัวตนผู้ผลิต OTOP ว่าจะ เป็น B2B หรือ B2C หรือ B2G 2)เลือกกระบวนขั้นความสำเร็จของการทำ E-marketing ตามที่[18] กำหนดไว้ 3)วิเคราะห์จำแนกประเด็นตามกติการธุรกิจ และ 4)กำหนดขอบเขตรายละเอียดในแต่ละความต้องการ ขั้นตอนนี้สามารถย้อนกลับมาเพิ่ม-ลดได้

4. **วิเคราะห์ผล** 1)ให้ข้อมูลคุณสมบัติของอีคอมเมิร์ซที่แตกต่างกันในธุรกิจแบบ B2B B2C และ B2G แก่ผู้ประกอบการและสถานการณ์การแข่งขันด้าน e-commerce 2)ร่วมคัดเลือกเว็บเพจที่ดีมาเป็นต้นแบบในแต่ละข้อความความต้องการ เพื่อยืนยันลักษณะความต้องการ 3)ให้ข้อมูลระบบหน้าร้านของเว็บอื่นๆ มาให้ผู้ประกอบการเลือกกว่าตัวเองให้ความสำคัญกับคุณสมบัติใดบ้าง 4)วิเคราะห์จำแนกประเด็นตามกติการธุรกิจ ขั้นตอนนี้สามารถย้อนกลับมาเพิ่ม-ลดได้

5. **สกัดความต้องการขั้น low-level** สร้าง Throwaway และ vertical prototype เพื่อคัดทิ้งและคัดเก็บด้วยการให้คะแนน จากนั้นระบุรายละเอียดในแต่ละความต้องการให้มากขึ้น โดยให้ผู้ประกอบการออกความเห็นแล้วร่วมกันออกแบบเว็บเพจร่วมกัน

6. **กำหนดองค์ประกอบสำคัญของเว็บไซต์** 1)รวบรวมองค์ประกอบแบบ B2C จำนวน 11 องค์ประกอบ 2)รวบรวมองค์ประกอบแบบ B2B จำนวน 8 องค์ประกอบ 3)จำแนก low-level requirement เข้าแต่ละองค์ประกอบ

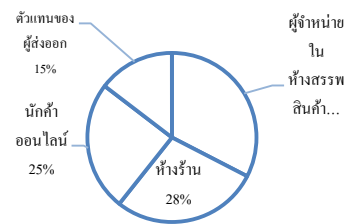


รูปที่ 2 แสดงกรอบกระบวนการงานการสกัดความต้องการที่ปรับ
เหมาะกับบริบทโอท็อปพะเยาซึ่งได้เพิ่มการกำหนด
องค์ประกอบสำคัญของเว็บไซต์เข้าไป

3. ผลการศึกษา

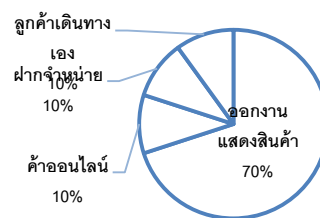
3.1 Business Model และภูมิหลังที่ค้นพบ

ผู้ประกอบการรายหนึ่งๆ ทำประเภท B2B และ B2C ผสมผสานกัน ประเภท B2B เป็นรายได้หลักคือ ร้อยละ 60 โดยปริมาณการจำหน่ายให้กับเทรดเดอร์ของห้างสรรพสินค้ามีมากที่สุด จำหน่ายแก่ตัวแทนของผู้ส่งออก มีน้อยที่สุด โดยรายละเอียดดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 แสดงปริมาณการจำหน่ายได้จากธุรกิจแบบB2B

ประเภท B2C เป็นรายได้รองคือ ร้อยละ 40 โดยปริมาณการจำหน่ายจากการออกงานแสดงสินค้าต่างๆ มากที่สุด การฝากจำหน่าย กับร้านค้าที่รับฝากขายทั้งในจังหวัดและต่างจังหวัด การค้าออนไลน์ ลูกค้าเดินทางมาซื้อ ณ แหล่งผลิต มีปริมาณเท่ากัน ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 แสดงปริมาณการจำหน่ายได้จากธุรกิจแบบB2C

ทั้งแบบ B2B และ B2C ได้รับอิทธิพลจากการค้าแบบ G2G ที่ภาครัฐแต่ละกระทรวงร่วมมือกัน เช่น ผู้ประกอบการโอท็อปจะได้รับความช่วยเหลือทั้งงบประมาณ และ โอกาสในการออกงานแสดงสินค้า การจับคู่ทางธุรกิจ การแสดงสินค้าในรายการระดับนานาชาติทั้งที่จัดแสดงในประเทศและต่างประเทศ

ทั้งนี้ยังมีผู้ประกอบการร้อยละ 20 เท่านั้นที่ยังคงรักษาช่องทางการค้าออนไลน์ไว้เพราะเห็นความสำคัญว่าจะเป็นช่องทางที่ให้ผลตอบแทนสูงในอนาคต แต่ก็ยอมรับในจุดด้อยที่ไม่สามารถให้เวลากับช่องทางการตลาดออนไลน์ได้มากนัก และไม่มีทักษะทางเทคโนโลยีสารสนเทศที่จะสามารถสร้าง digital content ที่น่าสนใจด้วยตนเองได้

3.2 ความเป็นไปได้ในการผลักดันให้ผู้ประกอบการใช้ e-commerce

ผู้ประกอบการมีความรับผิดชอบข้อมูลใน e-marketplace ที่ภาครัฐสร้างขึ้น เช่น thaitambon.com otoptoday.com sme.go.th thaitrade.com และ otopphayao.com น้อย การที่จะผลักดันให้

ผู้ประกอบการให้ความสำคัญและลงมือดำเนินกิจกรรมต่างๆ เพื่อให้ยอดขายจากอีคอมเมิร์ซเพิ่มขึ้น มีวิธีการดังนี้

1. สำนักงานพัฒนาชุมชนเพิ่มกิจกรรมการประชุม กระตุ้นและกำหนดเป็นเงื่อนไขในการคัดสรรดาว
2. ภาครัฐนำสินค้าที่เป็นที่ต้องการของต่างประเทศมากระตุ้นให้ผู้ประกอบการเกิดความต้องการขายให้มากขึ้น
3. [19] นโยบายส่งเสริมระดับประเทศ 1) การเสริมสร้างความเข้มแข็งของ SMEs และการพัฒนา National E-Commerce Platform ดำเนินการโดยสถาบัน NEA กระทรวงพาณิชย์ 2) การพัฒนาวิทยากรที่มีศักยภาพด้านดิจิทัลและเทคโนโลยี โดยกระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม 3) การพัฒนาระบบโลจิสติกส์ระบบการจัดการคลังสินค้าในประเทศ สำหรับธุรกรรม E-Commerce ระหว่างประเทศ โดยบริษัทไปรษณีย์ไทยจำกัด กรมศุลกากร 4) การเชิญชวน Alibaba ลงทุนในโครงการพัฒนาระเบียงเศรษฐกิจภาคตะวันออก (Eastern Economic Corridor Development : EEC) เพื่อพัฒนาโครงการ E-Commerce Park ในไทย
4. สร้าง ERP ให้ผู้ประกอบการใช้จัดการทรัพยากรองค์กร การขาย การจัดซื้อ การผลิตและควบคุมสินค้าคงคลัง และการบัญชี
5. ภาครัฐเป็นแกนนำในการสร้างตลาดขายต่างประเทศหรือร่วมมือกับ e-marketplace นานาชาติแล้วเรียกให้สินค้าโอท็อป 5 ดาวเข้าอบรมและใช้งาน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ [20] ที่เสนอว่าสินค้าโอท็อปต้องสร้างตลาดออนไลน์เพื่อปรับตัวและเข้าสู่การแข่งขันในยุค AEC
6. ภาครัฐกระตุ้นผู้เคยซื้อสินค้าโอท็อปให้เกิดการซื้อขายผ่านเว็บไซต์โอท็อปโดยมีสิทธิพิเศษเช่น ลดภาษี ให้ของแถมให้ที่จอดรถในงานฟรี
7. พัฒนาอัตลักษณ์ของสินค้าโอท็อปที่จะนำสู่ตลาดสากลเพื่อป้องกันการเลียนแบบ หรือถูกขโมยสินค้าไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งตราสัญลักษณ์ของแบรนด์ และใช้รูปแบบการเป็นผู้ร่วมจำหน่ายในร้านค้าของภาครัฐเป็นอุบายในการผลักดันเข้าสู่การค้าออนไลน์
8. ผสานการจำหน่ายสินค้าเข้ากับแผนพัฒนาการท่องเที่ยว โดยให้สินค้าโอท็อปเป็นทรัพยากรการท่องเที่ยวอย่างหนึ่ง

3.3 ผลการสกัดความต้องการผู้ใช้ชั้น low-level และองค์ประกอบเว็บไซต์อีคอมเมิร์ซที่ผู้ประกอบการให้ความสำคัญ

ในชั้น low-level ความต้องการของถูกสกัดได้จำนวน 21 ประเด็น โดยแต่ละข้อจะบ่งชี้ถึงองค์ประกอบสำคัญของเว็บไซต์ดังแสดงในตารางที่ 1 ดังนี้

ตารางที่ 1 แสดงความต้องการผู้ใช้และองค์ประกอบของเว็บไซต์

ประเด็นความต้องการ	องค์ประกอบของเว็บไซต์อีคอมเมิร์ซที่ถูกรับรู้
1. ต้องการดำเนินธุรกิจทุกรูปแบบ(B2B, B2C, G2G) โดยให้ความสำคัญต่อปริมาณขายได้มากกว่า การสร้างแบรนด์	การออกแบบเพื่อสื่อภาพลักษณ์องค์กร
2. ไม่ต้องการให้ลูกค้าทราบกระบวนการผลิต(หลังบ้าน) มากเกินไป	ความสามารถในการกักข้อมูลให้ได้รับการตรวจสอบก่อนเผยแพร่
3. แม้ว่าไม่ใช่ฤดูกาลของสินค้าแต่ไม่ต้องการให้ลูกค้าทราบว่าไม่มีของ	ความสามารถในการตัดสินใจที่ให้มีหรือไม่มีในบางสินค้า
4. ต้องการปกปิดความลับทางการผลิต การค้าให้คู่แข่ง	ความสามารถในการกักข้อมูลให้ได้รับการตรวจสอบก่อนเผยแพร่ และ กำหนดระดับการเข้าถึงข้อมูล
5. ต้องการผู้มีทักษะทาง IT มาช่วยในการสร้าง digital content โดยสามารถร่วมมือในฐานะผู้ร่วมทำได้	ความสามารถในการกักข้อมูลให้ได้รับการตรวจสอบก่อนเผยแพร่
6. หน้าเว็บไซต์มีจำนวน 3 पेजสำคัญ คือ หน้าสร้างแรงดึงดูด หน้าแสดง Story หน้าแสดงคุณค่าสินค้าที่จะได้รับ เป็นสินค้าที่คุ้มค่ากับเงินที่ลูกค้าต้องจ่าย โดยแต่ละหน้าไม่สามารถหา Theme สำเร็จรูปให้เลือกใช้ได้	Site map, page navigator, button design
7. ต้องการนำเสนอ Story(ค่าสำคัญในกลุ่มผู้ประกอบการโอท็อปที่ต้องให้ความสำคัญเพื่อให้สินค้าของตนได้ยกระดับเป็น	ความสามารถในการกักข้อมูลให้ได้รับการตรวจสอบก่อนเผยแพร่

ประเด็นความต้องการ	องค์ประกอบของเว็บไซต์ที่ คอมพิวเตอร์ที่ถูกบ่งชี้	ประเด็นความต้องการ	องค์ประกอบของเว็บไซต์ที่ คอมพิวเตอร์ที่ถูกบ่งชี้
สินค้าโอท็อป 5 ดาว) ไม่ใช่ รายการรายละเอียด ซึ่งหมายถึง ต้องการแสดงเนื้อหาสินค้า หรือ องค์กรในรูปแบบของร้อยกรอง ไม่ใช่ข้อความสั้นๆ		เด่น ของสินค้าสำหรับให้ ผู้ประกอบการไว้ใช้	button design
8. ต้องการนำเสนอ Sale Promotion ที่เป็นเอกลักษณ์ของ ตนเอง เพราะสินค้าแตกต่างกัน Sale Promotion ก็ไม่เหมือนกัน และแม้ว่าสินค้าจะใกล้เคียงกัน แต่ Sale Promotion ก็ไม่เหมือน เช่นกัน	Free styling	17.เจ้าหน้าที่ภาครัฐต้องการ ข้อมูลที่เป็นปัจจุบัน เช่นใครไม่ ผลิตแล้ว สินค้าปัจจุบันของ ผู้ประกอบการรายนี้มีอะไรบ้าง หน้าตาเป็นอย่างไร	Catalogues, navigation, content classification
9. เว็บไซต์จะต้องมีความสามารถ ด้าน Usability และใช้งานง่าย ลูกค้าคลิกเพราะต้องการรู้ให้ ละเอียด ไม่ใช่คลิกเฉยๆเปื่อย เพราะหาอะไรไม่เจอ	page navigator, button design	18. การติดต่อกับลูกค้าต้องการ เป็นแบบ off-line เพื่อกำจัดลูกค้า ปลอม ผู้ประกอบการยังไม่ มั่นใจในตัวลูกค้าและคำสั่งซื้อ	Contact page
10. ต้องการให้ลูกค้าเกิดความ เชื่อมั่นในตัวสินค้า และ องค์กร	การออกแบบที่สื่อให้เห็น ภาพลักษณ์องค์กรที่ น่าเชื่อถือ	19. รองรับการใช้งานผ่าน โทรศัพท์	Responsive design
11. ต้องการ CRM เพียงเพื่อทราบ visited situation report	Analytic tool	20.ลูกค้าไม่ต้องสมัครสมาชิกที่ เยอะแยะมากมาย	Customer -> member page chain
12. ต้องการนำเสนอจุดเด่นที่ลง ตัว และ ไม่ยุ่งยากที่จะบรรจุ ข้อมูลสำคัญของสินค้างานฝีมือ	Page design, content design	21.1. สร้างเว็บไซต์เพื่อการ ประชาสัมพันธ์ ประกาศให้ บุคคลทั่วไปทราบว่า ขายอะไร ในภาพรวม โดยไม่ต้องแสดง รายการสินค้าทั้งหมด แล้วให้ ช่องทางการติดต่อแบบออนไลน์ ไว้	Landing page -> contact page
13. รูปภาพสินค้ามีความสำคัญ อย่างมากในการแสดงเอกลักษณ์ ของสินค้า โดยเฉพาะด้านความ น่าใช้ และ ความคุ้มค่า คุ้มคุณค่า และต้องการภาพหลัก ซึ่งทั้งภาพ สินค้า ภาพพื้นหลัง และ ขนาด ตัวหนังสือต้องส่งเสริมความน่า ใช้และความคุ้มค่าของสินค้า	Page design, content design	21.2. สร้างเว็บไซต์แคตตาล็อก เพื่อให้รายละเอียดเช่นเดียวกับ การจัดพิมพ์เป็นกระดาษ ยังไม่ใช่ โบเสนอสินค้า	Catalogues, navigation
14. ต้องการจำหน่ายทั้งแบบ ขาย ปลีก OEM และ ขายส่ง	การออกแบบที่สื่อให้เห็น ภาพลักษณ์องค์กรที่ น่าเชื่อถือ	21.3. สร้างเว็บไซต์เพื่อเป็นโซว รุม เพื่อเป็นการดึงดูดใจลูกค้าใน เบื้องต้น และเป็นเครื่องมือใน การส่งเสริมการขาย	Customer -> member page chain
15. ต้องการถูกรวมกลุ่มกับสินค้า ประเภทเดียวกัน เพื่อเกาะกระแส การได้รับการสนับสนุน ใน marketplace	Catalogues, navigation	21.4. สร้างเว็บไซต์เพื่อใช้เป็นงาน แสดงสินค้า เป็นการรวบรวม เว็บไซต์ หรือสินค้าประเภท เดียวกันมาจัดแสดงไว้ในเว็บไซต์ เดียวกัน เพื่อวัตถุประสงค์	Catalogues, navigation, content classification
16. ต้องการหน้าแสดงคุณลักษณะ	Site map, page navigator,	21.5. สร้างเว็บไซต์เพื่อการค้า e- Commerce เป็นเว็บไซต์ที่พร้อม รับการสั่งซื้อสินค้าได้ และมีสิ่ง อำนวยความสะดวกไว้อยู่	Standard function

ประเด็นความต้องการ	องค์ประกอบของเว็บไซต์อีคอมเมิร์ซที่ถูกต้อง
ให้บริการ เช่นระบบการชำระเงิน ระบบการขนส่งสินค้า	
21.6.สร้างเว็บไซต์เป็นเครือข่าย การจำหน่ายของตนเอง เป็นเว็บไซต์ที่ให้เฉพาะผู้จำหน่ายที่เป็นตัวแทนในเครือข่ายของตนเองเข้ามาใช้งาน เพื่อการเลือกซื้อสินค้าเสนอสินค้าใหม่	e-marketplace

3.4 การจัดกลุ่มองค์ประกอบของเว็บไซต์อีคอมเมิร์ซ

องค์ประกอบของเว็บไซต์อีคอมเมิร์ซที่ถูกต้องซึ่งตามที่ปรากฏในตาราง 1 ถูกนำมาจัดกลุ่มเพื่อสร้างรายการสรุปในการจัดทำต้นแบบเว็บไซต์แบบ Throwaway และ vertical prototype โดยกลุ่มและรายละเอียดในกลุ่ม มีดังต่อไปนี้

1. เป้าหมายความรู้สึที่จะเกิดขึ้น ประกอบด้วย

1) การออกแบบที่สื่อให้เห็นภาพลักษณ์องค์กรรวม ที่ดูแล้วสินค้าน่าเชื่อถือ ผู้ผลิตน่าเชื่อถือ

2. ความสามารถในการประยุกต์ทางธุรกิจ ประกอบด้วย

- 1) ความสามารถในการกักข้อมูลให้ได้รับการตรวจสอบก่อนเผยแพร่
- 2) กำหนดระดับการเข้าถึงข้อมูลและรายละเอียดที่สามารถเข้าถึงได้
- 3) ความสามารถในการตัดสต็อกที่จะให้มีหรือไม่มีในบางสินค้า
- 4) Free styling เปิดโอกาสให้มีธีมเว็บเพจที่แตกต่างกันในแต่ละสินค้า
- 5) content for many dimension
- 6) e-marketplace

3. รายละเอียดการออกแบบที่ถูกกำหนดความสำคัญ ประกอบด้วย

- 1) Site map หรือ การเชื่อมต่อของหน้าเว็บเพจที่มีลำดับชั้นข้อมูล
- 2) page navigator
- 3) Landing page -> contact page

4) button design เพื่อดึงดูดให้ผู้ซื้อติดตามในรายละเอียดต่อไป

5) Responsive design

6) Modern Page designing

7) Modern Digital content designing

4. ความสามารถมาตรฐาน ประกอบด้วย

1) Standard analytic tool

2) Contact page

3) member registration page

3.5 ข้อกำหนดคุณสมบัติของเว็บไซต์อีคอมเมิร์ซ

การค้นแบบ Throwaway และ vertical prototype ถูกใช้ในการสอบถามเพื่อให้ค้นเจอความต้องการที่แท้จริง พร้อมกับรายละเอียดประกอบ ผลการศึกษาได้ข้อกำหนดคุณสมบัติ 14 ข้อดังต่อไปนี้

1) การออกแบบที่สื่อให้เห็นภาพลักษณ์องค์กรรวม ที่ดูแล้วสินค้าน่าเชื่อถือ ผู้ผลิตน่าเชื่อถือ

ผู้ประกอบการแสดงความเห็นว่าความไม่น่าเชื่อถือเกิดจากหน้าตาของเว็บไซต์ไม่ทันสมัย การจัดระเบียบพื้นที่ไม่มีความแตกต่าง ไม่มีความคมชัด ข้อมูลที่จะใช้รับประกันคุณภาพของสินค้าและของผู้ผลิตไม่ปรากฏให้ผู้เข้าซื้อเห็น การไม่รู้ว่าจะต้องคลิกที่ใดต่อไป ต่างก็มีผลต่อความน่าเชื่อถือ

2) ความสามารถในการกักข้อมูลให้ได้รับการตรวจสอบก่อนเผยแพร่

เป็นกลไกเพื่อรองรับการลงข้อมูลสินค้าเข้าไปในระบบได้ทันทีได้หลายครั้ง เปลี่ยนแปลงได้หลายครั้ง สินค้าชิ้นหนึ่งๆ จะเปิดปิดการเผยแพร่รายการรายละเอียดใดๆ ได้โดยไม่กระทบต่อสินค้าอื่น รายการรายละเอียดที่ยังไม่พร้อมเผยแพร่จะยังไม่ปรากฏสู่สาธารณะ จนกว่าจะถูกยืนยันสถานะการเผยแพร่ สถานการณ์เผยแพร่มี 2 ระดับ ได้แก่ “ไม่เผยแพร่” และ “เผยแพร่สู่สาธารณะ” ตัวอย่างดังรูปที่ 5 แสดงตัวอย่างของการไม่กักข้อมูลไว้ทำให้เกิดรายการรายละเอียด โทรศัพท์อีเมล และเว็บไซต์ปรากฏแต่ไม่มีข้อมูล

สินค้าที่รายละเอียด “ชื่อสินค้า” “ภาพแถมอิง” และ “ข้อความสโลแกน” ได้รับสถานะ “เผยแพร่สู่สาธารณะ” จึงจะสามารถปรากฏสู่สาธารณะ

ติดต่อ : นายชุมพร สุทธิบุญ
โทร : 0-4220-8229
โทรสาร : -
อีเมล : -
เว็บไซต์ : -
ราคา ฿ ไม่ระบุ

รูปที่ 5 แสดงตัวอย่างที่ไม่มีการกรอกข้อมูลโทรสาร อีเมล เว็บไซต์ ก่อนเผยแพร่

3) กำหนดระดับการเข้าถึงข้อมูลและรายละเอียดที่สามารถเข้าถึงได้

เป็นกลไกกำหนดระดับความเป็นส่วนตัวให้แก่ข้อมูลมี 3 ระดับ ได้แก่ กลุ่มข้อมูลมาตรฐาน ข้อมูลเฉพาะผู้สนใจ และ ข้อมูลเพื่อคัดสินใจซื้อ “ข้อมูลเฉพาะผู้สนใจ” จะมี link/ปุ่ม ให้ผู้ใช้คลิกก่อนเพื่อแสดงความจำนงที่จะรับข้อมูลในส่วนที่ถูกซ่อนไว้ ดังรูปที่ 6 โดยการคลิกนี้จะถูกเก็บสถิติให้แก่ผู้ประกอบการ ข้อความที่เป็น link อาจใช้คำ “รายละเอียดเพิ่มเติม” “ประเด็นน่าสนใจ” เป็นต้น

ทองคำบด และทองคำพิเศษ (มเรียนทองทะเลและเซียงราย) หมดเขต 2 พ.ค.
เพื่อสนใจ 1 เพียบ ความรู้แน่นอก อยะ...
ดูเพิ่มเติม

วันที่	เวลา	สถานะ	จำนวน
14 ม.ค. 60	10:37 น.	ไม่เข้า	1
14 ม.ค. 60	10:37 น.	เข้า	1
14 ม.ค. 60	10:37 น.	ไม่เข้า	1
14 ม.ค. 60	10:37 น.	เข้า	1

✓ ใจเย็นๆ

รูปที่ 6 แสดงตัวอย่างการสร้าง link แยก 3 ระดับ

“ข้อมูลเพื่อคัดสินใจซื้อ” จะเป็นหน้าจอที่พร้อมรับข้อมูลอยู่ที่ท้ายของหน้า “ข้อมูลเฉพาะผู้สนใจ” เพื่อให้ผู้สนใจติดต่อกลับ ได้แก่ เบอร์โทรผู้สนใจ หรือ line id หรือ facebook account หรือ email หรือข้อความสอบถามมายัง social network ของผู้ประกอบการ ตัวอย่างดังรูปที่ 7(1) และ (2)

จดหมายข่าว
ลงทะเบียนเพื่อรับจดหมายข่าวทางอีเมล ฟรี!
ระบุอีเมล
รับจดหมาย ยกเลิกจดหมาย

รูปที่ 7(1) แสดงองค์ประกอบหน้าจอข้อมูลเพื่อคัดสินใจ

สำหรับผู้ที่สนใจร่วมงานกับเรา กรุณาส่ง Resume และผลงานต่างๆ มาที่
E-mail : recruit@Lnw.co.th
ระบุอีเมล
รับจดหมาย
Sharing is caring!
Twitter Facebook Google+ Pinterest Email YouTube

รูปที่ 7(2) แสดงองค์ประกอบหน้าจอข้อมูลเพื่อคัดสินใจ

4) ความสามารถในการตัดสต็อกที่จะให้มีหรือไม่มีในบางสินค้า

เป็นความสามารถสำหรับผู้ประกอบการไว้ใช้เท่านั้นเพื่อตรวจสอบสินค้าคงคลังล่าสุดของตนได้ แล้วตัวเลขสินค้าคงคลังจะนำมาใช้เป็นเกณฑ์ในการแสดงข้อความบนเว็บไซต์ของผู้สั่งซื้อแทนการแสดงตัวเลขคงเหลือ

โดยมี 2 ระดับ คือ 1) สินค้าไม่มีสต็อกทันที หรือ สินค้าที่ไม่สามารถผลิตไว้อีกจำนวน หรือ สินค้ามีรอบการผลิตที่จำกัด หรือ สินค้าที่ผลิตไม่ทันจำนวน หรือ หมดสต็อก ณ ขณะนั้น ข้อความที่จะถูกแสดงแทนตัวเลขคงเหลือ คือ “ขอขอบพระคุณที่ท่านเลือกซื้อสินค้า pre-order นี้ เพื่อให้ท่านได้รับสินค้าที่ตรงกับความต้องการมากที่สุด ทางผู้ประกอบการขอแจ้งรายละเอียด

เพิ่มเติม ภายใน 30 นาที” และ 2)สินค้าพร้อมส่งเมื่อได้รับคำสั่งซื้อ จะไม่แสดงข้อความพิเศษใดๆ

5) Free styling เปิดโอกาสให้มีธีมเว็บเพจที่แตกต่างกันในแต่ละสินค้า

ผู้ประกอบการหลายรายได้รับการสนับสนุนจากนักออกแบบ หรือ ได้จ้างนักออกแบบอื่นไว้แล้ว หรือ ต้องการใช้เว็บเพจที่ออกแบบเอง จึงต้องมีการเปิดโอกาสให้ใช้เพจที่ออกแบบเองใน 1)เพจสร้างแรงดึงดูด(landing page) 2)เพจแสดงคุณค่าสินค้าที่จะได้รับ(story page) และ 3)เพจแสดงความคุ้มค่ากับเงินที่ลูกค้าต้องจ่าย(sale magnet) ทั้ง 3 เพจนี้ต้องสามารถเป็น Static webpage ที่เชื่อมต่อกับระบบสั่งซื้อออนไลน์ ทะเบียนสินค้าได้ และสามารถมาตรฐานของเว็บอีคอมเมิร์ซอื่นๆ ได้

6) e-marketplace Efficiency

ความสามารถของ e-marketplace ตามสมัชชานิยม ที่จำเป็นสำหรับสมาชิกแบบผู้ขาย เช่น ความสามารถมาตรฐานของเว็บไซต์ ได้แก่ ทะเบียนสมาชิก ทะเบียนสินค้า คลังสินค้า สถิติลูกค้า กระจายสินค้า สถิติ keyword การค้นหา และอื่นๆ

7) Standard analytic tool

เป็นความสามารถมาตรฐานของ e-marketplace หนึ่ง โดยมีเอกลักษณ์ตรงที่การจัดเก็บสถิติของเพจ “ข้อมูลเฉพาะผู้สนใจ” ทั้งนี้ผู้ประกอบการสามารถเลือกได้ว่าจะให้แสดงตัวเลขนี้เป็นส่วนหนึ่งในหน้าเพจมาตรฐานหรือไม่

8) profile page และ Landing page -> profile page

เป็นเว็บเพจที่ต้องเปิดโอกาสให้ผู้ประกอบการออกแบบโดยอิสระเช่นเดียวกับ 3 เพจที่ได้กล่าวไว้แล้ว เพื่อผู้ประกอบการจะสามารถรังสรรค์เว็บเพจที่สื่อให้เห็นถึงความน่าเชื่อถือขององค์กรได้โดยเสรีภาพ ซึ่งเป็นการเปิดเผยในการทำธุรกิจอย่างซื่อสัตย์

9) member registration page

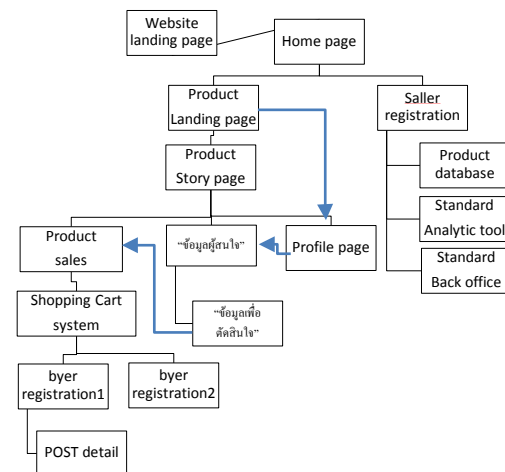
แบ่งเป็น 2 ระดับข้อมูลคือ 1)ข้อมูลมาตรฐาน ประกอบด้วย social network account หรือ email ซึ่ง member นี้สามารถเลือกซื้อสินค้ากับทุกๆ ผู้ประกอบการได้ และ 2)ข้อมูลบุคคล

ด้านการตลาด ประกอบด้วย เพศ อายุ อาชีพ กิจกรรมสันทนา การ

10) Site map

การเชื่อมต่อของเว็บเพจให้มีลำดับตามรูปที่ 8 โดยต้องมีทางลัด

1) จาก เพจ landing.html ไปยัง profile.html และ sale.html 2) จาก ข้อมูลตัดสินใจซื้อ ไปยัง ระบบซื้อขาย



รูปที่ 8 แสดง Sitemap และ navigation ที่ได้รับความสำคัญ

11) button design เพื่อดึงดูดให้ผู้ซื้อติดตามในรายละเอียดต่อไป

12) Responsive design

ผู้ประกอบการต้องการใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ในการติดตามการเปลี่ยนแปลงในการสั่งซื้อสินค้า ส่งข้อมูลให้แก่ลูกค้า หรือในการออกอีเวนท์ต่างๆ ส่วนการแก้ไขข้อมูลสินค้า จะมอบหมายให้ทายาทดำเนินการใช้คอมพิวเตอร์จะสะดวกและรวดเร็วกว่า

13) Modern Page designing

ต้องการได้รับประโยชน์จากเครื่องมือใหม่ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการออกแบบที่เหมาะสมกับ SEO ของ Search Engine อีกทั้งข้อมูลที่ถูกกำหนดให้เป็นตัวดึงดูดหรือจุดเน้นในเพจจะต้องมีสีและขนาดตัวอักษรที่ดูมองเห็นเป็นสิ่งแรกของเว็บเพจ

14) Modern Digital content designing

หน้าจอแสดงสินค้าจะต้องมีพื้นที่ส่วนหนึ่งสำหรับแสดงรายการสินค้าใกล้เคียงหรือสินค้าแนะนำอยู่ใน Brand Positioning

เดียวกัน เพื่อไม่ให้สินค้ามาตรฐานต่ำกว่า หรือ สูงกว่าเข้ามา หรือ สินค้าจากอุตสาหกรรมใหญ่เข้ามาแข่งขัน

4. บทสรุปและอภิปรายผล

4.1 อภิปรายผล

ความต้องการระดับ Low-Level ประเด็นที่ 9 นั้นตรงกับความเห็นของ [21], [22] ที่เว็บไซต์ต้องใช้งานง่ายลูกค้าจะต้องไม่คลิกเมาส์เพราะหาอะไรไม่เจอ ประเด็นที่ 10 นั้นแสดงให้เห็นว่าความเชื่อมั่นของผู้ซื้อเกิดจากข้อมูลสินค้าและผู้ผลิตที่น่าเชื่อถือ ซึ่งแตกต่างจากผลการศึกษาของ [4] และ [7] ที่ความเชื่อมั่นของผู้ซื้อเกิดจากความน่าเชื่อถือของซอฟต์แวร์ ประเด็นที่ 11 นั้นได้ผลเหมือน [5] ประเด็นที่ 13 ได้ผลเหมือน [22] – [24] ที่การสื่อถึงความคุ้มค่า คุณมีคุณค่าของสินค้ามีความสำคัญสูงสุด

ข้อกำหนดคุณสมบัติ ข้อ 1 สอดคล้องกับ [25], [26] B2C ที่มีความน่าเชื่อนั้นจะต้องมีความสามารถด้านการรองรับ (fulfillment) ด้านประสิทธิภาพ (efficiency) ในการซื้อขายและการบริการหลังการขาย และมีข้อมูลสินค้า ผู้ผลิตปรากฏอย่างเพียงพอ คุณสมบัติข้อ 3 หน้าจอ “ข้อมูลเพื่อตัดสินใจ” สอดคล้องกับ Multiple Information Form ของ [25] ที่ผู้สนใจติดต่อกับได้มากกว่า 1 ช่องทาง เช่น line facebook email หรือ chat กับ social network ของผู้ประกอบการ คุณสมบัติข้อ 13 นั้นตรงกับ [27], [28] ซึ่งได้รับรองว่าการออกแบบสมัยใหม่เช่น Responsive Design มีผลกับความน่าเชื่อถือของผู้ประกอบการ และมีผลต่อการสืบค้นจาก Search Engine และผลของ [29] การใช้สีโทนร้อนเน้นพื้นที่ส่วนสำคัญได้ดีกว่าสีโทนเย็นและพื้นที่ส่วนตัดของสี (Chromatic space) มีผลต่อความประทับใจและระดับความน่าเชื่อถือ คุณสมบัติข้อ 14 นั้น [27] ได้เสนอให้เว็บไซต์ต้องเอื้อต่อการนำเสนอสินค้าโอท็อปซึ่งแตกต่างจากสินค้าจากอุตสาหกรรมใหญ่ แสดงข้อเท็จจริงเกี่ยวกับคุณค่าที่ผู้เข้าชมเว็บไซต์ต้องซื้อสินค้า

[30] เสนอแนะว่าข้อมูลที่ออกแบบให้เป็นตัวดึงดูดจะต้องสอดคล้องกัน (correlation) โดยเฉพาะข้อมูลเกี่ยวกับคุณภาพสินค้า ราคาสินค้า ความน่าเชื่อถือของผู้ผลิตและศักยภาพในการส่งออก ทั้งนี้ผู้ประกอบการต้องเตรียมพร้อมรับ กับธุรกิจแบบ O2O (Online to Offline) ซึ่งเป็นกระแสสมัยใหม่ที่มีการค้าออนไลน์จะเชื่อมโยงเข้ากับสถานที่จริง [31]

4.2 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

วิธีการดำเนินวิจัยได้สร้างกรอบงานด้านการสกัดความต้องการผู้ใช้ที่ปรับเหมาะกับบริบทโอท็อปพะเยา โดยการผสานแบบจำลองที่ได้รับการนิยามในปัจจุบันได้แก่ 1) Collaborative Requirement Model ที่มีจุดเด่นด้านการมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียกับซอฟต์แวร์ 2) Futuristic Requirement Model ที่มีจุดเด่นเรื่องเป็นความต้องการที่มีอิทธิพลต่อการดำเนินธุรกิจในอนาคตอันใกล้ และ 3) Crowd Requirement Model ที่เน้นการสร้างความต้องการผู้ใช้ของประชากรทั้งหมดแทนความต้องการจากการสุ่มตัวอย่าง ผลการศึกษาพบว่า 1) ผู้ประกอบการดำเนินธุรกิจทั้งรูปแบบ B2B และ B2C ภายใต้การผลักดันจาก G2G ซึ่งธุรกิจแบบ B2B เป็นแหล่งรายได้หลัก และธุรกิจแบบ B2C มีช่องทางสำคัญคือการออกงานแสดงสินค้าต่างๆ ทั้งนี้ยังมีทักษะทางการตลาดออนไลน์และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศที่ซับซ้อน 2) ความต้องการที่แท้จริงในขั้น low-level มีจำนวน 21 ข้อ 3) ข้อกำหนดคุณลักษณะ (Specification) ของเว็บไซต์ที่สำคัญกับโอท็อปพะเยา มีจำนวน 14 คุณลักษณะ

[32] แสดงให้เห็นว่า การพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ของภาคธุรกิจที่เติบโตอย่างต่อเนื่องจะเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เศรษฐกิจเติบโต โดยเฉพาะการเติบโตจากรูปแบบการประสานความร่วมมือกับต่างประเทศจำเป็นต้องถูกสร้างขึ้นเพื่อการพัฒนา e-commerce ในอนาคต

การศึกษาเกี่ยวกับเชื่อมโยง e-commerce ระดับเฉพาะถิ่น (Local) ให้สอดคล้องกับโมเดลธุรกิจกับการค้าแบบข้ามประเทศ (Global) จึงมีความสำคัญ เพราะในที่สุด rural business model จะต้องวิวัฒนาการไปเป็น world-wide business model และกิจกรรมทางธุรกิจแบบเรียบง่ายแบบ homemade จะต้องถูกวิวัฒนาการไปเป็นกิจกรรมธุรกิจแบบ Enterprise

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติที่สนับสนุนทุนวิจัยครั้งนี้ ขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยพะเยา สำนักงานพัฒนาชุมชนจังหวัดพะเยา และ สำนักงานอุตสาหกรรมจังหวัดพะเยา

เอกสารอ้างอิง

- [1] Chang G, “The deployment of customer requirements of e-commerce website,” presented at

- 7th IEEE International Conference on Intelligent Control and Automation, World Congress, 2008.
- [2] Pan H, Jiang W, Yan J, Ge X, Pang H, Chen J,” Design and implementation of e-commerce feature major website,” presented at 2nd IEEE Multimedia and Information Technology, 2010.
- [3] Liang-fu J, Jing-liang C, Yong-qin S, “Website Design for Book Logistics Based on E-commerce,” presented at International Conference on Information Management, Innovation Management and Industrial Engineering (ICIII), 2010.
- [4] Atchariyachanvanich K, Hitoshi O, “Trust on e-commerce website in Thailand: A case of online hotel reservation,” presented at 11th IEEE/IPSJ International symposium on Applications and the internet (SAINT), 2011.
- [5] Zhang D, “Project Design of Tourism E-commerce System for Sanqing Mountain Based on Customer Relationship Management,” presented at 5th IEEE International Conference on Multimedia Information Networking and Security (MINES), 2012.
- [6] Aliyu M, Mahmud M, Tap AOM, Nassr RM, “Evaluating design features of Islamic websites: a Muslim user perception,” presented at 5th IEEE International Conference on Information and Communication Technology for the Muslim World, 2013.
- [7] Teimouri H, Samani SR, Emami S, Hamidipour S, “Studying the Key indicators of e-service quality in success of e-commerce,” presented at 8th IEEE International Conference on e-Commerce in Developing Countries: With Focus on e-Trust, 2014.
- [8] Mohamed UA, Galal-Edeen GH, El-Zoghbi AA, “Building Integrated Oil and Gas B2B E-commerce Hub Architecture Based on SOA,” presented at International Conference on e-Education, e-Business, e-Management and e-Learning, 2010.
- [9] Cheng-guo H, Wei W, “The key methods of B2B e-commerce system integration in IT distributor,” presented at IEEE International Conference on Business Management and Electronic Information, 2011.
- [10] Dyba T, Cruzes DS, “Process research in requirements elicitation,” presented at 3rd IEEE International Workshop on Empirical Requirements Engineering, 2013.
- [11] Pandey, Dharendra, Ugrasen Suman, and A. K. Ramani. "A framework for modelling software requirements," *International Journal of Computer Science Issues*, vol. 8, no.3, p. 164, 2011.
- [12] Dragicevic S, Celar S, “Method for elicitation, documentation and validation of software user requirements (MEDoV),” presented at IEEE Symposium on Computers and Communications, 2013.
- [13] Iqbal, Tabbassum, and Mohammad Suaib. "Requirement elicitation technique:-a review paper," *Int. J. Comput. Math. Sci*, vol. 3, no.9, 2014.
- [14] Azadegan A, Cheng X, Niederman F, Yin G, “Collaborative requirements elicitation in facilitated collaboration: report from a case study,” presented at 46th IEEE International Conference on System Sciences, Hawaii, 2013.
- [15] Pagano D, Brügge B, “User involvement in software evolution practice: a case study,” Proceedings of the 2013 international conference on Software engineering, 2013.
- [16] Snijders R, Dalpiaz F, Hosseini M, Shahri A, Ali R, “Crowd-centric requirements engineering,”

- presented at 7th IEEE/ACM International Conference on Utility and Cloud Computing, 2014.
- [17] Gill KD, Zaidi AM, Kiani MM, “Eliciting futuristic end-user requirements through contributory appreciative inquiry,” presented at IEEE National Software Engineering Conference, 2014.
- [18] Turban E, King D, Lee JK, Liang T-P, Turban DC. *Marketing and Advertising in E-Commerce. Electronic Commerce: A Managerial and Social Networks Perspective*, Cham: Springer International Publishing; 2015. p. 403-56.
- [19] Smethailandclub. “พาณิชย์จับมืออาลีบาบา พัฒนา SMEs ทำการค้าผ่านออนไลน์,” smethailandclub.com, 2017. [ออนไลน์] สืบค้นจาก <http://www.smethailandclub.com/news-view.php?id=8021>.
- [20] ชันยชัย เกียรกุล. “ปัญหาและแนวทางการปรับตัวของ OTOP เพื่อพร้อมรับการเปิด AEC,” *วารสารนักบริหาร* ปี 34 ฉบับที่ 1. 2557. สืบค้นจาก www.bu.ac.th/knowledgecenter/executive_journal/pdf/aw18.pdf.
- [21] Distanto, Damiano, et al. "Business processes refactoring to improve usability in E-commerce applications." *Electronic Commerce Research*, vol. 14, no.4, p. 497-529, 2014.
- [22] Yu, Ya-Wen, et al. "Factors influencing online repurchase intention: The case of clothing customers in Thailand," presented at IEEE Portland International Conference on Management of Engineering & Technology, 2014.
- [23] Homsud S, Chaveesuk S, “An integrated model of customer repurchase intention in B2C e-commerce,” presented at 6th IEEE International Conference on Information Technology and Electrical Engineering, 2014.
- [24] Cooharajanone, Nagul, Thitiporn Wongadoonwit, and Viraya Thitivesa. "Factors Effecting Purchase Intention Using Coverpage Image on Cosmetic E-Commerce Website: A Case Study of Thai Female Customers," presented at IEEE International Conference on Information Science and Applications (ICISA), 2014.
- [25] Panya A, Ramingwong L, “A framework for building trust in B2C E-commerce based on consumer's viewpoint in Thailand,” presented at 20th Asia-Pacific Conference on Communication, 2014.
- [26] Prompongatorn, C., Sakthong, N., Chaipooirutana, S., & Combs, H., “AN ANALYSIS OF ONLINE SHOPPING IN THAILAND,” *Journal of Business and Behavioral Sciences*, vol. 25 no. 1, pp. 132-142, 2014. Retrieved from <https://search.proquest.com/docview/1446929875?accountid=140718>
- [27] Viriyavejakul, Chantana. "Web Advertising Design for ‘One Tambon One Product’ Products for Thailand’s Entrepreneurial Small and Medium Enterprises," *EdMedia: World Conference on Educational Media and Technology*. Association for the Advancement of Computing in Education (AACE), 2015.
- [28] Marung U, “Improving the performance of the OTOP online marketing,” *Computer Science and Engineering Conference (ICSEC)*, IEEE, 2016.

- [29] Tantanatewin W, Inkarojrit V. “Effects of color and lighting on retail impression and identity,” *Journal of Environmental Psychology*, vol. 46, pp.197-205, 2016.
- [30] Sitabutr V, Pimdee P, “Thai Entrepreneur and Community-Based Enterprises’ OTOP Branded Handicraft Export Performance:A SEM Analysis,” *SAGE Open*, vol. 7, no. 1, 2017.
- [31] Chanbancherd, Sumanikar and Puncreobutr, Vichian, “Using Business Model O2O for District Products: A Case Study of Uncle Pome’ Pounded Unripe Rice Products, Nakhon Nayok Province, Thailand,” *Humanistic Management Network, Research Paper Series*, vol. 44, no. 16, 2016.
- [32] Rillo, Aladdin D.; Cruz, Valdimir dela, “The Development Dimension of E-Commerce in Asia: Opportunities and Challenges,” Asian Development Bank Institute, 2016. [online]. Available at <http://hdl.handle.net/11540/6484>.

ระบบแจ้งเตือนผ่านโมบายแอปพลิเคชันเมื่อรถยนต์เคลื่อนที่ผ่านจุดตรวจ
โดยใช้อาร์เอฟไอดี

**The movement of cars through checkpoints alert system via
mobile application using radio frequency identification**

เชี่ยวชาญ ยางคิลา

สาขาวิชาคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด

Received: October 28, 2018; Revised: December 16, 2018; Accepted: December 24, 2018; Published: December 25, 2018

ABSTRACT – The aim of this research is to develop the vehicle alert system by using Radio Frequency Identification (RFID). The alert messages will be sent from this system to the vehicle owners via android application. Moreover, Radio Frequency Identification technology will be used in the vehicle detection system by installing Radio Frequency Identification Tag in the vehicles. The vehicle owners will have to register for the alert system service of Firebase Cloud Messaging (FCM) which depends on Google Play Services. Hardware is composed as follow: 1) Radio Frequency Identification Reader (Version: SID-U861-12dbi), it is able to cover a range of 25 meters and 2) Radio Frequency Identification Tag (Version: UHF Windshield Tag Model 10050), it is able to cover a range of 8 meters. Software is composed as follow: 1) Web server is used for registration and received the alert messages from system. Then it will manage data payload and transform to Firebase Cloud Messaging. 2) Firebase Cloud Messaging is used to send the alert messages via android application and 3) MongoDB is used for storing Tag ID which is processed from RFID Tag by applying Time to Live Indexes (TTL). The principle of system is when the vehicle is installed RFID Tag gets close to RFID Reader, the system will send the alert messages every 5 seconds. Until the vehicle pass RFID Reader. Results from the testing, the system has 100% accuracy.

KEY WORDS -- alert system; android application; RFID; firebase cloud messaging

บทคัดย่อ -- การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบแจ้งเตือนเมื่อรถยนต์เคลื่อนที่ผ่านเครื่องอ่านอาร์เอฟไอดี โดยระบบสามารถแจ้งเตือนเจ้าของรถยนต์ผ่านแอนดรอยด์แอปพลิเคชัน การตรวจจับรถยนต์ใช้เทคโนโลยีอาร์เอฟไอดีโดยทำการติดตั้งอาร์เอฟไอดีแท็กไว้ในรถยนต์แล้วทำการลงทะเบียน การแจ้งเตือนใช้บริการเอฟซีเอ็มหรือไฟร์เบสคลาวด์เมสเสจจิงซึ่งเป็นบริการฟรีของ google ระบบดังกล่าวประกอบไปด้วยฮาร์ดแวร์ ดังนี้ 1) เครื่องอ่านอาร์เอฟไอดี รุ่น SID-U861-12dbi รองรับระยะห่างไม่เกิน 25 เมตร และ 2) อาร์เอฟไอดีแท็ก รุ่น UHF Windshield Tag Model 10050 รองรับระยะห่างไม่เกิน 8 เมตร ในส่วนของซอฟต์แวร์ ประกอบไปด้วย 1) เว็บเซิร์ฟเวอร์ ใช้สำหรับลงทะเบียนและรับข้อมูลการแจ้งเตือนจากระบบแล้วจัดรูปแบบเป็น data payload ก่อนส่งต่อไปยังเอฟซีเอ็ม 2) เอฟซีเอ็ม ใช้สำหรับส่งข้อมูลการแจ้งเตือนไปยังแอนดรอยด์แอปพลิเคชัน และ 3) มงโกดีบี ใช้สำหรับเก็บแท็กไอดีที่อ่านมาจากอาร์เอฟไอดีแท็กโดยประยุกต์ใช้คุณสมบัติของดัชนีแบบ time to live หลักการทำงานของระบบก็คือ เมื่อรถยนต์ที่ติดตั้งอาร์เอฟไอดีแท็กวิ่งเข้ามาในระยะทำการอ่านของเครื่องอ่านอาร์เอฟไอดี ระบบจะส่งข้อความแจ้งเตือนทุก ๆ 5 วินาทีจนกว่ารถยนต์จะวิ่งเลยระยะทำการอ่าน จากการทดสอบระบบพบว่าระบบให้ความถูกต้อง 100%

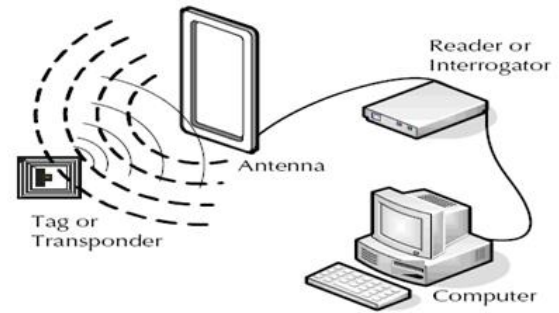
คำสำคัญ – ระบบแจ้งเตือน; แอนดรอยด์แอปพลิเคชัน; อาร์เอฟไอดี; ไฟร์เบสคลาวด์เมสเสจจิง

1. บทนำ

ศูนย์ปราบปรามการโจรกรรมรถยนต์ รถจักรยานยนต์ สำนักงานตำรวจแห่งชาติ เปิดเผยสถิติการโจรกรรมรถยนต์ทั่วประเทศ 10 อันดับแรก ตั้งแต่ 1 มกราคม 2550 - 15 มกราคม 2559 ยี่ห้อโตโยต้า รวม 4,436 คัน รองลงมา คือ ฮีซูซู 3,904 คัน นิสสัน 1,037 คัน ฮอนด้า 965 คัน มิตซูบิชิ 850 คัน มาสด้า 238 คัน ฟอर्ड 217 คัน อิโนะ 178 คัน เชฟโรเลต 127 คัน และ ชูซูกิ 78 คัน ขณะที่ช่วงเวลาการเกิดเหตุโจรกรรมรถยนต์ ช่วงเวลาที่เกิดเหตุมากที่สุด คือ 18.00-24.00 น. รองลงมา คือ 00.01-06.00 น. [1] นับเป็นสถิติที่น่าตกใจเป็นอย่างยิ่ง ในส่วนของมหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด ซึ่งได้ก่อตั้งเมื่อปีพุทธศักราช 2540 บนเนื้อที่ 961 ไร่ 1 งาน 30 ตารางวา ในปัจจุบันยังไม่ได้จัดสร้างรั้วรอบมหาวิทยาลัย มีความเสี่ยงที่จะเกิดการโจรกรรมรถยนต์ได้ง่ายขึ้น ที่ผ่านมารถยนต์ของบุคลากรเคยถูกโจรกรรมมาแล้วจำนวน 1 คัน ประกอบกับในปัจจุบันจำนวนบุคลากรและนักศึกษาของมหาวิทยาลัยได้เพิ่มขึ้นและแนวโน้มการใช้งานรถยนต์ก็เพิ่มขึ้นตามไปด้วย ซึ่งมหาวิทยาลัยไม่สามารถจัดสร้างที่จอดรถยนต์ที่ปลอดภัยได้อย่างเพียงพอ บุคลากรและนักศึกษาจึงจำเป็นต้องจอดรถยนต์ตามบริเวณต่าง ๆ ภายในมหาวิทยาลัย จากนั้นก็เข้าปฏิบัติงาน/เรียนในอาคาร ซึ่งในระหว่างปฏิบัติงานไม่มีเจ้าหน้าที่ดูแลรถยนต์อย่างเพียงพอ จึงอาจเกิดช่องว่างให้ผู้ไม่ประสงค์ดีสามารถโจรกรรมรถยนต์ได้ง่ายมากขึ้น ดังนั้น เพื่อลดความเสี่ยงและสร้างความปลอดภัยให้กับรถยนต์ของบุคลากรและนักศึกษาที่จอดรถยนต์ตามบริเวณต่าง ๆ ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการพัฒนาระบบการแจ้งเตือนการเคลื่อนที่ของรถยนต์ ซึ่งเมื่อระบบตรวจพบการเคลื่อนที่ของรถยนต์ จะส่งข้อความเข้าโทรศัพท์มือถือที่ติดตั้งแอนดรอยด์แอปพลิเคชันที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมา เพื่อให้บุคลากรและนักศึกษาสามารถดำเนินการใด ๆ ได้อย่างเหมาะสมและทันกาล

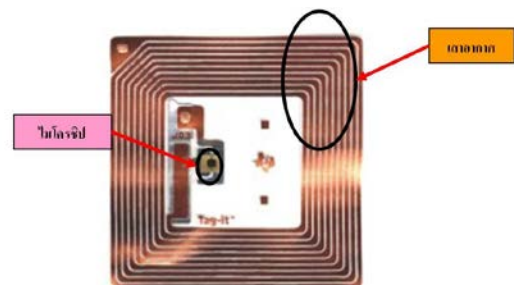
2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1) อาร์เอฟไอดี (radio frequency identification) [2] คือ การระบุตัวตนของสิ่งต่าง ๆ โดยใช้คลื่นความถี่วิทยุ ประกอบด้วย องค์ประกอบต่าง ๆ ได้แก่ ป้ายหรืออาร์เอฟไอดีแท็ก (RFID tag), เครื่องอ่านอาร์เอฟไอดี (RFID reader) และคอมพิวเตอร์หรือระบบที่ใช้ประมวลผล รายละเอียดดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 องค์ประกอบของระบบอาร์เอฟไอดี

1.1) อาร์เอฟไอดีแท็ก ซึ่งโดยทั่วไปแล้ว ภายในจะประกอบด้วย เสาอากาศ และตัวไมโครชิป ในส่วนของตัวเสาอากาศนั้น จะทำหน้าที่รับ-ส่งสัญญาณคลื่นวิทยุระหว่างอาร์เอฟไอดีแท็กกับเครื่องอ่านอาร์เอฟไอดี นอกจากนั้นแล้วยังสามารถทำหน้าที่สร้างพลังงานเพื่อป้อนให้กับไมโครชิปได้อีกด้วย



รูปที่ 2 แสดงองค์ประกอบภายในอาร์เอฟไอดีแท็ก

อาร์เอฟไอดีแท็กมี 2 ประเภท คือ 1) ชนิด passive แท็กชนิดนี้ทำงานได้โดยไม่ต้องใช้แหล่งจ่ายไฟจากภายนอก เพราะภายในบัตรมีวงจรกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำ เป็นแหล่งพลังงานในตัวอยู่แล้ว ระยะเวลาอ่านข้อมูลได้ในระยะสั้น ๆ เท่านั้น (ขึ้นอยู่กับกำลังส่งของเครื่องอ่านและความถี่วิทยุที่ใช้) แท็กประเภทนี้มีขนาดเล็กและน้ำหนักเบา และ 2) ชนิด active แท็กชนิดนี้ต้องอาศัยแหล่งจ่ายไฟจากภายนอก เพื่อจ่ายไฟให้วงจรทำงาน ระยะเวลาอ่านข้อมูลได้ประมาณ 100 เมตร แต่มีข้อเสียคือ ขนาดของป้ายหรือเครื่องอ่านมีขนาดใหญ่ อายุแบตเตอรี่มีอายุการใช้งานประมาณ 3-7 ปี ในงานวิจัยนี้ใช้แท็กแบบ passive รองรับระยะห่าง 8 เมตร รายละเอียดจะกล่าวถึงในหัวข้อถัดไป

1.2) เครื่องอ่านอาร์เอฟไอดี ทำหน้าที่เชื่อมต่อกับแท็กเพื่อทำการอ่านหรือเขียนข้อมูลลงในแท็กโดยใช้สัญญาณวิทยุ ซึ่งภายในเครื่องอ่านจะประกอบด้วยเสาอากาศเพื่อใช้รับ-ส่งสัญญาณ, ภาครับ-ภาคส่งสัญญาณวิทยุ, วงจรควบคุมการอ่าน-เขียนข้อมูล และส่วนที่ติดต่อกับคอมพิวเตอร์ เช่นเดียวกันกับในส่วนของแท็ก เครื่องอ่านนั้นจะมีชนิดและลักษณะรูปร่างหลากหลายแตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งาน เช่นแบบมือถือ, แบบติดผนัง จนถึงแบบขนาดใหญ่เท่าประตู

2) ดัชนี (index) แบบ time to live [3] ในมองโกดีบี (MongoDB) เป็นดัชนีที่นิยมนำไปใช้ในงานที่ต้องการให้มีการลบข้อมูลอัตโนมัติเมื่อหมดเวลา สามารถประยุกต์ใช้ได้หลาย ๆ เรื่อง เช่น เก็บ session ของผู้ใช้งานระบบ เก็บราคาสินค้าของวันนี้สำหรับสินค้าประเภทที่มีการเปลี่ยนแปลงราคาทุกวัน เก็บข้อมูลการประมูล ณ วันปัจจุบัน ระบบโหวตวันต่อวัน การใช้คุณสมบัตินี้จะช่วยให้ลดการเขียนโค้ดของระบบที่นำไปใช้ได้อย่างมาก ตัวอย่างการสร้างดัชนีแบบ time to live

```
db.session.createIndex({login:1} , {expireAfterSeconds : 5} )
```

จากตัวอย่าง คือ การสร้างดัชนีจากฟิลด์ login ให้หมดเวลาภายใน 5 วินาที

3) เทพฤทธิ์ ลิ้นสุกเสวด [4] ได้พัฒนาระบบป้องกันการโจรกรรมแบบเวลาจริงโดยใช้เทคโนโลยี RFID: กรณีศึกษาบริษัท โอเคคาร์เซ็นเตอร์ จำกัด ในงานวิจัยนี้ได้ประยุกต์ใช้เทคโนโลยี RFID พบว่า ระบบสามารถตรวจจับได้ว่ารถคันไหนกำลังถูกขับออกไปโดยได้รับอนุญาตหรือไม่ ของที่อยู่ในรถถูกสับเปลี่ยนหรือหายไปหรือไม่อย่างทันทีทันใด สามารถเก็บข้อมูลการเข้า-ออกของรถได้ และแจ้งเตือนได้ เมื่อตรวจพบเหตุผิดปกติขณะนำรถออกหรือเข้าศูนย์ โดยสามารถตรวจจับและประมวลผลได้ถูกต้องสูงถึง 91.25%

4) ภาณุมาศ หากา [5] ได้พัฒนาระบบรักษาความปลอดภัยยานพาหนะผ่านเข้าออกด้วยเทคโนโลยี RFID กรณีศึกษาโรงเรียนตากพิทยาคม ผลการศึกษา พบว่า ระบบสามารถลงทะเบียนรถยนต์ สามารถบันทึก แก๊ซ ลบ ข้อมูลรถยนต์ลงทะเบียนรถจักรยานยนต์ สามารถบันทึก แก๊ซ ลบ ข้อมูลรถจักรยานยนต์ ตรวจสอบการจับคู่ระหว่างบุคคลกับยานพาหนะ สามารถระบุการจับคู่ที่ถูกต้อง แจ้งผ่านเข้าออกด้วยข้อความสั้น (SMS) สามารถส่งข้อความสั้นแจ้งการผ่านเข้า

ออกไปยังผู้ปกครองนักเรียน ระบุนายพาหนะแต่ละบุคคลสามารถยืนยันความถูกต้อง ระหว่างบุคคลกับยานพาหนะ รายงานผู้บริหาร แจ้งสถิติ วิเคราะห์ข้อมูลสามารถสืบค้นข้อมูลสถิติ การเข้าออกวิเคราะห์ข้อมูลการเข้าออก ผลจากการศึกษาพบว่า ผู้ใช้งานมีความพึงพอใจระดับมาก

5) รุ่งกิจ กมลกลาง [6] ได้ศึกษา การประยุกต์ใช้ RFID กับ การควบคุมยานพาหนะเข้า-ออก กรณีศึกษาโรงเรียนจำอาภาส ผลการวิจัย พบว่า ระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถตรวจสอบและติดตามข้อมูลของยานพาหนะที่กำลังผ่านเข้า-ออกได้ทันที ใช้เป็นข้อมูลสนับสนุนการรักษาความปลอดภัยด้านการควบคุมยานพาหนะให้กับผู้บังคับบัญชาตามความต้องการ

6) ทองทวี จิตพรมมา [7] ได้ทำวิจัย เรื่อง การพัฒนาระบบติดตามโคกระบือโครงการหลวงในกลุ่มจังหวัด “ร้อยแก่น สารสินธุ์” ด้วย RFID ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาและจัดเก็บข้อมูลของโค-กระบือโครงการหลวงในกลุ่มจังหวัด “ร้อยแก่น สารสินธุ์” 2) พัฒนาระบบฐานข้อมูลโค-กระบือ โครงการหลวงในกลุ่มจังหวัด “ร้อยแก่น สารสินธุ์”ในรูปแบบข้อมูลสารสนเทศ 3) พัฒนาระบบติดตามโค-กระบือโครงการหลวงในกลุ่มจังหวัด “ร้อยแก่น สารสินธุ์”ด้วย RFID ผลจากการทดสอบการใช้งานจริงสามารถอ่านค่าได้ในระยะเฉลี่ย 358 เซนติเมตร

7) ชมพูนุช บุญฤทธิ์อมรชัย [8] ได้ศึกษาค้นคว้าอิสระ เรื่อง ระบบบริหารคลังเวชภัณฑ์ด้วยเทคโนโลยีอาร์เอฟไอดี โดยการใช้โรงพยาบาลลำปางเป็นกรณีศึกษา ผลจากการทดสอบระบบจากห้องปฏิบัติการและทดสอบกับผู้ใช้จริง พบว่า กระบวนการที่มีการใช้เทคโนโลยีอาร์เอฟไอดีได้ลดขั้นตอนจาก 27 ขั้นตอนให้เหลือ 13 ขั้นตอน และสามารถช่วยลดเวลาการตรวจสอบจำนวนยาใน Stock ได้ถึง 98.37% ลดเวลาการลงทะเบียนยาใหม่ได้ถึง 77.27% ลดเวลาการค้นหายาใกล้หมดอายุ 98.51% ลดเวลาในการค้นหาสูญหายได้ถึง 96.67% และค้นหารายการยาที่ใกล้หมดได้ถึง 98.46% ความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อระบบอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 4.31) ซึ่งเป็นไปตามคำถามงานวิจัย

8) Eui-Nam Huh et al. [9] และ Nabish Kumar et al. [10] ได้ประยุกต์ใช้งาน google cloud messaging (GCM) ซึ่งเป็นต้นกำเนิดของเอฟซีเอ็ม พบว่า GCM ช่วยลดปริมาณข้อมูลในเครือข่ายและใช้พลังงานไฟจากแบตเตอรี่ต่ำ

9) เชื้อขบวนการ ขงคิลลา [11, 12] ได้ประยุกต์ใช้งาน ไพร์เบส คลาวด์เมสเสจจิง ในการส่งข้อความแจ้งเตือนไปยังแอนดรอยด์ แอปพลิเคชัน ผลการวิจัยพบว่า การส่งข้อความแจ้งเตือนให้ความถูกต้อง 100%

10) เชาวุฒิ วานิชสรรพ, คมศักดิ์ ผลพุกษา และณานิ ลำจอง [13] ได้ออกแบบระบบรักษาความปลอดภัยในบ้านด้วยระบบ วิทยุผ่านช่องทางเฟชบุ๊กเมสเซนเจอร์ ร่วมกับตัวรับรู้พีไออาร์ (เซนเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหว) เมื่อตรวจพบความเคลื่อนไหวระบบจะส่งข้อความแจ้งเตือนผ่านทางเฟชบุ๊กเมสเซนเจอร์ พบว่าตัวรับรู้พีไออาร์สามารถตรวจจับความเคลื่อนไหวในทิศทางและระยะทางที่แตกต่างกันได้ค่อนข้างมีประสิทธิภาพ ข้อจำกัดของระบบก็คือ ถ้ามีการส่งข้อมูลซ้ำ ๆ กันมากเกินไปจะถูกบล็อกจากเฟชบุ๊กเมสเซนเจอร์

จากการศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้อง งานวิจัย [5, 15] ในการส่งข้อมูลการแจ้งเตือนจากระบบไปยังผู้ใช้จะส่งโดยใช้ข้อความสั้น (SMS) ซึ่งมีค่าใช้จ่ายเข้ามาเกี่ยวข้อง งานวิจัย [13] ส่งโดยใช้เฟชบุ๊กเมสเซนเจอร์ ซึ่งพบข้อจำกัดของระบบก็คือ ถ้ามีการส่งข้อมูลซ้ำ ๆ กันมากเกินไปจะถูกบล็อกจากเฟชบุ๊กเมสเซนเจอร์ งานวิจัยนี้ผู้วิจัยจึงได้นำเสนอระบบที่สามารถส่งข้อความแจ้งเตือนผ่านไพร์เบสคลาวด์เมสเสจจิงเพื่อส่งต่อไปยังแอนดรอยด์แอปพลิเคชันที่อยู่บนโทรศัพท์มือถือของผู้ใช้ ซึ่งบริการส่งข้อความที่เลือกใช้เป็นการบริการของ google ไม่มีค่าใช้จ่ายใด ๆ และมีความเสถียรสูง [9, 11, 12] เมื่อศึกษาประสิทธิภาพของอาร์เอฟไอดีจากหลาย ๆ งานวิจัยพบว่าทุกงานวิจัยให้ผลลัพธ์ที่ดี ประกอบกับโดยลักษณะการอ่านข้อมูลของอาร์เอฟไอดี เมื่ออาร์เอฟไอดีแท็กเคลื่อนที่เข้ามาในระยะทำการอ่านของเครื่องอ่านอาร์เอฟไอดีจะถูกอ่านข้อมูลตลอดเวลา ซึ่งงานวิจัยที่อ้างถึงไม่ได้กล่าวถึงการจัดการประเด็นนี้ งานวิจัยนี้จึงนำเสนอด้วยการใช้ดัชนีแบบ time to live ในมองโกดีบีในการจัดการ กล่าวคือ การอ่านอาร์เอฟไอดีแท็กครั้งแรกในระบบฯ จะแจ้งเตือนทันทีและหน่วงเวลาทุก ๆ 5 วินาที สำหรับการแจ้งเตือนครั้งถัดไปเพื่อลดความถี่ในการแจ้งเตือน

3. แนวคิด/วิธีการที่นำเสนอ

3.1 ฮาร์ดแวร์ที่เกี่ยวข้อง

1) เครื่องอ่านอาร์เอฟไอดี รุ่น SID-U861-12dbi ใช้คลื่น UHF ความถี่ช่วง 902-928 MHz รองรับระยะห่างไม่เกิน 25 เมตร



รูปที่ 3 ตัวอย่างเครื่องอ่านอาร์เอฟไอดี

2) อาร์เอฟไอดีแท็ก รุ่น UHF Windshield Tag Model 10050 แบบสติ๊กเกอร์ โพรโตคอล EPC C1 Gen2/ISO19=8000-6C รองรับความถี่ 920-925 Mhz รองรับระยะห่างระหว่างอาร์เอฟไอดีแท็กกับเครื่องอ่านอาร์เอฟไอดี ไม่เกิน 8 เมตร เมื่อใช้เครื่องอ่านอาร์เอฟไอดี 12dbi



รูปที่ 4 อาร์เอฟไอดีแท็กแบบสติ๊กเกอร์

3) คอมพิวเตอร์ สำหรับอ่านแท็กไอดีจากเครื่องอ่านอาร์เอฟไอดี ก่อนส่งไปประมวลผลในระบบ

3.2 ซอฟต์แวร์ที่เกี่ยวข้อง

1) โปรแกรมเว็บเซิร์ฟเวอร์ (apache) สำหรับให้บริการเว็บเพจที่พัฒนาด้วยภาษา PHP

2) ไพร์เบสคลาวด์เมสเสจจิง [14] คือ บริการที่สามารถใช้ส่งข้อความข้ามแพลตฟอร์ม ทั้งแอนดรอยด์, iOS และเว็บไซต์ เพื่อแจ้งเตือนให้ฝั่งของ client ว่ามีข้อมูลอะไร (ชื่อเดิมก็คือ google cloud messaging : GCM) เอฟเซียมมีคลาสให้นักเขียนโปรแกรมสามารถเรียกใช้งานได้หลัก ๆ จำนวน 2 คลาส ได้แก่

2.1) MyFirebaseInstanceIdService.java คลาสนี้ใช้สำหรับการรับค่า token (รหัสที่ google สร้างให้โดยอัตโนมัติ) ซึ่งสามารถเข้าถึงได้โดยใช้เมธอด onTokenRefresh โดยจะถูกเรียกเมื่อค่า token มีการเปลี่ยนแปลง ซึ่งเราสามารถทำการส่ง token ไปเก็บหรืออัปเดตไว้ในฐานข้อมูลได้

2.2) MyFirebaseMessagingService.java คลาสนี้ใช้สำหรับรับข้อมูลที่แนบมากับการส่ง notification payload แบบ foreground โดยเมธอด onMessageReceived จะถูกเรียกเพื่อรับ remoteMessage object ของข้อมูลที่เราได้ส่งมาด้วย ส่วนการรับข้อมูลแบบ background จะรับข้อมูลที่แนบมากับการส่งแบบ data payload

3) โปรแกรม android studio เป็นเครื่องมือพัฒนา (IDE : integrated development environment) ที่ถูกสร้างขึ้นมาเพื่อการพัฒนาแอนดรอยด์แอปพลิเคชัน บนพื้นฐานของแนวคิด IntelliJ โดยมีความสามารถในการทำงานเด่น ๆ ในขณะนี้ ดังต่อไปนี้

3.1) มีความยืดหยุ่นในการใช้งานด้วย Gradle-based

3.2) การสร้างตัวแปรและการสร้างไฟล์ APK ในหลาย ๆ แม่แบบ

3.3) แม่แบบที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการใช้งานคุณสมบัติที่ถูกใช้งานบ่อย ๆ

3.4) ตัวช่วยแก้ไขรูปแบบที่รองรับการลากและวาง

3.5) การสนับสนุนนิวทรีนสำหรับแพลตฟอร์ม google cloud ทำให้มันง่ายต่อการรวม firebase cloud messaging และ app engine

4) ภาษา PHP คือ ภาษาคอมพิวเตอร์ในลักษณะเซิร์ฟเวอร์-ไซด์สคริปต์ โดยลิขสิทธิ์อยู่ในลักษณะโอเพนซอร์ส ภาษาที่เอชพีใช้สำหรับพัฒนาเว็บไซต์และแสดงผลออกมาในรูปแบบภาษา HTML ในงานวิจัยนี้ ใช้ภาษาที่เอชพีในการพัฒนาเว็บเพจ ให้ทำหน้าที่ดังนี้

4.1) รับ token และรหัสประจำตัวจากแอนดรอยด์แอปพลิเคชันแล้วบันทึกลงฐานข้อมูลการลงทะเบียน

4.2) รับแท็กไอดีจากโปรแกรมประยุกต์ที่พัฒนาด้วยภาษา C# แล้วนำไปบันทึกลงฐานข้อมูลการลงทะเบียน (จับคู่กับ token)

4.3) รับแท็กไอดีจากโปรแกรมประยุกต์ที่พัฒนาด้วยภาษา C# แล้วนำไปสืบค้น token ในฐานข้อมูล ถ้าพบ token จะจัดรูปแบบข้อมูลการแจ้งเตือนเป็นแบบข้อความเพื่อโหลดก่อนส่งต่อให้กับแอปพลิเคชัน

5) ภาษา Visual C# สำหรับพัฒนาโปรแกรมประยุกต์สำหรับติดต่อเครื่องอ่านอาร์เอฟไอดีและส่งข้อมูลให้กับเว็บเซิร์ฟเวอร์และมองโกดีบี

6) โปรแกรมมองโกดีบี เป็นโปรแกรมจัดการฐานข้อมูลไม่สัมพันธ์ (non-relational database) หรือโดยทั่วไปจะถูกเรียกว่า

ฐานข้อมูลแบบ NoSQL (หรือฐานข้อมูลที่ไม่ใช้คำสั่ง SQL ในการจัดการฐานข้อมูล) ในงานวิจัยนี้ใช้สำหรับจัดเก็บแท็กไอดี (tag ID) ที่อ่านมาจากอาร์เอฟไอดีแท็กและให้บริการดัชนีแบบ time to live

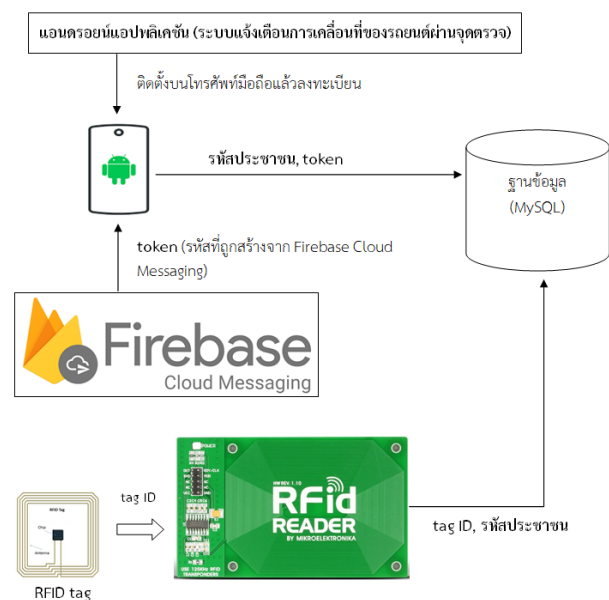
7) โปรแกรม MySQL สำหรับเก็บฐานข้อมูลการลงทะเบียน

3.3 การออกแบบฐานข้อมูลใน MySQL

ตารางที่ 1. แสดงรีเลชันสำหรับเก็บข้อมูลการลงทะเบียน

แอททริบิวต์	ชนิด/ขนาด	คีย์	รายละเอียด
pid	varchar(100)		รหัสประชาชน
token	varchar(200)		token ใช้ระบุที่อยู่ของแอนดรอยด์แอปพลิเคชัน
tag_id	varchar(100)	PK	เก็บ tag ID

3.4 แบบจำลองสำหรับการลงทะเบียน



รูปที่ 5 แสดงแบบจำลองสำหรับการลงทะเบียน

จากรูปที่ 5 ขั้นตอนการลงทะเบียน มี 2 ส่วน ได้แก่

1) ใช้โปรแกรมประยุกต์ที่พัฒนาด้วยภาษา Visual C# อ่านแท็กไอดี และกรอกรหัสประชาชน (ใช้อ้างอิงเวลาจะปรับปรุง

ข้อมูลเพื่อจับคู่ระหว่างแท็กไอดีกับ token) แล้วนำไปจัดเก็บลงฐานข้อมูลใน MySQL แอททริบิวต์ pid และแอททริบิวต์ tag_id (ตารางที่ 1)

2) ทำการติดตั้งแอนดรอยด์แอปพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือ จะได้รับรหัส (token) จาก google จากนั้นนำรหัสที่ได้ไป update ข้อมูลในฐานข้อมูลการลงทะเบียนใน MySQL ตามรหัสประชาชน (update แอททริบิวต์ token ในตารางที่ 1)

3.5 การออกแบบฐานข้อมูลในมองโกดีบี

การอ่านข้อมูลจากอาร์เอฟไอดีแท็กจะแตกต่างจากการอ่านข้อมูลจากบาร์โค้ด กล่าวคือ เมื่ออาร์เอฟไอดีแท็กเคลื่อนที่เข้ามาในระยะทำการอ่าน เครื่องอ่านอาร์เอฟไอดีจะอ่านข้อมูลตลอดเวลา ผู้วิจัยจึงคิดค้นอัลกอริทึมในการหน่วงเวลาในการแจ้งเตือน โดยในการอ่านอาร์เอฟไอดีแท็กครั้งแรกระบบฯ จะแจ้งเตือนทันที ส่วนการแจ้งเตือนครั้งถัดไปจะแจ้งเตือนทุกๆ 5 วินาทีจนกว่าอาร์เอฟไอดีแท็กจะเคลื่อนที่เลยระยะทำการอ่าน โดยประยุกต์ใช้ความสามารถของดัชนีแบบ time to live ในมองโกดีบี ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2. แสดงคอนเล็กชันสำหรับการหน่วงเวลา

ฟิลด์	ชนิด	คีย์	รายละเอียด
_id	String	PK	เก็บ tag ID
inserted	Date	time to live	วันที่ปัจจุบันจากระบบ

หมายเหตุ ฟิลด์ _id ในแต่ละคอนเล็กชันในมองโกดีบี จะถูกกำหนดให้เป็นคีย์หลักโดยอัตโนมัติ ในงานวิจัยนี้จึงกำหนดให้ฟิลด์ _id เก็บแท็กไอดี ดังนั้น เมื่อเครื่องอ่านฯ อ่านแท็กไอดีที่ซ้ำกันก็จะไม่สามารถแทรกแท็กไอดีได้จนกว่าแท็กไอดินั้นจะถูกลบเพราะว่าหมดเวลา

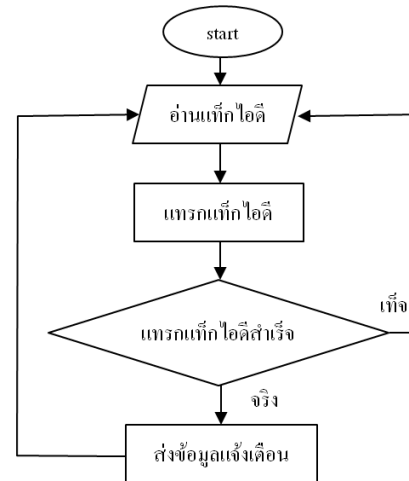
ตัวอย่างคำสั่งแทรกแท็กไอดี

```
db.rfid.insert({_id:"E200516965090233131095DA",
inserted:new Date()});
```

ตัวอย่างคำสั่งสร้างดัชนี

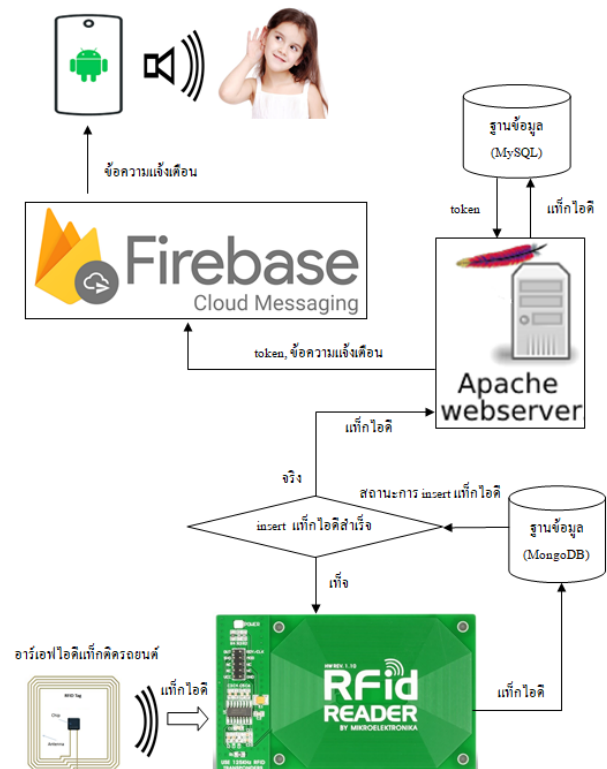
```
db.rfid.createIndex({inserted:1} , {expireAfterSeconds : 5})
```

จากตัวอย่างคำสั่ง คือการสร้างดัชนีจากฟิลด์ inserted กำหนดให้หมดเวลาทุก ๆ 5 วินาที (ถ้าหมดเวลามองโกดีบี จะทำการลบเอกสารนั้น ๆ ออกจากคอนเล็กชันโดยอัตโนมัติ ซึ่งก็จะส่งผลให้สามารถแทรกแท็กไอดีใหม่ได้) รูปที่ 6 แสดงผังงานการแทรกแท็กไอดีและการแจ้งเตือน



รูปที่ 6 ผังงานแสดงขั้นตอนการแทรกแท็กไอดีในมองโกดีบี

3.6 แบบจำลองการตรวจจับและแจ้งเตือน



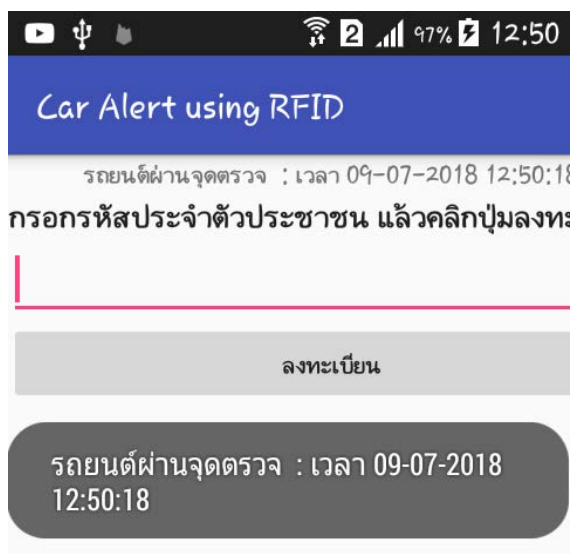
รูปที่ 7 แสดงแบบจำลองสำหรับการตรวจจับและแจ้งเตือน

จากรูปที่ 7 ขั้นตอนการตรวจจับและแจ้งเตือนมีดังนี้

- 1) เมื่ออาร์เอฟไอดีแท็กเคลื่อนที่เข้ามาในระยะทำการอ่านเครื่องอ่านฯ จะอ่านแท็กไอดี แล้วส่งแท็กไอดีไปบันทึกในฐานข้อมูลมองโกดีบี
- 2) ถ้าสามารถ insert เอกสาร (แท็กไอดี) ในมองโกดีบีได้ จะส่งแท็กไอดี ต่อไปยังเว็บเซิร์ฟเวอร์ (แต่ละเอกสารในมองโกดีบีจะมีอายุ 5 วินาที) แต่ถ้าไม่สามารถ insert เอกสารในมองโกดีบีก็จะไม่ดำเนินการใด ๆ
- 3) เมื่อเว็บเซิร์ฟเวอร์ได้รับแท็กไอดีก็จะใช้แท็กไอดีดังกล่าวในการสืบค้น token ในฐานข้อมูลการลงทะเบียนใน MySQL ที่เคยลงทะเบียนไว้
- 4) ถ้าผลการสืบค้นพบ token เว็บเซิร์ฟเวอร์จะส่ง token และข้อความแจ้งเตือนไปยังแอปพลิเคชันโดยจัดรูปแบบเป็นแบบคำค่าเพย์โหลด
- 5) เมื่อแอปพลิเคชันได้รับ token และข้อมูลการแจ้งเตือนจากเว็บเซิร์ฟเวอร์ แอปพลิเคชันจะส่งข้อมูลการแจ้งเตือนไปยังแอนดรอยด์แอปพลิเคชันตาม token ที่ได้รับจากเว็บเซิร์ฟเวอร์
- 6) แอนดรอยด์แอปพลิเคชัน จะแจ้งเตือนด้วยเสียงและข้อความ แม้ว่าเจ้าของโทรศัพท์จะไม่ได้เปิดแอปพลิเคชันก็ตาม

4. ผลการดำเนินงาน

4.1 การใช้งานแอนดรอยด์แอปพลิเคชัน

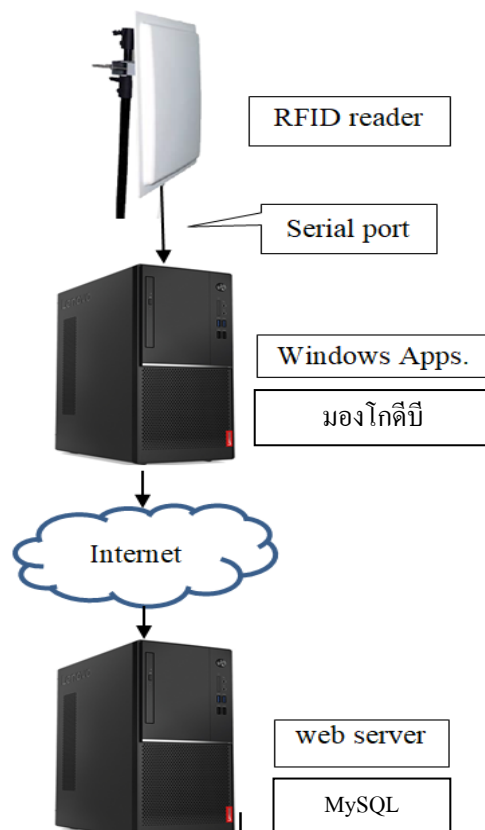


รูปที่ 8 ส่วนติดต่อผู้ใช้ของแอนดรอยด์แอปพลิเคชัน

จากรูปที่ 8 การใช้งานแอนดรอยด์แอปพลิเคชัน มีดังนี้

- 1) ใช้สำหรับลงทะเบียน โดยการกรอกรหัสประชาชนแล้วกดที่ปุ่ม “ลงทะเบียน” โปรแกรมจะส่งรหัสประชาชนและ token (ซึ่งได้รับมาจาก google) ไปบันทึกในฐานข้อมูลการลงทะเบียนในโปรแกรม MySQL (ตารางที่ 1)
- 2) รอรับข้อมูลการแจ้งเตือน โดยโปรแกรมจะส่งเสียงและแสดงข้อความแจ้งเตือนในส่วนของผู้ใช้ที่ลงทะเบียนไว้ ถึงแม้ว่าเจ้าของโทรศัพท์จะไม่ได้เปิดแอปพลิเคชันก็ตาม

4.2 การเชื่อมต่อฮาร์ดแวร์



รูปที่ 9 การเชื่อมต่อฮาร์ดแวร์

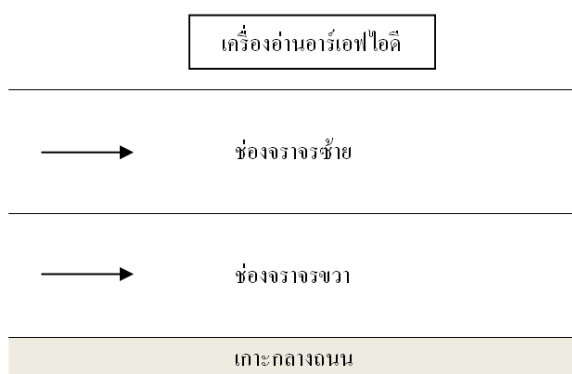
จากรูปที่ 9 แสดงการเชื่อมต่อฮาร์ดแวร์ มีหลักการทำงานดังนี้

- 1) เครื่องอ่านอาร์เอฟไอดีจะเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ที่รันโปรแกรมประยุกต์ที่พัฒนาด้วยภาษา Visual C# ด้วยพอร์ตอนุกรม โดยเมื่อเครื่องอ่านอาร์เอฟไอดีตรวจพบอาร์เอฟไอดีแท็ก เครื่องอ่านฯ จะอ่านแท็กไอดีแล้วส่งให้โปรแกรมประยุกต์

2) โปรแกรมประยุกต์จะนำแท็กไอดี ไป insert ในฐานข้อมูลของมองโกดีบี ถ้าสามารถ insert แท็กไอดีได้ ก็จะส่งต่อไปยังเว็บเซิร์ฟเวอร์เพื่อดำเนินการต่อไป (แต่ถ้าหากไม่สามารถ insert เอกสารก็จะไม่ดำเนินการใด ๆ)

4.3 การทดสอบระบบ

ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบระบบโดยใช้บริการเครือข่ายอินเทอร์เน็ตของ true move h เนื่องจากทำการทดสอบภายนอกอาคารจึงไม่มีสัญญาณอินเทอร์เน็ต โดยได้เชื่อมต่อเครือข่ายอินเทอร์เน็ตของ true move h ทั้งโทรศัพท์มือถือและคอมพิวเตอร์ที่รัน โปรแกรมประยุกต์ ในส่วนของเว็บเซิร์ฟเวอร์ผู้วิจัยได้ทำการเช่า hosting จากผู้ให้บริการภาคเอกชนที่ติดตั้งเว็บเซิร์ฟเวอร์อยู่ที่อาคารการสื่อสารแห่งประเทศไทย กรุงเทพมหานคร ทำการทดสอบในมหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ดบริเวณหน้าอาคารคนตรี ซึ่งมีถนน 4 ช่องจราจร ใช้รถยนต์ของผู้วิจัย จำนวน 1 คัน โดยได้ติดตั้งเครื่องอ่านอาร์เอฟไอดีริมถนนด้านซ้ายของรถยนต์และติดอาร์เอฟไอดีแท็กแบบสติ๊กเกอร์บริเวณกระจกมองหลังด้านซ้ายแล้วขับรถยนต์ผ่านเครื่องอ่านอาร์เอฟไอดี ด้วยความเร็วแตกต่างกันและทดลองเปลี่ยนช่องจราจรแล้วตรวจสอบความถูกต้องจากการแจ้งเตือนในแอนดรอยด์แอปพลิเคชัน ผลลัพธ์ดังตารางที่ 3



รูปที่ 10 แสดงตำแหน่งการติดตั้งเครื่องอ่านอาร์เอฟไอดีและทิศทางการเคลื่อนที่ของรถยนต์

ตารางที่ 3 ผลการทดลอง

ความเร็ว กม./ชม.	รถยนต์วิ่งบนช่อง จราจรซ้าย	รถยนต์วิ่งบน ช่องจราจรขวา
20	✓	✓
40	✓	✓
60	✓	✓
80	✓	✓

✓ หมายถึง ได้รับการแจ้งเตือน

หมายเหตุ ผู้วิจัยได้ทดลองติดอาร์เอฟไอดีแท็กบริเวณประตูรถยนต์ด้านซ้ายส่วนที่เป็นโลหะ พบว่า เครื่องอ่านอาร์เอฟไอดีไม่สามารถอ่านแท็กไอดีได้ จึงมีข้อเสนอแนะว่า ไม่ควรติดอาร์เอฟไอดีแท็กบริเวณที่เป็นโลหะ

5. บทสรุป

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบแจ้งเตือนเมื่อรถยนต์เคลื่อนที่ผ่านเครื่องอ่านอาร์เอฟไอดี โดยระบบสามารถแจ้งเตือนเจ้าของรถยนต์ผ่านแอนดรอยด์แอปพลิเคชันที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้น การตรวจจับการเคลื่อนที่ของรถยนต์ใช้เทคโนโลยีอาร์เอฟไอดีโดยทำการติดตั้งอาร์เอฟไอดีแท็กแบบสติ๊กเกอร์ที่ใต้ลงทะเบียนแล้วไว้ในรถยนต์บริเวณกระจกมองหลังส่วนที่เป็นพลาสติก การแจ้งเตือนใช้บริการฟรีเบสคลาวด์เมสเสจจิงซึ่งเป็นบริการฟรีของ google ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบระบบโดยใช้บริการเครือข่ายอินเทอร์เน็ตของ true move h ทดสอบในมหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด บริเวณหน้าอาคารคนตรี ซึ่งมีถนน 4 ช่องจราจร โดยได้ติดตั้งเครื่องอ่านอาร์เอฟไอดีไว้ริมถนนด้านซ้ายของรถยนต์และติดอาร์เอฟไอดีแท็กบริเวณกระจกมองหลังของรถยนต์ด้านซ้ายแล้วขับรถยนต์ผ่านเครื่องอ่านอาร์เอฟไอดีด้วยความเร็วแตกต่างกันและทดลองเปลี่ยนช่องจราจรแล้วตรวจสอบความถูกต้องจากการแจ้งเตือน จากการทดสอบระบบ พบว่าระบบให้ความถูกต้อง 100%

6. อภิปรายผล

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ประเด็นการส่งข้อมูลการแจ้งเตือนจากระบบฯ ไปยังผู้ใช้งานวิจัย [5, 15] ส่งโดยใช้ข้อความสั้นซึ่งมีค่าใช้จ่ายเข้ามาเกี่ยวข้อง โกเศศ ศรีอุทธา [16] ส่งโดยใช้เทคนิค push notification iOS ในการส่งข้อความแจ้งเตือนไปยัง mobile app ซึ่งรองรับระบบปฏิบัติการ iOS เท่านั้น งานวิจัย [13] ส่งโดยใช้เฟรมเวิร์กเมสเซนเจอร์ ซึ่งพบข้อจำกัดของระบบก็คือ ถ้ามีการส่งข้อมูลซ้ำ ๆ กันมากเกินไปจะถูกบล็อกจากเฟรมเวิร์กเมสเซนเจอร์ งานวิจัยนี้ผู้วิจัยจึงได้นำเสนอระบบที่สามารถส่งข้อความแจ้งเตือนผ่านไฟร์เบสคลาวด์เมสเสจจึงเพื่อส่งต่อไปยังแอนดรอยด์แอปพลิเคชันที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นมา และสามารถส่งไปยัง mobile app ที่ติดตั้งในระบบปฏิบัติการ iOS ก็ได้ ซึ่งบริการส่งข้อความที่เลือกใช้เป็นบริการของ google ไม่มีค่าใช้จ่ายใด ๆ และมีความเสถียรสูง [9, 11, 12] ประกอบกับโดยลักษณะการอ่านข้อมูลของอาร์เอฟไอดี เมื่ออาร์เอฟไอดีแท็กเคลื่อนที่เข้ามาในระยะทำการอ่านของเครื่องอ่านอาร์เอฟไอดี อาร์เอฟไอดีแท็กจะถูกอ่านแท็กไอดีตลอดเวลา ซึ่งงานวิจัยที่อ้างถึงไม่ได้กล่าวถึงการจัดการประเด็นนี้ งานวิจัยนี้จึงนำเสนอด้วยการใช้ดัชนีแบบ time to live ในมองโกดีบีในการจัดการ กล่าวคือ การอ่านอาร์เอฟไอดีแท็กครั้งแรกระบบฯ จะแจ้งเตือนทันทีและช่วงเวลาทุก ๆ 5 วินาที สำหรับการแจ้งเตือนครั้งถัดไปเพื่อลดความถี่ในการแจ้งเตือน

7. ข้อเสนอแนะ

- 1) ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้เลือกใช้อาร์เอฟไอดีแท็กแบบสติ๊กเกอร์ซึ่งพบปัญหาที่จะฝากเป็นข้อเสนอแนะ คือ ถ้าติดอาร์เอฟไอดีแท็กในส่วนที่เป็นโลหะจะทำให้เครื่องอ่านอาร์เอฟไอดีไม่สามารถอ่านแท็กไอดีได้
- 2) การนำอาร์เอฟไอดีแท็กวางซ้อนกัน จะทำให้การอ่านแท็กไอดีมีข้อผิดพลาด
- 3) ไฟร์เบสคลาวด์เมสเสจ เป็นบริการฟรีของ google ซึ่งแน่นอนว่าทุกครั้งที่เราจะส่งข้อความแจ้งเตือน ข้อความนั้นจะถูกส่งไปที่ดาต้าเซ็นเตอร์ของ google ซึ่งในโซนเอเชียด้าเซ็นเตอร์ที่อยู่ใกล้ประเทศไทยมากที่สุด คือ สิงคโปร์ รองลงมา คือ ฮ่องกง [17] ในการทดสอบระบบครั้งแรก ผู้วิจัยได้ติดตั้งเว็บเซิร์ฟเวอร์อยู่ภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด ซึ่งพบว่าระยะเวลาดังแต่ระบบส่งข้อมูลการแจ้งเตือนจนกระทั่ง

โทรศัพท์มือถือได้รับข้อความหน่วงเวลาค่อนข้างมากและบางครั้งไม่ได้รับข้อมูล ผู้วิจัยจึงแก้ไขปัญหาโดยทำการเช่า hosting จากผู้ให้บริการภาคเอกชนที่ติดตั้งเว็บเซิร์ฟเวอร์อยู่ที่อาคารการสื่อสารแห่งประเทศไทย กรุงเทพมหานคร ผลลัพธ์ที่ได้ก็คือ ระยะเวลาดลดลงเป็นที่น่าพอใจเป็นอย่างยิ่ง [12]

เอกสารอ้างอิง

- [1] “ลัทธิข้ามประเทศพุ่ง แฉ AEC-‘โตโยต้า’ขี้ห่อฮิด/เปิดสถิติรถหายรอบ 9 ปี,” หนังสือพิมพ์ฐานเศรษฐกิจ, 17 - 20 มกราคม พ.ศ. 2559. [Online], สืบค้นจาก: <http://www.than settakij.com/content/26784>. [สืบค้นเมื่อ 28 พฤษภาคม 2561].
- [2] “ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับ RFID,” thaieasyelec.com, ม.ป.ป. [Online]. สืบค้นจาก: <http://thaieasyelec.com/article-wiki/ba sic-electronics/rfid-basic.html>. [สืบค้นเมื่อ 4 ธันวาคม 2560].
- [3] “TTL Indexes,” docs.mongodb.com, n.d. [Online]. Available: <https://docs.mongodb.com/manual/core/index-ttl>. [Accessed August. 27, 2018].
- [4] เทพฤทธิ์ สีนุสเสวต, “ระบบป้องกันการโจรกรรมแบบเวลาจริงโดยใช้เทคโนโลยี RFID: กรณีศึกษาบริษัท โอเคคาร์เซ็นเตอร์ จำกัด,” การศึกษาอิสระปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2553.
- [5] ภาณุมาศ หากา, “ระบบรักษาความปลอดภัยยานพาหนะผ่านเข้าออกด้วยเทคโนโลยี RFID กรณีศึกษา โรงเรียนตากพิทยาคม,” การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ, มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2552.
- [6] รุ่งกิจ กมลกลาง, “การประยุกต์ใช้ RFID กับการควบคุมยานพาหนะเข้า-ออก กรณีศึกษา โรงเรียนจำอากาศ,” วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต,

- สาขาวิชาบริหารเทคโนโลยีสารสนเทศ, สถาบัน
บัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์, 2552.
- [7] ทองทวี จิตพรมมา, “การพัฒนาระบบติดตามโคกระบือ
โครงการหลวงในกลุ่มจังหวัด ‘ร้อยแก่น สารสินธุ์’
ด้วย RFID,” สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์, คณะครุ
ศาสตร์อุตสาหกรรม, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
วิทยาเขต ขอนแก่น, 2560.
- [8] ชมพูนุช บุญฤทธิ์ธรรมชัย, “ระบบบริหารคลังเวชภัณฑ์
ด้วยเทคโนโลยีอาร์เอฟไอดี,” การค้นคว้าอิสระปริญญา
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรม
ซอฟต์แวร์, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่,
2559.
- [9] Cong-Thinh Huynh, Huu-Quoc Nguyen, Xuan-Quy
Pham, Tien-Dung Nguyen, and Eui-Nam Huh,
“Cloud-based Real-time location tracking and
messaging system : A child-care case study,” ACM
International Conference on Ubiquitous Information
Management and Communication, At Bali, Indonesia.
8-10 January 2015.
- [10] Nabish Kumar, Nitish Kumar, Pradeep Karki, and
Ashwini Jarali, “A GCM and GPS Based Approach to
Health Service,” ICTCS '16 Proceedings of the
Second International Conference on Information and
Communication Technology for Competitive
Strategies. March 04 - 05, 2016. Article No. 117.
- [11] เชื้อวชาญ ยางศิลา, “ระบบบ้านอัตโนมัติต้นทุนต่ำโดย
ใช้แอนดรอยด์ รัสเบอร์พาย และอาดูโน ส่งข้อมูลโดย
ใช้การเขียนโปรแกรมแบบบล็อกเก็ตและเอพีเอ็ม
กรณีศึกษา ระบบดูแลสัตว์เลี้ยงผ่านอินเทอร์เน็ต,”
วารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรม
ราชูปถัมภ์ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, ปีที่ 13
ฉบับที่ 2 (พฤษภาคม-สิงหาคม พ.ศ. 2561) หน้า 116-
125.
- [12] เชื้อวชาญ ยางศิลา, “ระบบติดตามและแจ้งพิกัดการ
เกิดอุบัติเหตุของรถจักรยานยนต์ด้วยจีพีเอส เครื่องข่ายจี
เอสเอ็มและแอนดรอยด์แอปพลิเคชัน,” วารสาร
มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด, ปีที่ 12 ฉบับพิเศษ เดือน
กรกฎาคม พ.ศ. 2561 หน้า 14-25.
- [13] เดชาวุฒิ วาณิชสรรพ, คมศักดิ์ ผลพุกษา และณานิ ลำ
จง, “ระบบรักษาความปลอดภัยในบ้านด้วยรหัสเบอร์
รี่ผ่านช่องทางเฟซบุ๊กเมสเซนเจอร์,” The Thirteenth
National Conference on Computing and Information
Technology. 6-7 กรกฎาคม 2560 คณะเทคโนโลยี
สารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระ
นครเหนือ กรุงเทพมหานคร. หน้า 761-766.
- [14] “รู้จัก Firebase Cloud Messaging (FCM) ตั้งแต่ Zero
จนเป็น Hero,” developers.ascendcorp.com, ม.ป.ป.
[Online]. สืบค้นจาก:
[https://developers.ascendcorp.com/รู้จัก-firebase-
cloud-messaging-fcm-ตั้งแต่-zero-จนเป็น-hero-
fb7900af92cd](https://developers.ascendcorp.com/รู้จัก-firebase-cloud-messaging-fcm-ตั้งแต่-zero-จนเป็น-hero-fb7900af92cd). [สืบค้นเมื่อ 4 ธันวาคม 2560].
- [15] อัมพวรรณ ชินดีมาก, “การออกแบบระบบป้องกันเด็ก
ติดค้างในรถยนต์โดยใช้วิธีนับพร้อมกับระบุตัวตนด้วย
RFID และศึกษาความเป็นไปได้ในการตรวจจับเด็กติด
ค้างโดยใช้ตัวตรวจจับทางอิเล็กทรอนิกส์,” คุรุศาสตร์
อุตสาหกรรม, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
วิทยาเขต ขอนแก่น, 2559.
- [16] โกลศ ศรีอุทธา, “การพัฒนาระบบแจ้งเตือนข่าวสาร
ผ่านทางแอปพลิเคชันโทรศัพท์มือถือแบบสมาร์ตโฟน
,” สารนิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ ภาควิชาเทคโนโลยี
สารสนเทศ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัย
เทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2557.
- [17] “Google Data Centers,” www.google.com, n.d.
[Online]. Available:
[https://www.google.com/about/datacenters/inside/
locations/index.html](https://www.google.com/about/datacenters/inside/locations/index.html). [Accessed February. 27, 2018].

ระบบช่วยการตัดสินใจสั่งซื้อโดยใช้เทคนิค ธุรกิจอัจฉริยะ

กรณีศึกษา บริษัท มิสเตอร์ซูชิ จำกัด

Decision Support System of Purchase Order For Business Intelligence A case study of Mr.Sushi Public Company Limited

กิตติชัย ศรีธรรมพงษ์¹, มัลลิกา วัฒนะ², วรารัตน์ สงฆ์แป้น³, ปวีณา วันชัย⁴ และ อภิศักดิ์ พัฒนจักร⁵

^{1,2,3,4,5} สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

Received: November 15, 2018; Revised: December 22, 2018; Accepted: December 24, 2018; Published: December 25, 2018

ABSTRACT --This research aims to develop a decision support system of Mr. Sushi Company Ltd. for Purchase Order of food products in category frozen food or chilled food. The data was collected from the sales department and data warehouses that supplied frozen foods or chilled foods in year 2016 – 2017. The research involved data warehousing, business intelligence is used to provide the existed information for analysis. The system is developed by using Oracle Data Visualization Desktop 12c as a Business Intelligence Analyzer. The results of the research showed that the development of business intelligence enables managers to receive reports on stock analysis faster and more user-friendly. The quality of the system was evaluated by 5 experts. Based on the results of the system quality evaluation by experts, the average was 4.28 and the standard deviation was 0.48 Therefore, the development of business intelligence systems can apply to production planning in the organization.

KEY WORDS--Business Intelligence; Data Warehouse; Inventory Management

บทคัดย่อ--งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับผู้บริหาร สำหรับการสั่งซื้อสินค้าประเภทอาหารของ บริษัท มิสเตอร์ซูชิ จำกัด ที่เป็นอาหารประเภท อาหารแช่แข็ง อาหารแช่เย็น โดยได้รวบรวมข้อมูลมาจากการขายของฝ่ายขาย และ ข้อมูลของคลังสินค้าที่จ่ายสินค้าประเภท อาหารแช่แข็ง อาหารแช่เย็น โดยเป็นข้อมูลระหว่างปี 2559-2560 จากนั้นนำข้อมูลเข้าคลังข้อมูล (Data Warehouse) พร้อมใช้เทคนิค Apriori เพื่อหาความสัมพันธ์ของสินค้า เพื่อนำเข้าระบบธุรกิจอัจฉริยะ โดยระบบที่พัฒนาใช้โปรแกรม Power BI เป็นโปรแกรมสำหรับใช้วิเคราะห์ Business Intelligence จากผลการวิจัยพบว่าจากการพัฒนาระบบธุรกิจอัจฉริยะช่วยให้ผู้บริหารได้รับข้อมูลรายงานที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์สต็อกสินค้าที่รวดเร็วขึ้นและตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งาน ผลการประเมินคุณภาพของระบบโดยผู้เชี่ยวชาญ ผลการประเมินความพึงพอใจโดยผู้ใช้งาน พบว่ามีค่าเฉลี่ยโดยรวมทุกด้านเท่ากับ 4.28 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานโดยรวมทุกด้านเท่ากับ 0.48 ดังนั้นสรุปผลโดยรวมได้ว่าระบบที่พัฒนาขึ้นมีคุณภาพและความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ระบบสามารถนำไปใช้ในทางปฏิบัติได้อย่างมีประสิทธิภาพและสามารถตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้งาน

คำสำคัญ-- ธุรกิจอัจฉริยะ; คลังข้อมูล; การจัดการคลังสินค้า; เหมืองข้อมูล

1. บทนำ

ปัจจุบัน มีผู้ประกอบการร้านอาหารมีจำนวนมากขึ้น เป็นผลจากการขยาย ร้านอาหารนับว่าเป็นธุรกิจจะขยายตัวอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากคนไทยนิยมการรับประทานอาหารรับประทานที่ร้านอาหาร จะมีความนิยมเพิ่มขึ้น[13] โดยเฉพาะอาหารญี่ปุ่น คาดการณ์ธุรกิจร้านอาหารญี่ปุ่นในประเทศไทยจะขยายตัวได้อีกค่อนข้างมาก อันเป็นผลมาจากการที่ผู้ประกอบการขยายตัวอย่างต่อเนื่อง โดยการปรับกลยุทธ์เปิดแนวรุกด้านธุรกิจทำให้ร้านอาหารญี่ปุ่นได้รับความนิยมอย่างมาก โดยให้บริการโดยเพิ่มเมนูอาหารแปลกใหม่ ทั้งนี้เพื่อคึงให้ลูกค้าเข้ามาใช้บริการมากยิ่งขึ้น [7][9]

ดังนั้นผู้ค้าจะต้องทราบแนวโน้มของอาหาร ว่าลูกค้าต้องการอะไรเพื่อการตัดสินใจสั่งซื้อ ให้ตรงกับความต้องการของลูกค้า ปัจจัยหนึ่งที่ทำให้การตัดสินใจของเจ้าหน้าที่ และผู้บริหารองค์กรสามารถช่วยการสนับสนุนการตัดสินใจได้ดี เพื่อให้การแข่งขันธุรกิจ ซึ่งหนึ่งในวิธีที่ช่วยได้ก็คือการนำระบบธุรกิจอัจฉริยะเข้ามาใช้เพื่อนำข้อมูลที่มีอยู่มาช่วยการวิเคราะห์ โดยให้ข้อมูลอยู่ในรูปของรายงาน เพื่อเป็นการใช้ประกอบกับข้อมูลเพื่อใช้สำหรับการตัดสินใจ ของเจ้าหน้าที่ และ ดูแนวโน้มของธุรกิจ ถือได้ว่าเป็นสิ่งสำคัญในการดำเนินธุรกิจ เนื่องจากจะช่วยให้เจ้าหน้าที่และผู้บริหารสามารถดำเนินการ ในการตัดสินใจจากข้อมูลที่มีการขายออกไป ว่าควรสั่งซื้อเข้ามาบริษัท เท่าไหร่ ให้สามารถให้ผู้บริหารตัดสินใจ เพื่อวิเคราะห์ความต้องการของผู้บริโภค สามารถดูแนวโน้มของอาหารแต่ละชนิดว่าจะต้องไปสั่งจองกับผู้จำหน่ายรายใหญ่ เพื่อนำเข้าเก็บคลังสินค้า

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การจัดการสินค้าคงคลัง

ธุรกิจจำเป็นต้องมีสินค้าคงคลังไว้เพียงพอแก่การผลิตและการขาย รวมถึงให้มีสินค้าคงคลังที่อยู่ในสภาพพร้อมที่จะใช้ในการผลิต การใช้งานได้ตลอดเวลา วัสดุหรือสินค้าต่างๆ ที่เก็บไว้เพื่อใช้ประโยชน์ ในการดำเนินงาน อาจเป็นการดำเนินงานผลิต ดำเนินการขาย สินค้าคงคลังแบ่งได้เป็น 4 ประเภท [14]

1. วัตถุดิบ คือสิ่งของหรือชิ้นส่วนที่ซื้อมาใช้ในการผลิต
2. งานระหว่างผลิต คือชิ้นงานที่อยู่ในขั้นตอนการผลิตหรือรอคอยที่จะผลิตหรือรอคอยที่จะผลิตในขั้นตอนต่อไป โดยที่ยังผ่านกระบวนการผลิตไม่ครบทุกขั้นตอน
3. วัสดุซ่อมบำรุง คือชิ้นส่วนหรืออะไหล่เครื่องจักรที่สำรองไว้เพื่อเปลี่ยน เมื่อชิ้นส่วนเดิมเสีย หรือหมดอายุการใช้งาน

4. สินค้าสำเร็จรูป คือปัจจัยการผลิตที่ผ่านทุกกระบวนการผลิตครบถ้วนพร้อมที่จะขายให้ลูกค้าได้

2.2 คลังข้อมูล (Data Warehouse)

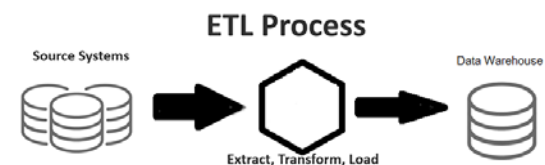
ฐานข้อมูลขนาดใหญ่ขององค์กร ซึ่งเก็บรวบรวมข้อมูลจากฐานข้อมูลระบบงาน โดยข้อมูลที่ถูกจัดเก็บในคลังข้อมูลนั้น มีวัตถุประสงค์ในการนำมาใช้งาน และมีลักษณะของการจัดเก็บแตกต่างไปจากข้อมูลในฐานข้อมูลระบบงานอื่น การย้ายข้อมูลจากฐานข้อมูลปกติ เข้าไปไว้ใน Data Warehouse มีข้อดีหลายอย่าง ทำให้องค์กรหรือเจ้าของข้อมูล มีโอกาสได้ออกแบบรูปแบบการเก็บข้อมูลใหม่ให้เหมาะสมกับการเรียกใช้มากยิ่งขึ้นในงานเฉพาะด้าน และทำให้เหมาะสำหรับการนำไปใช้ช่วยในงานวิเคราะห์ นอกจากนั้นระบบ Data Warehouse ยังรวมเอาข้อมูลที่ใช้อยู่ในปัจจุบันเข้ากับข้อมูลในอดีตเป็นฐานข้อมูลเดียวกัน [7]



รูปที่ 1. การเข้าถึงข้อมูลในฐานข้อมูลและคลังข้อมูลมีความแตกต่างกัน[7]

2.3 ETL (Extract-Transform-Load)

เป็นการนำระบบ Data Warehouse ที่ออกแบบเอาไว้จะดึงข้อมูลออกมาจากหลายที่มีกระบวนการต่างๆ ดังต่อไปนี้



รูปที่ 2. ขั้นตอน ETL (Extract-Transform-Load) [6] [7]

- Extract กระบวนการดึงข้อมูลจากแหล่งของข้อมูลภายนอก
- Transforming แปลงข้อมูลเพื่อให้ได้ตามความต้องการ

- Loading นำข้อมูลเข้าสู่ระบบปลายทางที่ต้องการ ซึ่งโดยทั่วไปจะหมายถึงระบบ Data Warehouse[6] [7]

2.4 Business Intelligence (BI)

ธุรกิจอัจฉริยะพัฒนาขึ้นเพื่อช่วยให้การตัดสินใจขององค์กรเป็นไปอย่างมีระบบและเป็นแบบอัตโนมัติ เนื่องจากโลกของการแข่งขันทางธุรกิจในปัจจุบันเป็นโลกของข้อมูลข่าวสารที่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ธุรกิจอัจฉริยะเป็นการรวมข้อมูลต่างๆ ในองค์กรจากการปฏิบัติงานโดยมีเครื่องมือต่างๆ Business Intelligence (BI) จะเป็นการมองข้อมูลในอดีตและแสดงค่าสรุปต่างๆ ออกมาให้เป็นรายงาน หรือ Dashboard ต่างๆ ดังนั้น Business Intelligence (BI) จึงสามารถใช้เพื่อตอบคำถามต่างๆ ทางธุรกิจ[1][6] [7]



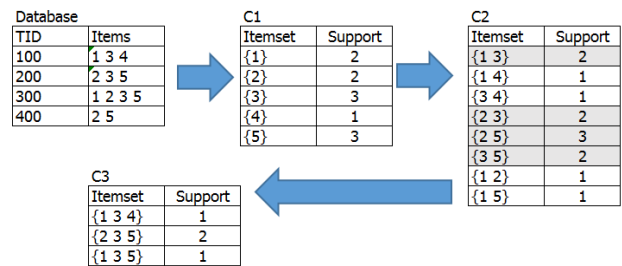
รูปที่ 3. การรวมข้อมูลต่างๆ ในองค์กรออกมาให้เป็น Dashboard ต่างๆ

2.5 Data Mining

กระบวนการที่กระทำกับข้อมูลจำนวนมากเพื่อค้นหารูปแบบและความสัมพันธ์ที่ซ่อนอยู่ในชุดข้อมูลนั้น ในปัจจุบันการทำเหมืองข้อมูลได้ถูกนำไปประยุกต์ใช้ในงานหลายประเภท ทั้งในด้านธุรกิจที่ช่วยในการตัดสินใจของผู้บริหาร ในด้านวิทยาศาสตร์และการแพทย์ รวมทั้งในด้านเศรษฐกิจและสังคม[10] [11]

2.6 Association Rule

การค้นหาค่าความสัมพันธ์ของข้อมูลจากข้อมูลขนาดใหญ่ที่มีอยู่เพื่อนำไปหารูปแบบที่เกิดขึ้นบ่อยๆ และใช้ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ปรากฏการณ์ต่างๆ เช่น ลูกค้าที่ซื้อผ้าอ้อมส่วนใหญ่จะซื้อเบียร์ด้วย [10] [11]



รูปที่ 4. การหาความสัมพันธ์ของข้อมูล[10] [11]

$$\text{Support}(A \rightarrow B) = P(A \cup B) \quad (1)$$

= $\frac{\text{จำนวนทรานแซกชันรายการทั้ง A และ B}}{\text{จำนวนทรานแซกชันทั้งหมด}}$

$$\text{Confidence}(A \rightarrow B) = P(B|A) = P(A \cup B) / P(A) \quad (2)$$

= $\frac{\text{จำนวนทรานแซกชันที่ปรากฏรายการทั้ง A และ B}}{\text{จำนวนทรานแซกชันที่ปรากฏรายการ A}}$

2.7 พยากรณ์ Exponential Smoothing

วิธีนี้ใช้พยากรณ์การปรับเรียบด้วยเอ็กซ์โปเนนเชียลเป็น การหาค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบถ่วงน้ำหนักที่จัดค่าพยากรณ์ออกมาในรูปสมการคำนวณ [12]

$$F_t = F_{t-1} + \alpha(A_{t-1} - F_{t-1}) \quad (3)$$

F_t = เป็นค่าเฉลี่ยเอ็กซ์โปเนนเชียล

F_{t-1} = เป็นค่าพยากรณ์ในช่วงเวลาก่อนการพยากรณ์ 1 ช่วง

A_t = เป็นค่าจริงในช่วงเวลาก่อนการพยากรณ์ 1 ช่วง

α = เป็นค่าถ่วงน้ำหนัก

2.8 จุดสั่งซื้อที่ประหยัด จุดสั่งซื้อ คือจุดที่บอกว่าถึงเวลาที่จะสั่งซื้อวัสดุเพื่อมาทดแทนวัสดุคงเหลือที่ใช้หมดไป โดยมีสินค้าคงคลังเพื่อความปลอดภัย เป็นสินค้าคงคลังที่ต้องสำรองไว้เมื่อสินค้าถูกใช้ และปริมาณลดลงจนถึงจุดสั่งซื้อ เพื่อป้องกันสินค้าขาดซึ่งการกำหนดจุดสั่งซื้อ EOQ (Economic Order Quantity) ปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัด โดยการสั่งซื้อสินค้าในแต่ละครั้งจะสั่งในปริมาณหรือจำนวนที่ทำให้ค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุด ซึ่งค่าใช้จ่ายรวมนั้นเกิดจากค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อ และค่าใช้จ่ายในการจัดเก็บสินค้า (ค่าใช้จ่ายสองตัวนี้จะแปรผกผันกัน)

$$EOQ = \sqrt{\frac{2 \times D \times S}{H}} \quad (4)$$

EOQ คือ จุดสั่งซื้อที่ประหยัด

D คือ ปริมาณความต้องการสินค้าทั้งปี

S คือ ค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อแต่ละครั้ง

H คือ ต้นทุนการเก็บรักษาต่อเดือน

2.9 การทบทวนวรรณกรรม

สุธีรา [2] นำเสนอการพัฒนาระบบธุรกิจอัจฉริยะสำหรับสำนักอาหาร การนำเสนอข้อมูลในรูปแบบของลูกบาศก์(CUBE) จากการพัฒนาระบบธุรกิจอัจฉริยะสำหรับสำนักอาหารขึ้นมาช่วยให้ผู้บริหารได้รับข้อมูลด้านคำขออนุญาตด้านอาหาร ข้อมูลด้านการตรวจสอบที่และข้อมูลอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งข้อมูลเหล่านี้จะถูกสร้างและจัดเก็บด้วยรูปแบบและโปรแกรมที่แตกต่างกัน และจัดเก็บในแหล่งที่ต่างกันทำให้เกิดความยุ่งยากในการเรียกดูข้อมูล ผลการดำเนินงานพบว่า จากการพัฒนาระบบธุรกิจอัจฉริยะสำหรับสำนักอาหารขึ้นมาช่วยให้ผู้บริหารได้รับข้อมูลรายงานที่รวดเร็วขึ้นและตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งาน จากการประเมินคุณภาพระบบมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับดี

ดลฤดี[5] นำเสนอระบบธุรกิจอัจฉริยะเพื่อวางแผนการขายสำหรับอุตสาหกรรมอสังหาริมทรัพย์ โดยนำมาประยุกต์ใช้ในการวางแผนการขายสำหรับบริษัทอสังหาริมทรัพย์ ให้สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานได้ โดยการสร้างคลังข้อมูลขนาดเล็ก และใช้โครงสร้างแบบกาดแลคซี่ เพื่อช่วยในการจัดเก็บข้อมูลอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งใช้เครื่องมือ SAP Business Intelligence ในการพัฒนาระบบสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานได้และในระดับดี

ปภาดา [3] นำเสนอการพัฒนาระบบธุรกิจอัจฉริยะเพื่อการวางแผนการผลิตในองค์กร มาสร้างฐานข้อมูลในรูปแบบความสัมพันธ์ผ่านโปรแกรมMicrosoft SQL Server 2008 R2ใช้เครื่องมือBusiness Object Version 4 ทดสอบคุณภาพของระบบ แบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน คือ การทดสอบในขั้นแอลฟา เป็นการทดสอบความสมบูรณ์ของระบบโดยผู้ใช้งานทั่วไป 15 ท่าน และการทดสอบในขั้นเบต้า เป็นการทดสอบความสมบูรณ์ของระบบ ผลการวิจัยโดยกลุ่มผู้เชี่ยวชาญทางด้านระบบสารสนเทศและระบบการวางแผนจำนวน 5 ท่าน การประเมินคุณภาพของระบบซึ่งได้ผลค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.65 และค่าส่วน

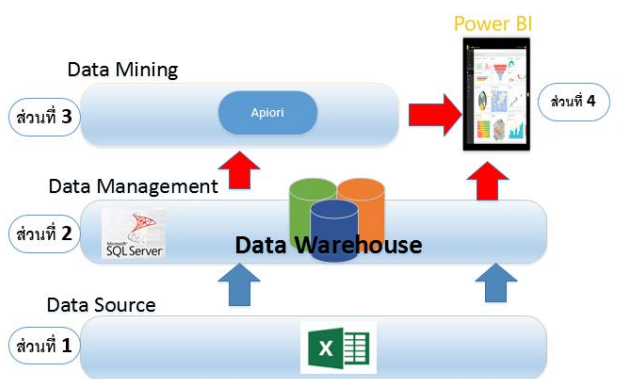
เบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.48 ซึ่งแสดงว่าผู้ใช้งานมีการยอมรับและมีความพึงพอใจในการใช้งานในทุกด้านอยู่ในระดับดี

วิจิตรา พัทธการายกุล [4] นำเสนอการพัฒนาระบบธุรกิจอัจฉริยะเพื่อการวางแผนการขายสินค้าสำหรับบริษัทผู้จัดจำหน่าย งานวิจัยที่จัดทำขึ้นเพื่อพัฒนาระบบธุรกิจอัจฉริยะเพื่อวัตถุประสงค์ในการวางแผนการขายสินค้าสำหรับบริษัทผู้จัดจำหน่าย และเพื่อสนับสนุนการตัดสินใจของผู้บริหาร ในการวิเคราะห์แนวโน้มทางการตลาดและการวางแผนการดำเนินงานโดยใช้ระบบธุรกิจอัจฉริยะ ซึ่งประกอบด้วย การสร้างตลาดข้อมูล และนำฐานข้อมูลที่มีอยู่มาสร้างรายงานอัจฉริยะ โดยระบบสามารถถูกปรับเปลี่ยนมุมมองให้ดีขึ้น จัดการคลังข้อมูลด้วย Microsoft SQL Server 2012ผู้วิจัยเลือกใช้เครื่องมือ Microsoft Power BI ชุดเครื่องมือสำหรับวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่สำหรับภาคธุรกิจ ในการพัฒนาระบบคลังข้อมูล ได้เลือกใช้โปรแกรมในการพัฒนาเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ให้ตรงตามความต้องการของผู้ใช้งาน ผลการวิจัยพบว่า ประเมินคุณภาพของระบบโดยผู้ใช้งานได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.07 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.61 ซึ่งสรุปได้ว่าระบบธุรกิจอัจฉริยะที่พัฒนาขึ้นในงานวิจัยชิ้นนี้ ใช้ในการวางแผนการขายสินค้าสำหรับบริษัทผู้จัดจำหน่ายได้เป็นอย่างดี

พรรยพล [8] นำเสนอการวิเคราะห์ภาวะทางการเงินของสหกรณ์โดยประยุกต์ใช้วิธีการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยและแสดงผลในรูปแบบธุรกิจอัจฉริยะ งานวิจัยนี้เสนอการสร้างแบบจำลองการวิเคราะห์ภาวะทางการเงินของสหกรณ์ โดยประยุกต์ใช้วิธีการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยซึ่งเป็นตัววัดสถานภาพทางการเงินที่สถาบันเงินต่าง ๆ ให้การยอมรับโดยแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 6 มิติคือ ความเพียงพอของเงินทุนต่อความเสี่ยงคุณภาพของสินทรัพย์ จิตความสามารถในการบริหาร การทำกำไร สภาพคล่อง และผลกระทบต่อธุรกิจ ร่วมกับการหาความสัมพันธและการแบ่งประเภทข้อมูล จากข้อมูลทางการเงินของสหกรณ์ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2552 - 2556 เพื่อให้สหกรณ์สามารถรู้ถึงสถานภาพทางการเงินของตนเอง และยังสามารถเทียบกับสหกรณ์อื่น ๆ ผ่านข้อมูลและอัตราส่วนสำคัญของสหกรณ์ ผลการวิจัยพบว่ากฎความสัมพันธ์ที่ได้มีค่าความเชื่อมั่นมากกว่า 0.95 และจากการทดสอบความถูกต้องของแบบจำลองแบบ 10 ส่วนพบว่าแบบจำลองการวิเคราะห์ภาวะทางการเงินที่สร้างขึ้นมีความแม่นยำถึง 98.71% ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่าการวิเคราะห์ภาวะทางการเงินของสหกรณ์โดยประยุกต์ใช้วิธีการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยสามารถวิเคราะห์ภาวะทางการเงินของสหกรณ์ได้อย่างถูกต้อง และมีประสิทธิภาพ โปรแกรมประยุกต์ Weka โดยเลือกใช้วิธีการเอโพริออรี(Apriori)

3. วิธีการดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้นำเทคนิคการทำ Data Mining มาใช้ในการวิเคราะห์ และ เทคนิค ธุรกิจอัจฉริยะ ในงานวิจัยนี้ได้รวบรวมข้อมูลการขาย ระหว่างปี 2559-2560 กรณีศึกษาของบริษัท มีสเตอร์ซูชิ จำกัด ผู้วิจัย ได้เลือกใช้โปรแกรม Power BI แสดงค่าสรุปต่างๆ ออกมาให้เป็น รายงาน หรือ Dashboard ต่างๆ และใช้เทคนิคของ Data Mining เข้า มาช่วย เพื่อหาความสัมพันธ์ของสินค้าของลูกค้าที่มีการซื้อสินค้า วิธีการดำเนินการวิจัยได้มีขั้นตอนการทำงานดังรูปที่ 5 โดยมี รายละเอียด ดังนี้



รูปที่ 5. ขั้นตอนการดำเนินงาน

ส่วนที่ 1 Data Source เป็นข้อมูลจากแหล่งต่างๆที่เราต้องการเก็บ รวบรวมข้อมูลจากการขาย สินค้าเข้าคลังสินค้า ระหว่างปี 2559-2560 ของบริษัท มีสเตอร์ซูชิ จำกัด สำหรับอาหารประเภทอาหารแช่แข็ง และอาหารแช่เย็น ในส่วนขั้นตอนนี้จะเป็นการรวบรวมจากข้อมูลจาก แหล่งต่างๆ ซึ่งได้ข้อมูลตามตารางที่ 1

ตาราง 1. ตารางแสดงแอตทริบิวต์ทั้งหมด

ลำดับ	แอตทริบิวต์	รายละเอียด
1	PI	เลขการขาย
2	PO	เลขการซื้อ
3	Date	วันที่เปิดบิล
4	product code	รหัสสินค้า
5	Product Name	รายละเอียดสินค้า
6	Number of sales	จำนวน
7	Unit	หน่วย
8	price of Capital	ราคาต้นทุน

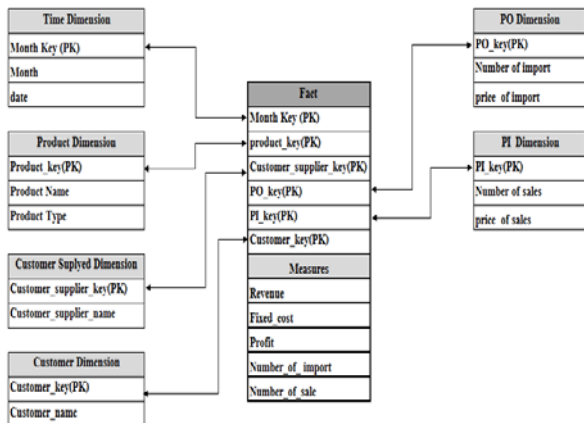
9	price of sales	ราคาขาย
10	Profit	กำไร
11	Total of sales	ราคาขายรวม
12	code Customer	รหัสลูกค้า
13	Customer Description	รายละเอียดลูกค้า
14	price of import	ราคาซื้อรวม
15	Customer_name	ชื่อลูกค้า
16	Customer_supplier_name	ชื่อผู้ผลิต
17	Number of import	จำนวนนำเข้า คลังสินค้า
18	price of import	ราคานำเข้าคลังสินค้า
19	Number of sales	จำนวนขายออกจาก คลังสินค้า
20	price of sales	ราคาขายออกจาก คลังสินค้า
21	type name	ประเภทของสินค้า

ส่วนที่ 2 Data Management Platform ขั้นตอนนี้จะทำการ รวบรวม มาจากแหล่งต่างๆ(Data Source) ในส่วนนี้ข้อมูลจะต้องถูก Data Cleansing และการออกแบบ Data Warehouse เพื่อใช้สำหรับเก็บ ข้อมูล ดังนั้นในส่วนนี้ซึ่งถือว่ามีความสำคัญโดยโปรแกรมที่ช่วยใน การจัดเก็บคือโปรแกรม Microsoft SQL Server

Data Cleansing การทำความสะอาดข้อมูล เป็นกระบวนการ ตรวจสอบและการแก้ไขความไม่สมบูรณ์ ความไม่ถูกต้อง ความไม่ สัมพันธ์กับข้อมูลอื่นๆ เป็นต้น จึงต้องมีการปรับปรุง หรือการลบ ข้อมูลที่ไม่ถูกต้องเหล่านี้ออกไป เพื่อให้ข้อมูลมีคุณภาพก่อนนำไปใช้ เพื่อการวิจัยต่อไป

การออกแบบระบบ Data Warehouse การออกแบบระบบ ได้เลือก วิธีการออกแบบ Star Schema โดยได้เลือก Dimensions ที่จะนำมา วิเคราะห์ คือ Dimensions รายชื่อลูกค้า, รายชื่อผู้จำหน่าย, สินค้า, เวลา, PI(เอกสารการขายสินค้าออกจากคลัง) PO(เอกสารการสั่งซื้อ สินค้าเข้าคลัง) สำหรับ Fact Table ดังแสดงในตารางที่ 2

ตาราง 2. ตาราง Fact Table แบบ Star Schema ของระบบ



ส่วนที่ 3 Data Mining เป็นส่วนที่เรานำข้อมูลมาวิเคราะห์(Data Analytics) คือศาสตร์ในการวิเคราะห์ข้อมูล ถ้าเป็นการนำเอาข้อมูลมาวิเคราะห์) เพื่อให้การวิเคราะห์ข้อมูลการซื้อขายสินค้า และลูกค้าสนใจซื้อสินค้าอะไรเพิ่มอีก โดยใช้เทคนิค Association Rule การหาความสัมพันธ์ของสินค้าจากบิลการขาย โดยใช้โปรแกรม Weka เลือกใช้เทคนิค Apriori ซึ่งทำให้ได้ความสัมพันธ์แต่ละเดือนว่าลูกค้าสนใจสินค้าอะไรบ้าง สามารถนำมาจัดโปรโมชั่นให้กับลูกค้า ดังนั้นทางคลังสินค้าจะต้องวางแผนเพื่อเตรียมการจัดซื้อสินค้าเข้ามาเก็บในคลังสินค้าด้วยต่อไป ข้อมูลที่ได้จากเทคนิค Association Rule

ตาราง 3. ตารางแสดง Association Rule

เดือน	ความสัมพันธ์ของสินค้า	sup	Conf
1	B220160=Y 68 ==> B220163=Y 53	50%	78%
	B220431=Y 78 ==> B220161=Y 45	50%	58%
2	B220161=Y B220437=Y 56 ==> B220431=Y 51	50%	91%
	B220162=Y 61 ==> B220163=Y 51	100%	84%
3	B220431=Y B220508=Y 60 ==> B220161=Y 54	100%	90%
4	B220161=Y B220508=Y 72 ==> B220431=Y 63	100%	88%
5	B110062=Y 71 ==> B110098=Y 54	100%	76%
	B220161=Y B220431=Y 83 ==> B220508=Y 65	100%	78%

6	B110046=Y 23 ==> B110062=Y 17	100%	74%
	B110098=Y 46 ==> B110030=Y 25	100%	54%
7	B110062=Y 31 ==> B110030=Y 21	100%	68%
8	B110046=Y 40 ==> B110030=Y 26	100%	65%
9	B110046=Y 30 ==> B110098=Y 25	100%	83%
	B110030=Y 75 ==> B110098=Y 47	100%	63%
10	B110046=Y 34 ==> B110030=Y 26	100%	76%
	B110030=Y 77 ==> B110098=Y 47	100%	61%
11	B110030=Y 66 ==> B110098=Y 45	100%	0.68
12	B110030=Y 66 ==> B110098=Y 45	100%	0.68

ส่วนที่ 4 BI Platform เป็นการนำส่วนที่ 2 และ ส่วนที่ 3 มาแสดงรายงาน Dashboard รูปของกราฟ หรือตาราง เพื่อให้ผู้บริหารใช้ประกอบการตัดสินใจ



รูปที่ 6. รายงานเพื่อใช้ประกอบการตัดสินใจของผู้บริหาร

จากรูปที่ 6 แสดงรายงานเพื่อใช้ประกอบการตัดสินใจของผู้บริหาร ซึ่งประกอบด้วยรายงาน ดังต่อไปนี้

รายงานต้นทุน เป็นค่าใช้จ่ายจากการมีสินค้าคงคลังและการรักษาสภาพให้สินค้าคงคลังนั้นอยู่ในรูปที่ใช้งานได้ ซึ่งจะแปรตามปริมาณสินค้าคงคลังที่ถือไว้และระยะเวลาที่เก็บสินค้าคงคลังนั้นไว้ ค่าใช้จ่าย

ในการเก็บรักษา เช่น ต้นทุนเงินทุนที่จมอยู่กับสินค้าคงคลังซึ่งคือค่าดอกเบี้ยจ่ายถ้าเงินทุนนั้นมาจากการกู้ยืมหรือเป็นค่าเสียโอกาสถ้าเงินทุนนั้นเป็นส่วนของผู้เจ้าของ ค่าคงคลังสินค้า ค่าไฟฟ้าเพื่อการรักษาอุณหภูมิ ค่าใช้จ่ายของสินค้าที่ชำรุดเสียหายหรือหมดอายุเสื่อมสภาพจากการเก็บนานเกินไป ค่าภาษีและการประกันภัย ค่าจ้างยามและพนักงานประจำคลังสินค้า

รายงานความต้องการสินค้า จากข้อมูลที่ทำ Association Rule การหาความสัมพันธ์ของสินค้าจากบิลการขายโดยใช้เทคนิค Apriori ได้ความสัมพันธ์แต่ละเดือนว่าลูกค้าสนใจสินค้าอะไรบ้าง มาแสดงในรูปแบบตารางเพื่อเสนอผู้บริหาร

รายงานสินค้าคงคลัง สินค้าจากการตรวจนับสินค้าคงเหลือจากคลังสินค้า

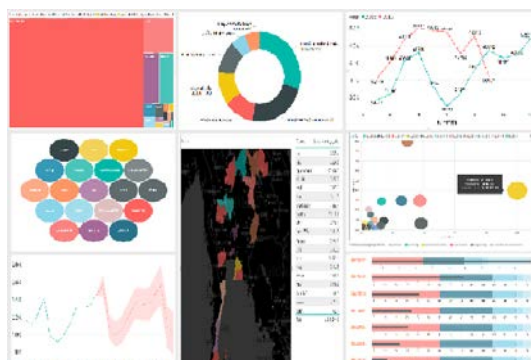
รายงานการหมุนเวียนของสินค้า คือสินค้าที่ไม่มีการเคลื่อนไหวเป็นเวลา 1 เดือนเนื่องจากอาหารเป็นอาหารประเภท แข็งแข็ง และ อาหารแช่เย็น ซึ่งต้องมีระยะเวลาเก็บรักษา

รายงานกำไรการขาย คือต้นทุนสินค้าที่สั่งซื้อเข้ามาคลังสินค้า เปรียบเทียบกับสินค้าที่ลูกค้าสั่งซื้อออกไป และการคำนวณกำไรที่ได้ การเติบโต การขายจากแผนที่

รายงานจุดสั่งซื้อสินค้า คือการพยากรณ์สินค้าโดยใช้เทคนิคการพยากรณ์ Exponential Smoothing

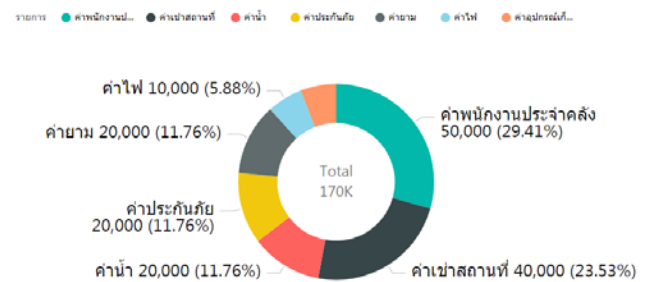
4. ผลการทดลองและการอภิปราย

ในการตัดสินใจของผู้บริหารต้องใช้มุมมองหลายมุมมองในการประกอบการตัดสินใจในรูปแบบของ รายงาน ตารางข้อมูล กราฟ เพื่อให้ผู้บริหารเข้าใจได้ง่าย เพื่อสามารถนำไปตัดสินใจได้รวดเร็วขึ้น โดยจะนำข้อมูลจากการทดลองมาแสดงผลผ่านทางโปรแกรม Power BI และแสดงค่าสรุปต่างๆ ออกมาให้เป็นรายงาน และ Dashboard



รูปที่ 7. โปรแกรม Power BI แสดงผลออกมาเป็น Dashboard

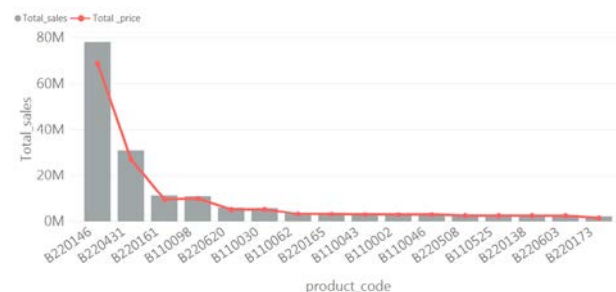
กราฟค่าใช้จ่ายการเก็บรักษาสินค้า



รูปที่ 8. กราฟค่าใช้จ่ายต้นทุน

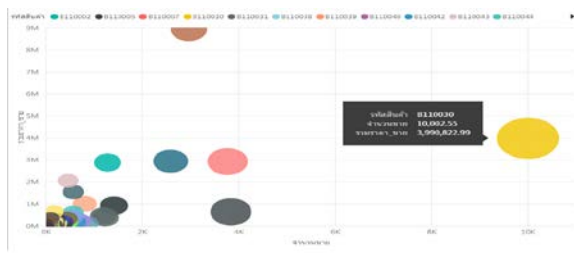
จากรูปที่ 8 แสดงต้นทุนของสินค้า ที่เกิดจากค่าไฟ 6 % (10,000บาท) ค่าเช่า 12 % (20,000บาท) ค่าประกันภัย 12 % (20,000บาท) ค่าเช่า 12% (20,000บาท) ค่าเช่าสถานที่ 24% (40,000บาท) ค่าพนักงานประจำคลัง 29% (50,000บาท) และค่าอุปกรณ์เก็บรักษา 6% (10,000บาท) ของค่าใช้จ่ายแต่ละเดือน

กราฟกำไรของสินค้าแต่ละชนิด



รูปที่ 9. กราฟกำไรของสินค้าแต่ละชนิด

จากรูปที่ 9 แสดงกราฟสินค้าแต่ละชนิดที่ขายออกไปเมื่อเทียบกับสินค้าที่สั่งซื้อเข้ามา โดยกราฟแท่งจะเป็นสินค้าแต่ละชนิดที่ขายออกไป ส่วนกราฟเส้นเป็นต้นทุนราคาที่ซื้อเข้ามาเข้าคลังสินค้า ดังนั้นถ้ากราฟแท่งสูงกว่ากราฟเส้นแสดงว่าสินค้านั้นได้กำไร



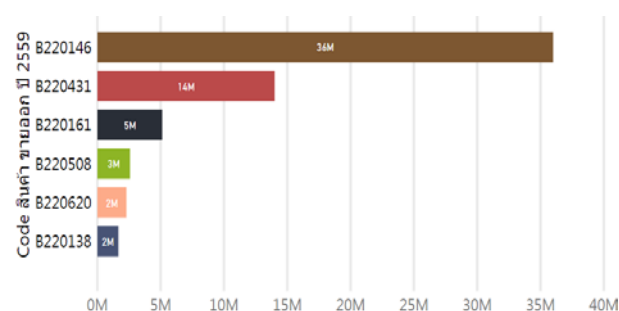
รูปที่ 10. กราฟแกน X การขาย แกน Y จำนวนสินค้า

จากรูปที่ 10 กราฟประเภทจุดโดยเป็นรูปแบบของแกน X และแกน Y กราฟแสดงยอดขายและจำนวนหน่วย พร้อมการเปลี่ยนแปลงยอดขายของสินค้าในแต่ละกลุ่ม ดูว่ากลุ่มไหนมีการขายดีที่สุด กลุ่มนั้นจะขึ้นสูง

product_code	Description	Type	Unit	sale Sell out
B110520	Fresh ISEEBI กุ้งมังกรญี่ปุ่น	แช่เย็น	กิโลกรัม	0.00
B220101	กุ้งขาวจัมโบ้ 25-30 ตัว/กก.	แช่เย็น	กิโลกรัม	0.00
B620639	วอเตอร์เครสใบหยักแดง	แช่เย็น	กิโลกรัม	0.00
B620668	กระเจียนเขียว	แช่เย็น	กิโลกรัม	0.00
B620727	กรีนคอรัล (GREEN CORAL)	แช่เย็น	กิโลกรัม	0.00
B620735	อัลฟัลฟา (ALFALFA)	แช่เย็น	กิโลกรัม	0.00
Total				0.00

รูปที่ 11. จำนวนสินค้าที่ไม่ได้กำไรในรูปแบบตาราง

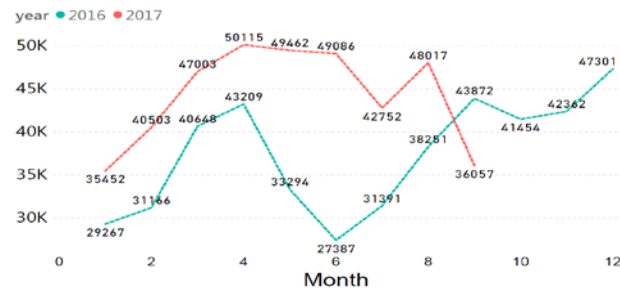
กราฟอันดับสินค้าขายดีของอาหารแช่เย็นของปี 2559



รูปที่ 12. กราฟอันดับสินค้าขายดีของอาหารแช่เย็นของปี 2559

จากรูปที่ 12 เพื่อแสดงการขายออกของสินค้าโดยแสดงการจัดลำดับสินค้า เพื่อให้เข้าใจง่ายขึ้น จากรูปสินค้า B220146 (ปลาแซลมอนแอตแลนติก) ขายดีมากและอันดับต่อมา B220431 (ปลาฮาระบด)

กราฟความต้องการจากการซื้อสินค้าปี 2559 และ ปี 2560



รูปที่ 13. กราฟความต้องการของสินค้าของข้อมูลการขายแต่ละเดือน

จากรูปที่ 13 แสดงกราฟแนวโน้มของสินค้าในแต่ละเดือนว่าสินค้าแต่ละชนิดในปี 2559 จะเป็นสีฟ้า และปี 2560 จะเป็นสีแดง โดยแนวโน้มยอดขายในระยะเวลา 12 เดือน จากการเปรียบเทียบแนวโน้มของสินค้า ทั้ง 2 ปี จากกราฟปี 2560 กราฟจะแนวโน้มความต้องการมากกว่าปี 2559

ตารางที่ 4 เป็นการหาความสัมพันธ์ของสินค้าจากบิล การขายของแต่ละเดือน ซึ่งใช้บิลของ ปี 2560 ในการวิเคราะห์เลือกใช้เทคนิค Apriori เพื่อดูความต้องการสินค้าในการเลือกซื้อสินค้าแต่ละช่วงของเดือน

ตาราง 4. ตารางสรุปความสัมพันธ์ของสินค้า

เดือน	ความสัมพันธ์ของสินค้า	sup	conf
มค	ปลาทรายแดง/ปลาสาหร่าย	50%	78%
	ปลาฮาระบด/ปลาทูน่าสด	50%	58%
กพ	หมึกหอม/ปลาทรายแดง	100%	87%
	ปลาทูสด/ปลาสาหร่าย	100%	84%
มีค	ปลาฮาระ บด/ปลาฮามาจิสด/ปลาทูน่าสด	100%	90%
เมษ	ฮาระ บด/ปลาทูน่าสด/ฮามาจิสด	100%	88%
พค	ปลาไหล/ตับห่านสไลด์	100%	76%
	ปลาทูน่าสด/ปลาฮาระ บด/ปลาฮามาจิสด	100%	78%
มิย	เนื้อโคขุน/ปลาไหล	100%	74%
	ตับห่านสไลด์/ปลาแซลมอน	100%	54%

กค	ปลาไหล/ปลาแซลมอน	100%	68%
สค	เนื้อโคขุน/ปลาแซลมอน	100%	65%
กย	เนื้อโคขุน/ตับห่าน	100%	83%
	ปลาแซลมอน/ตับห่าน	100%	63%
คค	เนื้อโคขุน/ปลาแซลมอน	100%	76%
	ปลาแซลมอน/ตับห่าน	100%	61%
พย	ปลาแซลมอน/ตับห่าน	100%	68%
รค	ตับห่าน/ปลาแซลมอน	100%	68%

ตารางที่ 4 แสดงการค้นหาคำความสัมพันธ์ของข้อมูลจากข้อมูลดิบ การขายของแต่ละเดือนเพื่อต้องการทราบว่าลูกค้าได้ให้ความสนใจกับสินค้าอะไรบ้าง เพื่อหารูปแบบที่เกิดขึ้นบ่อยๆ และใช้ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์สินค้าในแต่ละเดือนว่าลูกค้าชอบเลือกซื้อสินค้าอะไรบ้างในแต่ละเดือน และใช้ข้อมูลเพื่อพิจารณาสำหรับการเตรียมการสั่งซื้อสินค้าเข้าคลังสินค้าในช่วงเดือนที่ลูกค้ามีความสนใจ

กราฟจำนวนสินค้าคงคลัง



รูปที่ 14. กราฟความต้องการของสินค้า

จากรูปที่ 14 เส้นกลางเป็นเส้นสีดาบอกถึงจำนวนสินค้าที่มีอยู่ในคลังสินค้าจะเป็นเส้นบอกว่าถ้าสินค้าอยู่ตำแหน่งที่ช่องไหน ถ้าอยู่ตำแหน่งที่ช่องสีแดงแสดงถึงว่าสินค้านั้นเริ่มขาด ดังนั้นคลังสินค้าจะต้องดำเนินการสั่งซื้อเพิ่มสินค้าเข้าคลัง โดยจะอธิบายระดับสถานะดังนี้

ช่องแรก จะเป็นสีแดงเป็นระดับที่เริ่มสินค้าขาดต้องจัดซื้อทันที
ช่องที่สอง จะเป็นสีน้ำเงินเป็นระดับสินค้ายังไม่ขาด แต่เริ่มสั่งซื้อสินค้า

ช่องที่สาม จะเป็นสีฟ้า ระดับสินค้ายังไม่ขาด ยังไม่ต้องสั่งซื้อ

รายการสินค้าไม่มีหมุนเวียนในระยะ แต่ละเดือน

รหัสสินค้า	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total
B110008													0.00
B110617													0.00
B110772													0.00
B110774													0.00
B110782													0.00
B110783													0.00
B110818													0.00

รูปที่ 15. สินค้าที่ไม่มีหมุนเวียนในระยะแต่ละเดือน

จากรูปที่ 15 เป็นการดึงข้อมูลของสินค้าที่ไม่มีการเคลื่อนไหวหรือไม่มีการขายออกในระยะเวลา 12 เดือน

กราฟการพยากรณ์สินค้าโดยใช้เทคนิคการพยากรณ์ Exponential Smoothing



รูปที่ 16. กราฟการพยากรณ์สินค้าโดยใช้เทคนิคการพยากรณ์ Exponential Smoothing

รายการสินค้า	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
เนื้อโคขุนสเต็ก 140-180g/แพ้น	7.10	24.05	8.20	1.10	22.45	9.50	10.75	4.30	5.10	4.40	3.30	12.5
เนื้อสเต็กสเต็ก สันคอ 3-4 kg/ก้อน		2.10	2.10	10.20		5.15	3.55	8.50	11.40	7.65	5.50	3.1
แซลมอนแช่แข็ง (เหี่ยว) 5-6 kg/ตัว	424.90	542.14	540.88	603.92	644.82	591.12	511.76	622.50	552.03	526.15	482.65	628.0
ปลาน้ำดอกไม้ 3-4 ตัว/kg	5.00	10.70	13.00		15.40			6.45	14.20			
ปลาอินทรีแช่แข็ง (2.25 Kg/ชิ้น)	11.00	13.20	2.20	15.16	6.80	22.00	2.20	44.00	17.80	11.00	8.90	9.3
ปลาอินทรี 5-6 kg/ตัว			4.02	24.13								
หมูสันคอเกรด A (1-3 กก./ก้อน)	115.40	127.00	155.50	166.30	248.15	154.50	118.50	187.05	179.26	168.65	134.70	186.1
Total	563.40	719.19	725.90	820.81	937.42	782.27	646.86	872.80	779.59	717.85	635.05	840.2

รูปที่ 17. แสดงจำนวนการใช้สินค้าในแต่ละเดือน

จากรูปที่ 17 แสดงจำนวนความต้องการใช้สินค้าของแต่ละเดือน โดยดูจากปริมาณการซื้อของลูกค้าในแต่ละเดือน

ตาราง 5. เป็นตารางสรุปจากการหาค่าพยากรณ์จำนวนของอาหารแช่เย็นโดยใช้ โปรแกรม Power BI

เดือน	จำนวนขาย จริง 2560	ค่า พยากรณ์ 2560	ค่าความต่าง
January	11,309	15,600	4,292
February	13,207	10,915	2,293
March	15,020	10,061	4,959
April	13,583	10,564	3,019
May	13,592	11,934	1,657
June	14,382	13,611	771
July	14,578	13,499	1,078
August	15,025	13,416	1,609
September	14,124	14,452	328
October	12,810	15,600	2,790
November	11,253	10,915	338
December	10,594	10,061	533
		รวม	23,666.30
		เฉลี่ยค่าความต่าง	1,972.19

จากรูปที่ 16 และตารางที่ 5 แสดงการพยากรณ์เหตุการณ์และแสดงแนวโน้ม จากกราฟและข้อมูลตาราง แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลจากโปรแกรม Power BI ระบบที่พัฒนาขึ้น ตามความต้องการของผู้ใช้งานและผู้บริหาร โดยสามารถแบ่งเป็นมุมมองในแต่ละด้านได้แก่ ด้านการจัดซื้อสินค้าและการจำหน่ายสินค้าขายออก จาก ตารางที่ 5 ได้ค่าความต่าง 1,972.19 คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ความต่าง 14 %

การกำหนดขนาดจุดต่อถังซื้อที่ประหยัด

$$EOQ = \sqrt{\frac{2 \times D \times S}{H}}$$

EOQ คือ ขนาดจุดต้องสั่งซื้อที่ประหยัด
 D คือ ปริมาณความต้องการสินค้าทั้งปี
 S คือ ค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อแต่ละครั้ง
 H คือ ต้นทุนการเก็บรักษาต่อเดือน

ตาราง 6. เป็นตารางการหาค่าขนาดสั่งซื้อที่ประหยัด

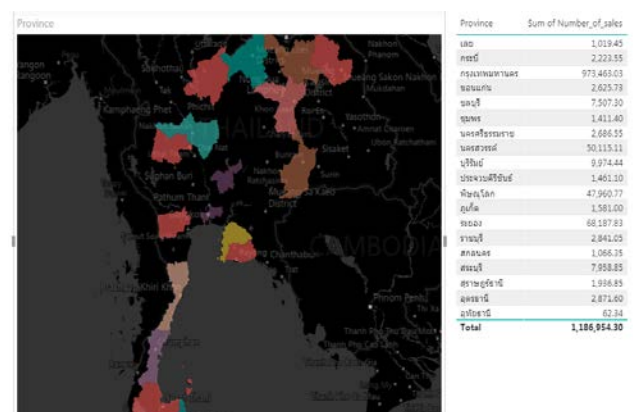
รหัสสินค้า	จำนวน ขาย	ราคา/ทุน	ต้นทุนเก็บ รักษา	จุดสั่งซื้อ ที่ ประหยัด
B110002	1,274.35	1,488,000.00	170,000.00	149.36
B110005	12.73	15,600.00	170,000.00	1.53
B110030	10,002.55	590,720.00	170,000.00	263.66
B110031	1,226.77	43,110.00	170,000.00	24.94
B110038	10.00	520.00	170,000.00	0.25
B110039	15.00	690.00	170,000.00	0.35
B110040	1.20	350.00	170,000.00	0.07
B110042	596.56	17,385.00	170,000.00	11.05

จากตารางที่ 6 จุดสั่งซื้อที่ประหยัดที่บอกว่าจะถึงเวลาที่จะต้องสั่งซื้อ
สินค้าเพื่อมาทดแทนวัสดุคงเหลือที่ใช้หมดไป

การแบ่งส่วนตามลักษณะภูมิศาสตร์



รูปที่ 18. แสดงการจัดกลุ่มจังหวัดเพื่อดูว่าลูกค้าอยู่จังหวัดไหน



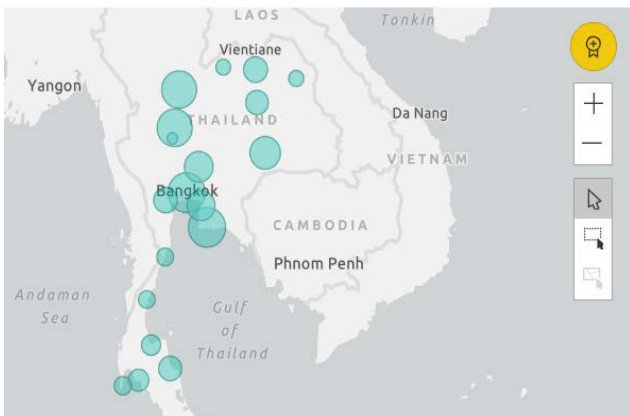
รูปที่ 19. แสดงการเติบโตของลูกค้า แสดงบนแผนที่ประเทศไทย

จากรูปที่ 19 ใช้แผนที่เพื่อดูการขยายของลูกค้า ทำให้ผู้บริหารสามารถนำมาวิเคราะห์ได้ง่ายขึ้นเพื่อวางแผนสำหรับการขยายลูกค้าให้ธุรกิจ



รูปที่ 20. แสดงกราฟว่าจังหวัดไหนมีการขายมากที่สุด

จากรูปที่ 20 ได้ใช้จำนวนการขาย เพื่อดูว่าจังหวัดไหนมีปริมาณการขายมาก



รูปที่ 21. แสดงตำแหน่งไหนมีการขายมากที่สุด

จากรูปที่ 20 และ รูปที่ 21 จะแสดงตำแหน่งบนแผนที่ประเทศไทย ถ้าวงกลมไหนที่มีการขายจำนวนมาก จะเป็นวงกลมใหญ่กว่า จากรูปตำแหน่งพบว่า กรุงเทพมหานคร มีการขายจำนวนมาก

สำหรับผลการประเมินคุณภาพของระบบการสนับสนุนการตัดสินใจ สำหรับการสั่งซื้อสินค้าเพื่อการสต็อกสินค้าโดยใช้เทคนิคธุรกิจอัจฉริยะได้ทำการทดสอบการใช้งานจริง โดยใช้แบบประเมินและแบบสอบถามจากกลุ่มผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ซึ่งประกอบด้วย ดังนี้

1. ผู้บริหารระดับสูง 1 ท่าน เป็นผู้ตัดสินใจและอนุมัติการจัดซื้อ
2. ระดับหัวหน้างาน 4 ท่าน เป็นผู้นำข้อมูลเสนอผู้บริหารระดับสูงเพื่อขออนุมัติเพื่อจัดซื้อ

โดยแบ่งการประเมินออกเป็น 3 ด้าน คือ

1. ด้านความสามารถของระบบที่ตรงตามความต้องการ ความถูกต้องในการรายงานข้อมูลการแสดงผลข้อมูลตามที่ต้องการ
2. ด้านความถูกต้องของระบบ ความถูกต้องในการรายงานข้อมูลโดยรวมจากข้อมูลที่น่ามาวิเคราะห์
3. ด้านการใช้งานของระบบ ความง่ายในการใช้งาน ผลการประเมินคุณภาพของระบบโดยผู้เชี่ยวชาญ แสดงในตารางที่ 7 สำหรับการประเมินความพึงพอใจของระบบได้การแบ่งระดับตามเทคนิคของลิเคิร์ต (Likert technique) ดังนี้
ค่าเฉลี่ย 4.21 - 5.00 หมายถึง ระดับมากที่สุด
ค่าเฉลี่ย 3.41 - 4.20 หมายถึง ระดับมาก
ค่าเฉลี่ย 2.61 - 3.40 หมายถึง ระดับปานกลาง
ค่าเฉลี่ย 1.81 - 2.60 หมายถึง ระดับน้อย
ค่าเฉลี่ย 1.00 - 1.80 หมายถึง ระดับน้อยที่สุด

ตาราง 7. เป็นตารางสรุปจากการหาค่าพยากรณ์จำนวน

รายการประเมิน	Mean	S.D	ระดับ
ประเมินวิเคราะห์ต้นทุน ของสินค้าต้นทุนการเก็บรักษาสินค้าคงคลัง	4.37	0.36	มาก
ประเมินวิเคราะห์ความต้องการสินค้า จากข้อมูลที่ทำ Association Rule การหาความสัมพันธ์ของสินค้าจากบิลการขาย	4.34	0.36	มาก
ประเมินวิเคราะห์สินค้าคงคลังสินค้าจากการตรวจนับสินค้าคงเหลือจากคลังสินค้า	4.14	0.59	มาก
ประเมินวิเคราะห์การหมุนเวียนของสินค้า คือสินค้าที่ไม่มีการเคลื่อนไหว	4.34	0.54	มาก
ประเมินวิเคราะห์กำไรการขาย	4.25	0.47	มาก
ประเมินวิเคราะห์จุดสั่งซื้อสินค้า การพยากรณ์สินค้าโดยใช้เทคนิคการพยากรณ์	4.22	0.54	มาก
ค่าเฉลี่ย	4.28	0.48	มาก

จากการประเมินผลการประเมินคุณภาพของระบบโดยผู้เชี่ยวชาญ ผลการประเมินความพึงพอใจโดยผู้ใช้งาน พบว่ามีค่าเฉลี่ยโดยรวมทุกด้านเท่ากับ 4.28 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานโดยรวมทุกด้านเท่ากับ 0.48 ดังนั้นสรุปผลโดยรวมได้ว่าระบบที่พัฒนาขึ้นมีคุณภาพและความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ระบบสามารถนำไปใช้ในทางปฏิบัติได้อย่างมีประสิทธิภาพและสามารถตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้งาน

5. บทสรุป

งานวิจัยนี้ได้เสนอการพัฒนาระบบธุรกิจอัจฉริยะเพื่อการวางแผนการสำหรับการสั่งซื้อสินค้าของบริษัท มีสเตอร์ซูชิ จำกัด โดยใช้โปรแกรม Power BI ซึ่งระบบนี้ถือว่าเป็นส่วนหนึ่งที่ช่วยให้ผู้บริหารนำมาใช้สนับสนุนการตัดสินใจ ส่วนการทดสอบความถูกต้องของระบบผลการประเมินคุณภาพของระบบโดยผู้เชี่ยวชาญจากการประเมินความพึงพอใจโดยผู้ใช้งานพบว่ามีค่าเฉลี่ยโดยรวมทุกด้านเท่ากับ 4.28 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานโดยรวมทุกด้านเท่ากับ 0.48 ดังนั้นสรุปผลโดยรวมได้ว่าระบบที่พัฒนาขึ้นมีคุณภาพและความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก และระบบสามารถนำไปใช้ในทางปฏิบัติได้อย่างมีประสิทธิภาพและสามารถตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้งาน การนำเทคนิคนี้มาใช้ในการหาค่าพยากรณ์ว่ามีความถูกต้อง 86 %

เอกสารอ้างอิง

- [1] เพ็ญศิริ มโนมัยสุพัฒน์. "ธุรกิจอัจฉริยะกับความท้าทายในการพัฒนาเพื่อใช้ในองค์กร". วารสารปัญญาวิวัฒน์ ปีที่ 5, ฉบับที่ 2 (มกราคม - มิถุนายน 2557). หน้า 236-245.
- [2] สุธีรา ปานนาค. "การพัฒนาระบบธุรกิจอัจฉริยะสำหรับสำนักอาหาร". บทความวิชาการประชุมทางวิชาการระดับชาติด้านคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ ครั้งที่ 10, 2557. หน้า 334-339.
- [3] ปภาดา โพธิ์คำอภิษฐ์ "การพัฒนาระบบธุรกิจอัจฉริยะเพื่อการวางแผนการผลิตในองค์กร". บทความวิชาการประชุมทางวิชาการระดับชาติด้านคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ ครั้งที่ 10, 2557. หน้า 982-987.
- [4] วิจิตรา พัทธการายกุล. "การพัฒนาระบบธุรกิจอัจฉริยะเพื่อการวางแผนการขายสินค้าสำหรับบริษัทผู้จัดจำหน่าย". วารสาร

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มทร. ธัญบุรี ปีที่ 5, ฉบับที่ 2, 2558. หน้า 155-164.

- [5] คลฤดี ระพิสุวรรณ. "ระบบธุรกิจอัจฉริยะเพื่อวางแผนการขายสำหรับอุตสาหกรรมอสังหาริมทรัพย์". บทความวิชาการประชุมทางวิชาการระดับชาติด้านคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ ครั้งที่ 13, 2560. หน้า 385-390.
- [6] ศิริสมรค์ อินทุจันทร์. "Business Intelligence กับการบริหารวางแผน และตัดสินใจ". วารสารบริหารธุรกิจ คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ปีที่ 36, ฉบับที่ 137 (มกราคม-มีนาคม 2556). หน้า 3-7.
- [7] ระวีวรรณ แก้ววิทย์. "การพัฒนาธุรกิจอัจฉริยะด้วยคลังข้อมูล". วารสารนักบริหาร มหาวิทยาลัยกรุงเทพ ปีที่ 31, ฉบับที่ 1 (มกราคม-มีนาคม 2554). หน้า 160-165.
- [8] พงศธร มหัทธนะสิน. "ระบบคลังข้อมูลเพื่อวิเคราะห์การขายสำหรับการประชาสัมพันธ์". วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มทร. ธัญบุรี ปีที่ 5, ฉบับที่ 2, 2558 หน้า 135-144.
- [9] ฉิระชิ ซูชิ. "อาหารญี่ปุ่นในประเทศไทย". วารสารจากญี่ปุ่น สำนักข่าวสารญี่ปุ่น สถานเอกอัครราชทูตญี่ปุ่นประจำประเทศไทย ฉบับที่ 1, 2559. หน้า 2-7.
- [10] เอกสิทธิ์ พัทธวงศ์ศักดิ์. การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยเทคนิคดาต้าไมนิ่ง เบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : ดาต้า คิวบ์, 2557.
- [11] สายชล สีนสมบูรณ์ทอง. การทำเหมืองข้อมูล. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : จามจุรีโปรดักต์, 2558.
- [12] คำนาย อภิปรัชญาสกุล. การจัดการสินค้าคงคลัง. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : ดวงกมลสมัย, 2553.
- [13] สุรัตน์ ลีลาทวิวัฒน์. (2560). เจาะพฤติกรรมลูกค้า ใช้บริการร้านอาหาร. <https://www.prachachat.net/finance/news-16631>.
- [14] ก่อเกียรติ วิริยะกิจพัฒนา. โลจิสติกส์และโซ่อุปทาน. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : วังอักษร. 2549

สื่อโฆษณาบนแผ่นพับเสมือน 3 มิติ ผ่านทางสมาร์ทโฟน

สำหรับจัดแสดงในนิทรรศการท่องเที่ยว

3D Augmented Reality Brochure via Smartphone for Travel Exhibition

วงศ์เดือน พลอยงาม¹ และ ศุภพัทธ์ จารุเศรษฐี²

^{1,2}คณะวิทยาการและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร

Received: November 15, 2018; Revised: December 18, 2018; Accepted: December 24, 2018; Published: December 25, 2018

ABSTRACT – Thailand is currently has a travel exhibition to meet the increasing demand of tourists every year. As a result, the accommodation business is more competitive. Entrepreneurs need to find a marketing strategy. To attract the attention of tourists and to occupy their own accommodation as much as possible. One of the strategies which influenced is the choice of accommodation. It is the use of advertising, interesting, memorable as well as impress the tourists. This research was presented. "3D Augmented Reality Brochure via Smartphone for Travel Exhibition" to use as a marketing strategy. Create attractive points and to stimulate the decision more effective. The application of Augmented Reality (AR) technology is presented in a 3D Augmented Reality brochure displaying the details of the accommodation both inside and outside the home closest to the realistic. Based on this research can help reduce the problem of travelers who do not meet the requirements and it makes booking decisions easier.

KEY WORDS -- Augmented Reality; Interactive Media; 3D Model; Tactic Marketing; Commercial advertisements

บทคัดย่อ -- ปัจจุบันประเทศไทยมีการจัดแสดงนิทรรศการเกี่ยวกับการท่องเที่ยว เพื่อตอบสนองความต้องการของนักท่องเที่ยวที่เพิ่มขึ้นทุกปี ส่งผลให้ธุรกิจที่พักมีการแข่งขันทางการตลาดสูงมากขึ้น ผู้ประกอบการจำเป็นต้องหากลยุทธ์ทางการตลาด เพื่อดึงดูดให้นักท่องเที่ยวเกิดความสนใจและจับจองที่พักของตนเองให้ได้มากที่สุด และหนึ่งในกลยุทธ์ที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเลือกที่พัก คือการใช้สื่อโฆษณาที่น่าสนใจ จดจำได้ ตลอดจนสร้างความประทับใจให้กับนักท่องเที่ยวได้ งานวิจัยนี้จึงได้นำเสนอ “สื่อโฆษณาบนแผ่นพับเสมือน 3 มิติ ผ่านทางสมาร์ทโฟน สำหรับจัดแสดงในนิทรรศการ” เพื่อใช้เป็นกลยุทธ์ทางการตลาด สร้างจุดดึงดูดที่น่าสนใจ และกระตุ้นการตัดสินใจของนักท่องเที่ยวให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี Augmented Reality (AR) มานำเสนอในรูปแบบแผ่นพับเสมือน 3 มิติ แสดงรายละเอียดที่พักทั้งภายในและภายนอกตัวบ้านที่ใกล้เคียงกับความจริงมากที่สุด ซึ่งจากการนำงานวิจัยนี้ไปใช้งาน สามารถช่วยลดปัญหาการได้ห้องพักของนักท่องเที่ยวที่ไม่ตรงกับความต้องการ และช่วยในการตัดสินใจจองห้องพักง่ายขึ้น

คำสำคัญ – เทคโนโลยีโลกเสมือนจริง; สื่อปฏิสัมพันธ์; ภาพสามมิติ; กลยุทธ์สื่อ; สื่อสำหรับงานโฆษณา

1. บทนำ

ปัจจุบันประเทศไทยมีการจัดแสดงนิทรรศการเกี่ยวกับงานท่องเที่ยวให้ผู้ประกอบการธุรกิจการท่องเที่ยวและบริการได้ร่วมจัดแสดง และที่ผ่านมานิทรรศการนี้ได้รับความสนใจจากนักท่องเที่ยวเพิ่มมากขึ้นทุกปี ประกอบกับธุรกิจโรงแรม ที่พัก รีสอร์ท เข้าร่วมออกบูธในนิทรรศการดังกล่าวเป็นจำนวนมาก ทำให้ธุรกิจที่พักมีการแข่งขันทางการตลาดสูงมากขึ้นตามตัวผู้ประกอบการจำเป็นต้องหากลยุทธ์ทางการตลาดเพื่อดึงดูดให้นักท่องเที่ยวหรือลูกค้าเกิดความสนใจ เช่น การจัดโปรโมชั่น การประชาสัมพันธ์บนสื่อออนไลน์ การลงข้อมูลในแอปพลิเคชันของห้องพักต่างๆ เพื่อให้ลูกค้าสามารถเข้าถึงข้อมูลที่ที่พักได้สะดวกและง่ายขึ้น แต่สำหรับผู้ประกอบการที่ออกมาร่วมงานนิทรรศการงานท่องเที่ยวยังจำเป็นต้องหาวิธีการดึงดูดให้ลูกค้าเข้ามามีส่วนร่วมในบูธให้ได้มากที่สุด เพื่อโฆษณาประชาสัมพันธ์ที่พัก และขายที่พักให้แก่นักท่องเที่ยวได้ แต่ยังพบปัญหาของรูปแบบการนำเสนอที่ไม่โดดเด่น และไม่ดึงดูดดึงดูดหรือกระตุ้นให้ลูกค้าตัดสินใจจองห้องพักได้ดีเท่าที่ควร รวมถึงลูกค้าบางส่วนที่สนใจจองห้องพักไม่เข้าใจรูปแบบของห้อง จากการดูข้อมูลและรูปภาพที่ผู้ประกอบการได้โฆษณาไว้ จึงสงสัยที่จะตัดสินใจจอง ดังนั้นหากผู้ประกอบการรายใดมีสื่อโฆษณาที่สามารถนำเสนอข้อมูลได้โดดเด่น แตกต่าง และสามารถทำให้ข้อมูลมีความสมจริงเหมือนลูกค้ามาดูที่พักด้วยตัวเอง และสื่อโฆษณานั้นย่อมดึงดูดและกระตุ้นความสนใจจากลูกค้าได้ดีมากกว่า โอกาสเหล่านี้จะสามารถนำไปสู่การเพิ่มโอกาสทางการแข่งขันในตลาดให้ธุรกิจได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

งานวิจัยนี้จึงได้นำเทคโนโลยี Augmented Reality หรือ การผสมรวมวิดีโอ 3 มิติ เสมือนจริง เข้ากับโลกแห่งความเป็นจริง มาประยุกต์ใช้เพื่อเป็นสื่อการโฆษณาประชาสัมพันธ์ ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างมากสำหรับการแสดงรายละเอียดของห้องพักสำหรับนักท่องเที่ยวหรือผู้ที่สนใจ ให้ได้เห็นองค์ประกอบของบ้านพักทั้งภายในและภายนอกในรูปแบบภาพเคลื่อนไหว 3 มิติ พร้อมด้วยเสียงบรรยากาศร่วมกับสภาพแวดล้อมจริง ณ เวลาเดียวกัน ซึ่งจะช่วยให้เพิ่มความเข้าใจในแนวคิดของบุคคล [1] หรือระบบนำทางภายในอาคารด้วยความเป็นจริงเสริม [2] หรือการติดตั้ง Aristo เป็นแพลตฟอร์มความเป็นจริงเสริมเพื่อสนับสนุนการเรียนการสอนการจัดแสดงสื่อสำหรับจัดแสดงในนิทรรศการท่องเที่ยว เป็นตัวอย่างแสดงการ

พิจารณาการออกแบบและพารามิเตอร์สำหรับการตั้งค่าในการติดตามเครื่องหมายและการจดจำรูปภาพ[3] โดยสื่อโฆษณาแผ่นพับเสมือน 3 มิติ นี้ จะแสดงข้อมูลรายละเอียดองค์ประกอบของบ้านพัก บรรยากาศของรีสอร์ทในรูปแบบภาพเคลื่อนไหว 3 มิติ ที่สามารถหมุนดูได้รอบที่พักทั้งภายในและภายนอกบ้าน การแสดงผลจะลอยอยู่เหนือระนาบของรูปภาพบนแผ่นพับ ซึ่งมีเทคนิคการวางซ้อนทับภาพนิ่งจริงของจุดสัญลักษณ์ด้วยภาพกราฟิกคอมพิวเตอร์แบบเสมือนจริงที่อาศัยเทคนิค Structure From Motion (SFM) แต่เทคนิคดังกล่าว ไม่สามารถใช้งานได้จริง ณ เวลาเดียวกัน และมีค่าใช้จ่ายที่ค่อนข้างสูง แต่วิธีการที่นำเสนอในผลงานวิจัยนี้สามารถทำการประมาณค่าการแสดงผลที่รวดเร็วและถูกต้องตาม SFM และได้โครงสร้างแบบ 3 มิติบนจุดสัญลักษณ์ [4] [5]

ด้วยเหตุนี้จึงเห็นได้ว่านี่ส่งผลให้เป็นแรงผลักดันของงานวิจัยนี้ในการศึกษาตัวอย่างของกรณีศึกษางานวิจัยกันทั่วๆไปเกี่ยวกับสื่อโฆษณาแผ่นพับเสมือน 3 มิติ ผ่านทางสมาร์ตโฟน สำหรับจัดแสดงนิทรรศการ เดิมทีที่ที่พักดังกล่าว มีสื่อโฆษณาทั้งออฟไลน์และออนไลน์อยู่แล้ว ได้แก่ โบว์ชาร์ วอร์ชชีต สื่อโซเชียลมีเดีย และมีออกงานนอกสถานที่ตามนิทรรศการท่องเที่ยวต่าง ๆ เพื่อเปิดบุชโฆษณาประชาสัมพันธ์ที่พักให้นักท่องเที่ยวได้รู้จักและสามารถจองที่พักได้ในงาน แต่ยังพบปัญหาคือลูกค้าหรือกลุ่มนักท่องเที่ยวที่ต้องการจองที่พัก ไม่เห็นที่พักจริงหรือสถานที่จริง รับทราบเพียงข้อมูลที่เป็นข้อความ รูปภาพที่แสดงอยู่ในแผ่นพับ หรือวิดีโอที่เปิดแสดงให้ชมเท่านั้น ทำให้ลูกค้าไม่เข้าใจรูปแบบของห้องพักและเกิดความลังเลในการตัดสินใจจองที่พัก และอาจไม่จองที่พักเลยหรือกรณีที่มีการจองห้องพักแล้ว กลับพบว่าห้องพักดังกล่าวไม่เป็นไปตามความเข้าใจของตนเอง

จากปัญหาดังกล่าวจะเห็นได้ว่าการผลิตสื่อโฆษณาประชาสัมพันธ์เพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้าและเพื่อให้เหมาะสมกับประเภทธุรกิจที่พักเป็นเรื่องสำคัญที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจของลูกค้าหรือกลุ่มนักท่องเที่ยว และเพื่อให้การนำเสนอข้อมูลสื่อโฆษณาประชาสัมพันธ์เป็นไปตามความเหมาะสมกับประเภทธุรกิจที่พักและสนับสนุนการสื่อสารกับลูกค้าให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น งานวิจัยนี้จึงนำเทคโนโลยี Augmented Reality มาประยุกต์ใช้กับสื่อโฆษณา ดังเดิมอย่างแผ่นพับ ให้มีการทำงานร่วมกับสมาร์ตโฟนในระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ (Android) โดยสื่อโฆษณาแผ่น

พับเสมือน 3 มิติ นี้ จะแสดงข้อมูลรายละเอียดที่พับเป็นภาพเคลื่อนไหว 3 มิติ ที่สามารถหมุนดูได้รอบที่พับทั้งภายในและภายนอกบ้าน ทำให้ลูกค้าได้เห็นบรรยากาศรอบที่พับองค์ประกอบภายในที่พับ ห้องต่างๆ เฟอร์นิเจอร์ และอุปกรณ์ตกแต่ง ใกล้เคียงกับที่พับจริงมากที่สุด ช่วยให้ลูกค้าตัดสินใจเลือกที่พับได้ง่ายขึ้น และช่วยลดปัญหาได้ห้องพับไม่ตรงกับความต้องการอีกด้วย

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 นิยาม Augmented Reality (AR)

Augmented Reality คือการแสดงผลข้อมูลหรือวัตถุเสมือนที่ระบบได้จัดเตรียมไว้ เช่น ข้อความ รูปภาพ ภาพเคลื่อนไหว วิดีโอ หรืออื่น ๆ ร่วมกับสภาพแวดล้อมจริง ณ เวลาเดียวกัน [6] ในปัจจุบันเทคโนโลยี Augmented Reality มีการพัฒนาให้ผู้ใช้สามารถควบคุม สั่งการ หรือโต้ตอบกับระบบผ่านการทำงานของกล้องได้ แต่ยังคงใช้หลักการเดิม คือมีองค์ประกอบ 3 องค์ประกอบ ดังนี้

- 1) Combines real and virtual การรวมกันระหว่างสภาพแวดล้อมจริงกับวัตถุเสมือน
- 2) Interactive in real time การโต้ตอบ ณ เวลาเดียวกัน
- 3) Registered in 3-D การแสดงผลในรูปแบบภาพ 3 มิติ

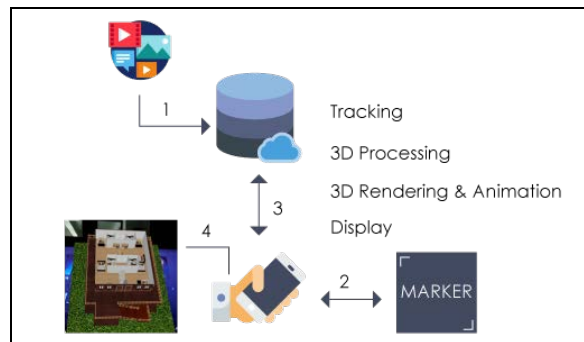
2.2 หลักการทำงานของ Augmented Reality (AR)

ประเภท Marker หรือ Image-Based

หลักการของเทคโนโลยี Augmented Reality คือการนำเอาวัตถุเสมือน หรือข้อมูลสารสนเทศต่างๆ ที่จัดเตรียมไว้ เช่น ภาพ 3 มิติ วิดีโอ เสียง และอื่น ๆ เพื่อนำไปแสดงบนหน้าจอแสดงผล โดยมีองค์ประกอบของฉากหลังเป็นภาพประกอบ ซึ่งมาจากสภาพแวดล้อมจริง ณ เวลาขณะนั้น ทำให้ผู้ใช้สามารถเกิดความรู้สึกว่าการเข้าถึงข้อมูลมีความน่าสนใจมากขึ้น และมีความเป็นจริงมากขึ้น ในปัจจุบันมีการประยุกต์ใช้งานมากขึ้นเรื่อย ๆ ตั้งแต่การควบคุมสั่งการ มีปฏิสัมพันธ์กับระบบคอมพิวเตอร์โดยใช้งานกล้อง แต่ยังคงมีหลักการงานเช่นเดิม ถึงแม้จะมีลักษณะและวัตถุประสงค์การใช้งานที่ต่างกันไป โดยภาพรวมของการทำงานของ Augmented Reality ในประเภท Marker หรือ Image-Based มีทั้งหมด 3 ขั้นตอน ดังแสดงในรูป

ที่ 1. พื้นฐานกระบวนการทำงาน Augmented Reality ประเภท Marker ดังนี้

- 1) กระบวนการนำข้อมูลที่ต้องการแสดงผลและตัว Marker หรือ Image-Based ที่กำหนดไว้เป็นตัวเปรียบเทียบไว้ในฐานข้อมูล (Marker Database)
- 2) ผู้ใช้งานจะใช้กล้องส่อง Marker เพื่อให้ระบบวิเคราะห์ภาพ คำนวณตำแหน่งเชิง 3 มิติ (Pose Estimation) ของ Marker เทียบกับข้อมูลในฐานข้อมูล
- 3) ระบบจดจำภาพ และเริ่มกระบวนการสร้างภาพ 2 มิติ จากภาพ 3 มิติ (3D Rendering) เป็นการเพิ่มข้อมูลลงในภาพ โดยอ้างอิงตำแหน่งเชิง 3 มิติ จนได้ภาพหรือข้อมูลซ้อนทับไปบนภาพจริง



รูปที่ 1. แสดงพื้นฐานกระบวนการทำงาน Augmented Reality
ประเภท Marker

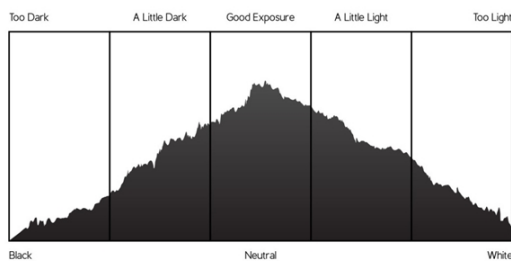
2.3 การนำเทคโนโลยี Augmented Reality (AR) มาประยุกต์ใช้เพื่อการโฆษณาประชาสัมพันธ์

การโฆษณาประชาสัมพันธ์สินค้าและบริการในปัจจุบันมีการแข่งขันกันสูงมาก เนื่องจากสินค้าและบริการแต่ละชนิดต่างมีคู่แข่งทางการค้าด้วยกันทั้งนั้น ดังนั้นการสร้างที่น่าสนใจให้กับสินค้าและบริการของตนจึงเป็นอีกกลยุทธ์หนึ่งที่น่าสนใจนำมาทำการตลาด ซึ่งเทคโนโลยี Augmented Reality นี้สามารถตอบโจทย์ของสื่อโฆษณาได้เป็นอย่างดี ตัวอย่างการนำเทคโนโลยี Augmented Reality มาใช้งานสื่อโฆษณา เช่น การนำเอากล่องของแท็บเล็ตหรือสมาร์ทโฟนมาต่อกับหน้าปก หนังสือแล้วได้โมเดลเหตุการณ์ในเรื่องราวออกมาเป็นการพัฒนารูปแบบ AR Marker less ซึ่งไม่จำเป็นต้องมี Marker กรอบสีดำเหมือนสมัยก่อน หรือการนำเอาเนื้อหาการประชาสัมพันธ์ไปซ่อนไว้กับป้ายโฆษณาตามท้องถนนที่

สามารถแสดงได้ทั้งภาพและเสียงเพื่อเพิ่มความน่าสนใจ นอกจากนี้ยังสามารถทำเป็นลักษณะของเกม เพื่อรับส่วนลด หรือการรับของแถมสมนาคุณต่าง ๆ แล้วเชื่อมโยงไปยังสื่อโซเชียล (Social Media) ซึ่งถือเป็นช่องทางการโฆษณาประชาสัมพันธ์ที่มีประสิทธิภาพสูงได้อีกด้วย

2.4 เทคนิคการเลือก Image Target ที่มีคุณภาพ เพื่อการใช้งาน Augmented Reality (AR)

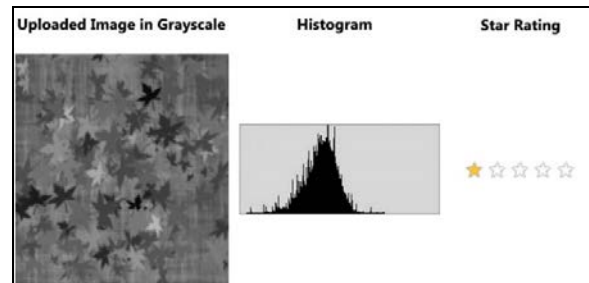
รูปภาพที่ใช้เป็น Image target นั้นจำเป็นต้องคำนึงถึงคุณภาพ ความละเอียด ลวดลาย ความเข้มของสี รายละเอียดภาพ เนื่องจากจะทำให้กล้องที่ส่องไปบน Image target นั้น ตรวจสอบภาพ และจดจำภาพได้ง่าย ส่งผลให้การแสดงผลลัพท์รวดเร็วและถูกต้องยิ่งขึ้น (สามารถตรวจสอบคุณภาพรูปภาพได้ที่เว็บไซต์ <https://vuforia.com>) โดยรูปที่นำไปใช้เป็น Image target ควรมิกกราฟ Histogram เฉลี่ยเท่า ๆ กัน



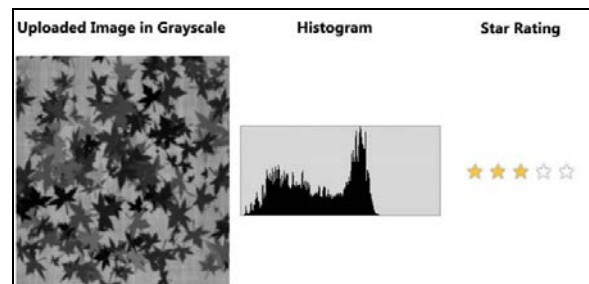
รูปที่ 2. แสดงค่ากราฟของ Histogram ในช่วงต่าง ๆ

ในบทความนี้ได้ยกตัวอย่างการนำเสนอการพิจารณา รูปภาพในแต่ละกรณี โดยมีความแตกต่างกันตั้งแต่กรณีของ รูปภาพที่สามารถนำมาใช้เป็น Image Target ได้ จนถึงกรณีของ รูปภาพที่ไม่สามารถนำมาใช้เป็น Image Target ได้ ดังเช่น ตัวอย่างของรูปที่ 3. คือตัวอย่างรูปภาพที่มีคุณภาพต่ำมาก ไม่เหมาะสมแก่การใช้งาน สังเกตได้ว่ากราฟ Histogram มีค่าในช่วงสีขาวและดำมากเกินไป บ่งบอกถึงความไม่ชัดเจนของรายละเอียดภาพ หรือตัวอย่างในรูปที่ 4. คือตัวอย่างรูปภาพที่มีค่าความแตกต่างของค่าสีปานกลาง สังเกตได้ว่ากราฟ Histogram มีค่าใกล้เคียงกัน ยกเว้นค่าในช่วงสีขาวที่มากเกินไป บ่งบอกถึงความชัดเจนของรายละเอียดภาพที่ไม่สม่ำเสมอ หรือตัวอย่างในรูปที่ 5. คือรูปภาพที่มีคุณภาพสูง เหมาะแก่การใช้เป็น Image Target สังเกตได้ว่ากราฟ Histogram มีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกันตลอดทั้งกราฟ บ่งบอกถึงความชัดเจนของรายละเอียดภาพที่สม่ำเสมอ

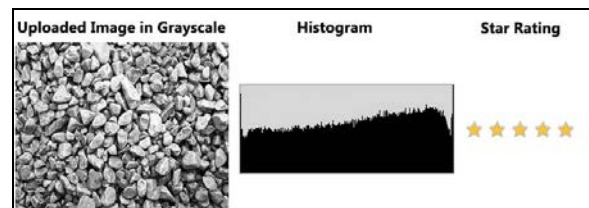
กัน และตัวอย่างในรูปที่ 6. คือรูปภาพที่ไม่สามารถใช้เป็น Image Target ได้ แม้ว่ากราฟ Histogram เฉลี่ยใกล้เคียงกัน แต่เป็นกราฟที่มีความสูงเฉลี่ยต่ำเกินไป บ่งบอกถึงภาพที่ไม่มีรายละเอียด



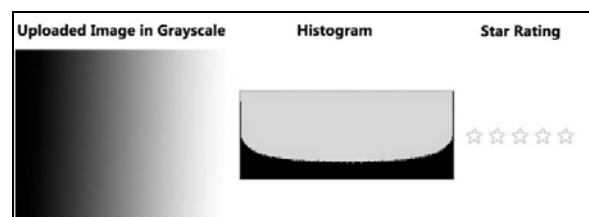
รูปที่ 3. ตัวอย่างรูปภาพที่มีคุณภาพต่ำมาก ไม่เหมาะสมแก่การใช้งาน



รูปที่ 4. ตัวอย่างรูปภาพที่มีค่าความแตกต่างของค่าสีปานกลาง



รูปที่ 5. ตัวอย่างรูปภาพที่มีคุณภาพสูงที่สุดในการใช้เป็น Image Target



รูปที่ 6. ตัวอย่างรูปภาพที่ไม่สามารถใช้เป็น Image Target ได้

3. การออกแบบระบบ

ในส่วนของการออกแบบสื่อโฆษณาแผ่นพับเสมือนจริง 3 มิตินี้ ได้ใช้ข้อมูลจากรีสอร์ทบ้านสราญรมย์ อัมพวา มาเป็นตัวต้นแบบของระบบ การออกแบบเริ่มตั้งแต่เก็บข้อมูลที่ฟังก์ชันประกอบของของบ้านพักแต่ละหลังทั้งภายในและภายนอก อุปกรณ์ตกแต่ง เฟอร์นิเจอร์ บรรยากาศรอบ ๆ รีสอร์ท และเก็บรายละเอียดการตกแต่งทั้งหมด นำมาขึ้นเป็นโมเดล 3 มิติ แสดงให้เห็นโครงสร้างส่วนประกอบของที่พักอย่างละเอียด และพัฒนาเป็นภาพเคลื่อนไหว 3 มิติ ด้วยโปรแกรม Autodesk MAYA จากนั้นได้ออกแบบแผ่นพับ เพื่อใช้เป็น Marker ด้วยโปรแกรม Adobe Illustrator และ Adobe Photoshop ในการอ่านค่า เพื่อแสดงข้อมูลที่ฟังก์ชันในรูปแบบภาพเคลื่อนไหว 3 มิติ แล้วพัฒนาแอปพลิเคชันให้สามารถอ่านค่า Marker บนแผ่นพับ โดยดึงข้อมูล Marker จากฐานข้อมูลที่ถูกรับไว้บนเว็บไซต์ <https://vuuforia.com> มาตรวจสอบกับข้อมูลที่อยู่ในแอปพลิเคชันเมื่อตรวจสอบพบว่าเป็นข้อมูลเดียวกัน จึงให้ระบบแสดงผลข้อมูลรายละเอียดที่พักเป็นภาพเคลื่อนไหว 3 มิติ ที่สามารถหมุนดูได้รอบที่พักทั้งภายในและภายนอกบ้าน พร้อมด้วยเสียงบรรยากาศ และการแสดงผลจะลอยอยู่เหนือระนาบของ Marker บนแผ่นพับ ซึ่งในการพัฒนาระบบใช้โปรแกรม Unity

3.1 ภาพรวมของระบบ

ภาพรวมการทำงานของระบบพัฒนาสำหรับผู้ใช้งานสมาร์ตโฟน (Smartphone) ในระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ (Android) ใช้แอปพลิเคชัน Baan Saranrom ส่งรูปภาพที่มีสัญลักษณ์หรือ Marker ที่ระบบกำหนดไว้ ระบบจะอ่านค่าเปรียบเทียบกับรูปภาพกับ Marker ที่ถูกรับไว้ในฐานข้อมูลบน <https://vuuforia.com> เมื่อตรวจสอบแล้วว่ารูปภาพตรงกัน ระบบจะแสดงรายละเอียดที่พักในรูปแบบภาพเคลื่อนไหว 3 มิติ พร้อมด้วยเสียงบรรยากาศ ร่วมกับสภาพแวดล้อมจริง ณ เวลาเดียวกัน

3.2 ขั้นตอนการออกแบบการแสดงผลของระบบ

การออกแบบการแสดงผลของระบบได้รับการพัฒนาจากการเก็บข้อมูลความต้องการที่มีอยู่จริงเป็นไปตามสถานที่ของที่พัก บ้าน สราญรมย์ อัมพวา โดยมีการเก็บข้อมูลสัดส่วนของที่พัก การจัดวางองค์ประกอบ การตกแต่งภายในและภายนอก เพื่อ

นำมาเขียนเป็น แบบร่าง ก่อนนำมาพัฒนาเป็นโมเดล 3 มิติ และนำไปทำเป็นภาพเคลื่อนไหว

การออกแบบการแสดงผลแบ่งเป็น 3 ส่วน ได้แก่

- 1) ส่วนแผ่นพับแสดงข้อมูลของที่พัก รูปภาพประกอบ ข้อมูลการติดต่อและ Marker โดยมีการคำนึงถึงการออกแบบที่เป็นมิตรกับผู้ใช้งาน อ่านแล้วสามารถเข้าใจการนำเสนอของแผ่นพับได้ในเวลาอันสั้น การออกแบบที่นำเอาอัตลักษณ์ของที่พัก ประกอบด้วย รูปแบบของตัวอักษร โทนสี และลวดลาย รูปทรง มาพัฒนาในแผ่นพับ รวมถึงความสวยงามและการใช้วัสดุ เทคโนโลยีการพิมพ์ที่มีคุณภาพ เพื่อให้เป็นที่สนใจของนักท่องเที่ยวหรือลูกค้าที่พบเห็น และจัดที่พักแห่งนี้ได้



รูปที่ 7. แผ่นพับสำหรับใช้เป็นสื่อโฆษณา และเป็น Marker สำหรับแอปพลิเคชัน

- 2) ส่วนติดต่อผู้ใช้งาน (User Interface) โดยเน้นการออกแบบให้ผู้ใช้งานสามารถใช้งานได้ทันที โดยไม่ต้องเรียนรู้อะไรเพิ่มเติม



รูปที่ 8. แสดงส่วนติดต่อผู้ใช้งาน (User Interface)

- ส่วนการแสดงผลหรือโมเดล 3 มิติของที่พัก และภาพเคลื่อนไหว 3 มิติ ขององค์ประกอบที่พัก ซึ่งต้องอ้างอิงถึงมาตราส่วนจริง และการจัดวางตามแผนผังจริง เพื่อให้ลูกค้าได้ชมที่พักตัวอย่าง เหมือนไปสถานที่จริง

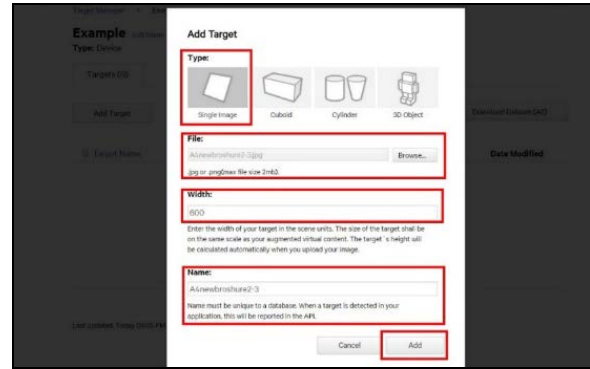


รูปที่ 9. แสดงส่วนการแสดงผล โมเดล 3 มิติของที่พัก และภาพเคลื่อนไหว 3 มิติ ขององค์ประกอบที่พัก

3.3 ขั้นตอนการเก็บข้อมูลบนฐานข้อมูล <https://vuforia.com> และการนำไปใช้งานร่วมกับโปรแกรม Unity

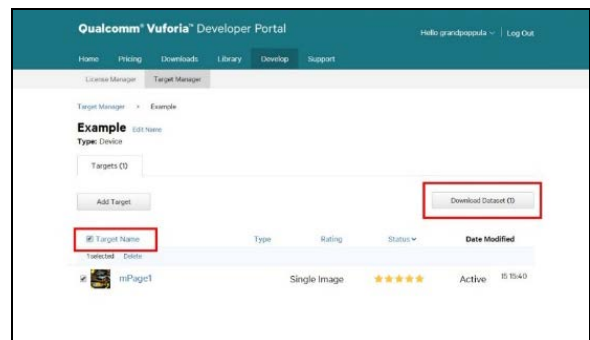
Vuforia หรือเทคโนโลยีการแสดงผลภาพจำลองเสมือนจริงของบริษัท Qualcomm ผู้ผลิตชิปเซตบนสมาร์ตโฟน ให้บริการเป็นคลังฐานข้อมูล Marker และให้บริการ Package ที่เรียกใช้คำสั่งระหว่างกล้องกับโปรแกรม Unity อีกด้วย ซึ่งการใช้งานส่วนฐานข้อมูล ดังต่อไปนี้

- สมัครและเข้าสู่ระบบใน <https://vuforia.com>
- เมื่อสมัครและทำตามขั้นตอนเรียบร้อยแล้ว ให้ไปที่แท็บเมนู Target Manager กดปุ่ม Add Database เพื่อเพิ่มรูปภาพที่ต้องการให้เป็น Image Target
- สร้างฐานข้อมูลและกำหนดชื่อฐานข้อมูล เลือกประเภทเป็น Device และกดปุ่ม Create
- กดเข้าไปที่ชื่อฐานข้อมูลที่เราสร้างไว้
- ตั้งค่าข้อมูลสำหรับ Image Target ดังแสดงในรูปที่ 10.



รูปที่ 10. แสดงการตั้งค่ารูปภาพที่ใช้เป็น Image Target

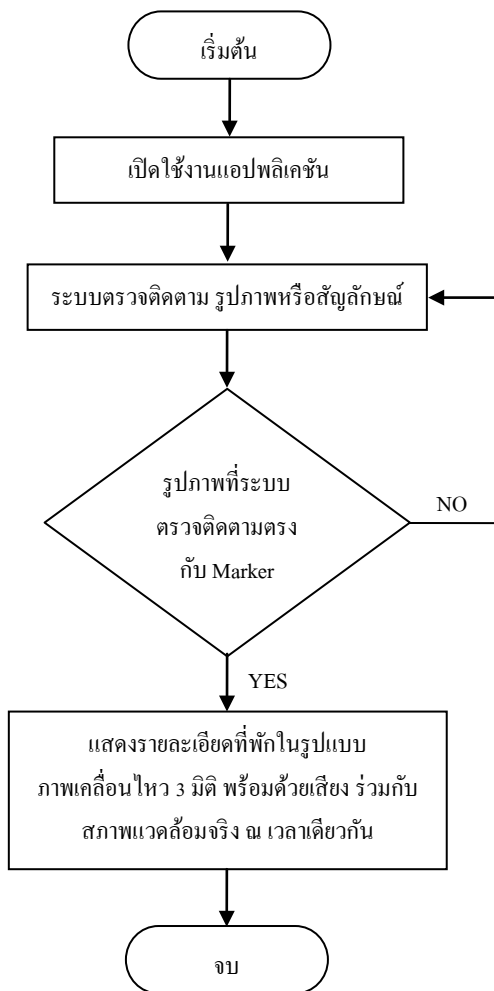
- เลือกรูปภาพที่ต้องการใช้เป็น Image Target จากนั้นกด Download Dataset ออกมาเป็น Package ดังแสดงในรูปที่ 10.



รูปที่ 11. แสดงวิธีการนำ Image Target ไปใช้งานต่อในโปรแกรม Unity

- เข้าเว็บไซต์ ดาวน์โหลด์ไฟล์ SDK for Android และไฟล์ Unity Extension เพื่อนำไปเป็น Assets และ Package ในโปรแกรม Unity ที่ <https://developer.vuforia.com/downloads/sdk>
- เมื่อดาวน์โหลด Packages ต่างๆ ที่ใช้เป็นเครื่องมือในการสร้างชิ้นงาน Augmented Reality ในโปรแกรม Unity เรียบร้อยแล้ว เครื่องมือต่างๆ ที่ดาวน์โหลดมาจะถูกนำมาใช้ร่วมกับสื่อต่าง ๆ ได้ เช่น รูปภาพ โมเดล 3 มิติ เสียง วิดีโอ เพื่อปรับแต่งตั้งค่า หรือเขียนคำสั่งควบคุมการทำงานของ Augmented Reality ให้เป็นไปตามที่ต้องการ และผลิตออกมาเป็นแอปพลิเคชันหรืออื่น ๆ ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการใช้งาน

3.4 ขั้นตอนการทำงานของแอปพลิเคชัน



รูปที่ 12. แสดงขั้นตอนการทำงานของแอปพลิเคชัน

- 1) เปิดใช้งานแอปพลิเคชัน
- 2) ระบบจะทำการเรียกใช้กล้องขึ้นมา
- 3) ระบบตรวจติดตาม รูปภาพหรือสัญลักษณ์
- 4) เมื่อระบบตรวจพบว่าเป็นรูปภาพหรือสัญลักษณ์ จะนำข้อมูลที่พบไปเปรียบเทียบกับ Marker ที่เก็บไว้ในฐานข้อมูลบน <https://vuuforia.com> และทำงานต่อในขั้นตอนที่ 5)
- 5) ระบบจดจำภาพ และรายละเอียดที่พิกัดในรูปแบบภาพเคลื่อนไหว 3 มิติ พร้อมด้วยเสียงบรรยากาศ ร่วมกับสภาพแวดล้อมจริง ณ เวลาเดียวกัน
- 6) เมื่อระบบติดตามรูปภาพหรือสัญลักษณ์ ไม่พบข้อมูล จะไม่แสดงผลใด ๆ
- 7) จบการทำงาน

4. ผลทดสอบระบบสื่อโฆษณาบนแผ่นพับเสมือน 3 มิติ ผ่านทางสมาร์ทโฟน สำหรับจัดแสดงในนิทรรศการ

การติดตั้งแอปพลิเคชัน Baan Saranrom มีการจัดทำภาพประกอบ เพื่ออธิบายขั้นตอนการติดตั้งแอปพลิเคชันบนเว็บไซต์ของที่พักบ้านสวนรมย์ อัมพวา ดังแสดงในรูปที่ 13. แต่พบปัญหา เนื่องจากแอปพลิเคชันเป็นตัวแทนทดลอง ยังไม่มีการนำขึ้นระบบ google play ทำให้การดาวน์โหลดมีข้อจำกัดเรื่องไฟล์ที่มีขนาดใหญ่



รูปที่ 13. ขั้นตอนการติดตั้งแอปพลิเคชัน

การแสดงผลภาพเคลื่อนไหว 3 มิติ เมื่อนำสมาร์ทโฟนส่องที่สัญลักษณ์ ระบบสามารถติดตามและจดจำ Image Target ได้ดี และแม้มีการเปลี่ยนมุมมองของกล้อง ระบบยังสามารถแสดงผลเป็นภาพเคลื่อนไหว 3 มิติ ได้โดยไม่มีปัญหา ดังแสดงในรูปที่ 14, 15. และ 16.



รูปที่ 14. แสดงผลภาพเคลื่อนไหว 3 มิติ เมื่อนำสมาร์ทโฟนส่องที่สัญลักษณ์แบบหน้าตรง



รูปที่ 15. แสดงผลภาพเคลื่อนไหว 3 มิติ เมื่อนำสมาร์ทโฟนเปลี่ยนมุมมองที่สัญลักษณ์



รูปที่ 16. แสดงผลภาพเคลื่อนไหว 3 มิติ เมื่อนำสมาร์ทโฟนส่องที่สัญลักษณ์และหมุนไปรอบ ๆ

5. ผลจากการนำสื่อโฆษณาบนแผ่นพับเสมือน 3 มิติ ผ่านทางสมาร์ทโฟน สำหรับจัดแสดงในนิทรรศการท่องเที่ยวไปใช้งานจริง และการอภิปรายความพึงพอใจ

หลังจากที่ผู้ประกอบการได้นำสื่อโฆษณาแผ่นพับเสมือน 3 มิติ ดังกล่าวไปจัดแสดงในงานไทยเที่ยวไทย ครั้งที่ 44 ปี 2560 พบว่าผลงานดังกล่าวช่วยกระตุ้นความสนใจและดึงดูดลูกค้าได้เป็นอย่างดี โดยวิเคราะห์ข้อมูลจากจำนวนผู้เข้าชมที่มากขึ้นจากการให้ความสนใจร่วมกิจกรรมส่องแผ่นพับเสมือน 3 มิติ และผู้ที่สนใจจองที่พักสามารถตัดสินใจจองห้องพักตั้งแต่ครั้งแรกที่เข้าชม หลังจากทดลองส่องแผ่นพับเสมือน 3 มิติและรับข้อมูลที่ต้องการ ซึ่งเป็นการตัดสินใจที่เร็วขึ้นจากครั้งก่อนหน้านี้ที่ยังไม่มีการนำสื่อโฆษณาแผ่นพับเสมือน 3 มิติมาใช้ และยังช่วยส่งเสริมภาพลักษณ์ให้กับที่พัก สร้างความน่าเชื่อถือได้ รวมถึงสามารถนำผลงานนี้ออกจัดแสดงนิทรรศการการท่องเที่ยว โดยไม่ต้องเตรียมอุปกรณ์จำนวนมาก และลดเวลาในการจัดเตรียมบูธอีกด้วย

งานวิจัยนี้ได้นำไปทดลองใช้งานจริง และแสดงให้เห็นถึงความสนใจของลูกค้าที่เข้าร่วมกิจกรรมส่องแผ่นพับเสมือน 3 มิติ ด้วยสมาร์ทโฟนที่ผู้ประกอบการได้จัดเตรียมไว้ รวมถึงนักท่องเที่ยวบางคนดาวน์โหลดแอปพลิเคชัน เพื่อทดลองเล่นด้วยตัวเอง นอกจากนี้ยอดการจองที่พักในปี 2560 เพิ่มขึ้นประมาณ 31.7% เมื่อเปรียบเทียบกับยอดการจองที่พักในปี 2559 ที่ยังไม่มีมีการประยุกต์ใช้งานวิจัยนี้ โดยยอดการจองห้องพักในปี 2559 มีผู้ให้ความสนใจในการจองห้องพักอยู่ที่ประมาณ 82 การจอง และยอดการจองห้องพักในปี 2560 ที่มีการนำผลงานดังกล่าวไปใช้งาน มีผู้ให้ความสนใจในการจองห้องพักเพิ่มขึ้นเป็น 108 การจอง โดยอ้างอิงช่วงเวลาที่ยอดการจองตลอดการจัดนิทรรศการงานไทยเที่ยวไทย ครั้งที่ 43 และครั้งที่ 44

6. สรุปผลการทำงาน

จากการวิจัยศึกษาและพัฒนาสื่อโฆษณาบนแผ่นพับเสมือน 3 มิติ ผ่านทางสมาร์ทโฟน สำหรับจัดแสดงในนิทรรศการท่องเที่ยว มีการวางแผนตั้งแต่การจัดเตรียมข้อมูลที่เก็บข้อมูลส่วนตัวของที่พักรวมตามมาตรฐานจริง และแผนผังจริง เพื่อนำมาขึ้นรูปโมเดล 3 มิติ วางแผนการนำเสนอภาพเคลื่อนไหว 3 มิติอย่างไรให้น่าสนใจ การออกแบบแผ่นพับให้สวยงามและดึงดูดลักษณะของที่พักรวมมาตรฐาน มาออกแบบ การนำข้อมูลไปเก็บลงฐานข้อมูลออนไลน์ เพื่อให้ระบบเรียกใช้งานและนำมาแสดงผล ผลิตภัณฑ์สื่อโฆษณาที่สมบูรณ์และนำไปใช้งานจริง พบว่าผู้ประกอบการสามารถนำผลงานดังกล่าวใช้เป็นกลยุทธ์ทางการตลาด เพื่อดึงดูดและกระตุ้นความสนใจจากลูกค้าได้[1] จากการใช้ประโยชน์เทคโนโลยี Augmented Reality (AR) มาประยุกต์ใช้กับสื่อโฆษณาประชาสัมพันธ์ร่วมกับสมาร์ทโฟนในระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ (Android) จะเห็นได้ว่าระบบสามารถทำงานได้จริง และช่วยส่งเสริมสื่อโฆษณาประชาสัมพันธ์ให้น่าสนใจได้จริง แม้จะพบปัญหาเรื่องโมเดล 3 มิติที่มีขนาดไฟล์ใหญ่เกินไป ซึ่งเป็นปัญหาพื้นฐานของการทำ Augmented Reality (AR) ซึ่งจะต้องหาวิธีการแก้ไขต่อไป โดยสรุปข้อมูลจากการวิจัยและพัฒนาสื่อในครั้งนี้ สื่อโฆษณาประชาสัมพันธ์ที่ดีคือสื่อที่ผลิตได้เหมาะสมกับประเภทของสินค้าและบริการ ซึ่งย่อมส่งผลต่อการตัดสินใจของลูกค้าให้มีประสิทธิภาพที่ดีขึ้น และจากการทดสอบพบว่าสามารถกระตุ้นการตัดสินใจของลูกค้าให้จองที่พักเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ยอดการ

จองเพิ่มขึ้นประมาณ 31.7% จากการเปรียบเทียบยอดการจองที่
พักในปีที่ยังไม่มีการประยุกต์ใช้งานวิจัยนี้ หรือนิทรรศการงาน
ไทยที่ชาวไทย ครั้งที่ 43 ปี 2559 และปีที่มีการประยุกต์ใช้
งานวิจัยนี้ในครั้งแรก หรือนิทรรศการงานไทยที่ชาวไทย ครั้งที่
44 ปี 2560

ขอขอบคุณ บ้านสวนมรมย์ อัมพวา 77 ถนนประชาเสรมฐ
ตำบลอัมพวา อำเภอมะนัง จังหวัดสมุทรสงคราม 75110

เอกสารอ้างอิง

- [1] G. Shiva, N. R. Raajan and G. N. Jayabhavani,
"Augmented Reality based 3D commercial
advertisements," 2013 International Conference on
Emerging Trends in VLSI, Embedded System, Nano
Electronics and Telecommunication System
(ICEVENT), Tiruvannamalai, 2013, pp. 1-4.
- [2] บุญพริกา โพชนงค์เดช, เอี่ยมพร รักกำเหนิด และ
สมเกียรติ วงศ์วิพิทักษ์, "ระบบนำทางภายในอาคารด้วย
ความเป็นจริงเสริม ", Journal of Information Science
and Technology (JIST), 2018, Vol. 8, No. 1, pp.1-15.
- [3] Zhongyang Zheng, Bo Wang, Yakun Wang, ShuangYang,
Zhongqian Dong, Tianyang Yi, Cyrus Choi, Emily J
Chang, and Edward Y Chang., "Aristo: An augmented
reality platform for immersion and interactivity.", In
Proceedings of the 2017 ACM on Multimedia
Conference (MM '17). ACM, New York, NY, USA,
pp. 690-698.
- [4] S. Suganya and N. R. Raajan, "Augmented reality-
landmark estimation," 2011 INTERNATIONAL
CONFERENCE ON RECENT ADVANCEMENTS
IN ELECTRICAL, ELECTRONICS AND
CONTROL ENGINEERING, Sivakasi, 2011, pp.
517-519.
- [5] N.R. Raajana, S. Suganya, R. Hemanand, S. Janani,
Sarada Nandini N.S, Sruthi V Ramanan, "Augmented
Reality for 3D Construction", Procedia Engineering,
Volume 38, 2012, pp 66-72.
- [6] S. Suganya, NK Raajan, M.V. Priya, AJenifer Philomina,
D.Parthiban, B.Monisha, "Real-Time Camera

Tracking of Augmented Reality in Landmarks
Environments", International Conference on
Modeling, Optimisation and Computing (ICMOC
2012). Volume:38, pp 456-461

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นที่เหมาะสมต่อการ

เจริญเติบโตของเห็ดในโรงเพาะเห็ด กรณีศึกษา : ฟาร์มเห็ดบ้านเนินสะอาด

จังหวัดนครพนม

Efficiency Comparison of Temperature and Humidity Control System Suitable for The Growth of Mushroom House : Case Study in Ban Noen Sa-at, Nakhon Phanom Province

ชินาพัฒน์ สกุลราศรีสวย¹, ศรี วาทกิจ², ลาภวัธ วงศ์ประชา³ และ อังศุมาลิน สมเทพ⁴

¹คณะวิทยาการจัดการและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยนครพนม นครพนม

²คณะเกษตรและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนครพนม นครพนม

^{3,4}วิทยาลัยนาหว้า มหาวิทยาลัยนครพนม นครพนม

Received: November 15, 2018; Revised: December 20, 2018; Accepted: December 24, 2018; Published: December 25, 2018

ABSTRACT – Recently, the development of the mushroom house at Ban Noen Sa-at, Nakhon Phanom Province, become a main problem in terms of temperature and humidity of mushrooms and are difficult to control. Thus affecting the productivity and tardily in each season. This research aims to compare the efficiency non-temperature and humidity control system and temperature and humidity control systems suitable for the growth of mushroom house. We starting with research related to the cultivation of the mushroom then began designing the temperature and humidity controlled, 5 days for experiment. We found mushroom house non-temperature and humidity control system is not flowering. On average, the temperature is 32.28 degrees celsius and the humidity is 75.09% and mushroom house with the temperature and humidity control system can flowering and harvest faster. On average, the temperature is 30.40 degrees celsius and the humidity is 86.37%. The angle mushrooms harvesting 4 unit grow up faster than hungary mushroom harvesting 2 unit and abalone mushroom is not flowering. Percentage for mushroom grow up 40%, 20% and 0%, respectively.

KEY WORDS -- Mushroom House; Microcontroller; Temperature; Humidity

บทคัดย่อ – ในปัจจุบันการทำโรงเรือนในการเพาะเห็ดบ้านเนินสะอาดจังหวัดนครพนม มักจะประสบกับปัญหาในเรื่องของอุณหภูมิและความชื้นของโรงเพาะเห็ดที่ไม่สม่ำเสมอ การควบคุมอุณหภูมิและความชื้นทำได้ยาก จึงส่งผลกระทบต่อผลผลิตของเห็ดที่ไม่สม่ำเสมอและล่าช้ากว่าที่กำหนดในแต่ละฤดูกาล งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างโรงเรือนที่ไม่มีระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นและโรงเรือนที่มีระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเห็ดในโรงเพาะเห็ด โดยเริ่มจากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเพาะเห็ด ทำการออกแบบและพัฒนาระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นโรงเพาะเห็ด โดยมีระยะการทดลอง 5 วัน พบว่าโรงเรือนที่ไม่มีระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นไม่มีการออกดอกของเห็ด โดยเฉลี่ยอุณหภูมิอยู่ที่ 32.28 องศาเซลเซียส และความชื้นอยู่ที่ 75.09 % และโรงเรือนที่มีระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสามารถออกดอกและเก็บผลผลิตได้เร็วขึ้น โดยเฉลี่ยอุณหภูมิอยู่ที่ 30.40 องศาเซลเซียส และความชื้นอยู่ที่ 86.37 % และเห็ดทั้ง 3 ชนิด มีอัตราการเจริญเติบโตได้เร็วคือเห็ด

นางฟ้าออกจำนวน 4 ก้อน เห็นนางรมฮังการี ออกจำนวน 2 ก้อน ส่วนเห็ดเป่าฮือไม่มีการออกดอก คิดเป็นร้อยละ 40%, 20% และ 0% ตามลำดับ

คำสำคัญ – โรงเพาะเห็ด; ไมโครคอนโทรลเลอร์; อุณหภูมิ; ความชื้น

1. บทนำ

ปัจจุบันการเพาะเห็ดในโรงเรือนประสบปัญหาเกี่ยวกับผลผลิตของเห็ดชนิดต่าง ๆ ไม่สม่ำเสมอ เช่น ผลผลิตและคุณภาพของเห็ดจะลดต่ำกว่าเดิมมาก ในช่วงเดือน มีนาคม – มิถุนายน ปัญหาเหล่านี้ได้รับผลกระทบมาจากอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเพาะเห็ดที่ไม่สม่ำเสมอประกอบกับความรู้ในการเพาะเห็ด มาจากทักษะความชำนาญ และประสบการณ์ทำการเพาะเห็ด แต่ไม่ได้ปรากฏในเชิงรูปแบบเชิงวิทยาศาสตร์ จึงไม่สามารถควบคุมคุณภาพและปริมาณของผลผลิตได้ การควบคุมอุณหภูมิและความชื้นที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตในโรงเพาะเห็ดเป็นปัจจัยที่สำคัญจึงได้นำเทคโนโลยีไร้สายมาเพื่อใช้ในระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นในโรงเพาะเห็ด เพื่อตรวจวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นในโรงเพาะเห็ด โดยจะสามารถจัดเก็บอุณหภูมิและความชื้นในโรงเพาะเห็ด เพื่อป้องกันปัญหาอุณหภูมิและความชื้นในโรงเพาะเห็ดที่สูงหรือต่ำเกินไป เพื่อเพิ่มผลผลิตที่มีประสิทธิภาพ ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้จัดทำระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นในโรงเพาะเห็ดเพื่อนำเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตเพื่อสรรพสิ่งมาประยุกต์ใช้ในงานทางด้านการเกษตร โดยการประยุกต์ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์มาช่วยในการประมวลผลเพื่อควบคุมให้สามารถรับรู้ค่าอุณหภูมิและความชื้น ภายในโรงเพาะเห็ด เพื่อเป็นการลดสภาพความแปรปรวนของดินฟ้าอากาศ และเพื่อเพิ่มผลผลิตที่มากขึ้น โดยที่ค่าของอุณหภูมิและความชื้นจะอยู่ตามเงื่อนไขที่ผู้วิจัยกำหนดไว้ เนื่องจากภายในโรงเพาะเห็ดจะมีเซนเซอร์ตรวจวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นที่ติดตั้งไว้ภายในและมีการแสดงผลของค่าที่วัดได้ส่งผ่านอุปกรณ์บอร์ดราสเบอร์รี่พาย (Raspberry pi) มาแสดงผลที่เครื่องคอมพิวเตอร์และหน้าจอแอลซีดี (LCD) แล้วส่งให้รีเลย์ (Relay) ทำงานตามเงื่อนไขที่ตั้งไว้ ทั้งนี้เพื่อให้ง่ายต่อการดูแลและเพิ่มความสะดวกต่อการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นแก่เกษตรกรจะได้ดูแลโรงเพาะเห็ดได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. แนวคิด / วิธีการที่นำเสนอ

ในส่วนนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีข้อมูลการเพาะเห็ด, ความชื้น, ข้อมูลชุดอุปกรณ์ที่ใช้ในโรงเพาะเห็ด, เทคโนโลยี Internet of Things (IoT) และเว็บไซต์ที่ใช้ในการแสดงค่าข้อมูล โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1 การเพาะเห็ดในถุงพลาสติก

ปัจจุบันการเพาะเห็ดในถุงพลาสติก [14] กำลังเป็นที่นิยมทำกันมากเนื่องจากการเพาะเห็ดในถุง พลาสติกนี้ใช้วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรพวกขี้เลื่อย หรือฟางข้าวผสมอาหารเสริม สามารถทำได้ง่าย เพียงอ่านจากตำราจากการเข้ารับการฝึกอบรม หรือเรียนรู้จากเพื่อนบ้าน ดังนั้นการเพาะเห็ดในถุง พลาสติกจึงแพร่หลายไปอย่างรวดเร็ว ครอบคลุมหลายพื้นที่ หลายจังหวัดของประเทศ เหตุนี้จึงทำให้มีเห็ดที่เพาะจากถุงจำหน่ายและบริโภคกันทั่วไป และสม่ำเสมอ เห็ดที่นิยมเพาะในถุงพลาสติก ส่วนมากได้แก่ เห็ดเหินชั้น เช่น เห็ดนางฟ้า, เห็ดนางรม, เห็ดภูฐาน, เห็ดเป่าฮือ, เห็ดนางนวล, เห็ดนางรมฮังการี, เห็ดหูหนู, เห็ดหอม, เห็ดตีนแรด และ เห็ดยานางิ เป็นต้น เห็ดเหล่านี้สามารถเพาะได้บนวัสดุหลายชนิด โดยเฉพาะขี้เลื่อย หรืออาหารหมักจากฟาง ขั้นตอนสำหรับทำก้อนเชื้อหลังเตรียมวัสดุ ขี้เลื่อยที่ใช้ควรเป็นขี้เลื่อยกลางเก่ากลางใหม่จะดีที่สุด หากเป็นขี้เลื่อยใหม่ควรกองทิ้งไว้ประมาณ 1 สัปดาห์หลังจากเตรียมสูตรอาหารได้แล้วให้นำส่วนผสมทั้งหมดไปคลุกเคล้าให้เข้ากัน วิธีตรวจความชื้นว่าเหมาะสมหรือไม่ ให้ใช้มือบีบแล้วแบมือออกดูว่าก้อนขี้เลื่อยยังเป็นก้อนอยู่ หากระหว่างบีบมีน้ำไหลออกมาแสดงว่าและเกินไปหรือถ้าแบมือแล้วก้อนขี้เลื่อยแตกออก แสดงว่าแห้งเกินไป บรรจุใส่ถุงพลาสติกที่ใช้เพาะเห็ด ซึ่งควรบรรจุให้หมดภายในวันเดียว ถุงก้อนเชื้อ ควรมีน้ำหนักขนาด 8 ชีด – 1 กก. เมื่ออัดก้อนเชื้อแน่นดีแล้วใส่ขวดขวดพลาสติกอุดด้วยสำลีและปิดด้วยกระดาษ แล้วรัดยางวงให้แน่นแล้วนำก้อนเชื้อที่ได้ไปนั่งฆ่าเชื้อทันทีใช้เวลาประมาณ 3-4 ชั่วโมง นับจากน้ำเดือดแล้วทิ้งไว้ให้เย็นนำหัวเชื้อเห็ดที่เราต้องการจะเพาะที่เลี้ยงไว้ในเมล็ดข้าวฟ่าง ใช้ประมาณ 10-20 เมล็ดต่อก้อนเชื้อลงในก้อนเชื้อที่เย็น

ดีแล้ว รีบปิดปากถุงด้วยสำลี หรือกระดาษทันที วัสดุที่ใช้หั่วเชื้อควรทำความสะอาดด้วยแอลกอฮอล์ก่อนทุกครั้งนำก้อนเชื้อที่ถ่ายเชื้อเห็ดลงเรียบร้อยแล้วไปบ่มไว้ในโรงบ่มก้อนเชื้อต่อไป

2.2 ความชื้น

ความชื้น (Humidity) [13] หมายถึง จำนวนไอน้ำที่มีอยู่ในอากาศ ความชื้นของอากาศมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความดันและอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative humidity) หมายถึง “อัตราส่วนของ ปริมาณไอน้ำที่มีอยู่จริงในอากาศ ต่อ ปริมาณไอน้ำที่จะทำให้อากาศอิ่มตัว ณ อุณหภูมิเดียวกัน” หรือ “อัตราส่วนของความดันไอน้ำที่มีอยู่จริง ต่อ ความดันไอน้ำอิ่มตัว” ค่าความชื้นสัมพัทธ์แสดงในรูปของร้อยละ (%) เขียนเป็นสูตรได้ว่า

$$R.H. = \frac{(A.H. * 100\%)}{mf} \quad (1)$$

ปริมาณของไอน้ำในอากาศขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของอากาศ อากาศร้อนสามารถเก็บไอน้ำได้มากกว่าอากาศเย็น ดังนั้นหากอุณหภูมิของอากาศลดลงจนถึงจุดๆ หนึ่งที่ทำให้เกิด "อากาศอิ่มตัว" (Saturated air) อากาศจะไม่สามารถเก็บกักไอน้ำไว้ได้มากกว่านี้ หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งว่า อากาศมีความชื้นสัมพัทธ์ 100% และหากอุณหภูมิยังลดลงต่ำลงอีก ไอน้ำจะเปลี่ยนสถานะเป็นของเหลว อุณหภูมิที่ทำให้เกิดการควบแน่นนี้เรียกว่า “จุดน้ำค้าง” (Dew point) จุดน้ำค้างของอากาศชื้นย่อมมีอุณหภูมิสูงกว่าจุดน้ำค้างของอากาศแห้งเป็นต้น

2.3 ข้อมูลชุดอุปกรณ์ที่ใช้ในโรงเพาะเห็ด

2.3.1 บอร์ด Raspberry Pi 2 Model B 1GB [2]

เป็นบอร์ดคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กที่สามารถเชื่อมต่อกับจอมอนิเตอร์ คีย์บอร์ด และเมาส์ได้ สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการทำโครงงานทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ การเขียนโปรแกรม หรือเป็นเครื่องคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะขนาดเล็ก สามารถเล่นไฟล์วิดีโอความละเอียดสูง (High-Definition) อีกทั้งบอร์ด Raspberry Pi ถูกออกแบบให้มี CPU, GPU และ RAM อยู่ภายในชิพเดียวกัน มีจุดเชื่อมต่อ GPIO ให้ผู้ใช้สามารถนำไปใช้ร่วมกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อื่น ๆ ได้ รายละเอียดของบอร์ด Raspberry Pi 2 Model B เป็นบอร์ด Single Board Computer ใช้ชิพ ARMv7 Quad-Core 900 MHz มีหน่วยความจำ LPDDR2

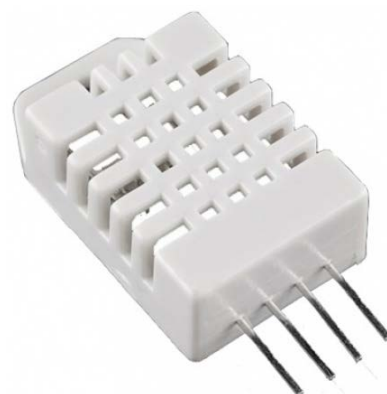
ขนาด 1 GB พร้อมพอร์ต USB 2.0 จำนวน 4 พอร์ต พอร์ต LAN RJ-45 10/100 Mbps จำนวน 1 พอร์ต ช่องเสียบ Micro SD Card จำนวน 1 ช่อง และคอนเน็คเตอร์เชื่อมต่ออุปกรณ์ จำนวน 40 ขา สามารถติดตั้งระบบปฏิบัติการ Linux ต่าง ๆ เช่น Raspbian, Snappy, Ubuntu, Core OpenELEC, RaspBMC, Pidora, RISC OS



รูปที่ 1. บอร์ด Raspberry pi 2 Model B 1GB

2.3.2 เซนเซอร์ DHT22 [1]

เป็นอุปกรณ์เซนเซอร์สำหรับวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ (Temperature & Relative Humidity Sensor) สามารถนำมาประยุกต์ใช้งานทางด้านระบบสมองกลฝังตัวได้หลากหลาย เช่น การวัดและควบคุมอุณหภูมิและความชื้น หรือ ระบบบันทึกข้อมูลเกี่ยวกับอุณหภูมิและความชื้นในห้อง อุปกรณ์ประเภทนี้แตกต่างกันตามผู้ผลิต ราคา ความแม่นยำ ความละเอียดในการวัด การให้ค่าแบบดิจิทัลหรือแบบแอนะล็อก



รูปที่ 2. เซนเซอร์ DHT22

2.3.3 เครื่องพ่นหมอกจำนวน 5 หัว ขนาด 150W

ตัวเครื่องจะประกอบไปด้วยเซนเซอร์ มีสาย AC-DC Adapter ใช้สำหรับแปลงไฟ มีหัวที่ใช้ในการเพิ่มความถี่ให้กับน้ำ จำนวน 5 หัว ใช้กำลังไฟ 150W หลักการทำงานของเครื่องพ่นหมอกอัลตราโซนิก จะเพิ่มความถี่สูงจนน้ำแตกตัวออกจากพื้นผิวของน้ำเป็นอนุภาคมีขนาดเล็กประมาณ 1 ไมครอน แล้วกลายเป็นหมอกออกมา สามารถเพิ่มความชื้นให้กับโรงเรือนต่างๆ ได้



รูปที่ 3. เครื่องพ่นหมอก ขนาด 5 หัว 150 W

2.4 เทคโนโลยี Internet of Things (IoT)

เทคโนโลยี Internet of Things (IoT) หรือ “อินเทอร์เน็ตเพื่อสรรพสิ่ง” [11] เป็นแนวคิดที่สร้างมูลค่าเพิ่มทางด้านการใช้เทคโนโลยี โดยเฉพาะอย่างยิ่งเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตให้สามารถเชื่อมต่อกับสิ่งต่าง ๆ ด้วยการควบคุม ตรวจสอบ วิเคราะห์ และประมวลผลข้อมูลสารสนเทศต่าง ๆ ที่มีอยู่จำนวนมาก (Big data) ให้นutzerได้ใช้ประโยชน์จากสิ่งต่าง ๆ และปรับเปลี่ยนวิถีชีวิตของมนุษย์ อำนวยความสะดวก และเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานได้มากขึ้น สำหรับทางด้านการศึกษา Internet of Things เป็นนวัตกรรมทางการศึกษาที่สำคัญ ที่จะเป็เครื่องมือในการช่วยเหลือการจัดการเรียนการสอนในชั้นเรียน ให้ผู้เรียนที่มีความหลากหลาย มีความแตกต่างกันแต่ละบุคคล สามารถเรียนรู้ร่วมกันโดยใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสม ผู้เรียนและผู้สอนสามารถเชื่อมต่อ สื่อสาร การเข้าถึง และรับรู้ข้อมูลต่าง ๆ ได้ตลอดเวลา ผลกระทบที่เกิดขึ้นกับการศึกษานั้นเป็นประเด็นเกี่ยวกับความคาดหวังด้านประสิทธิภาพในการนำ Internet of Things หรือเครื่องมืออุปกรณ์ต่าง ๆ มาใช้งาน ซึ่งนักการศึกษา และนักเทคโนโลยีเพื่อ

การศึกษา จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องเรียนรู้และสร้างประสบการณ์ในการใช้งาน Internet of Things เพื่อให้สามารถตอบสนองต่อการสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ที่เหมาะสมในบริบทของการเรียนรู้ในห้องเรียนและนอกห้องเรียน นอกจากนี้เนื่องด้วยมีข้อมูลมากมายที่เกิดขึ้นตลอดเวลาและข้อมูลมากมายเหล่านั้นส่วนหนึ่งเป็นข้อมูลที่เกี่ยวข้องและสามารถนำมาใช้ในการปฏิสัมพันธ์ได้หลากหลายรูปแบบจนก่อให้เกิดการเรียนรู้สามารถนำมาจัดระบบข้อมูลได้จำนวนมากมาย ซึ่งเป็ประโยชน์ต่อการออกแบบการเรียนการสอน ที่สามารถนำประสิทธิภาพของ Internet of Things มาใช้ให้มีประสิทธิภาพสูงสุด เพราะ Internet of Things จะทำให้ระบบจัดเก็บข้อมูลที่เชื่อมต่อกันเป็นเครือข่ายที่มีกระจายสามารถทำการประมวลผลอย่างมีประสิทธิภาพ และช่วยให้การทำงานแบบเรียลไทม์และสามารถแชร์ข้อมูลได้อย่างราบรื่น ไม่ว่าข้อมูลจะถูกเก็บไว้ที่ใดก็ตาม ดังนั้นข้อมูลทางการศึกษาที่อยู่จำนวนมากสามารถบริหารจัดการได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้นด้วยแนวคิดเกี่ยวกับการนำ Internet of Things มาใช้งานอย่างเหมาะสม

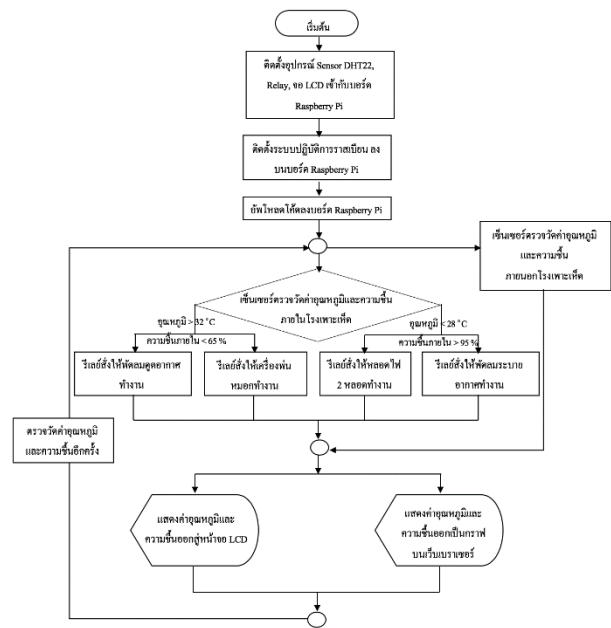
2.5 เว็บไซต์ PrivateEyePi

PrivateEyePi [3] เป็นเว็บไซต์ที่ให้บริการเกี่ยวกับการทำงานโปรเจกต์ในบอร์ด Raspberry Pi ซึ่งเว็บไซต์ดังกล่าว มีบริการจัดเก็บข้อมูลในรูปแบบระบบ Cloud Storage, การแสดงข้อมูลผ่าน Dashboard สามารถแสดงข้อมูลในรูปแบบกราฟ รองรับการทํางานได้หลากหลายโปรเจกต์ อาทิเช่น โครงการ เปิด / ปิด สวิตช์ไฟในโทรศัพท์มือถือ การตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นโดยใช้เซนเซอร์ DHT22 เป็นต้น



รูปที่ 4. ตัวอย่างโปรเจกต์ที่ใช้เว็บไซต์ PrivateEyePi

3. การออกแบบระบบ



รูปที่ 5. Flow chart การทำงานของระบบ

จากรูปที่ 5 เป็นการอธิบาย Flow chart เงื่อนไขการทำงานของระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นในโรงเพาะเห็ด โดยจะเริ่มตั้งแต่การติดตั้งอุปกรณ์เซ็นเซอร์ DHT22, อุปกรณ์รีเลย์ (Relay) และติดตั้งจอ LCD เข้ากับบอร์ด Raspberry Pi หลังจากนั้นทำการติดตั้งระบบปฏิบัติการ Raspbian และทำการอัปโหลดโค้ดลงในบอร์ด Raspberry Pi เพื่อให้อุปกรณ์ต่างๆ สามารถทำงานได้ หลักการทำงานของหลอดไฟ ถ้าอุณหภูมิภายในต่ำกว่า 28°C หรือ ความชื้นสูงกว่า 95% ให้หลอดไฟ 2 หลอด และพัดลมระบายอากาศทำงาน แต่ถ้าอุณหภูมิภายในสูงกว่า 32°C หรือ ความชื้นต่ำกว่า 65% เครื่องพ่นหมอกจะทำงาน และพัดลมดูดอากาศจะทำงาน โดยอุณหภูมิและความชื้นทั้งภายในและภายนอกทั้งหมดจะถูกส่งมาแสดงที่หน้าจอแอลซีดี (LCD) และถูกส่งขึ้นไปเก็บบนคลาวด์ (Cloud) เพื่อแสดงออกเป็นรูปแบบกราฟบนหน้าจอเว็บเบราว์เซอร์ หลังจากนั้นจะมีการวนลูป (Loop) เพื่อตรวจวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นอีกครั้ง

```
import time
import RPi.GPIO as GPIO
import urllib2
import subprocess
import globals

from alarmfunctionsr import UpdateHost
from alarmfunctionsr import GetDataFromHost
from alarmfunctionsr import SendToLCD
import Adafruit_DHT

global LocationDesc
def GetData():
    global temp
    global humidity
    if globals.PrintToScreen: print "Reading DHT22 sensor on pin "+str(globals.dht22_pin_no)
    humidity, temp = Adafruit_DHT.read_retry(Adafruit_DHT.AM2302, globals.dht22_gpio)

    if humidity is None or temp is None:
        return(False)

    humidity = round(humidity,2)
    temp = round(temp,2)

    if globals.PrintToScreen: print "Temperature = " + str(temp)
    if globals.PrintToScreen: print "Humidity = " + str(humidity)

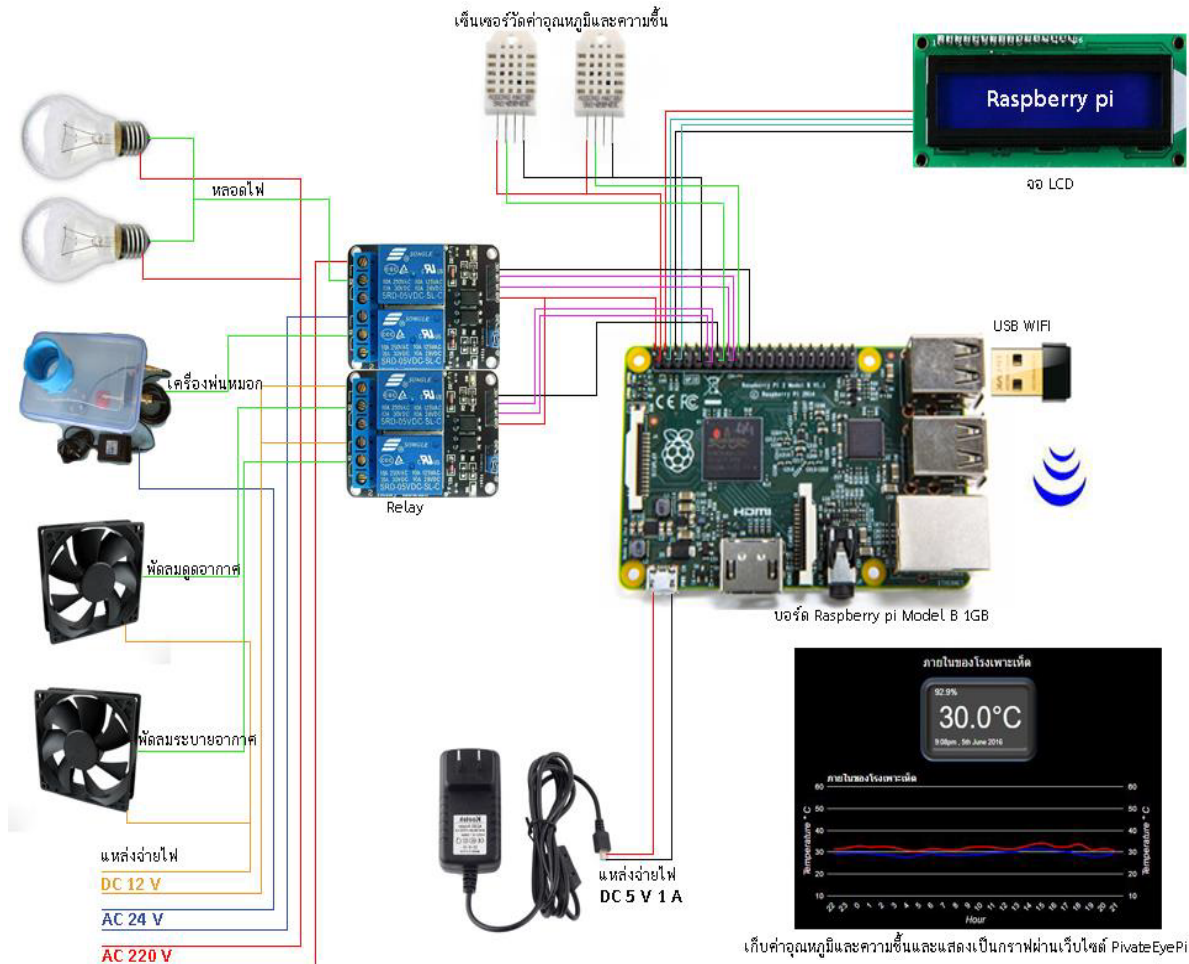
    if globals.Fahrenheit:
        temp=temp*1.8+32
    return(True)

def GetLocation(number):
    global LocationDesc
    LocationDesc= ""

    RecordSet = GetDataFromHost(21,[0])
    if RecordSet==False:
        return 1
    if globals.PrintToScreen: print RecordSet
    numrf = len(RecordSet)

    for i in range(numrf):
        if RecordSet[i][0]==number:
            LocationDesc=RecordSet[i][1]
            if globals.PrintToScreen: print "Location Description = "+ str(LocationDesc)
    return 0
```

รูปที่ 6. ตัวอย่างชุดคำสั่งการทำงานของอุปกรณ์เซ็นเซอร์ DHT22



รูปที่ 7. รูปแบบโครงสร้างสถาปัตยกรรมของระบบ

จากรูปที่ 6 ผู้วิจัยได้ทำการติดตั้งระบบปฏิบัติการ Raspbian ลงบนบอร์ด Raspberry Pi 2 ทำการอัปเดตโค้ดลงบนบอร์ด โดยใช้โปรแกรม Python 2.7.9 และใช้ภาษา Python ในการพัฒนาระบบส่วนอุปกรณ์เซนเซอร์ที่ใช้ตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นในงานวิจัยนี้ใช้ DHT22 มีทั้งหมด 2 เซนเซอร์ โดยทำการติดตั้งอุปกรณ์เซนเซอร์ไว้ทั้งภายในและภายนอกโรงเพาะเห็ด อุปกรณ์รีเลย์ (Relay) Module 12V 4 Channel ใช้ในการทำสวิทช์ควบคุมระบบไฟฟ้าให้กับระบบเพื่อควบคุมระบบไฟฟ้าให้กับต่างๆ ได้แก่ อุปกรณ์เซนเซอร์ควบคุมอุณหภูมิและความชื้น, หอจดไฟฟ้า 2 หอจด, เครื่องพ่นหมอกจำนวน 5 หัว ขนาด 150 W, พัดลมดูดอากาศและพัดลมระบายความร้อน โดยเชื่อมต่อเข้ากับพอร์ต Power 4 พอร์ต, Ground 8 พอร์ต และ GPIO 28 พอร์ต ส่วนข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นที่ตรวจวัดได้ทั้งทั้งภายในและภายนอกโรงเพาะเห็ด ได้ถูกส่งไปเก็บไว้บนระบบประมวลผลแบบคลาวด์ โดยข้อมูลจะถูกส่งขึ้นไปทุก ๆ

3 นาที หลังจากนั้นข้อมูลจะแสดงออกทางหน้าจอแอลซีดี (LCD) ที่ติดตั้งไว้หน้าโรงเพาะเห็ด และยังสามารถแสดงผลบนเว็บไซต์ PrivateEyePi ได้อีกด้วย



รูปที่ 8. โรงเพาะเห็ดฟาร์มบ้านเนินสะอาด



รูปที่ 9. โรงเพาะเห็ดที่มีระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้น

จากรูปที่ 8 ผู้วิจัยได้นำเห็ดทั้ง 3 ชนิด แบ่งเป็น ชนิดละ 10 ก้อน รวมเป็นทั้งหมด 30 ก้อน ไปไว้ในโรงเพาะเห็ดที่จัดทำขึ้นและโรงเพาะเห็ดที่ไม่มีระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้น เพื่อทำการทดสอบระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นในโรงเพาะเห็ดทั้ง 2 โรงเรือนที่จัดเตรียมไว้

Go back Temperature Log - Temperature Gauge 2015-11-1		
Date/Time	Temperature	Humidity
2015-11-01 11:03:52 pm	29.00C	50.70%
2015-11-01 11:08:52 pm	28.90C	50.40%
2015-11-01 11:13:53 pm	28.90C	50.40%
2015-11-01 11:18:53 pm	28.90C	50.40%
2015-11-01 11:23:53 pm	28.90C	50.50%
2015-11-01 11:28:53 pm	28.90C	50.80%
2015-11-01 11:33:56 pm	28.90C	51.00%
2015-11-01 11:38:53 pm	28.90C	50.90%
2015-11-01 11:43:53 pm	28.90C	51.10%
2015-11-01 11:48:54 pm	28.80C	51.20%
2015-11-01 11:53:53 pm	28.80C	51.30%
2015-11-01 11:58:53 pm	28.80C	51.30%

รูปที่ 10. ตารางเก็บค่าอุณหภูมิและความชื้นบนเว็บไซต์

PrivateEyePi

4. ผลการทดลองและการอภิปราย

ผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นที่ฟาร์มเห็ดบ้านเนินสะอาด ตำบลนาราชควาย อำเภอเมือง จังหวัดนครพนม ทำการวัดค่าด้วยอุปกรณ์เซนเซอร์ DHT22 ทั้งภายในและภายนอก และเก็บข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นในโรงเพาะเห็ดที่มีระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้น จากนั้นนำเห็ดทั้ง 3 ชนิด คือ เห็ดนางฟ้า เห็ดนางรมอังกरी เห็ดเป๋าฮื้อ ที่เชื้อเดินเต็มก้อนนำไปไว้ในโรงเพาะเห็ด ทั้งสองแบบ โดยทำการทดลองเป็นระยะเวลา

ทั้งหมด 5 วัน เพื่อทำการตรวจวัดค่าการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นของทั้ง 2 โรงเรือน ได้ผลลัพธ์ดังนี้

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบค่าอุณหภูมิภายในและภายนอกโรงเพาะเห็ดที่มีระบบควบคุม

อุณหภูมิ	จำนวน (N)	ค่าเฉลี่ย (°C)	ค่า t	Sig.
ภายในโรงเห็ด	5	30.40±0.55	9.427	0.00*
ภายนอกโรงเห็ด	5	32.09±0.48		

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบค่าอุณหภูมิภายในและภายนอกโรงเพาะเห็ด พบว่าอุณหภูมิในโรงเพาะเห็ดที่ควบคุมด้วยชุดเซนเซอร์ควบคุมอุณหภูมิมีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ยอุณหภูมิภายในโรงเพาะเห็ด 30.40 °C และภายนอกโรงเพาะเห็ด 32.09 °C

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบค่าความชื้นภายในและภายนอกโรงเพาะเห็ดที่มีระบบควบคุม

ความชื้น	จำนวน (N)	ค่าเฉลี่ย (%)	ค่า t	Sig.
ภายในโรงเห็ด	5	86.38±3.91	1.106	0.331 ^{ns}
ภายนอกโรงเห็ด	5	84.27±3.69		

^{ns} แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

จากตารางที่ 2 เมื่อตรวจสอบผลของค่าความชื้น (%) พบว่าความชื้นภายในและภายนอกโรงเพาะเห็ดมีค่าอยู่ระหว่าง 84.27-86.38 % ซึ่งไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) เพื่อให้สภาวะที่เหมาะสมต่อการเจริญของเห็ดสายพันธุ์ต่าง ๆ ได้แก่ เห็ดนางฟ้า, เห็ดนางรม (อังกरी) และเห็ดเป๋าฮื้อ ผู้วิจัยจึงได้กำหนดวิธีการดำเนินการสั่งให้ระบบทำควบคุมอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเพาะเห็ดให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสมตลอด 24

ข้าวโม่ โดยมีหลอดไฟ เครื่องพ่นหมอก พัดลมดูดอากาศและพัดลมระบายอากาศ ส่งผลให้เห็ดแต่ละชนิดที่อยู่ในโรงเพาะเห็ด มีการเจริญเติบโตได้ดีขึ้น

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบการเจริญเห็ดแต่ละสายพันธุ์ ในโรงเพาะเห็ดที่มีระบบควบคุม

วันที่เก็บผลผลิต	ระดับการเจริญของเห็ดสายพันธุ์ต่าง ๆ		
	เห็ดนางฟ้า	เห็ดนางรม (ฮังการี)	เห็ดเป๋าฮื้อ
1	-	-	-
2	-	-	-
3	+	+	-
4	++	++	-
5	+++	+++	-
จำนวนก้อนเชื้อเห็ดที่เห็ดโต	4/10	2/10	0/10
ร้อยละการเจริญเห็ดโต	40%	20%	0%

หมายเหตุ

- : เห็ดไม่พบการเจริญเห็ดโต

+: เห็ดพบการเจริญเห็ดโตเล็กน้อย

++: เห็ดพบการเจริญเห็ดโตปานกลาง

+++ : เห็ดพบการเจริญเห็ดโตพร้อมเก็บเกี่ยว

จากตารางที่ 3 เมื่อทำการเปรียบเทียบระดับการเจริญของเห็ดสายพันธุ์ต่าง ๆ จากเห็ดทั้ง 3 ชนิด พบว่า เห็ดที่มีการออกดอกมากที่สุดในช่วงเวลา 5 วัน คือเห็ดนางฟ้าที่มีการออกดอกจำนวน 4 ก้อน (40%) และรองลงมาคือเห็ดนางรมฮังการีที่มีการออกดอกจำนวน 2 ก้อน (20%) และเห็ดเป๋าฮื้อที่เห็ดไม่ออกดอก (0%) โดยมีอุณหภูมิอยู่ที่ 30.40 °C และความชื้นอยู่ที่ 86.37 % ตามลำดับ



รูปที่ 10. เห็ดไม่พบการเจริญเห็ดโต



รูปที่ 11. เห็ดพบการเจริญเห็ดโตเล็กน้อย



รูปที่ 12. เห็ดพบการเจริญเห็ดโตปานกลาง



รูปที่ 13. เห็ดพบการเจริญเห็ดโตพร้อมเก็บเกี่ยว

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบค่าอุณหภูมิภายในและภายนอกโรงเพาะเห็ดที่ไม่มีระบบควบคุม

อุณหภูมิ	จำนวน (N)	ค่าเฉลี่ย (°C)	ค่า t	Sig.
ภายในโรงเห็ด	5	32.28±0.11	0.266	0.401 ^{ns}
ภายนอกโรงเห็ด	5	32.27±0.12		

^{ns} แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบค่าอุณหภูมิภายในและภายนอกโรงเพาะเห็ด พบว่าอุณหภูมิในโรงเพาะเห็ดที่ไม่ได้ควบคุมด้วยชุดเซนเซอร์ มีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ยอุณหภูมิภายในโรงเพาะเห็ด 32.28 °C และภายนอกโรงเพาะเห็ด 32.27 °C

ตารางที่ 5 เปรียบเทียบค่าความชื้นภายในและภายนอกโรงเพาะเห็ดที่ไม่มีระบบควบคุม

ความชื้น	จำนวน (N)	ค่าเฉลี่ย (%)	ค่า t	Sig.
ภายในโรงเห็ด	5	75.09±0.54	11.592	0.000*
ภายนอกโรงเห็ด	5	70.77±0.61		

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

จากตารางที่ 5 เมื่อตรวจสอบผลของค่าความชื้น (%) พบว่าความชื้นภายในและภายนอกโรงเพาะเห็ดที่ไม่ได้ควบคุมด้วยชุดเซนเซอร์ มีค่าอยู่ระหว่าง 70.77-75.09 % ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางที่ 6 เปรียบเทียบการเจริญเห็ดแต่ละสายพันธุ์ ในโรงเพาะเห็ดที่ไม่มีระบบควบคุม

วันที่เก็บผลผลิต	ระดับการเจริญของเห็ดสายพันธุ์ต่าง ๆ		
	เห็ดนางฟ้า	เห็ดนางรม (ฮังการี)	เห็ดเป๋าฮื้อ
1	-	-	-
2	-	-	-
3	-	-	-
4	-	-	-
5	-	-	-
จำนวนก้อนเชื้อเห็ดที่เติบโต	0/10	0/10	0/10
ร้อยละการเจริญเติบโต	0%	0%	0%

หมายเหตุ

- : เห็ดไม่พบการเจริญเติบโต

+: เห็ดพบการเจริญเติบโตเล็กน้อย

++: เห็ดพบการเจริญเติบโตปานกลาง

+++: เห็ดพบการเจริญเติบโตพร้อมเก็บเกี่ยว

จากตารางที่ 6 เมื่อทำการเปรียบเทียบระดับการเจริญของเห็ดสายพันธุ์ต่าง ๆ จากเห็ดทั้ง 3 ชนิด พบว่า เห็ดนางฟ้าไม่มีการออกดอก (0 %) เห็ดนางรมฮังการีไม่มีการออกดอก (0 %) และเห็ดเป๋าฮื้อที่เห็ดไม่ออกดอก (0%) เช่นเดียวกัน

5. บทสรุป

จากผลการทดลอง ผู้วิจัยได้นำเอาโรงเพาะเห็ดที่ไม่มีระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นและโรงเพาะเห็ดที่มีระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นโดยมีระยะเวลาทดลอง 5 วัน พบว่าโรงเรือนที่ไม่มีระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นไม่มีการออกดอกของเห็ด โดยเฉลี่ยอุณหภูมิอยู่ที่ 32.28°C และความชื้นอยู่ที่ 75.09 % และโรงเรือนที่มีระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสามารถออกดอกและเก็บผลผลิตได้เร็ว โดยเฉลี่ยอุณหภูมิอยู่ที่ 30.40°C และความชื้นอยู่ที่ 86.37 % และเห็ดทั้ง 3 ชนิด มีอัตราการเจริญเติบโตได้เร็วคือเห็ดนางฟ้าออกจำนวน 4 ก้อน เห็ดนางรมฮังการี ออกจำนวน 2 ก้อน ส่วนเห็ดเป๋าฮื้อไม่มีการออกดอก คิดเป็นร้อยละ 40%, 20% และ 0% ตามลำดับ ผู้วิจัยได้ทำ

การประยุกต์ใช้เทคโนโลยี Internet of Things (IoT) ช่วยในการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเพาะเห็ด ซึ่งผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นมีผลสำคัญในการออกดอกของเห็ด ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างมากต่อเกษตรกรผู้เพาะเห็ดในอนาคต อีกทั้งปัจจัยในการเจริญเติบโตของเห็ดไม่ได้มีอยู่แค่สภาพอากาศ, ความชื้น เท่านั้นอาจจะมีเรื่องของแร่ธาตุ สภาพความเป็นกรด, ด่าง ของวัสดุที่นำมาเป็นเชื้อในการเพาะเห็ด ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นในโรงเรือนซึ่งส่งผลต่อการเจริญเติบโตของเห็ดแต่ละชนิดด้วย อย่างไรก็ตามผลการทดลองที่นำเสนอขึ้นเกิดจากการทดลองเพียงหนึ่งครั้ง ซึ่งทำให้การออกดอกของเห็ดที่ได้นั้นอาจเกิดจากปัจจัยร่วมด้วยก็ได้ เช่นอายุของก้อนเชื้อเห็ดที่อาจไม่เท่ากันหรือปัจจัยอื่นๆ ควรเพิ่มจำนวนครั้งการทดลองจะเป็นการเพิ่มความน่าเชื่อถือของผลการทดลองที่ได้มากยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- [1] Adam S Leader. "DHT11/DHT22 with Raspberry Pi". (Online). Source : <http://community.mydevices.com/t/dht11-dht22-with-raspberry-pi/2015>. Cayenne Community, 2015.
- [2] Lady Ada. "Introducing the Raspberry Pi 2 - Model B". (Online). Source : <https://learn.adafruit.com/introducing-the-raspberry-pi-2-model-b/overview>. Adafruit, 2015.
- [3] PrivateEyePi. "Temperature and Humidity using the DHT22 sensor device". (Online). Source : <http://projects.privateeyepi.com/home/home-alarm-system-project/temperature-and-humidity>, 2010.
- [4] กิตติศักดิ์ บัวบก, สุภัทสร จินนุญมิ, วัศวี แสนศรีมหาชัย, และ มานะชัย โต๊ะชูดี, "ระบบติดตามกิจกรรมการเคลื่อนไหวแบบทันที สำหรับประเมินการเคลื่อนไหวและความเสี่ยงในการหกล้มในผู้สูงอายุ", Journal of Information Science and Technology, Vol.6, No.1 , pp.16-24.
- [5] เฉยฉา ขจรฤทธิ์, ปิยนุช ชัยพรแก้ว และ หนึ่งฤทัย เอ็งฉ้วน , "การประยุกต์ใช้เทคโนโลยี Internet of Things ในการควบคุมระบบส่องสว่างสำหรับบ้านอัจฉริยะ", Journal of Information Science and Technology, Vol.7, No.1 , pp.1-11.

- [6] ชีรยุทธ์ วงศ์ษา. “การดูแลเปิดดอก เห็ดนางฟ้า, ภูฐาน, เห็ดนางรม, อังกฤษ, เห็ดเป๋าฮื้อ, เห็ดนางนวล”. (ออนไลน์). แหล่งที่มา http://www.khaomak.com/i/wpcontent/uploads/2015/08/SmallQopen_ngfa.pdf. ฟาร์มเห็ดเขาหมาก, 2557.
- [7] บุญส่ง วงศ์เกรียงไกร. “เห็ดนางฟ้า”. (ออนไลน์). แหล่งที่มา : <http://puechkaset.com/เห็ดนางฟ้า>. เว็บเพื่อพืชเกษตรไทย, 2543.
- [8] บุญยัง สิงห์เจริญและสันติ สาแก้ว, “ระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นในโรงเรือนเพาะเห็ด”. ประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิครั้งที่ 1. สาขาวิศวกรรมศาสตร์และอุตสาหกรรมวิจัย/ 24.59111067. หน้า 176-183.
- [9] ไพโรจน์ เหลืองวงศกร, วรพล ลีลาเกียรติสกุล, สุรพันธ์ ภูมิวิไลสาร, พัชรวิทย์ พิพัฒน์ธนอุดมดี, “การประยุกต์ใช้ ESP8266 สำหรับระบบรักษาความปลอดภัยที่บ้าน”, Journal of Information Science and Technology, Vol.7, No.2 , pp.44-55. [10] ลิขิต อ่อนคาเพชร และ ธงรบ อักษร, “โรงเพาะเห็ดนางฟ้าอัจฉริยะ”การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติราชธานีวิชาการ ครั้งที่ 2 “การวิจัย 4.0 เพื่อการพัฒนาประเทศสู่ความมั่นคง มั่งคั่ง และยั่งยืน”, หน้า 364-374.
- [11] วิวัฒน์ มีสุวรรณ. “อินเทอร์เน็ตเพื่อสรรพสิ่ง (Internet of Things) กับการศึกษา Internet of Things on Education”. วารสารวิชาการนวัตกรรมสื่อสารสังคม, ปีที่ 4 ฉบับที่ 2 (8 ก.ค. - ธ.ค. 2559). หน้า 83-92.
- [12] ศุภวุฒิ ผากา. “การพัฒนาระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเห็ดในโรงเพาะเห็ดบ้านทุ่งบ่อเป็นตำบลปงยางคกอำเภอห้างฉัตรจังหวัดลำปาง”. วารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมมหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง ปีที่ 7 : หน้า 58-68.
- [13] ศูนย์สารสนเทศ. “ความชื้น (Humidity)” (ออนไลน์). แหล่งที่มา http://kmcenter.rid.go.th/kmc14/f_water/PDF/situation6.pdf. สำนักสำนักชลประทานที่ 14, 2557.
- [14] สำนักส่งเสริมและฝึกอบรม. “การเพาะเห็ดในถุงพลาสติก”. (ออนไลน์). แหล่งที่มา : www.eto.ku.ac.th/neweto/ebook/plant/herb_gar/mushroom4.pdf. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2557.
- [15] อริญ ประกอบสิทธิ์, รพีพงศ์ รัตนวรหิรัญกุล, และจิตสรณัฐกั, “การพัฒนาระบบควบคุมการส่องสว่างสำหรับการปลูกพืชด้วยเครือข่ายเซ็นเซอร์ ไร้สาย”, Journal of Information Science and Technology, Vol.6, No.2, pp.1-8.
- [16] อูราภรณ์ สอาดสุด และคณะ. “รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์การควบคุมคุณภาพและยืดอายุหลังการเก็บเกี่ยวเห็ดสกุลนางรม”.(ออนไลน์). แหล่งที่มา : <http://www.phtnet.org/download/phtic-research/133.pdf>. ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวมหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2552.



ระบบเฝ้าระวังเหตุเพลิงไหม้ในอาคาร Fire Alarm System in Building

มุกระวี มะคะเรศ

คณะวิทยาการและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหาสารคาม

Received: November 16, 2018; Revised: December 23, 2018; Accepted: December 24, 2018; Published: December 25, 2018

ABSTRACT– Fire normally occurs in the area where there is no person or no inhabitant. We see the fire when we cannot control it. For that, it is important to have a fire protection system installed in the building or in the rooms. This is why we have an idea to create a fire alarm system by using Arduino microcontroller to receive the signal from the smoke detector and NodeMCU applied to the Internet. When smoke is detected, system will send alert data to Android operating system on smartphone. In addition to the camera will take the photo and send to user.

KEY WORDS -- Arduino; Smoke Detector; Fire; Smartphone; Android

บทคัดย่อ -- การเกิดเหตุเพลิงไหม้มักจะเกิดในบริเวณที่ไม่มีคนสังเกตเห็นหรือไม่มีคนอยู่ ซึ่งกว่าจะรู้ตัวเพลิงก็ลุกลามไหม้จนไม่สามารถควบคุมได้ จึงจำเป็นต้องมีระบบป้องกันเหตุเพลิงไหม้ติดตั้งไว้ภายในอาคารหรือภายในห้องต่างๆ จึงเกิดแนวคิดที่จะนำไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino มารับสัญญาณอุปกรณ์ตรวจจับควัน และการนำ NodeMCU มาประยุกต์ใช้งานกับเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เพื่อให้อุปกรณ์สามารถสื่อสารกันบนระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต สามารถทำการแจ้งเตือนไปยังผู้ใช้งานผ่านแอปพลิเคชันบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ และการแจ้งเตือนข้อความไปยังสมาร์ตโฟน เพื่อเป็นอีกช่องทางในการแจ้งเตือนในกรณีที่สัญญาณอินเทอร์เน็ตขาดหาย นอกจากนี้ยังสามารถสั่งให้กล้องทำการถ่ายภาพบริเวณที่เกิดเหตุเพลิงไหม้เพื่อแจ้งเหตุให้ผู้ที่เกี่ยวข้องทราบต่อไป

คำสำคัญ -- อาวุธ; อุปกรณ์ตรวจจับควัน; เพลิงไหม้; สมาร์ทโฟน; แอนดรอยด์

1. บทนำ

การเกิดเหตุเพลิงไหม้สามารถเกิดได้จากหลายสาเหตุ อาทิ ความประมาทในการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้า หรือการลุกไหม้ขึ้นเองจากปฏิกิริยาทางเคมี เป็นต้น ซึ่งส่งผลกระทบ และสร้างความเสียหายอย่างรุนแรงต่อทรัพย์สิน และความปลอดภัยในชีวิต เพื่อเป็นการป้องกัน และลดความเสียหายที่จะเกิดขึ้น จึงจำเป็นต้องมีระบบแจ้งเตือนเหตุเพลิงไหม้ติดตั้งภายในอาคาร หรือภายในห้องต่างๆ ในรูปแบบที่เป็นไปตามการออกแบบ และการติดตั้งระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ [1] ซึ่งงานทางด้านนี้ จำเป็นจะต้องวิเคราะห์ และอ้างอิงตามมาตรฐานที่ได้มีการกำหนดไว้ในมาตรฐานระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย [2] เพื่อทำการป้องกันการเกิดเพลิงไหม้เมื่อเริ่มมีควันเกิดขึ้น ก่อนที่ไฟจะลุกลามจนไม่สามารถควบคุมได้

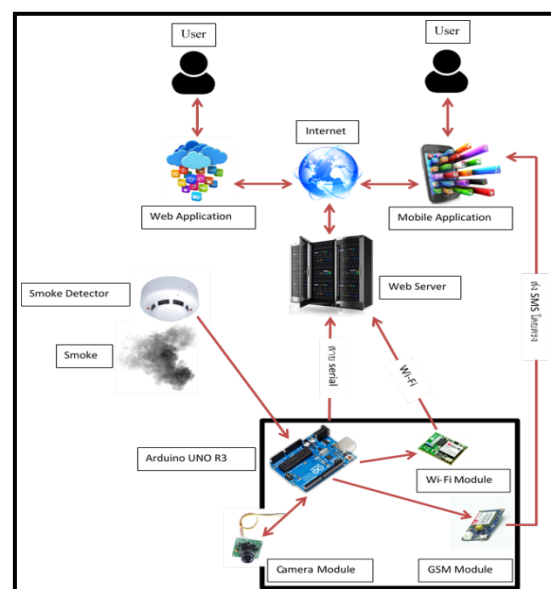
จากการศึกษาค้นคว้าในงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า บทบาทของอุปกรณ์ทางด้าน Internet of Things (IoT) ได้เข้ามามีบทบาทโดยสามารถนำมาออกแบบ และพัฒนาแอปพลิเคชันต่างๆ ได้ไม่ยากนัก อาทิ การพัฒนาด้วย Android Studio [3] การประยุกต์รวมเข้ากับทฤษฎีทางด้าน IoT การทำงานร่วมกันบน NodeMCU [4] ซึ่งส่งผลให้มีงานวิจัยทางด้าน IoT ร่วมกับการประยุกต์และออกแบบระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ ยกตัวอย่างเช่น การสร้างสัญญาณเตือนอัคคีภัยโดยอัตโนมัติ การตรวจวัดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า และการตรวจสอบระบบตรวจสอบกำลังไฟฟ้า ที่ได้ออกแบบมาสำหรับการใช้งานในภาคอุตสาหกรรมและในบ้าน สามารถตรวจจับการเกิดไฟไหม้ และส่งสัญญาณเตือนผ่านข้อความเคลื่อนที่ไปยังผู้รับที่กำหนดไว้ล่วงหน้า รวมทั้งยังสามารถแยกความแตกต่างระหว่างไฟที่เป็นไฟฟ้าปกติ และไฟที่ไม่ใช่ไฟฟ้า เมื่อตรวจพบเพลิงไหม้ ระบบนี้จะระบุตำแหน่งของเพลิงทำให้ระบบดับเพลิงของสถานที่นั้น ๆ และส่งข้อความเคลื่อนที่ไปยังแผนกดับเพลิง [5] [6] [7]

ด้วยเหตุนี้จึงมีแนวคิดที่จะนำเสนอระบบเฝ้าระวังเหตุเพลิงไหม้ ในอาคารโดยอาศัยการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการรับสัญญาณจากอุปกรณ์ตรวจจับควัน ซึ่งถูกนำมาใช้ในการตรวจจับการเกิดควันซึ่งมีเทคโนโลยีที่เสถียรภาพ รองรับการติดตั้งได้จริง มีประสิทธิภาพมากกว่าเซ็นเซอร์ตรวจจับแก๊สหรืออุณหภูมิและความชื้น[8] ซึ่งมักจะเกิดความคลาดเคลื่อนเมื่อมีการตรวจพบควัน ซึ่งระบบทั่วไปจะเป็นเพียงการส่งเสียงแจ้งเตือนผู้ที่อาศัยอยู่ภายในอาคาร[9] ระบบนี้จะทำการส่งการ

แจ้งเตือนไปยังผู้ใช้งานผ่านทางข้อความได้อย่างทันทีทั้งที่ซึ่งจากปกติสามารถส่งข้อความแจ้งเตือนได้เพียงหมายเลขโทรศัพท์เบอร์เดียว[10] ระบบจะสามารถรองรับข้อความแจ้งเตือนได้หลายเบอร์ และสามารถแจ้งเหตุเพลิงไหม้ไปยังสถานีดับเพลิงหรือสถานีตำรวจ เพื่อลดความเสี่ยงที่จะเกิดความเสียหาย และการสูญเสียขึ้นจากการเกิดเหตุเพลิงไหม้ และนอกจากนี้ผู้ที่เกี่ยวข้องสามารถตรวจสอบรูปภาพจากกล้องภายในจุดการเกิดควันผ่านทางเว็บแอปพลิเคชันได้อีกด้วย

2. วิธีการนำเสนอ

ระบบเฝ้าระวังเหตุเพลิงไหม้ในอาคาร ได้รับการพัฒนาขึ้นมาเพื่อป้องกัน และลดความเสียหายที่จะเกิดขึ้นจากเหตุเพลิงไหม้ โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Arduino UNO R3) ทำหน้าที่ ในการรับข้อมูลจากอุปกรณ์ตรวจจับควัน และส่งข้อมูลไปยัง Web Server, Camera Module, GSM Module เพื่อแจ้งเตือนผู้ใช้งานได้อย่างทันทีทั้งที่ โดยระบบมีการเก็บlog file สถานะของsmoke detector (สถานะปกติ และสถานะเมื่อมีการตรวจพบควัน) โดยข้อมูลดังกล่าวจะถูกนำไป เก็บไว้ที่ไฟล์ getSmoke.php เพื่อนำไปเขียนโปรแกรมบน Android Studio เพื่อดึงค่าข้อมูลมาแสดงบน Mobile Application ระบบจะเริ่มทำการแจ้งเตือนเมื่อตรวจพบควัน โดย Arduino board จะทำการส่งค่าสถานะที่ได้มาจาก Smoke Detector ไปยัง Web Server และมีการส่ง SMS ไปยังผู้ใช้ที่เกี่ยวข้องโดยตรง หลังจากตรวจพบควันไฟ นอกจากนั้นยังมีการแจ้งเตือนผ่านเว็บแอปพลิเคชัน และบนสมาร์ตโฟน ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1. การนำเสนอภาพรวมระบบ

จากรูปที่ 1. อธิบายและนำเสนอภาพรวมของระบบเรื่องของการออกแบบโครงสร้างของระบบแจ้งเตือนเหตุเพลิงไหม้ผ่านแอนดรอยด์และเว็บแอปพลิเคชัน โดยอุปกรณ์ Arduino UNO R3 เป็นตัวที่ควบคุมระบบ โดยมีอุปกรณ์ GSM Module, Smoke Detector, NodeMCU, Camera Module ที่ทำการเชื่อมต่อกับ Arduino UNO R3 และระบบทำการแจ้งเตือน และสามารถส่งภาพจุดเกิดเหตุ ไปยังผู้ใช้โดยผ่านทางเว็บแอปพลิเคชัน และแอนดรอยด์บนสมาร์ตโฟน และเมื่อผู้ใช้ไม่ได้ทำการเชื่อมต่อกับเครือข่ายอินเทอร์เน็ตหรืออยู่ในสถานที่ที่อับสัญญาณเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ระบบจะมีการแจ้งเตือนแบบ SMS ไปยังผู้ใช้ต่อไป

2.1 องค์ประกอบการทำงานโดยรวมของระบบ

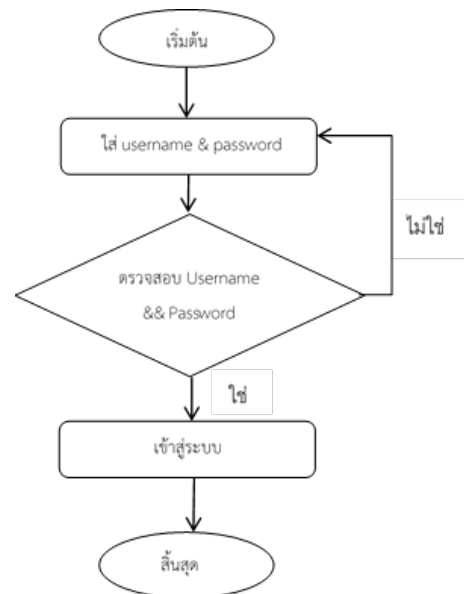
องค์ประกอบการทำงานโดยรวมของระบบเพื่อระวังเหตุเพลิงไหม้ภายในอาคารนั้นประกอบไปด้วย 7 ส่วนที่สำคัญดังต่อไปนี้

- ส่วนที่ 1 อุปกรณ์ Smoke Detector ทำหน้าที่ในการตรวจจับควันไฟ และทำการส่งค่าสถานะไปยังบอร์ด Arduino UNO R3 เพื่อทำขั้นตอนถัดไป
- ส่วนที่ 2 Arduino UNO R3 ทำหน้าที่ในการรับค่าจาก Smoke Detector เพื่อทำการส่งค่าไปยัง GSM Module, Web Server, Camera Module
- ส่วนที่ 3 GSM Module ทำหน้าที่ในการรับค่าการควบคุมการส่งข้อความจาก Arduino UNO R3 เพื่อทำการส่ง SMS ไปยังสมาร์ตโฟนตามหมายเลขเบอร์โทรศัพท์ที่กำหนดไว้ โดยสามารถรองรับการส่งข้อความได้มากกว่า 1 หมายเลข
- ส่วนที่ 4 Camera Module ทำหน้าที่ในการบันทึกภาพและส่งข้อมูลไปยัง Database เพื่อทำการเก็บข้อมูลรูปภาพ
- ส่วนที่ 5 Wi-Fi Module ทำหน้าที่ในการติดต่อสื่อสารในการส่งข้อมูลไปยัง Web Server
- ส่วนที่ 6 Web Server ทำหน้าที่ในการรับคำสั่งจากผู้ใช้และแสดงผล
- ส่วนที่ 7 Mobile Application ทำหน้าที่ในการดูข้อมูลสถานะของอุปกรณ์ต่างๆ และแก้ไขอุปกรณ์

2.2 ส่วนต่อประสานผู้ใช้

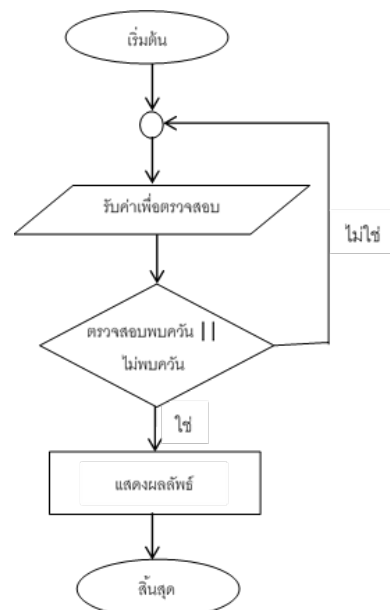
เริ่มต้นของส่วนการติดต่อประสานผู้ใช้คือการล็อกอินเข้าสู่ระบบ โดยมีขั้นตอนแสดงในรูปที่ 2 การเข้าสู่ระบบเริ่มจากการกรอก Username และ Password เพื่อทำการยืนยันตัวตน

ระบบจะทำการตรวจสอบว่ามี Username และ Password นี้หรือไม่ ถ้าบัญชีของผู้ใช้งานไม่ตรงกับข้อมูลใน Database ก็จะให้กลับไปกรอกใหม่ ถ้าบัญชีผู้ใช้งานตรงกับข้อมูลใน Database จึงสามารถเข้าสู่ระบบได้



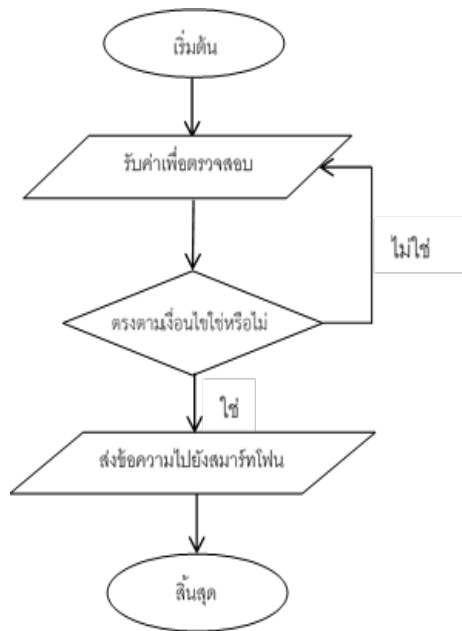
รูปที่ 2. แสดงการล็อกอินเข้าสู่ระบบ

ขั้นตอนการทำงานของ Web Server จากรูปที่ 3 เมื่อทำการรับค่าสถานะมาจากบอร์ด Arduino UNO R3 จะทำการตรวจสอบถ้าตรวจพบว่าตรวจพบควันจะทำการแสดงผล แต่ถ้าตรวจไม่พบควันก็จะกลับไปรับค่าใหม่อีกครั้ง



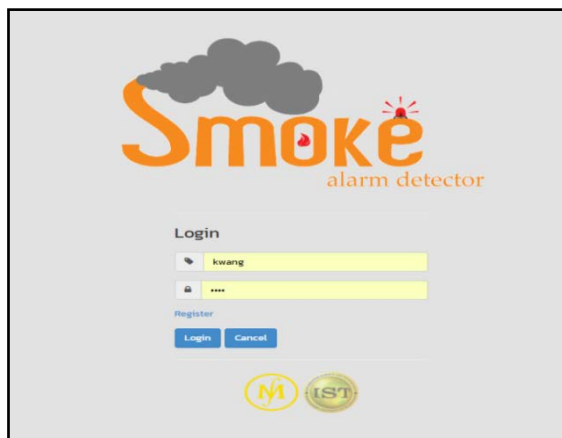
รูปที่ 3. แสดงการทำงานของ Web Server

ขั้นตอนการทำงานของ GSM Module จากรูปที่ 4 เมื่อทำการรับค่าสถานะมาจากบอร์ด Arduino UNO R3 จะมีการตรวจสอบว่าค่าที่ได้รับมานั้นตรงตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้หรือไม่ ถ้าไม่ใช่จะกลับไปทำใหม่ แต่ถ้าใช่ GSM Module จะทำการส่งข้อความไปยังสมาร์ตโฟน ตามเบอร์ที่ได้กำหนดไว้



รูปที่ 4. แสดงการทำงานของ GSM Module

ส่วนต่อประสานผู้ใช้งานเว็บแอปพลิเคชัน สำหรับการเข้าใช้งานเว็บแอปพลิเคชันนั้น ผู้ใช้จำเป็นต้องทำการลงทะเบียนผ่านหน้าเว็บ เพื่อสร้าง Username, Password และข้อมูลต่างๆ ของตัวเองขึ้นมาก่อน เพื่อใช้ในการ login เข้าสู่ระบบ หลังจากทำการลงทะเบียนเรียบร้อยแล้ว ระบบจะนำไปที่หน้าเข้าสู่ระบบทันที แสดงดังรูปที่ 5



รูปที่ 5. แสดงหน้าเว็บสำหรับการ Login

เพื่อให้ผู้ใช้งานกรอก Username, Password ในการเข้าสู่ระบบ เมื่อระบบทำการตรวจสอบว่า Username, Password ตรงกับฐานข้อมูลระบบจะทำการตรวจสอบสิทธิ์ของผู้ที่ทำการ login ว่ามีสิทธิ์เป็น User หรือ Admin แล้วจะทำการแสดงหน้าเว็บตามระดับสิทธิ์ของผู้ใช้ต่อไป แต่จะมีหน้า Home ที่แสดงข้อมูลที่เหมือนกัน สามารถดูข้อมูลการแจ้งเตือนได้โดยผ่านหน้านี้ แสดงดังรูปที่ 6

No.	Name	Location	Notification	Status
1	Smoke AAA	StudentRoom	!! Alert !!	ON
2	Smoke BBB	LivingRoom	Normal	OFF
3	Smoke CCC	MovieRoom	No Device	OFF
4	Smoke DDD	BedRoom	No Device	OFF
5	Smoke EEE	MusicRoom	No Device	OFF

รูปที่ 6. แสดงหน้า Home ของการแจ้งเตือน

ถ้าหากผู้ใช้ทำการ Login เข้ามาในสิทธิ์ Admin จะพบกับหน้าข้อมูลของอุปกรณ์ Smoke Detector โดยมี id, ชื่ออุปกรณ์, วันที่ติดตั้ง, วันที่ซื้ออุปกรณ์, สถานะ on/off, และมีการบอกถึงตำแหน่งการติดตั้ง และยังสามารถเพิ่ม, ลบ, แก้ไขอุปกรณ์ แสดงดังรูปที่ 7

Smoke ID	Name	Date_Buy	Date_install	Pin	Status	Location	
1	Smoke AAA	2017-12-06	2017-12-28	1	ON	StudentRoom	
2	Smoke BBB	2017-11-04	2017-11-25	5	OFF	LivingRoom	
3	Smoke CCC	2017-12-27	2017-12-06	3	OFF	MovieRoom	
4	Smoke DDD	2017-12-02	2017-12-08	2	OFF	BedRoom	
5	Smoke EEE	2017-12-13	2017-12-11	7	OFF	MusicRoom	

รูปที่ 7. แสดงหน้าข้อมูลของอุปกรณ์ Smoke Detector

สำหรับหน้า Register for Admin นั้นจะใช้สำหรับสมัครสมาชิก โดยสามารถกำหนดสิทธิ์ให้กับผู้ใช้ได้ โดยมี 2 สิทธิ์ คือ Admin, User หน้า Register for Admin จะเปิดให้ใช้สำหรับผู้ใช้ที่ Login เข้ามาในสิทธิ์ Admin เท่านั้น ในหน้านี้จะมีให้กรอกข้อมูล Username, Password, First-name, last-name, Address, Telephone, E-mail, Permission เป็นต้น แสดงดังรูปที่ 8

รูปที่ 8. แสดงหน้า Register for Admin

ส่วนต่อประสานผู้ใช้งานแอนดรอยด์ หน้า Login และ หน้า Change IP Address จากรูปที่ 9 เป็นหน้าสำหรับการ Login โดยผู้ใช้งานต้องกรอก Username และ Password เพื่อระบุตัวตนว่าตรงกับฐานข้อมูลผู้ใช้งานหรือไม่ เพื่อทำการเข้าสู่ระบบต่อไป โดยในการกรอก Username และ Password จะมีการตรวจสอบว่ากรอกข้อมูลครบทุกช่องหรือไม่ ถ้ามีช่องว่างจะทำการแจ้งเตือนให้ผู้ใช้งานทราบเพื่อระบุข้อมูลให้ครบถ้วนหลังจากระบุครบถ้วนแล้ว

รูปที่ 9. แสดงหน้า Login

หลังจากเข้าสู่ระบบแล้ว ระบบจะเข้าไปที่หน้า Change IP Address เพื่อทำการกรอก IP ของ Web Server เพื่อทำการเชื่อมต่อกับ Server แสดงดังรูปที่ 10 เพื่อเป็นการเชื่อมต่อ

ระบบไปยัง IP Address ของเครื่อง Server ที่เก็บข้อมูลอุปกรณ์นั้นๆ

รูปที่ 10. แสดง หน้า Change IP Address

จากรูปที่ 11 เป็นหน้า Menu หลัก โดยแสดงข้อมูลของ Smoke Detector ประกอบด้วย ชื่อ, ตำแหน่งที่ตั้ง, การแจ้งเตือน (Alert)

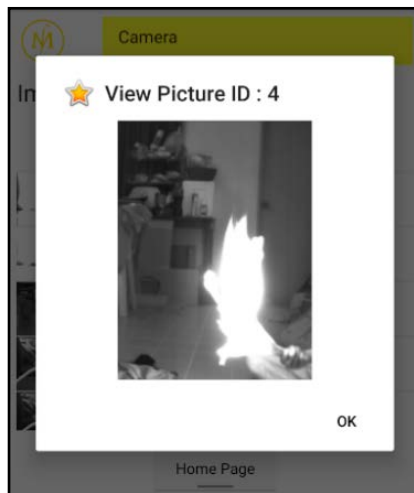
Name	Location	Alert
Smoke AAA	StudentRoom	1
Smoke BBB	LivingRoom	

รูปที่ 11. แสดงหน้า Menu ของแอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟน

จากรูปที่ 12 เป็นการแสดงรูปสถานที่ที่เกิดเหตุ เมื่อมีการแจ้งเตือนเพลิงไหม้ โดยนำมาจาก Database มาแสดงบนแอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟน

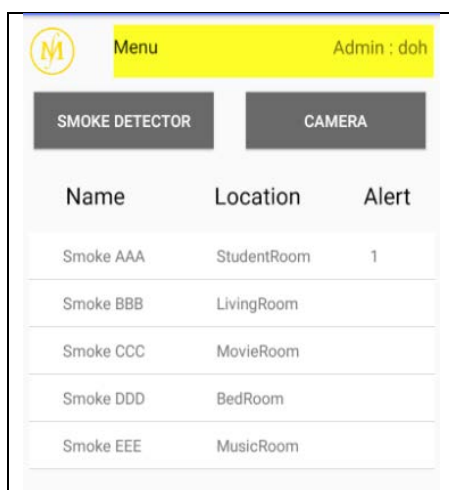
รูปที่ 12. แสดงหน้า CAMERA

จากรูปที่ 13 เป็นการแสดงรูปภาพที่จัดเก็บบนฐานข้อมูลในแต่ละรูป เมื่อเกิดเหตุเพลิงไหม้ในจุดเกิดเหตุอื่นๆ โดยการบันทึกรูปที่ถ่ายได้จากกล้องลงฐานข้อมูล โดยมีการอ้างอิงมาจากไฟเตอร์ในไดร์ C:\out ซึ่งเป็นไฟเตอร์ที่มีการเก็บรูปที่ถ่ายได้ไว้ มีการตรวจสอบว่าข้อซ้ำหรือไม่ หากซ้ำจะไม่มีการบันทึกลงฐานข้อมูล แต่ถ้าไม่ซ้ำจะทำการบันทึกลงฐานข้อมูล



รูปที่ 13. แสดงรูปภาพจากฐานข้อมูล

จากรูปที่14 แสดงหน้า ชื่ออุปกรณ์ Smoke Detector รวมถึงแสดงตำแหน่งที่ตั้ง และการแจ้งเตือน ว่าจุดไหนมีการตรวจพบควัน

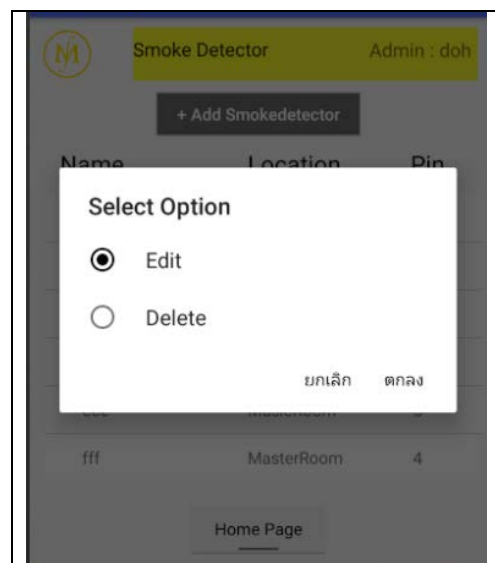


รูปที่ 14. แสดงหน้า Locationการแจ้งเตือน

จากรูป15 แสดง หน้าการเพิ่มอุปกรณ์ Smoke Detector, ตำแหน่งที่ตั้ง อุปกรณ์ (Location) และพิน ที่เชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์

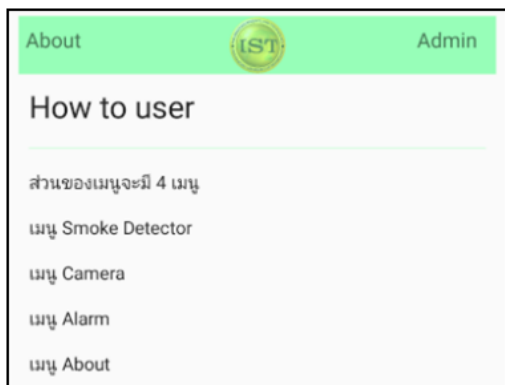
รูปที่ 15. แสดงหน้า การเพิ่มอุปกรณ์

จากรูปที่ 16 แสดงหน้าการแก้ไข และลบข้อมูลอุปกรณ์ เพื่อที่จะสามารถแก้ไขชื่อ สถานที่ที่ตั้ง ของอุปกรณ์ชุดนั้นๆ เพื่อแก้ไขข้อมูลที่ผิดพลาด ผู้ใช้ที่มีสิทธิ์เป็น Admin เมื่อเชื่อมต่อกับระบบจะสามารถแก้ไขอุปกรณ์ได้ หรือต้องการลบอุปกรณ์เมื่อไม่มีการติดตั้งอุปกรณ์ชุดนั้นๆ ในระบบแล้ว โดยผู้ใช้ที่มีสิทธิ์เป็น Admin เมื่อต้องการลบอุปกรณ์ ระบบจะทำการแจ้งเตือนการยืนยันคำสั่งว่าต้องการที่จะลบหรือไม่ เพื่อป้องกันความผิดพลาด



รูปที่ 16. แสดงหน้า แก้ไขและลบข้อมูลอุปกรณ์

จากรูปที่ 17 แสดงหน้าคู่มือการใช้งานในส่วนต่างๆของระบบ โดยแบ่งรายละเอียดการใช้งานเป็น 4 เมนู คือ เมนู Smoke Detector เป็นการอธิบายเกี่ยวกับรุ่น Smoke Detector, Pin ที่ติดตั้ง, Location รวมถึงรายละเอียดคู่มือของรุ่นอุปกรณ์นั้นๆ เมนู Camera แสดงรายละเอียดการใช้งานการเปิด-ปิดกล้อง การเข้าสู่เมนูรูปภาพในฐานะข้อมูลที่จัดเก็บรูปภาพเมื่อเกิดเหตุขึ้น เมนู Alarm เป็นการแสดงรายละเอียดการแจ้งเตือนโดยจะแจ้งจากการตรวจสอบสถานะของตัวอุปกรณ์ สถานะการแจ้งเตือนสี(แดง,เขียว) รายละเอียดช่องทางการติดต่อบุคคลอื่นจากรายการโทรศัพท์บนแอนดรอยด์ รวมถึงคู่มือการแจ้งเตือน SMS สุดท้ายคือส่วนของเมนู About คือผู้พัฒนาโดยมีข้อมูลชื่อ, อีเมลและเบอร์โทรศัพท์ที่สามารถติดต่อได้



รูปที่ 17. แสดงหน้าคู่มือการใช้งาน

3. ผลการทดลองและการอภิปราย

สำหรับการแจ้งเตือนแบบ SMS นั้นเมื่ออุปกรณ์ Smoke Detector ตรวจพบควัน ระบบจะทำการส่ง SMS ไปยังผู้ใช้ที่มีส่วนเกี่ยวข้อง แสดงดังรูปที่ 18



รูปที่ 18. แสดง SMS การแจ้งเตือน

สำหรับการถ่ายภาพนั้น จะทำงานก็ต่อเมื่อตรวจพบควันไฟกล้องจะทำการถ่ายภาพจำนวน 6 ภาพ โดยมีข้อจำกัดคือ รูปที่ได้จะเป็นสีขาว-ดำ และขนาดของรูปภาพจะมีขนาด 240x320 pixels เท่านั้น ดังรูปที่ 19



รูปที่ 19. แสดงภาพถ่ายบริเวณที่เกิดเหตุ

การศึกษาสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมกับระบบแสดงดังตารางที่ 1 ตารางที่ 1. แสดงการศึกษาสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมกับระบบ

สภาพแวดล้อมที่ควรติดตั้ง	สภาพแวดล้อมที่ไม่ควรติดตั้ง
1. ห้องที่มีอุปกรณ์ไฟฟ้า	1. สถานที่สูบบุหรี่
2. ห้องเอกสาร	2. ห้องครัว
3. ห้องพระ	3. ห้องน้ำ
4. ห้องเก็บของ	

หมายเหตุ : ไม่ควรติดตั้งในที่ที่มีแสงแดดมากเกินไป หรือในสถานที่ที่มีความชื้น และในสถานที่ที่มีอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา เช่น เชนจัด, ร้อนจัด เป็นต้น เพราะจะทำให้เซ็นเซอร์ตรวจจับควันไฟผิดพลาด หรือจะทำให้ตัวเซ็นเซอร์เสียได้

จากตารางที่ 2 แสดงผลการทดลองการทำงานโดยใช้ Android Emulator ที่รองรับระบบ

ตารางที่ 2. แสดงการใช้งานบน Android Emulator

รุ่น	ชื่อรุ่น	ระดับ API	การทำงาน
Android 4.4w	KitKat Wear	API 20	×
Android 5.0	Lollipop	API 21	✓
Android 5.1	Lollipop	API 22	✓
Android 6.0	Marshmallow	API 23	✓
Android 7.0	Nougat	API 24	✓
Android 7.1.1	Nougat	API 25	✓
Android 8.0	O	API 26	×
Android API 27	API 27	API 27	×

หมายเหตุ : ✓ สามารถทำงานได้, × ไม่สามารถทำงานได้
จากตารางที่ 2 นั้น Android ที่มีเวอร์ชันต่ำกว่ารุ่น Android 5.0 (Lollipop) ระดับ API 21 ไม่รองรับการทำงานของแอปพลิเคชัน และไม่สามารถทำงานได้ในเวอร์ชันที่ใหม่กว่ารุ่น Android 7.1.1 (Nougat) ระดับ API 25

ตารางที่ 3. แสดงความสูงและเวลาการแจ้งเตือนเมื่อตรวจพบควัน

ระยะความสูง	เวลาการแจ้งเตือน
1 เมตร	35 วินาที
2 เมตร	48 วินาที

จากตารางที่ 3 แสดงการทดสอบการทำงานของ Smoke Detector จากการเผาไหม้ของกระดาษ A4 จำนวน 2 แผ่น เพื่อวัดระยะเวลาการแจ้งเตือน จากการทดสอบที่ระยะความสูง 1 เมตร และ 2 เมตรนั้น จะเห็นได้ว่าเวลาการแจ้งเตือนมีความต่างกัน โดยมีระยะเวลาระหว่าง 1-20 วินาทีถือว่าสามารถแจ้งเตือนได้เร็วมาก, เวลาระหว่าง 20-30 วินาทีถือว่าค่อนข้างเร็ว, เวลาระหว่าง 30-40 วินาทีถือว่าปกติ แต่ถ้าเวลามากกว่า 40 วินาทีขึ้นไปถือว่ามีการแจ้งเตือนที่ช้า ซึ่งอาจเกิดจากความหนาแน่นของควันที่มีการสันดาปที่สมบูรณ์จากการเผาไหม้ของกระดาษ ข้อจำกัดของการทดสอบคือ ระยะความสูงที่มีผลต่อสายไฟ ที่ทำการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์มีข้อจำกัดที่ระยะความสูงไม่เกิน 2 เมตรจากพื้นห้อง แต่ถ้าในกรณีที่เกิดเพลิงไหม้มีความสูงมากกว่า 2 เมตร จะต้องทำการติดตั้งในจุดที่เหมาะสม หรือจุด

ติดตั้งอยู่สูงกว่าพื้นห้อง เพื่อแก้ไขปัญหาการส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ ซึ่งถ้าสายไฟยาวเกินไปข้อมูลสถานะตรวจจับควันอาจสูญหายได้

ตารางที่ 4. แสดงผลการทดสอบการทำงานในส่วนต่างๆของระบบ

ลำดับ	หัวข้อหลัก	หัวข้อรอง	การทำงาน
1	การทดสอบการตรวจจับควันไฟที่ระยะความสูง	ความสูงที่ 1 เมตร	✓
		ความสูงที่ 2 เมตร	✓
2	การทดสอบการแจ้งเตือนบนหน้าเว็บไซต์	สถานะปกติ Normal	✓
		สถานะเมื่อตรวจพบควันไฟ Alert	✓
3	การทดสอบการส่งข้อความแจ้งเตือน (SMS)	ส่งข้อความไปยังโทรศัพท์มือถือ 1 เครื่อง	✓
		ส่งข้อความไปยังโทรศัพท์มือถือ 2 เครื่อง	✓
4	การทดสอบการถ่ายภาพ	-	✓
5	การทดสอบเปิดรูปผ่านระบบ Android	-	✓

จากตารางที่ 4 ลำดับที่ 1 การทดสอบการตรวจจับควันไฟที่ระยะความสูงที่ 1 เมตรและ 2 เมตร สามารถทำงานได้ปกติ จากลำดับที่ 2 การทดสอบการแจ้งเตือนบนหน้าเว็บไซต์ สถานะปกติ (Normal) และสถานะเมื่อตรวจพบควันไฟ (Alert) สามารถทำงานได้ปกติ จากลำดับที่ 3 การทดสอบการส่งข้อความแจ้งเตือน (SMS) ส่งข้อความไปยังโทรศัพท์มือถือเครื่องที่ 1 และเครื่องที่ 2 สามารถทำงานได้ปกติ จากลำดับที่ 4 การทดสอบการถ่ายภาพ สามารถทำงานได้ปกติ จากลำดับที่ 5 การทดสอบเปิดรูปภาพผ่านระบบ Android สามารถทำงานได้ปกติ

4. บทสรุป

การพัฒนาระบบเฝ้าระวังเหตุเพลิงไหม้ในอาคารนั้น จากการศึกษา และทดลอง ระบบสามารถแสดงสถานะการแจ้งเตือนจาก Smoke Detector ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ระบบสามารถทำการแจ้งเตือนข้อความไปยังผู้ใช้งานหรือผู้ที่เกี่ยวข้องได้ นอกจากนี้ระบบสามารถทำการบันทึกภาพจากกล้อง โดยผู้ใช้งานสามารถดูรูปจุดเกิดเหตุเพลิงไหม้ผ่านแอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟนได้ ข้อจำกัดของระบบเฝ้าระวังเหตุเพลิงไหม้ในอาคาร คือบอร์ด Arduino UNO R3 มีขา Digital I/O เพียง 14 Pin และ Analog I/O เพียง 6 Pin ทำให้การที่จะเพิ่มอุปกรณ์เข้าไปในระบบนั้น ไม่เพียงพอหรือไม่มี Pin สำหรับต่ออุปกรณ์การใช้งานเพิ่มเติมได้ การพัฒนาในอนาคตอาจต้องใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่รองรับขาดีจิตอลได้มากขึ้นในกรณีการสื่อสารข้อมูลแบบมีสาย หรือพัฒนาระบบให้สามารถรองรับการทำงานแบบไร้สายได้ต่อไป ในส่วนของการแจ้งเตือนข้อความ SMS ควรมีการจำกัดจำนวนผู้รับข้อความ เพราะถ้ามีการส่ง SMS ที่มากเกินไป จะทำให้การทำงานในส่วนของการถ่ายภาพนั้นช้าลง เนื่องจากจะต้องรอการทำงานในส่วนของการส่ง SMS ให้ครบตามจำนวนผู้รับทั้งหมดก่อน จึงจะสามารถทำการถ่ายภาพต่อไปได้

การพัฒนาต่อในอนาคต มีการจัดการให้ระบบจัดเก็บข้อมูลว่าผู้ใช้งานใดเป็นคนแก้ไขข้อมูลอุปกรณ์, พัฒนาให้การถ่ายภาพมีความเสถียรภาพมากยิ่งขึ้น รวดเร็วมากขึ้น เช่น การนำกล้อง IP Camera เข้ามาใช้งาน, พัฒนาให้ระบบมีการเชื่อมต่อเครือข่ายอื่นๆได้ เพื่อที่จะสามารถรองรับรับการแจ้งเตือนข้ามเครือข่ายได้, พัฒนาให้สามารถรองรับทำงานบนระบบปฏิบัติการ iOS , ปรับเปลี่ยน Interface ให้มีความสวยงามมากยิ่งขึ้น และออกแบบระบบให้สามารถใช้งานและติดตั้งได้ง่ายขึ้นต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- [1] ลือชัย ทองนิล, “การออกแบบและติดตั้งระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้” บริษัท เอส.เอเซียเพรส จำกัด (1989), กรุงเทพฯ, พิมพ์ครั้งที่ 4, 2554
- [2] รศ.ต่อตระกูล ขมณาก, “มาตรฐานระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้” วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์, กรุงเทพฯ, พิมพ์ครั้งที่ 1, 2551

- [3] สุกชัย สมพานิช, “คู่มือพัฒนาแอปพลิเคชันด้วย Android Studio ฉบับโปรแกรมเมอร์” บริษัท ไอดีซี พรีเมียร์ จำกัด, นนทบุรี, พิมพ์ครั้งที่ 1, 2559
- [4] ธีรวิธ จิตธรรมมา, “เริ่มต้นเรียนรู้และพัฒนาอุปกรณ์ Internet of Things (IoT) กับ NodeMCU” บริษัท อินโนเวทีฟ เอ็กเพอริเมนต์ จำกัด, กรุงเทพฯ, พิมพ์ครั้งที่ 1, 2521
- [5] G. K. Baddewithana, G. A. H. S. Godigamuwa, P. S. Gauder, D. C. N. Hapuarachchi, Udaya Dampage, R. Wijesiriwardana, "Smart and automated fire and power monitoring system", Industrial and Information Systems (ICIIS) 2013 8th IEEE International Conference on, 2013. pp. 542-547
- [6] XU Xiaohu, ZHENG Xin, ZHAO Hairong, "On the reliability of automatic fire detection and alarm systems", Journal of Safety and Environment, 2012. pp.149-153.
- [7] Sun Li, Bo Wang, Liming Gong, Zhiqiang Zhou, Hailuo Wang, "A novel smoke detection algorithm based on MSER tracking", The 27th Chinese Control and Decision Conference (CCDC), 2015.
- [8] Sarita Gupta, "Design and Development of Automatic Fire Alert System" 8th International Conference on Computational Intelligence and Communication Networks (CICN), 2016
- [9] Khurana Shreyal, "IOT Based Safety and Security System" International Journal of Advance Research, Ideas and Innovations in Technology, Volume3, Issue3, 2017
- [10] ยุทธนา ดีเทียน, “ระบบแจ้งเตือนเหตุอัคคีภัยผ่านเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่” การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติราชธานีวิชาการ ครั้งที่ 2, 2560

ระบบให้บริการผ่านกลุ่มเมฆสำหรับการตรวจวัดและการให้น้ำพืชอัตโนมัติตามค่า
ความชื้นในดิน

**Cloud-Based Service System for Automatic Plant Monitoring
and Watering based on Soil Moisture**

รัฐศิลป์ รานอกภานุวัชร

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ วิทยาลัยนวัตกรรมการศึกษาและเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

110/1-4 ถ.ประชาชื่น หลักสี่ กรุงเทพฯ โทรศัพท์ 02-9547300 ต่อ 594

Received: November 19, 2018; Revised: December 18, 2018; Accepted: December 24, 2018; Published: December 25, 2018

ABSTRACT – This research is an automatic plant monitoring and watering based on soil moisture using Internet of Things (IoT) and Amazon Cloud technology. The developed system consists of 1) Wireless sensor network for monitoring soil moisture 2) Gateway is responsible for plant watering with control the water pump, tank water level measuring, rain sensor and sending data to AWS IoT via MQTT protocol using 3G/WIFI, and 3) AWS cloud system for Webserver and Database server. The system has dashboard for displaying on real-time and historical data. Moreover, the operation system can be automatic and manual. It also supports many users and many plants. The experimental results show that the operation system is accurate.

KEY WORDS -- Internet of Things; Amazon cloud technology; Automatic plant watering; Soil moisture sensor

บทคัดย่อ – งานวิจัยนี้ เป็นระบบตรวจวัดและควบคุมการให้น้ำพืชอัตโนมัติตามค่าความชื้นในดิน โดยใช้เทคโนโลยีคลาวด์ของอเมซอนร่วมกับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ระบบที่พัฒนาประกอบไปด้วย 1) เครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายสำหรับตรวจวัดค่าความชื้นในดิน 2) Gateway สำหรับควบคุมสั่งการปั้มน้ำ วัดระดับน้ำในแทงค์น้ำ เซนเซอร์น้ำฝน โดยรับค่าเซนเซอร์จากเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายและส่งข้อมูลไปยัง AWS IoT ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตด้วย 3G/WIFI และ 3) Amazon Cloud ประกอบด้วย บริการ EC2 สำหรับติดตั้ง Webserver และการประมวลผลการให้น้ำพืชตามค่าความชื้นในดิน บริการ RDS เป็นฐานข้อมูล SQL สำหรับเก็บข้อมูลผู้ใช้และโปรไฟล์พืช บริการ DynamoDB เก็บข้อมูลเซนเซอร์ต่างๆ ในรูปแบบ NoSQL และบริการ AWS IoT เป็นตัวจัดการรับ-ส่งข้อมูลระหว่าง Gateway กับระบบคลาวด์ผ่านโปรโตคอล MQTT ระบบสามารถแสดงผลข้อมูลผ่านหน้าจอเว็บ Dashboard สำหรับดูข้อมูลแบบ Realtime และย้อนหลัง รวมถึงสามารถสั่งการให้น้ำพืชทั้งแบบอัตโนมัติและแบบ manual ได้อีกด้วย และรองรับการใช้งานหลายไร่หรือหลายเกษตรกร ผลการทดสอบพบว่าระบบสามารถทำงานได้ถูกต้อง ทั้งในเรื่องการเก็บข้อมูล การรับส่งข้อมูล การประมวลผลข้อมูล และการแสดงผลบนหน้าจอ Dashboard

คำสำคัญ – อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง; เทคโนโลยีคลาวด์ของอเมซอน; ระบบให้น้ำพืชอัตโนมัติ; เซนเซอร์วัดความชื้นในดิน

1. บทนำ

เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม ประชากรส่วนใหญ่ประกอบอาชีพเกี่ยวกับการเกษตร นอกจากทำการเกษตรเพื่อยังชีพแล้วยังสามารถส่งออกผลผลิตนารายได้เข้าประเทศได้อีกด้วย เช่น ข้าว ยางพารา มันสำปะหลัง อ้อยและน้ำตาล และอื่นๆ [1] ทั้งนี้การที่ผลผลิตที่ได้จะมีคุณภาพดีนั้น ขึ้นอยู่กับหลายๆปัจจัย ประกอบด้วย ความสมบูรณ์ของดิน แร่ธาตุและสารอาหารที่พืชต้องการในการเจริญเติบโต สภาพภูมิอากาศ แสงสว่าง และแหล่งน้ำที่อุดมสมบูรณ์ [2-3] ซึ่งหากพืชขาดปัจจัยใดปัจจัยหนึ่งเหล่านี้ อาจจะทำให้ผลผลิตที่ได้ ไม่ได้คุณภาพตรงตามที่ตลาดต้องการ อีกทั้งปัญหาก็ยังเป็นที่น่าเป็นห่วงสำหรับเกษตรกรไทยที่มีผลเสียหายต่อกิจกรรมทางการเกษตร [4-5] โดยเฉพาะปัญหาก็ยังทำให้ไม่มีน้ำทำการเกษตรตลอดฤดูกาล ดังนั้นถ้ามีเครื่องมือช่วยให้เกษตรกรควบคุม จัดการ และอำนวยความสะดวกการใช้น้ำให้คุ้มค่าก็จะช่วยให้ปลูกพืชได้ตลอดฤดูกาล

ในปัจจุบันเทคโนโลยีต่างๆ เข้ามามีบทบาท ทำให้ผู้คนในทุกระดับสามารถเข้าถึงเทคโนโลยีมากขึ้น อีกทั้งเทคโนโลยียังช่วยอำนวยความสะดวกในการใช้ชีวิตประจำวัน อาทิ เช่น การสั่งงานเปิดปิดไฟในบ้านผ่านโทรศัพท์มือถือหรือผ่านเว็บไซต์ [6-7] รวมถึงการให้บริการผ่านเทคโนโลยีกลุ่มเมฆ (cloud technology) [8-10] นอกจากนี้ยังนำเอาเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สาย (wireless sensor network (WSN)) มาช่วยในการเก็บข้อมูลค่าเซนเซอร์ต่างๆแล้วส่งขึ้นเครื่องแม่ข่ายหรือระบบให้บริการกลุ่มเมฆ [11-13] นอกจากนี้รัฐบาลยังมีนโยบายขับเคลื่อนประเทศไทยด้วยโมเดลไทยแลนด์ 4.0 ซึ่งเศรษฐกิจของประเทศจะต้องขับเคลื่อนด้วยนวัตกรรม ดังนั้นในส่วนภาคเกษตรกรรมจะต้องใช้เทคโนโลยีเข้ามาช่วยมากขึ้น เพื่อลดต้นทุนการผลิต รวมถึงการดำเนินการผลิตเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้สามารถแข่งขันกับต่างประเทศได้

ด้วยเหตุผลข้างต้นที่กล่าวมาทำให้ผู้พัฒนา เล็งเห็นถึงปัญหาของเกษตรกรและสนับสนุนนโยบายรัฐบาล จึงมีแนวคิด

ที่จะนำเทคโนโลยีมาแก้ปัญหา โดยการพัฒนาระบบให้น้ำพืชอัตโนมัติตามค่าความชื้นในดิน มีการวัดค่าความชื้นในดินทั่วทั้งแปลงไร้ผ่านเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สาย ด้วยเทคโนโลยี Internet of Things [22][23] และให้บริการผ่านเทคโนโลยีกลุ่มเมฆ ด้วยเทคโนโลยีของ Amazon cloud [24] เพื่อเป็นระบบที่คอยอำนวยความสะดวก และแก้ปัญหาให้กับเกษตรกร

จากการศึกษาค้นคว้างานวิจัยเกี่ยวข้องที่ผ่านมา พบว่ามีการวิจัยของ Singh และคณะ [14] นำเสนอระบบควบคุมการให้น้ำพืชอัตโนมัติผ่านเทคโนโลยีก่อนเมฆ ช่วยให้เกษตรกรบริหารจัดการน้ำภายในไร่ได้ง่ายขึ้น Chana และคณะ [15] สร้างระบบ Agri-Info ซึ่งเป็นระบบสารสนเทศอัตโนมัติบนก่อนเมฆสำหรับบริการด้านการเกษตร ที่ช่วยจัดการข้อมูลการเกษตรต่างๆบนพื้นฐานข้อมูลจากผู้ใช้ผ่านอุปกรณ์มือถือ Biswal และคณะ [16] พัฒนาระบบ Greeves ซึ่งเป็นระบบตรวจวัดและการให้น้ำพืชในโรงเรือนผ่านเทคโนโลยีก่อนเมฆ และ Prabhushankar และคณะ [17] นำเสนอระบบการให้น้ำพืชอัตโนมัติสำหรับการบริหารทรัพยากรน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ โดยระบบที่นำเสนอใช้ระบบสมองกลฝังตัวสั่งให้สังโกลินอวาล์ว เปิดปิดน้ำและผู้ใช้สั่งการผ่านมือถือ ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ในส่วนเทคโนโลยีเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สาย มีการวิจัยของ Karim และคณะ [18] นำเสนอการเปรียบเทียบการสื่อสารของเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายและการออกแบบพัฒนาระบบตรวจวัดต่างๆสำหรับงานเกษตรกรรมทั้งประเทศพัฒนาแล้วและกำลังพัฒนา Zografos [19] นำเสนอระบบตรวจวัดด้วยใช้เครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายด้วย ZigBee ส่วนงานวิจัยของ Mahesh และคณะ [20] นำเสนอระบบเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายสำหรับการตรวจวัดและเชื่อมต่อกับ Cloud server สำหรับประมวลผลกิจกรรมทางการเกษตรภายในไร่ และ Dharani และคณะ [21] นำเสนอเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายภายในไร่ด้วย ZigBee แล้วส่งข้อมูลไป Server ด้วยเทคโนโลยี GSM ซึ่งการสรุปเปรียบเทียบงานวิจัยที่นำเสนอเกี่ยวกับงานวิจัยเกี่ยวข้องที่ผ่านมา แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบงานวิจัยที่นำเสนอกับงานวิจัยเกี่ยวข้องที่ผ่านมา

	งานวิจัยที่นำเสนอ	Singh [14]	Chana [15]	Prabhushankar [17]	Mahesh [20]
1. มีระบบ Wireless Sensor Network	มี	NA	NA	NA	มี
2. วิธีการส่งข้อมูลจาก Gateway ไป Cloud	ระบบ 3G/WIFI	Ethernet	NA	GS/GPRS	NA
3. การแสดงผลและควบคุมผ่านอินเทอร์เน็ต	ผ่าน Dashboard	ผ่าน Android	NA	ผ่าน Android	NA
4. มีระบบประหยัดพลังงานที่ Sensor Node	มี	NA	NA	มี	NA
5. มีระบบควบคุมปั๊มน้ำ	มี	มี	NA	มี	NA
6. วัดปริมาณน้ำที่ใช้ไป	มีการวัด	NA	NA	NA	NA
7. คู่มือย้อนหลัง	คู่มือย้อนหลังได้	NA	NA	NA	NA
8. มีการจัดเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลบน Cloud Server	มีการจัดเก็บ	NA	มี	NA	มี
9. รองรับระบบหลายไร่หรือหลายเกษตรกร	รองรับ	NA	NA	NA	NA

จากงานวิจัยที่ผ่านมา ยังไม่มีงานวิจัยไหนที่รองรับระบบหลายไร่หรือหลายเกษตรกร การวัดปริมาณน้ำที่ใช้ไป และสามารถดูสถิติย้อนหลังได้ นอกจากนี้งานวิจัยที่กล่าวมาระบบยังไม่ครบสมบูรณ์ตามข้อ 1-9 แสดงดังตารางที่ 1

ดังนั้น งานวิจัยนี้ นำเสนอระบบการให้น้ำพืชอัตโนมัติ ตามค่าความชื้นในดินสองระดับตามค่าโปรไฟล์พืชนั้นๆ โดยค่าความชื้นในดินทั้งสองระดับจะถูกส่งมาจากเซ็นเซอร์โหนดหลายๆ โหนดทั่วทั้งพื้นที่เพาะปลูก รวมถึงระบบยังสามารถทำการให้น้ำปุ๋ยน้ำแก่พืชได้อีกด้วย ซึ่งข้อมูลของค่าความชื้นจากเซ็นเซอร์ ระดับน้ำที่ใช้ในแต่ละวัน สถานะการทำงานของระบบ และสถานะการทำงานของเซ็นเซอร์โหนดจะถูกส่งไปเก็บยังระบบ Cloud server ผ่านเทคโนโลยีเครือข่าย 3G/WIFI อีกทั้งระบบที่พัฒนาขึ้นนี้ยังมีเว็บแอปพลิเคชันที่ช่วยในการอำนวยความสะดวกในการใช้งาน ซึ่งผู้ใช้สามารถดูข้อมูลสถิติของค่าความชื้น ระดับน้ำที่ใช้ในแต่ละวัน สถานะการทำงานของระบบ และสถานะการทำงานของเซ็นเซอร์โหนด รวมถึงระบบยังสามารถสั่งการให้น้ำพืชหรือให้ปุ๋ยแบบ manual ผ่าน

ทางเว็บแอปพลิเคชันได้อีกด้วย และระบบรองรับหลายไร่หรือหลายเกษตรกร ซึ่งระบบที่นำเสนอประกอบด้วย 3 ระบบ ดังนี้

1. ระบบให้น้ำพืชแบบ Manual และ Automatic ตามค่าความชื้นในดินที่เหมาะสมกับลักษณะโปรไฟล์ของพืชชนิดนั้นๆ โดยระบบนี้ จะมีการบันทึกข้อมูลปริมาณการใช้น้ำในแต่ละวันในการทำการเกษตรและข้อมูลของเซนเซอร์ต่างๆ ที่จำเป็นต่อการปลูกพืช

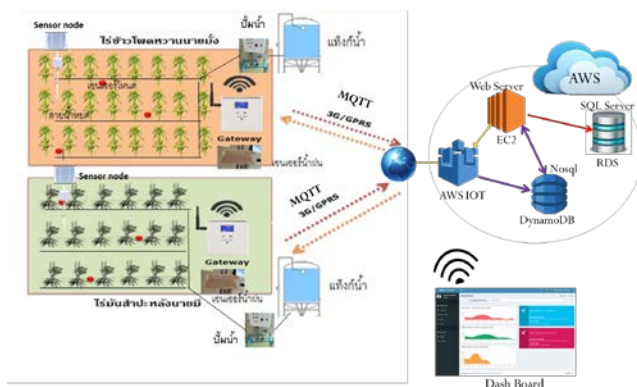
2. ระบบการรับ-ส่งข้อมูลแบบไร้สายในพื้นที่ที่ห่างไกลความเจริญ

3. ระบบการให้บริการผ่านระบบการประมวลผลแบบกลุ่มเมฆด้วยเทคโนโลยีคลาวด์ (AWS Cloud)

2. วิธีการที่นำเสนอ

ระบบแบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลัก ประกอบด้วย 1) เครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายสำหรับตรวจวัดค่าความชื้นในดินในแปลงพืช ส่วน Gateway ควบคุมสั่งการปั๊มน้ำ วัดระดับน้ำในแทงค์ รับค่าเซนเซอร์ความชื้นในดินจากเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายและส่ง

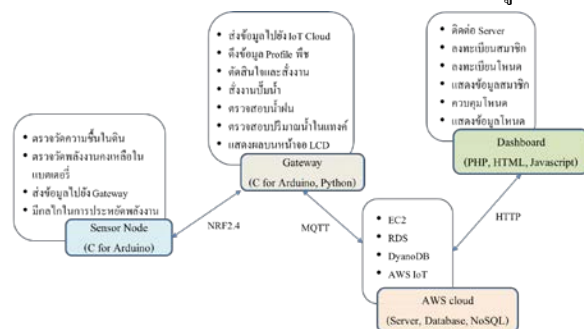
ข้อมูลไปยังระบบ AWS ผ่านอินเทอร์เน็ต 2) ระบบคลาวด์ของอเมซอน [24] ทรัพยากรที่นำมาใช้ ประกอบด้วย บริการ EC2 (Elastic Compute Cloud) สำหรับติดตั้ง Webserver และประมวลผลการให้น้ำพืชตามค่าความชื้นในดิน บริการ RDS (Relational Database Service) เป็นที่เก็บข้อมูลผู้ใช้และแปลงไว้ในรูปแบบ SQL บริการ Dynamo DB เป็นที่เก็บข้อมูลเซนเซอร์ต่างๆในรูปแบบ NoSQL เพื่อให้ EC2 นำไปประมวลผลและใช้งาน และบริการ AWS IoT เป็นตัวจัดการรับ-ส่งข้อมูลระหว่าง Gateway กับระบบ Cloud ผ่านโปรโตคอล MQTT และ 3) เป็นส่วนของหน้าจอเว็บ Dashboard เป็นส่วนที่ไว้ควบคุมและดูข้อมูลต่างภายในแปลงไร่เมื่ออยู่นอกสถานที่ ภาพรวมระบบแสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 แสดงภาพรวมระบบโดยรวม

2.1 สถาปัตยกรรมซอฟต์แวร์

สถาปัตยกรรมซอฟต์แวร์แบ่งออกเป็น 4 ส่วน แสดงดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 แสดงภาพสถาปัตยกรรมซอฟต์แวร์โดยรวม

2.1.1 Sensor Node

มีฟังก์ชันทำงาน ดังนี้

- ตรวจวัดระดับความชื้นในดิน

- ใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ที่ชาร์จจากแผง Solar Cell
- ส่งข้อมูลไปยัง Gateway
- ระบบจะมีกลไกในการประหยัดพลังงาน

2.1.2 Gateway

มีฟังก์ชันทำงาน ดังนี้

- เมื่อมีความชื้นต่ำกว่าเกณฑ์ที่พืชต้องการ ระบบจะให้น้ำพืชในพื้นที่เพาะปลูกอัตโนมัติ
- ระบบจะอ้างอิงข้อมูลจากโปรไฟล์พืชในฐานข้อมูลบน AWS
- ระบบสามารถวัดระดับน้ำในแทงค์น้ำได้
- มีการตรวจสอบวัดระดับน้ำในแทงค์ก่อนการให้น้ำพืช รวมถึงในขณะให้น้ำพืช
- ระบบจะหยุดทำงานโดยอัตโนมัติเมื่อฝนตก
- แสดงสถานะการทำงานของ Sensor Node ที่ระบุค่าความชื้นในดินทั้งสองระดับ และค่าพลังงานในแบตเตอรี่ของแต่ละตัวได้ ผ่านทางหน้าจอ LCD Display ที่ตัว Gateway
- เพิ่ม-ลบ Sensor Node ได้โดยอัตโนมัติ
- เชื่อมต่อระบบ AWS ผ่านเครือข่าย 3G/WIFI

2.1.3 AWS Cloud

เป็นส่วนที่เชื่อมต่อกับ Gateway ภายในไร่ รับส่งข้อมูลผ่านทางเครือข่าย WIFI และใช้โปรโตคอล MQTT ข้อมูลเซนเซอร์ที่ได้จะถูกจัดเก็บในฐานข้อมูล NoSQL ที่ DynamoDB ส่วน Webserver เป็นส่วนที่ให้บริการผู้ใช้ผ่านทางหน้าเว็บ รวมถึงฐานข้อมูล SQL เก็บข้อมูลผู้ใช้และโปรไฟล์พืช ในส่วนของเว็บแอปพลิเคชันพัฒนาให้อยู่ในรูปแบบของ Dashboard เพื่อสะดวกในการดูข้อมูล และใช้งานง่าย ซึ่งทำให้เหมาะกับผู้ใช้ซึ่งส่วนใหญ่เป็นเกษตรกร

2.1.2 Dashboard

โดยผู้ใช้งานต้องเป็นสมาชิกของระบบเท่านั้นจึงจะสามารถใช้งานได้ แบ่งผู้ใช้ออกเป็น 2 ประเภทคือ User (สมาชิก) และ Admin (ผู้ดูแลระบบ)

User (สมาชิก)

- ดูปริมาณน้ำคงเหลือในแทงค์ได้

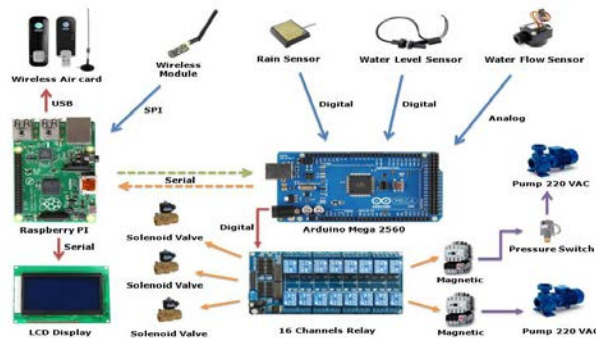
- คู่มือการใช้งานน้ำประจำวัน ประจำสัปดาห์ และ ประจำเดือนได้
- ค่าความชื้นในดินได้
- คู่มือสถานะการทำงานของ Sensor Node แต่ละตัวได้
- คู่มือปริมาณพลังงานคงเหลือในแบตเตอรี่ของ Sensor Node แต่ละตัวได้
- เพิ่ม ลบ หรือแก้ไข Sensor Node ในไรต์นเองได้
- เพิ่ม ลบ หรือแก้ไข Gateway ในไรต์นเองได้
- เพิ่ม ลบ หรือแก้ไขโปรไฟล์พืชของตนเองได้
- ตั้งงานควบคุมเปิดปิดน้ำได้

Admin (ผู้ดูแลระบบ)

- สามารถเพิ่ม ลบ หรือแก้ไขข้อมูลในโปรไฟล์พืชที่เป็นของส่วนกลางได้
- สามารถดูและแก้ไขข้อมูลทั่วไปของผู้ใช้งานระบบได้

2.2 สถาปัตยกรรมฮาร์ดแวร์

2.2.1 Gateway



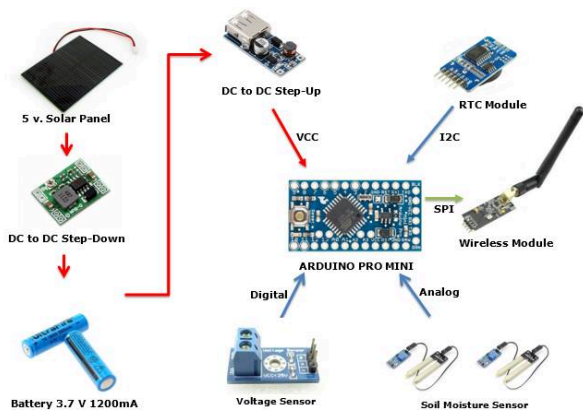
รูปที่ 3 แสดงสถาปัตยกรรมฮาร์ดแวร์ของ Gateway

สถาปัตยกรรมฮาร์ดแวร์ของ Gateway แสดงดังรูปที่ 3 แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ใช้ในการรับ-ส่งข้อมูลระหว่าง Gateway และ AWS IoT ซึ่งจะใช้บอร์ด Raspberry Pi 3 Model B ในการควบคุมการทำงาน และส่วนการควบคุม Solenoid wale, ปั๊มน้ำ, เซนเซอร์น้ำฝน และเซนเซอร์ระดับน้ำ จะใช้บอร์ด Arduino Mega 2560 R3 ในการควบคุมการทำงาน ซึ่งทั้งสองบอร์ดจะสื่อสารกันในรูปแบบ USB Serial ส่วนที่ใช้ในการรับ-ส่งข้อมูลระหว่าง Gateway และ AWS IoT จะใช้ WIFI ผ่าน

โปรโตคอล MQTT และส่วนที่ติดต่อกับ Sensor Node จะใช้โมดูลไร้สาย NRF24L01

2.2.2 Sensor Node

สถาปัตยกรรมฮาร์ดแวร์ของ Sensor Node แสดงดังรูปที่ 4 แบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนพลังงานไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์สำหรับอุปกรณ์ภายใน Sensor Node ส่วนอ่านค่าเซนเซอร์ความชื้นในดิน และส่วนติดต่อกับ Gateway จะใช้ โมดูลไร้สาย NRF24L01 และใช้บอร์ด Arduino Pro Mini 5V ในการควบคุมการทำงาน



รูปที่ 4 แสดงสถาปัตยกรรมฮาร์ดแวร์ของ Sensor Node

2.2.3 การติดต่อสื่อสาร

โมดูล NRF24L01

ในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้โมดูล NRF24L01 เนื่องจากเป็นโมดูลสื่อสารไร้สายที่สามารถรับ - ส่งข้อมูลได้ในระยะ 500 เมตร ราคาไม่แพง และง่ายต่อการใช้งาน สำหรับงานวิจัยนี้จะมี Gateway 1 ตัว อยู่ในที่พัก และ Sensor Node 2 ตัว วางไว้ในไร่ ซึ่ง Gateway จะใช้ NRF24L01 ร่วมกับบอร์ด Raspberry pi 3 Model B และ Sensor Node แต่ละตัวจะใช้นี้ NRF24L01 ร่วมกับบอร์ด Arduino ในการติดต่อสื่อสาร

Data Frame Format

Data Frame Format นั้นได้ถูกออกแบบให้อยู่ในรูปแบบ ASCII ซึ่งจะประกอบด้วย Frame ที่ส่งข้อมูลจาก Sensor Node (Arduino Pro Mini) ไปยัง Gateway (Raspberry Pi 3 B) และ Gateway (Raspberry Pi 3 B) ไปยัง Gateway (Arduino MEGA)

รูปแบบ Frame การส่งข้อมูลจาก Sensor Node [Arduino Pro Mini] ไปยัง Gateway [Raspberry Pi 3 B] แสดงดังรูปที่ 5

2 Bytes	3 Bytes	8 Bytes	1 Byte	3 Bytes	1 Byte	3 Bytes	1 Byte	3 Bytes
A	B	C	D	Moisture1	D	Moisture2	D	Voltage
Header				Payload				

รูปที่ 5 แสดง Frame การส่งข้อมูลจาก Sensor Node

ส่วนของ Header

- A -> เป็น Field ที่เก็บค่าเริ่มต้นของ Frame โดยจะใช้สัญลักษณ์ "<>"
- B -> Node_ID : เป็น Field ที่เก็บค่ารหัสของโหนดแต่ละโหนด
- C -> Node_Name : เป็น Field ที่เก็บค่าชื่อของโหนดแต่ละโหนด

ส่วนของ Payload

- D -> Delimiter: เป็น Field ที่เก็บค่าตัวคั่นระหว่าง Field
- Moisture1 -> เป็น Field ที่เก็บค่าความชื้นในดินตัวที่ 1 ในรูปแบบเปอร์เซ็นต์
- Moisture2 -> เป็น Field ที่เก็บค่าความชื้นในดินตัวที่ 2 ในรูปแบบเปอร์เซ็นต์
- Voltage -> เป็น Field ที่เก็บค่าแรงดันไฟฟ้าในแบตเตอรี่ ในรูปแบบเปอร์เซ็นต์

ตัวอย่างการส่งข้อมูลจาก Sensor Node (Arduino Pro Mini) ไปยัง Gateway (Raspberry Pi 3 B)

- ข้อมูลที่ส่ง : <>001Node_001#60#70#100

รูปแบบ Frame การส่งข้อมูลจาก Gateway (Raspberry Pi 3 B) ไปยัง Gateway (Arduino MEGA) แสดงดังรูปที่ 6

2 Bytes	3 Bytes	8 Bytes	1 Byte	3 Bytes	1 Byte	3 Bytes	1 Byte	3 Bytes
A	B	C	D	Moisture1	D	Moisture2	D	Voltage
Header				Payload				

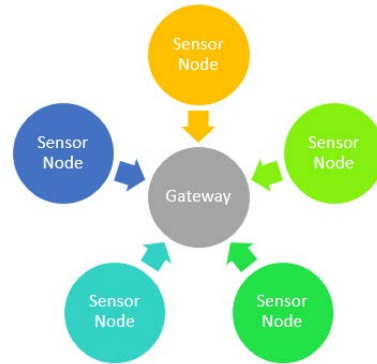
รูปที่ 6 แสดง Frame การส่งข้อมูลจาก Gateway

ตัวอย่างการส่งข้อมูลจาก Gateway (Raspberry Pi 3 B) ไปยัง

Gateway (Arduino MEGA)

- ข้อมูลที่ส่ง : <>001Node_001#60#70#100

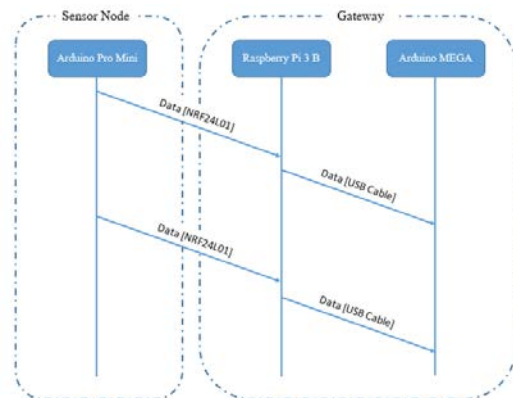
2.2.4 รูปแบบการเชื่อมต่อ



รูปที่ 7 แสดงรูปแบบการเชื่อมต่อ

จากรูปที่ 7 งานวิจัยนี้ใช้รูปแบบการเชื่อมต่อแบบดาว (Star Topology) เป็นการเชื่อมต่อจากหลาย ๆ จุดไปยังจุด ๆ เดียวกัน โดยโหนดทุกโหนดจะทำการส่งค่าความชื้นทั้ง 2 ระดับ และค่าแรงดันไฟฟ้าที่อ่านได้ส่งไปยังเกตเวย์โดยหากมีโหนดใดโหนดหนึ่งเสียหายก็ยังสามารถทำงานได้ปกติ

2.2.5 เทคนิคการติดต่อสื่อสาร



รูปที่ 8 แสดงเทคนิคการติดต่อสื่อสาร

จากรูปที่ 8 การติดต่อสื่อสารระหว่าง Sensor node กับ Gateway จะเป็นแบบสื่อสารทางเดียวโดยโหนดจะทำการส่งข้อมูลไปยัง Gateway (Raspberry Pi) และ Gateway จะทำการส่งข้อมูลไปยัง Gateway (Arduino MEGA) ซึ่ง AMEGA นี้เป็นตัวควบคุมการทำงานของปั๊มน้ำ

3. ผลการทดลอง

3.1 ส่วนฮาร์ดแวร์ Sensor node

ในงานวิจัยนี้ จัดทำขึ้นมาทั้งหมด 2 ชุด แสดงดังรูปที่ 9



แท่งแผงโซลาร์เซลล์



บอร์ดควบคุม Sensor Node (บรรจุอยู่ภายในกล่องสีขาวด้านซ้าย)

รูปที่ 9 แสดงชิ้นงาน Sensor Node

3.2 ส่วนฮาร์ดแวร์ Gateway

กล่อง Gateway และแผงวงจรภายใน แสดงดังรูปที่ 10



รูปที่ 10 แสดงชิ้นงาน Gateway



ส่วนเซนเซอร์วัดปริมาณน้ำฝนและวัดความชื้นในดิน แสดงดังรูปที่ 11



รูปที่ 11 แสดงเซนเซอร์วัดปริมาณน้ำฝนและวัดความชื้นในดิน



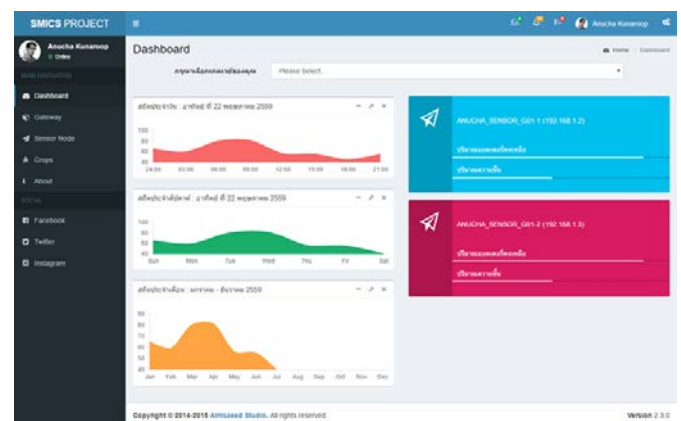
ส่วนควบคุมปั๊มน้ำ และเซนเซอร์วัดปริมาณน้ำ แสดงดังรูปที่ 12



รูปที่ 12 แสดงชิ้นงานส่วนควบคุมปั๊มน้ำ และเซนเซอร์วัดปริมาณน้ำที่ใช้ไป

3.3 ส่วนหน้าเว็บ Dashboard

หน้าเว็บ Dashboard ที่ได้ออกแบบสร้างพัฒนาด้วยภาษา PHP แสดงดังรูปที่ 13



รูปที่ 13 แสดงหน้าเว็บ Dashboard

3.4 การทดสอบรับส่งข้อมูลระหว่าง Sensor Node กับ Gateway

ผลจากการทดลองพบว่าสามารถรับส่งข้อมูลได้ถูกต้องในเวลาที่ยอมรับได้ แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การส่งข้อมูลจาก Sensor Node ไปยัง Gateway

จำนวน Sensor Node	ครั้งที่ทดลอง	ระยะเวลา	การรับส่งข้อมูล
Node #1	1	2.02 วินาที	ถูกต้อง
	2	2.43 วินาที	ถูกต้อง
	3	2.11 วินาที	ถูกต้อง
	4	2.06 วินาที	ถูกต้อง
Node #2	1	2.54 วินาที	ถูกต้อง
	2	2.98 วินาที	ถูกต้อง
	3	2.72 วินาที	ถูกต้อง
	4	2.70 วินาที	ถูกต้อง

4. บทสรุป

งานวิจัยระบบให้น้ำพืชอัตโนมัติตามค่าความชื้นในดินจะมีการควบคุมการทำงานของระบบอยู่ 2 แบบคือ การควบคุมด้วย Manual เป็นการควบคุมที่ผู้ใช้สามารถเลือกให้เปิดหรือปิดการทำงานของโซลินอยด์แล้ว และป้อนในแต่ละ Gateway ได้ตามที่ต้องการผ่านหน้าเว็บ Dashboard และการควบคุมแบบอัตโนมัติเป็นการควบคุมที่ระบบทำการตัดสินใจด้วยตัวเองโดยมีเงื่อนไขในการตัดสินใจคือ การเปรียบเทียบค่าความชื้นที่อ่านได้จากเซ็นเซอร์ กับข้อมูลที่จำเป็นต่อการเพาะปลูกที่ระบบหรือผู้ใช้ได้ทำการกำหนดไว้ในโปรแกรมระบบที่พัฒนาขึ้นนี้ผู้ใช้สามารถใช้งานได้โดยไม่จำเป็นต้องอยู่บริเวณที่เพาะปลูกสำหรับงานในอนาคตจะนำไปทดสอบกับพื้นที่เพาะปลูกจริง เก็บผลการทดลอง และปรับแต่งระบบให้ดีขึ้นต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- [1] ธนาคารแห่งประเทศไทย, “รายงานสถานการณ์สินค้าเกษตรปี 2557 และแนวโน้มปี 2558,” [Online]. Available: http://www.ops3.moc.go.th/export/recode_export_rank. [Accessed Jan. 2, 2017].
- [2] พงษ์ศรี แก้วชูเสน, “ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของพืช,” [Online]. Available: <http://www.pongsee.com/wbi/3.htm>. [Accessed Jan. 2, 2017].

- [3] สังคม เศรษฐกิจเสถียร, “ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและพัฒนาการของพืช,” [Online]. Available: [http://ag.kku.ac.th/suntec/134101/134101 Factors affectingG-D\(note\).pdf](http://ag.kku.ac.th/suntec/134101/134101%20Factors%20affectingG-D(note).pdf). [Accessed Jan. 2, 2017].
- [4] EIC Analysis / Note, “วิกฤติภัยแล้ง ปัจจัยเสี่ยงและโอกาสที่ควรจับตามองสำหรับธุรกิจเกษตร,” [Online]. Available: <https://www.scbeic.com/th/detail/product/1421>. [Accessed Jan. 2, 2017].
- [5] ไทยโพสต์, “ผลกระทบภัยแล้ง,” [Online]. Available: <http://www.thaipost.net/?q=ผลกระทบภัยแล้ง>. [Accessed Jan. 2, 2017].
- [6] M. Yan and H. Shi, “Smart Living Using Bluetooth Based Android Smartphone,” In International Journal of Wireless & Mobile Networks (IJWMN) Vol. 5, No. 1, February 2013.
- [7] M. A. E. Mowad, A. Fathy, and A. Hafez, “Smart Home Automated Control System Using Android Application and Microcontroller,” In International Journal of Scientific & Engineering Research, Vol. 5, Issue 5, May 2014.
- [8] M. Soliman, T. Abiodun, T. Hamouda, J. Zhou, and C. H. Lung, “Smart Home: Integrating Internet of Things with Web Services and Cloud Computing,” 2013 IEEE International Conference on Cloud Computing Technology and Science.
- [9] A. Maiti, “Home Automation as a Service,” IRACST – International Journal of Computer Networks and Wireless Communications (IJCNWC), Vol. 2, No. 3, June 2012.
- [10] P. D. Nitware, J. G. Gadhav, P. U. Kakade, and A. G. Baviskar, “Design and Implementation of Cloud based Home Automation,” International Journal of Engineering Research & Technology, Vol. 3, Issue 2, February 2014.
- [11] K. R. Rajesh and C. A. Bindyashree, “Multiple Appliances Controlling and Monitoring System based on Wireless Embedded Home Gateway,” International

- Journal of Innovative Research in Computer and Communication Engineering*, Vol. 3, Issue 4, April 2015.
- [12] D. S. Mahesh, S. Savitha, and K. D. Anvekar, "A Cloud Computing Architecture with Wireless Sensor Networks for Agricultural Applications," *International Journal of Computer Networks and Communications Security*, Vol.2, No.1, January 2014.
- [13] R. S. Ferrarezi, S. K. Dove, and M. W. Van Iersel, "An Automated System for Monitoring Soil Moisture and Controlling Irrigation Using Low-cost Open-source Microcontrollers", Hort Technology, February 2015.
- [14] A. K. Singh, Y. Saini, and D. Singh, "Cloud Computing to Control Automatic Irrigation Systems", *International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering*, Volume 5, Issue 10, October-2015.
- [15] S. Singh, I. Chana, and R. Buyya, "Agri-Info: Cloud Based Autonomic System for Delivering Agriculture as a Service", Technical Report CLOUDS-TR-2015-2, Cloud Computing and Distributed Systems Laboratory, University of Melbourne, 2015.
- [16] V. Biswal, H. M. Singh, W. Jeberson, and A. S. Dhar, "Greeves: A Smart Houseplant Watering and Monitoring System", *International Journal of Science, Engineering and Technology Research (IJSETR)*, Volume 4, Issue 7, July 2015.
- [17] B. Prabhushankar, R. Jayavadivel, and S. Saravanakumar, "Autonomic Irrigation Control System for Efficient Use of Water Resource By Using Android Mobile", *International Journal of Contemporary Research in Computer Science and Technology (IJCRCT)*, Volume1, Issue 2 (May'2015).
- [18] L. Karim, A. Anpalagan, N. Nasser, and J. Almhana, "Sensor-based M2M Agriculture Monitoring Systems for Developing Countries: State and Challenges", *Network Protocols and Algorithms*, 2013, Vol. 5, No. 3.
- [19] A. Zografos, "Wireless Sensor-based Agricultural Monitoring System", Master's Thesis, School of Information and Communication Technology (ICT) KTH Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden.
- [20] D. S. Mahesh, S. Savitha, and D. K. Anvekar, "A Cloud Computing Architecture with Wireless Sensor Networks for Agricultural Applications", *International Journal of Computer Networks and Communications Security*, Vol. 2, No. 1, January 2014, 34-38.
- [21] K. Dharani, S. Subalakshmi, and D. Balmurugan, "Automatic Agriculture Irrigation with Periodic Camera Trapped Pictures and Land Monitoring Using Wireless Sensor Networks", *International Journal of Research in Engineering & Technology (IMPACT: IJRET)*, Vol. 2, Issue 5, May 2014.
- [22] J. Gubbi, R. Buyya, S. Marusic, and M. Palaniswami, "Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions," *Future Gener. Comput. Syst.* Vol. 29, No. 7, September 2013.
- [23] L. Atzori, A. Iera, and G. Morabito, "The Internet of Things: A survey," *Comput. Netw.* Vol. 54, No. 15, October 2010.
- [24] "AWS Documentation - Amazon Web Services" [Online]. Available: <https://aws.amazon.com/documentation/html>. [Accessed Jan. 10, 2018].



ระบบควบคุมโรงเรือนผักไฮโดรโปนิกส์อัตโนมัติโดยใช้เทคโนโลยี IoT
และเครื่องมือการเรียนรู้เชิงลึก

Greenhouse Hydroponics Automation System using IoT technology
and Deep Learning tool

รัฐศิลป์ รานอกภานุวัชร

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์วิทยาลัยนวัตกรรมการด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

110/1-4 ถ.ประชาชื่น หลักสี่ กรุงเทพฯ โทรศัพท์ 02-9547300 ต่อ 594

Received: November 19, 2018; Revised: December 18, 2018; Accepted: December 24, 2018; Published: December 25, 2018

ABSTRACT – Nowadays, the Internet of Things (IoT) has gained popularity in the Agriculture domain. We developed and applied by using IoT technology for Greenhouse Hydroponics Automation System. The system can be controlled automatically using Deep learning to predict the value level of hydroponics in the greenhouse. The hydroponics picture is captured by camera module in the greenhouse and be sent to AWS cloud, where Intel TensorFlow Deep learning tool is running on. Finally, the analysis results will be sent back to control automatically the greenhouse.

KEY WORDS Greenhouse Hydroponics Automation; Internet of Things; Deep Learning

บทคัดย่อ – ปัจจุบัน การควบคุมอุปกรณ์ต่าง ๆ ผ่านระบบเครือข่ายด้วยเทคโนโลยี Internet of thing (IoT) เริ่มได้รับความนิยมในภาคเกษตรกรรม ผู้วิจัยจึงได้นำเทคโนโลยี IoT มาประยุกต์ใช้กับระบบโรงเรือนปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ ให้สามารถควบคุมการทำงานได้แบบอัตโนมัติ โดยการสั่งงานจะใช้ระบบการเรียนรู้ของเครื่องเชิงลึกหรือที่เรียกว่า Deep learning เพื่อช่วยวิเคราะห์การเจริญเติบโตของต้นผัก ด้วยวิธีการถ่ายภาพผักด้วยกล้องที่ติดตั้งไว้ภายในโรงเรือน แล้วนำภาพถ่ายที่ได้ส่งไปยัง AWS Cloud ที่ติดตั้งเครื่องมือ Intel TensorFlow Deep learning ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตแบบ online จากนั้นระบบจะทำการวิเคราะห์ระยะการเจริญเติบโตของผัก แล้วนำผลการวิเคราะห์ที่ได้ส่งกลับมายังโรงเรือน เพื่อควบคุมการทำงานของโรงเรือนตามระยะการเจริญเติบโตของผักแบบอัตโนมัติที่กำหนดโปรแกรมไว้ล่วงหน้า

คำสำคัญ โรงเรือนผักไฮโดรโปนิกส์อัตโนมัติ; อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง; การเรียนรู้เครื่องเชิงลึก

1. บทนำ

ปัจจุบันผักไฮโดรโปนิกส์เป็นที่นิยมสำหรับบริโภคอาหารสุขภาพ เพราะเป็นผักที่ปลอดสารพิษ การปลูกผักไฮโดรโปนิกส์นั้น มีวิธีการปลูกได้หลายวิธี ซึ่งแต่ละวิธีจะมีการดูแลความแตกต่างกัน โดยวิธีที่นิยมคือการปลูกในโรงเรือนแบบปิด ให้อุณหภูมิและแสงสว่างในโรงปลูก แต่อย่างไรก็ตาม การปลูกผักไฮโดรโปนิกส์มีปัจจัยในด้านสภาพแวดล้อมและดูแลเอาใจใส่ ซึ่งสิ่งเหล่านี้ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของผัก โดยผักไฮโดรโปนิกส์จะเติบโตได้ดีที่อุณหภูมิ 25-35 องศาเซลเซียส อุณหภูมิของน้ำสารละลายไม่เกิน 29 องศาเซลเซียส และมีค่าความเป็นกรด อยู่ระหว่าง 5.6-6.5 ซึ่งทำให้รากอาหารที่อยู่ในสารละลายอยู่ในรูปที่พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้ดีที่สุด สำหรับผู้ปลูกรายใหม่ที่ไม่มีความชำนาญอาจเป็นเรื่องยุ่งยากและอาจทำให้ผลผลิตเสียหายได้

ดังนั้นถ้ามีระบบที่สามารถช่วยให้เกษตรกรสามารถควบคุมโรงเรือนได้ง่ายแบบอัตโนมัติ ก็จะช่วยให้เกษตรกรเพิ่มขีดความสามารถการแข่งขันมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับนโยบายไทยแลนด์ 4.0 ของรัฐบาลในส่วน Smart Farm ซึ่งระบบต่างๆ ควรทำงานอัตโนมัติ ลดต้นทุนการผลิต ลดการใช้กำลังคนมากที่สุด

จากปัญหาข้างต้นทางผู้วิจัย จึงได้ออกแบบพัฒนาระบบควบคุมโรงเรือนปิดอัตโนมัติเพื่ออำนวยความสะดวกแก่เกษตรกร โดยนำเทคโนโลยี Internet of Things [1][2] มาควบคุมการให้น้ำ ควบคุมสภาพอากาศภายในโรงเรือน ควบคุมความเข้มแสงภายในโรงเรือน ร่วมกับเทคนิค Deep Learning โดยใช้ Intel TensorFlow Deep Learning tool [5] มาช่วยวิเคราะห์การเจริญเติบโตของผัก ด้วยวิธีการถ่ายภาพผักไฮโดรโปนิกส์ภายในโรงเรือนอัตโนมัติตามช่วงเวลาที่กำหนด ด้วยกล้องที่ติดตั้งภายในโรงเรือน แล้วนำภาพถ่ายที่ได้ส่งไปยัง AWS Cloud Storage [3][4] ที่เรียกว่า AWS S3 จากนั้นระบบจะดึงภาพไปประมวลผลบนคอมพิวเตอร์เสมือน AWS EC2 ซึ่งติดตั้ง Intel TensorFlow Deep Learning เพื่อทำการวิเคราะห์การเจริญเติบโตของผัก จากนั้นนำข้อมูลที่ได้ส่งกลับมาที่โรงเรือน เพื่อควบคุมอัตโนมัติตามค่าโปรไฟล์พืชที่กำหนดการควบคุมระยะการเติบโตไว้ล่วงหน้า ทำให้ระบบควบคุมมีประสิทธิภาพมากขึ้น

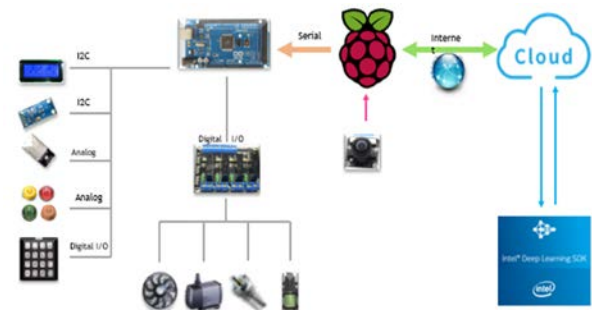
งานวิจัยที่นำเสนอจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนการพัฒนาระบบควบคุมภายในโรงเรือนปิด และส่วนระบบ

วิเคราะห์การเจริญเติบโตของผักด้วย Deep Learning ที่ติดตั้งบนเครื่อง AWS EC2

2. ระบบที่นำเสนอ

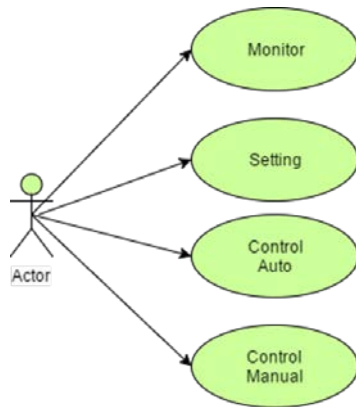
2.1 ภาพรวมระบบ

ภาพรวมระบบที่นำเสนอ แสดงดังรูปที่ 1



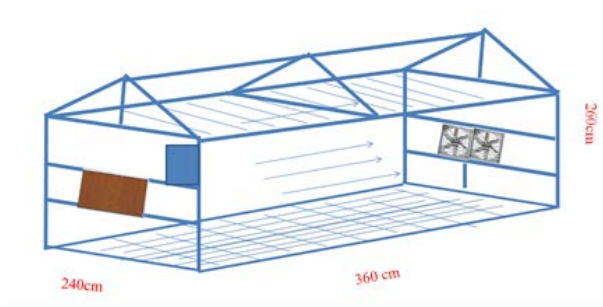
รูปที่ 1 แสดงสถาปัตยกรรมระบบ

ระบบโรงเรือนไฮโดรโปนิกส์อัตโนมัติออกแบบมาเพื่อใช้กับโรงเรือนแบบปิด มีชุดควบคุม Arduino เพื่อสั่งการงานควบคุมอุปกรณ์และอ่านค่าเซนเซอร์ต่างๆ ทำงานร่วมกับ Raspberry Pi ที่มีกล้องถ่ายภาพผักนำไปประมวลผล Machine learning บน AWS Cloud การทำงานแบ่งออกเป็น 4 ส่วน ตาม Use case รูปที่ 2 คือ 1) Monitor เป็นส่วนที่แสดงผลของสถานะของ อุณหภูมิ ความชื้นความสว่างของแสง และสถานะการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ ได้ แก่พัดลม บั๊ม และมอเตอร์ ซึ่งเป็นการแสดงผลแบบ Real Time 2) การควบคุมอัตโนมัติ เป็นการทำงานได้ด้วยตัวเอง โดยรับค่าจากเซนเซอร์และภาพที่ถ่ายมาประมวลผลเทียบกับค่าที่ตั้งไว้ (Profile) ในระบบ เพื่อสั่งให้อุปกรณ์ต่างๆทำงาน 3) การควบคุมแมนนวล (Manual) เป็นการควบคุมโดยผู้ใช้งาน เช่น การเปิดหรือปิดระบบ พัดลม บั๊มน้ำ และมอเตอร์ และ 4) การตั้งค่า (Setting) ผู้ใช้สามารถกำหนดค่า Profile เริ่มต้นให้กับอุปกรณ์ได้ โดยรับค่าเข้าจาก Keypad เพื่อตั้งค่าเริ่มต้นหรือสิ้นสุดให้กับอุปกรณ์ เช่น ผู้ใช้ต้องการให้มอเตอร์ทำงาน เพื่อปิดม่านพรางแสงเมื่อพบค่าแสง(Lux)สูงสุดที่เท่าใด เป็นต้น



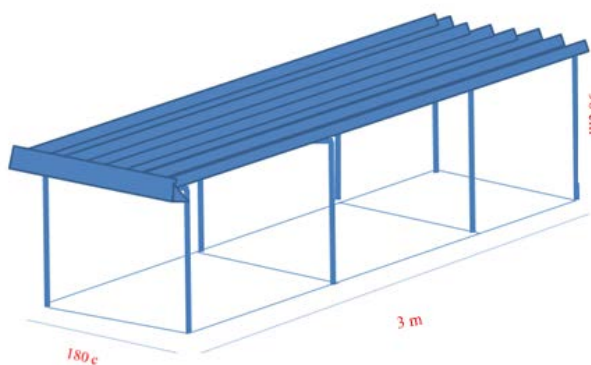
รูปที่ 2 แสดง Use case ของระบบ

2.2 โรงเรือนผักไฮโดรโปนิกส์



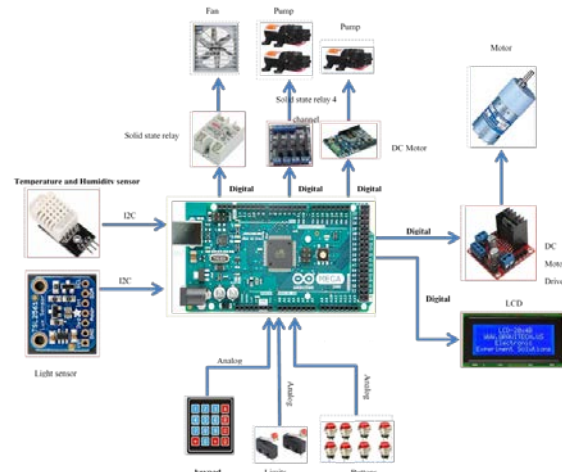
รูปที่ 3 แสดงรูปโครงสร้างโรงเรือน

โรงเรือนที่นำเสนอ แสดงดังรูปที่ 3 เป็นโรงเรือนปิด มีขนาดกว้าง 240 cm ยาว 360 cm สูง 260 cm และโต๊ะปลูกสูง 90 cm ยาว 3 m กว้าง 180 cm และวางปลูก 8 รวง ขนาด 3 m แสดงดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 แสดงรูปโครงสร้างรางปลูก

2.3 สถาปัตยกรรมฮาร์ดแวร์



รูปที่ 5 แสดงสถาปัตยกรรมฮาร์ดแวร์

สถาปัตยกรรมฮาร์ดแวร์ แสดงดังรูปที่ 1 ประกอบด้วย 3 ส่วน

1. Microcontroller ใช้ Arduino Mega 2560 เป็นตัวประมวลผลกลาง มีหน้าที่ในการรับคำสั่งจากฝั่งของ Sensor interface แบบ I2C มาประมวลผล และ ส่งค่าที่คำสั่งที่ได้จากการประมวลผลไปยังฝั่งของ Actuators
2. Sensor Interface ประกอบด้วยเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ ความชื้น และ ความสว่างของแสง เป็นส่วนที่อ่านค่าเซ็นเซอร์อุณหภูมิ ความชื้น และ ความเข้มของแสง แล้วส่งไปยังส่วนของ Microcontroller
3. Actuators ประกอบด้วย LCD ทำหน้าที่ในการแสดงสถานะของความชื้น อุณหภูมิ ความเข้มแสง สถานการณ์หมุนของพัดลม การเปิด-ปิดของปั๊มและมอเตอร์ Solid State Relay แบบ 4 ช่อง ไว้สำหรับสั่งการปิด-เปิดปั๊มน้ำ และ พัดลม Board Drive ไว้สำหรับเปิด-ปิด ปั๊มน้ำ DC และ มอเตอร์

2.4 ส่วนควบคุมกล้องถ่ายภาพและเชื่อมต่อกับ AWS Cloud

ใช้อุปกรณ์ Raspberry PI ควบคุมการถ่ายภาพต่อเข้ากับพอร์ตที่ CSI Camera Module ส่งภาพต่อไปยัง AWS Cloud ผ่าน WIFI และเชื่อมต่อกับ Micro controller ผ่านสาย Serial USB



รูปที่ 6 แสดงฮาร์ดแวร์ควบคุมกล้องถ่ายภาพและเชื่อมต่อกับ AWS Cloud

2.5 การควบคุมอัตโนมัติ

การควบคุมอัตโนมัติแบ่งออกเป็น 3 ระดับคือ 1) ดั้งเดิม (Small class) 2) ระยะกำลังเจริญเติบโต (Medium class) และ 3) ระยะโตเต็มที่ (Large class) แสดงดังรูปที่ 7



Small class Medium class Large class

รูปที่ 7 แสดงระยะการเติบโต (Class)

แต่ละระดับจะมี Profile การควบคุมอัตโนมัติเก็บไว้ที่กล่องควบคุมที่โรงเรือน ก่อนใช้งานผู้ใช้งานจะต้องกำหนดค่าเริ่มต้น Profile ในแต่ละระดับ ตัวแปรใน Profile แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดง Profile การควบคุมอัตโนมัติ

ตัวแปร	ค่า	ความหมาย
Temp	องศา C	อุณหภูมิภายในโรงเรือน
Hum	%	ความชื้นในอากาศภายในโรงเรือน
Lux	Lux	ความเข้มแสงภายในโรงเรือน
Fan	On/Off	การปิดเปิดพัดลม

Silent	On/Off	การเปิดปิดม่านพรางแสง
Water	On/Off	การเปิดปิดปั๊มน้ำ
Cool	On/Off	การเปิดปิดปั๊มน้ำไหลผ่านแผงรังผึ้ง
Foggy	On/Off	การเปิดปิดหัวพ่นหมอก

เราสามารถแก้ไขข้อมูลในแต่ละ Profile ในภายหลังได้ ผ่านฟังก์ชัน Setting ที่กล่องควบคุม

2.6 เครื่องมือสำหรับเครื่องมือการเรียนรู้เชิงลึก

ในการแยกภาพผักออกเป็น 3 ระดับ จะใช้โมเดล Neural Network ในการเรียนรู้ของเครื่องประเภท Convolutional Neural Network (CNNs) [5] ซึ่งจะมีชั้น Convolutional Layer เพิ่มขึ้นเป็นส่วนที่ใช้สกัดลักษณะสำคัญของภาพออกจากรูปภาพผักออกมาได้ และปัจจุบันนิยมใช้สำหรับงานที่ไม่ต้องการความซับซ้อนมากนัก ซึ่งเหมาะกับการแยกภาพผักออกเป็น 3 ระยะการเติบโต สำหรับเฟรมเวิร์กที่ใช้จะใช้ Caffe [6] และใช้ SDK ของ Intel deep learning training tool [7] ในการพัฒนาโมเดล ซึ่งได้ติดตั้งไว้บนเครื่อง AWS EC2 และไฟล์ภาพผักที่ใช้เป็นชุด training จะเก็บไว้ที่ AWS S3

3. ผลการทดลองและการอภิปราย

ผลการทดลองประกอบด้วยโรงเรือน กล่องควบคุมที่ติดตั้งที่โรงเรือน และการวิเคราะห์ภาพผักจากโมเดล

3.1 โรงเรือน



รูปที่ 8 แสดงโรงเรือนปิด

จากรูปที่ 8 แสดงรูปโครงสร้างโรงเรือนปิดตามที่ได้ออกแบบสำหรับการทดลอง โรงเรือนมีขนาด ความกว้าง 1 เมตร ความยาว 2.5 เมตร และความสูง 2.2 เมตร ผักชนิดที่ใช้ปลูกเป็นผักกวางตุ้งฮ่องเต้ ซึ่งเป็นผักที่มีความสูงและความกว้างขนาดใหญ่ จึงเหมาะในการที่นำมาทดลองปลูก โดยระยะเวลาการปลูกตั้งแต่เป็นเมล็ดจนโตเต็มที่ อยู่ราว ๆ 40-45 วัน

ภายในโรงเรือนติดตั้ง พัดลมและแผงรังผึ้งเพื่อลดอุณหภูมิภายในโรงเรือนกรณีที่มีอุณหภูมิสูงหรือความร้อนสะสม บำบัดน้ำเพื่อเปิด-ปิดน้ำเลี้ยงให้กับต้นผักโดยผสมพร้อมกับปุ๋ยในบางครั้ง อุปกรณ์ฟอกก็หรือหัวฟันทมอกเพื่อปรับความชื้นภายในโรงเรือนกรณีที่มีความชื้นต่ำ และอุปกรณ์สแตนเพื่อพรางแสงกรณีที่มีแสงเป็นจำนวนมากเกินไปอาจส่งผลให้มีความร้อนเข้ามาภายในโรงเรือนมากขึ้นได้

3.2 ฮาร์ดแวร์ส่วนของโต๊ะปลูก



รูปที่ 9 แสดงโต๊ะปลูก

โต๊ะปลูกขนาด 8 ราง สูง 90 cm กว้าง 180 cm ยาว 3 m ชนิด NFT ใช้ท่อ PVC ขนาด 3 นิ้ว จำนวน 8 ราง 1 รางสามารถปลูกผักได้ 13 ต้น 1 โต๊ะสามารถปลูกผักได้ทั้งหมด 104 ต้น โดยบ่มน้ำทำการดูดน้ำให้ไหลผ่านรากของผัก และไหลกลับมายังจุดพักน้ำเป็นการหมุนเวียน

3.3 กล่องอุปกรณ์ควบคุม



รูปที่ 10 แสดงกล่องควบคุม

จากรูปที่ 10 เป็นกล่องควบคุม ประกอบด้วย 1) บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ใช้ Arduino Mega 2560 สำหรับอ่านค่าเซ็นเซอร์ต่าง ๆ ประกอบด้วย เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ ความชื้น และเซ็นเซอร์วัดความเข้มแสง และส่วนควบคุมสั่งการเปิด-ปิดพัดลม บำบัดน้ำ อุปกรณ์ฟอกก็หรือหัวฟันทมอก และอุปกรณ์สแตนเพื่อพรางแสง และมีคีย์แพดที่ใช้กับการเลือกโหมดและการตั้งค่า 2) บอร์ด Raspberry PI ใช้ติดต่อกับ AWS Cloud เพื่อนำรูปภาพของต้นผักไปวิเคราะห์ โดยจะใช้โมดูลกล้องเป็นตัวถ่ายภาพของผักส่งไปให้ Intel deep learning ประมวลผลและวิเคราะห์การเจริญเติบโตของต้นผัก และเมื่อได้ผลวิเคราะห์หามาจะส่งค่ากลับมายัง Raspberry pi เมื่อรับค่าแล้วจะส่งคำสั่งไปยังอุปกรณ์ Arduino ให้ทำงานเพื่อควบคุมโรงเรือนตามระดับของความเจริญเติบโตที่ได้รับค่ามา

ภายนอกกล่องควบคุมจะมีส่วนของหน้าจอ LCD เพื่อแสดงผลโหมดการทำงาน และสถานะของการทำงานของอุปกรณ์ และมีสวิทช์เปิด-ปิด ประกอบด้วยสวิทช์เปิด-ปิดพัดลม และแผงรังผึ้งทั้ง 2 อุปกรณ์นี้นำมาใช้เพื่อลดอุณหภูมิภายในโรงเรือนกรณีที่มีอุณหภูมิสูงหรือความร้อนสะสม เปิด-ปิดบ่มน้ำได้เพื่อเลี้ยงน้ำให้กับต้นผักโดยผสมพร้อมกับปุ๋ยในบางครั้ง อุปกรณ์ฟอกก็หรือหัวฟันทมอกเพื่อปรับความชื้นภายในโรงเรือนกรณีที่มีความชื้นต่ำ และอุปกรณ์เปิด-ปิดสแตนเพื่อพรางแสงกรณีที่มีแสงเป็นจำนวนมากเกินไปอาจส่งผลให้มีความร้อนเข้ามาภายในโรงเรือนมากขึ้นได้ จึงจำเป็นต้องมีสแตนไว้พรางแสง

3.4 การทดสอบวัดค่าความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างข้างนอกและข้างในโรงเรือน

ตารางที่ 2 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิระหว่างข้างนอกและข้างในของโรงเรือน

วันที่	กลางวัน		กลางคืน	
	ข้างนอก โรงเรียน	ข้างใน โรงเรียน	ข้างนอก โรงเรียน	ข้างใน โรงเรียน
1	30.1 c	26.4 c	28.4 c	25.5 c
2	30 c	26.6 c	28.3 c	24.5 c
3	28.8 c	26.4 c	28.1 c	26.1 c
4	31.1 c	27.4 c	29.3 c	26.2 c
5	33.2 c	26.8 c	29.8 c	25.8 c
6	32.9 c	28.2 c	28.5 c	25.8 c
7	32.5 c	27.9 c	28.4 c	25.3 c
8	29.6 c	26 c	28.1 c	25.7 c
9	32.5 c	27.4 c	28.3 c	24.9 c
10	30.9 c	27.8 c	28.6 c	25.8 c
ค่าเฉลี่ย	31.5 c	26.1 c	28.1 c	25.3 c

จากตารางที่ 2 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิระหว่างข้างนอกและข้างในของโรงเรียน จะเห็นได้ว่าความแตกต่างของอุณหภูมิข้างในโรงเรียนจะเย็นกว่าข้างนอกโรงเรียนโดยทำการเก็บผลการทดลองเป็นเวลา 10 วัน เก็บผลการทดลองวัดค่าอุณหภูมิทั้งกลางวันและกลางคืนโดยใช้ Digital Thermometer Hygrometer Temperature Humidity จากการเก็บผลการทดลองจะเห็นได้ว่า ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิในช่วงเวลากลางวันลดลงประมาณ 5.4 องศาเซลเซียส และในช่วงเวลากลางคืนอุณหภูมิเฉลี่ยลดลงประมาณ 2.8 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นผลจากระบบควบคุมภายในโรงเรียน

3.5 การทดสอบวัดค่าความแตกต่างของความชื้นระหว่างข้างนอกและข้างในโรงเรียน

ตารางที่ 3 แสดงการเปรียบเทียบความชื้นระหว่างข้างนอกและข้างในของโรงเรียน

วันที่	กลางวัน		กลางคืน	
	ข้างนอก โรงเรียน	ข้างใน โรงเรียน	ข้างนอก โรงเรียน	ข้างใน โรงเรียน
1	41 %	63 %	50 %	70 %
2	56 %	75 %	64 %	87 %
3	62 %	80 %	69 %	82 %
4	57 %	78 %	73 %	81 %
5	37 %	92 %	67 %	82 %
6	35 %	71 %	60 %	73 %
7	37 %	70 %	55 %	70%
8	49 %	75 %	57 %	88 %
9	46 %	71 %	53 %	80 %
10	52 %	69 %	63 %	82 %
ค่าเฉลี่ย	51 %	76 %	59 %	80 %

จากตารางที่ 3 แสดงการเปรียบเทียบค่าความชื้นระหว่างข้างนอกและข้างในของโรงเรียนโดยทำการเก็บผลการทดลองเป็นเวลา 10 วัน ได้ทำการเก็บผลการทดลองวัดค่าอุณหภูมิทั้งกลางวันและกลางคืนโดยใช้ Digital Thermometer Hygrometer Temperature Humidity จะเห็นว่าความแตกต่างของความชื้นข้างในโรงเรียนจะเพิ่มขึ้นมากกว่าข้างนอกโรงเรียน ค่าเฉลี่ยของความชื้นในช่วงเวลากลางวันเพิ่มขึ้นประมาณ 25 % และในช่วงเวลากลางคืนความชื้นเพิ่มขึ้นประมาณ 21 % ซึ่งเป็นผลจากระบบควบคุมภายในโรงเรียน

3.6 การทดสอบวิเคราะห์ภาพจากโมเดล

1) เริ่มต้น จะทำการเตรียมชุดข้อมูล ดังนี้

- ภาพฝึก Small class จำนวน 300 ภาพ
- ภาพฝึก Medium class จำนวน 300 ภาพ
- ภาพฝึก Large class จำนวน 300 ภาพ

2) ทำการเทรนชุดข้อมูล ด้วยเครื่องมือ Intel Deep Learning ที่ติดตั้งบน Amazon Cloud เพื่อทำโมเดล

3) เมื่อได้โมเดลจากการเทรนชุดข้อมูลแล้ว จะทำการทดสอบการวิเคราะห์รูปภาพผัก ด้วยการถ่ายรูปผักตามระดับต่างๆ ส่งไปทดสอบโมเดล ผลที่ได้ แสดงดังรูปที่ 11-13



Results:

Confidence	Category
70.86%	1
26.57%	2
2.57%	3

รูปที่ 11 แสดง Small Class

จากรูปที่ 11 แสดงผลการทดสอบรูปภาพของผักที่มีการเติบโตอยู่ในระดับที่ 1 (Small class) จะเห็นได้ว่าผลของการทดสอบจะมีเปอร์เซ็นต์ของระดับ 1 มากที่สุดอยู่ที่ 70.86 เปอร์เซ็นต์ และมีผลลัพธ์ของระดับอื่นที่ลดหลั่นลงมา แสดงว่าภาพนี้มีผลการทดสอบเป็นระดับการเจริญเติบโตอยู่ที่ระดับ Small class



Results:

Confidence	Category
90.12%	2
8.12%	3
1.76%	1

รูปที่ 12 แสดง Medium Class

จากรูปที่ 12 แสดงผลการทดสอบรูปภาพของผักที่มีการเติบโตอยู่ในระดับที่ 2 (Medium class) เห็นได้ว่าผลของการทดสอบ

จะมีเปอร์เซ็นต์ของระดับ 2 มากที่สุดอยู่ที่ 90.12 เปอร์เซ็นต์ และมีผลลัพธ์ของระดับอื่นที่ลดหลั่นลงมา แสดงว่าภาพนี้มีผลการทดสอบเป็นระดับการเจริญเติบโตอยู่ที่ระดับ Medium class



Results:

Confidence	Category
97.71%	3
1.16%	1
1.13%	2

รูปที่ 13 แสดง Large Class

จากรูปที่ 13 แสดงผลการทดสอบรูปภาพของผักที่มีการเติบโตอยู่ในระดับที่ 3 (Large class) เห็นได้ว่าผลของการทดสอบจะมีเปอร์เซ็นต์ของระดับ 2 มากที่สุดอยู่ที่ 97.71 เปอร์เซ็นต์ และมีผลลัพธ์ของระดับอื่นที่ลดหลั่นลงมา แสดงว่าภาพนี้มีผลการทดสอบเป็นระดับการเจริญเติบโตอยู่ที่ระดับ Large class

3.7 การทดสอบวิเคราะห์ภาพจากโปรแกรม

การทดสอบการวิเคราะห์รูปภาพโดยโปรแกรม เป็นการเขียนโปรแกรมด้วยภาษา Python2 ด้วยเครื่องมือ Jupyter ซึ่งจะทำงานอยู่บน AWS Cloud โดยโปรแกรม จะเรียกใช้งาน Model ที่ได้ทำไว้ด้วยการใส่ ID ของ Model และ ที่อยู่ของไฟล์ Model เพื่อทดสอบการวิเคราะห์รูปภาพ


```

8 import sys
9 import caffe
10 import time
11 import numpy as np
12 import matplotlib.pyplot as plt
13 # display plots
14 get_ipython().magic(u'matplotlib inline')
15
16 while 1:
17     # set display defaults
18     plt.rcParams['figure.figsize'] = (5, 5)
19     plt.rcParams['image.interpolation'] = 'nearest'
20     plt.rcParams['image.cmap'] = 'gray'
21
22     # Path to the test folder with subfolders - 1 for each class
23     image_folder = '/workspace/dlstdk/uploads/myphoto'
24
25     # Model ID
26     #--- Can be found in the "details" tab of the model view ---
27     model_ID = 'fc8c500c-3bfa-4b48-a7fa-a0aebc539dc4'
28
29     # Name of the latest Caffe model to be used
30     #--- can be found in the "details" tab of the model view ---
31     model_file = '/workspace/dlstdk/jobs/caffe/models'
32     /fc8c500c-3bfa-4b48-a7fa-a0aebc539dc4
33     /snapshot_iter_30.caffemodel'

```

รูปที่ 14 แสดงตัวอย่างโปรแกรมวิเคราะห์รูปภาพจากโมเดล

จากรูปที่ 14 เป็นตัวอย่างโปรแกรมวิเคราะห์รูปภาพจากโมเดล โดยโปรแกรมจะนำรูปภาพจากโฟลเดอร์ที่ได้กำหนดไว้มาวิเคราะห์ด้วย Model ที่ได้กำหนดไว้ในโปรแกรม แล้วนำผลที่ได้มาเขียนเป็นไฟล์ result.txt แสดงดังรูปที่ 15

```

Caffe Model found.
Grey images input
test.jpg
Images are ready to classify
| True class: test | Predicted class : 1
Caffe Model found.
Grey images input
test.jpg
Images are ready to classify
| True class: test | Predicted class : 1
Caffe Model found.
Grey images input
test.jpg
Images are ready to classify
| True class: test | Predicted class : 3
Caffe Model found.
Grey images input
test.jpg
Images are ready to classify
| True class: test | Predicted class : 3
Caffe Model found.
Grey images input
test.jpg
Images are ready to classify
| True class: test | Predicted class : 3

```

รูปที่ 15 แสดงผลลัพธ์จากโปรแกรม

จากรูปที่ 15 แสดงผลการทดสอบโดยโปรแกรม จะเห็นว่าในขั้นต้นผลการทดสอบจะเป็น 1 ซึ่งได้จากการทดสอบโดยรูปภาพที่อยู่มุมบนซ้ายในรูปการเติบโตระดับที่ 1 โปรแกรมจะทำงานแบบวนซ้ำทุก ๆ 5 วินาที ถ้าหากมีการถ่ายรูปโดยกล้องที่ตั้งติดตั้งภายในโรงเรือนเข้ามาใหม่โปรแกรมก็จะวิเคราะห์รูป

ใหม่ จากรูปจะเห็นได้ว่าผลการวิเคราะห์จะเปลี่ยนเป็น ระดับ 3 เพราะมีการส่งรูปภาพระดับ 3 เข้ามาทดสอบ ผลที่ได้จะเขียนเป็นไฟล์ result.txt เก็บไว้ที่ AWS S3 จากนั้นอุปกรณ์ Raspberry Pi ในกล่องควบคุมที่โรงเรือน จะทำการเชื่อมต่อ AWS S3 ผ่านอินเทอร์เน็ตเพื่อดาวน์โหลดไฟล์นี้ และจากนั้นจะทำการอ่านระยะการเติบโตจากไฟล์ไปเทียบกับโปรไฟล์การควบคุมผักอัตโนมัติที่กำหนดไว้ล่วงหน้า ดังตารางที่ 1 เพื่อทำการควบคุมโรงเรือนอัตโนมัติต่อไป

4. บทสรุป

ระบบโรงเรือนผักไฮโดรโปนิคส์อัตโนมัติ ใช้หลักการวิเคราะห์การเจริญเติบโตของผักด้วยเครื่องมือ Inter TensorFlow Deep Learning ที่ติดตั้งอยู่บน AWS Cloud แล้วสั่งการให้โรงเรือนทำงานโดยอัตโนมัติตามระยะการเติบโตของผัก โดยแบ่งประเภทของผักออกเป็น 3 ระยะ คือ Small Medium และ Large class จากผลการทดลองพบว่า สามารถแยกผักออกเป็น 3 ระยะ ได้ แต่ยังมีปัญหาถ้าแสงจากภาพถ่ายไม่คมชัดพอ เป็นผลให้ไม่สามารถแยกประเภทผักได้

แนวทางพัฒนาต่อไปคือใช้ชุดข้อมูลในการทำโมเดลมากขึ้น และทดสอบความแม่นยำในการควบคุมอัตโนมัติ

เอกสารอ้างอิง

- [1] J. Gubbi, R. Buyya, S. Marusic, and M. Palaniswami, "Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions," *Future Gener. Comput. Syst.*, vol. 29, no. 7, pp. 1645-1660, September 2013.
- [2] L. Atzori, A. Iera, and G. Morabito, "The Internet of Things: A survey," *Comput. Netw.*, vol. 54, no. 15, pp. 2787-2805, October 2010.
- [3] D. C. Marinescu. *Cloud Computing: Theory and Practice* 1st ed. CA: Morgan Kaufmann Publishers Inc.
- [4] "Amazon Web Services" [Online]. Available: <https://aws.amazon.com/documentation/html>. [Accessed Jan. 20, 2017].

- [5] A. Krizhevsky I. Sutskever and G. E. Hinton, “Imagenet classification with deep convolutional neural networks”, In NIPS, vol. 1, pp. 4, 2012.
- [6] Y. Jia, E. Shelhamer, J. Donahue, S. Karayev, J. Long, R. Girshick, S. Guadarrama, and T. Darrell, “Caffe: Convolutional Architecture for Fast Feature Embedding,” In Proceedings of the 22nd ACM international conference on Multimedia (MM '14), NY, USA, pp. 675-678.
- [7] “Intel Deep learning tool” [Online]. Available: <https://software.intel.com/en-us/ai-academy/tools>. [Accessed March 10, 2018].

การพัฒนาระบบเฝ้าระวังและแจ้งเตือนแบบทันทีสำหรับโครงสร้างสะพาน Development of Real-Time Monitoring and Warning System for Bridge Structure

อิทธิพงษ์ เขมะเพชร

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย

Received: December 11, 2018; Revised: December 23, 2017; Accepted: December 24, 2018; Published: December 25, 2018

ABSTRACT – Engineering structure has been regarded as one of the physical aspects of societal and civil development and evolution. It also impacts life quality and safety of the civilian. Proper inspection and detection are thus crucial both during regular and unsafe events. A real-time monitoring and warning system for bridge structure (SPAN NeTwork – SPANNeT) has been developed and described in this paper. SPANNeT applies wireless sensor network, real-time and decentralized stream processing and weighted attack graph (WAG) based upon the measured bending strain. Major contributions include an effective, accurate and energy-aware data communication and real-time monitoring and warning mechanisms for existing bridge structures. SPANNeT has been tested and evaluated by means of computer-based simulation and on-site levels. According to the measurements, the reported strains are within the scale of 10 microstrains and the observed maximum values are 25 to 30 microstrains during normal operation. Given protocol provides at least 90% of data communication reliability. SPANNeT is capable of real-time data report, monitoring and warning efficiently conforming to the predefined thresholds which can be adjusted regarding user's requirements and structural engineering characteristics.

KEY WORDS -- Wireless sensor network; structural health monitoring system; data stream processing; weighted attack graph; real-time monitoring and warning

บทคัดย่อ -- โครงสร้างทางวิศวกรรมเป็นพื้นฐานทางกายภาพที่สำคัญต่อชุมชนและสังคม ทั้งยังส่งผลกระทบต่อคุณภาพชีวิต สวัสดิภาพ และความปลอดภัยของประชาชน ดังนั้น การเฝ้าระวังหรือตรวจสอบสภาพการใช้งานของโครงสร้างทางวิศวกรรม ทั้งในสภาวะการใช้งานตามปกติและเมื่อเกิดภัยพิบัติ ระบบเฝ้าระวังและแจ้งเตือนแบบทันทีสำหรับโครงสร้างสะพานได้ถูกพัฒนาขึ้น เพื่อตรวจสอบสภาพการใช้งานของโครงสร้างสะพานโดยการพิจารณาถึงค่าความเครียดตัดที่ตรวจวัดได้จากผลการทดสอบที่ได้ทั้งในระดับห้องปฏิบัติการด้วยเครื่องมือทางคอมพิวเตอร์ และโครงสร้างจริง พบว่าค่าความเครียดที่วัดได้ในช่วงเวลาปกติอยู่ในระดับ 10 ไมโครสเตรน และมีค่าสูงสุดอยู่ในช่วง 25 ถึง 30 ไมโครสเตรน ชุดโปรแกรมที่มาพร้อมกับชุดอุปกรณ์เฝ้าวัดความเครียดให้ค่าความน่าเชื่อถือของการสื่อสารข้อมูลตั้งแต่ร้อยละ 90 ระบบสามารถรายงานผล เฝ้าระวัง และแจ้งเตือนแบบทันทีได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ สอดคล้องกับค่าขีดแบ่งซึ่งสามารถปรับเปลี่ยนได้ตามความต้องการของผู้ใช้และลักษณะทางวิศวกรรมของโครงสร้าง

คำสำคัญ – เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย; ระบบตรวจสอบสภาพโครงสร้าง; การประมวลผลกระแสข้อมูล; กราฟการโจมตีแบบถ่วงน้ำหนัก; การเฝ้าระวังและแจ้งเตือนแบบทันที

1. บทนำ

โครงสร้างทางวิศวกรรมมีความสำคัญต่อชุมชนและสังคม ทั้งยังส่งผลกระทบต่อคุณภาพชีวิต สวัสดิภาพ และความปลอดภัยของประชาชน รวมถึงต้องการการลงทุนสูงทั้งในการก่อสร้าง [1] และการบำรุงรักษาให้อยู่ในสภาพที่ใช้งานได้และปลอดภัย [2] นอกเหนือจากแรงกระทำเนื่องจากน้ำหนักของตัวโครงสร้าง และน้ำหนักจร (เช่น น้ำหนักจากคน และยานพาหนะ) แล้ว โครงสร้างยังได้รับผลกระทบโดยตรงจากภัยพิบัติและสภาพแวดล้อม ซึ่งในปัจจุบันมีการรายงานข่าวการสูญเสียต่อชีวิตและทรัพย์สินจากการวิบัติของโครงสร้างฯ ในประเทศอย่างต่อเนื่อง โดยมีสาเหตุหลักมาจากความประมาทและผิดพลาดของมนุษย์ [3] และจากภัยพิบัติทางธรรมชาติ [4] ดังนั้น จึงควรมีการพัฒนากระบวนการตรวจสอบสภาพการใช้งานของโครงสร้างทางวิศวกรรมขึ้น โดยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีด้านคอมพิวเตอร์ เช่น การประมวลผล และการสื่อสารข้อมูล ร่วมกับเครื่องมือตรวจวัดที่มีจำหน่ายในท้องตลาด สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในสภาพแวดล้อมจริงได้ โดยการต่อยอดและบูรณาการเทคนิคต่าง ๆ เข้าด้วยกัน

เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย (Wireless sensor network) ซึ่งเป็นระบบเครือข่ายที่ประกอบไปด้วยเซ็นเซอร์ซึ่งทำหน้าที่ตรวจวัดและเก็บข้อมูลจากตำแหน่งที่สนใจภายใต้สภาพการใช้งานที่เป็นมิตรหรืออันตราย และสถานีฐาน (Base station) ซึ่งเป็นตัวรับและประมวลผลข้อมูล เชื่อมต่อและติดต่อสื่อสารกันแบบไร้สาย สามารถดำเนินงานแบบอัตโนมัติ ได้รับความสนใจและถูกนำมาประยุกต์ใช้เพิ่มมากขึ้นทั้งในด้านการตรวจสอบข้อมูลและสภาพทางสิ่งแวดล้อม สุขภาพ ความปลอดภัย ความมั่นคงทางการทหาร รวมถึงสภาพการใช้งานของโครงสร้างทางวิศวกรรม อย่างไรก็ตาม ข้อจำกัดด้านพลังงานและทรัพยากรเป็นสิ่งต้องพึงตระหนักในการประยุกต์ใช้เครือข่ายดังกล่าว ซึ่งมีผลงานวิจัยเป็นจำนวนมากที่ได้พัฒนามาตรฐานของการสื่อสารข้อมูล หรือโพรโทคอลแบบประหยัดพลังงาน แต่ยังขาดการวิจัยเชิงประยุกต์ด้านการจัดการหรือประมวลผลกระแสข้อมูลที่ได้จากเซ็นเซอร์แบบทันที (Real-time data stream processing) ซึ่งมีปริมาณมากและเกิดแบบต่อเนื่องในช่วงที่เกิดภัยพิบัติต่อโครงสร้าง

บทความนี้จะได้กล่าวถึงการพัฒนาแบบฝังและแจ้งเตือนแบบทันทีสำหรับโครงสร้างทางวิศวกรรม (SPANNeT) โดยการประยุกต์ใช้เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย

เทคนิคการประมวลผลกระแสข้อมูลแบบทันที และกราฟการโจมตีแบบถ่วงน้ำหนัก รวมถึงการประยุกต์ใช้งานเกจวัดความเครียด (Strain gauge) ซึ่งมีจำหน่ายในท้องตลาด และสามารถรายงานค่าการเสียรูปของชิ้นส่วนโครงสร้างอันเนื่องมาจากแรงกระทำ และสามารถบ่งชี้ถึงโอกาสในการเกิดความเสียหายในระดับชิ้นส่วนได้

โครงสร้างทางวิศวกรรมมีหลากหลายประเภทตามการใช้งาน เช่น เชื้อเพลิง อาคาร และสะพาน โครงการวิจัยนี้เน้นการพัฒนาสำหรับโครงสร้างสะพาน ซึ่งได้รับผลกระทบจากแรงกระทำในแนวดิ่งได้แก่ น้ำหนักของตัวโครงสร้างเอง แรงกระทำจากยานพาหนะ และแรงกระทำด้านข้าง เช่น แรงลมแรงแผ่นดินไหว และแรงจากกระแสน้ำ สะพานมีความแข็งแกร่ง (Stiffness) น้อยกว่าอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กซึ่งมีอายุการใช้งานนานกว่า และได้รับผลจากแรงกระทำน้อยกว่า นอกจากนี้ ระบบ SPANNeT ได้ถูกทดสอบและประเมินผลทั้งในระดับห้องปฏิบัติการ และโครงสร้างทางยกระดับบริเวณแยกสาธุประดิษฐ์ ซึ่งอยู่ภายใต้การดูแลของการทางพิเศษแห่งประเทศไทย ดังแสดงในรูปที่ 1

เนื้อหาส่วนที่เหลือประกอบไปด้วย หัวข้อที่ 2 กล่าวถึงการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับระบบการตรวจสอบสภาพการใช้งานของโครงสร้างทางวิศวกรรม หัวข้อที่ 3 กล่าวถึงการจำลองโครงสร้างสะพานสำหรับการวิเคราะห์และพัฒนาระบบ หัวข้อที่ 4 กล่าวถึงการพัฒนาค้นแบบของระบบ SPANNeT ซึ่งประกอบไปด้วยอุปกรณ์ สถาปัตยกรรมของระบบ และเทคโนโลยีที่ใช้ รายละเอียดของการทดสอบระบบทั้งในระดับห้องปฏิบัติการและสภาพแวดล้อมจริง และบทสรุปแสดงไว้ในหัวข้อที่ 5 และ 6 ตามลำดับ



รูปที่ 1. ช่วงของทางยกระดับที่พิจารณาในการวิเคราะห์และทดสอบระบบ

2. การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

ความเสียหายหรือการวิบัติของโครงสร้างทางวิศวกรรมมีผลกระทบต่อความปลอดภัยและชีวิตของประชาชน การศึกษารวบรวม และวิเคราะห์ถึงสาเหตุของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในอดีตเป็นวิธีการหนึ่งในการป้องกันและแก้ไขไม่ให้เกิดเหตุการณ์ซ้ำรอยในอนาคต จากการศึกษาสาเหตุของความเสียหายหรือการวิบัติของโครงสร้างสะพานเหล็กที่เกิดขึ้นตั้งแต่ก่อนปี ค.ศ. 1900 พบว่า ภัยธรรมชาติเป็นสาเหตุหลักและมีสัดส่วนเพิ่มขึ้นโดยตลอด เช่นเดียวกับอุบัติเหตุ ในขณะที่ผลจากการขาดความรู้ และความผิดพลาดในการออกแบบ มีแนวโน้มลดลงและคงที่ ตามลำดับ [5]

การประยุกต์ใช้เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายสำหรับงานด้านการตรวจสอบสภาพการใช้งานของโครงสร้างทางวิศวกรรมได้รับคสามสนใจมากขึ้น อย่างไรก็ตาม ประเด็นปัญหาสำคัญประการหนึ่งของการประยุกต์ใช้เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายคือความน่าเชื่อถือของระบบ (Reliability) ซึ่งประเด็นปัญหาดังกล่าวสามารถสะท้อนผ่านอัตราความสำเร็จในการรับส่งข้อมูลภายใต้ความไม่แน่นอนของการแพร่สัญญาณวิทยุ ความถี่ในการสื่อสารข้อมูล จำนวนโหนด (Node) ที่พร้อมใช้งาน [6] รวมไปถึงจำนวนของการส่งผ่านข้อมูลระหว่างโหนดที่อยู่ติดกันหรือการสื่อสารสื่อสารข้อมูลแบบหลายทอด (Multi-hop) รูปแบบการสื่อสารข้อมูลดังกล่าวสามารถจัดข้อจำกัดด้านระยะทางที่สัญญาณสามารถแพร่ออกไปได้ แต่อาจก่อให้เกิดปัญหาใหม่เกี่ยวข้องกับการจราจรของข้อมูลปริมาณมาก จากการศึกษาพบว่า การสื่อสารข้อมูลแบบทอดเดียว (Single-hop) ซึ่งเซ็นเซอร์สามารถส่งข้อมูลให้กับสถานีฐานได้โดยตรง สามารถประหยัดพลังงานในการส่งข้อมูลสูงสุดกว่าร้อยละ 50 และมีความน่าเชื่อถือของระบบกว่าร้อยละ 99.97 [7] นอกจากนี้ จากการวิเคราะห์ผลการทดสอบจากงานวิจัยที่ผ่านมา พบว่าระยะทางที่สัญญาณสามารถแพร่ออกไปได้ภายใต้สภาพแวดล้อมในร่ม (Indoor) และกลางแจ้ง (Outdoor) มีค่าประมาณ 100 และ 400 เมตรตามลำดับ หากเซ็นเซอร์ส่งข้อมูลด้วยกำลังสูงสุด [8] นอกจากนี้ ระบบที่มีอยู่ในปัจจุบันโดยส่วนใหญ่ประยุกต์ใช้กระบวนการตรวจสอบความเสียหายของโครงสร้างที่จำเป็นต้องจัดเก็บข้อมูลที่ได้จากเซ็นเซอร์แบบอนุกรมเวลาทั้งหมดลงในแหล่งเก็บข้อมูลถาวรก่อนการวิเคราะห์ความเสียหายหรือประมวลผลข้อมูล ซึ่งรูปแบบการจัดเก็บข้อมูลดังกล่าว ส่งผลให้ระบบมีข้อจำกัดในการ

ประมวลผลและแสดงผลลัพท์แบบทันที (Real-time responses) ซึ่งเป็นคุณลักษณะที่สำคัญต่อการตอบสนองอย่างทันทีทันใดในกรณีที่มีภัยพิบัติเกิดขึ้น นอกจากนั้นการจัดเก็บข้อมูลที่ได้จากการอ่านค่าของเซ็นเซอร์ทั้งหมด ยังอาจส่งผลให้เกิดปัญหาพื้นที่หน่วยความจำที่ใช้ในแหล่งเก็บข้อมูลไม่เพียงพออีกด้วย [9] อีกทั้งเทคนิคการประมวลผลควรมีกลไกการทำงานแบบ “On-the-fly” กล่าวคือไม่จำเป็นต้องจัดเก็บข้อมูลทั้งหมดในขณะที่ประมวลผล เพื่อแก้ไขปัญหาพื้นที่หน่วยความจำที่ใช้ในแหล่งเก็บข้อมูลไม่เพียงพอและสนับสนุนการบริหารหน่วยความจำอย่างมีประสิทธิภาพ [10]

ระบบตรวจสอบสภาพการใช้งานของโครงสร้างทางวิศวกรรมได้ถูกพัฒนาขึ้น พร้อมทั้งได้รับการทดสอบ และประเมินผลการทำงานในสภาพแวดล้อมจริง เช่น สะพานโกลเดนเกต ประเทศสหรัฐอเมริกา [11] และสะพานจินโด ประเทศเกาหลีใต้ [12] ทั้งนี้ ในโครงการพัฒนาระบบเฝ้าระวังโครงสร้างสะพานโกลเดนเกตนั้นถือได้ว่าเป็นระบบตรวจสอบสภาพการใช้งานของโครงสร้างแบบรวมศูนย์ โดยแต่ละโหนดของเซ็นเซอร์ที่ติดตั้งอยู่กับโครงสร้างสะพาน จะรวบรวมข้อมูลการสั่นสะเทือน พร้อมกับการส่งต่อข้อมูลดังกล่าวไปที่สถานีฐานซึ่งอยู่ ณ จุดศูนย์กลางเพื่อวิเคราะห์และประมวลผลกระบวนการวิเคราะห์ความเสียหายของโครงสร้าง นอกจากนี้ยังสนับสนุนการส่งคำสั่งระยะไกล เพื่อควบคุมการทำงานของเซ็นเซอร์ ด้วยเทคนิควิธีการดังกล่าวทำให้การตรวจสอบข้อมูลของเซ็นเซอร์ถูกควบคุมให้กระทำได้อย่างถูกต้องมากยิ่งขึ้นรวมทั้งระบบที่พัฒนาขึ้นในโครงการนี้สามารถเปลี่ยนแปลงตัวแปรหรือวิธีการดำเนินการของระบบได้อย่างทันทีทันใด [11] ในขณะที่ระบบตรวจสอบสภาพโครงสร้างสะพานจินโด เป็นโครงการวิจัยล่าสุดที่พัฒนาระบบตรวจสอบสภาพการใช้งานโครงสร้าง แบบแยกศูนย์ โครงการนี้เกิดจากความร่วมมือของหน่วยงานวิจัยจากสามประเทศ ได้แก่ สหรัฐอเมริกา ญี่ปุ่น และสาธารณรัฐเกาหลี โดยร่วมกันพัฒนาระบบตรวจสอบสภาพการใช้งานโครงสร้างที่มีโครงข่ายขนาดใหญ่ที่สุดในโลก ประกอบด้วยการใช้งานโหนดของเซ็นเซอร์ซึ่งอยู่บนพื้นฐานของแพลตฟอร์ม iMote 2 จำนวน 113 ตัว ภายในโหนดประกอบด้วยเซ็นเซอร์หลากหลายประเภท อาทิเช่น เซ็นเซอร์ตรวจวัดความเร่ง อุณหภูมิ ความชื้น และความเร็วลม รวมถึงซอฟต์แวร์กระบวนการวิเคราะห์โครงสร้างที่ถูกออกแบบและพัฒนาขึ้นบนพื้นฐานของสถาปัตยกรรมเชิงบริการ [12]

3. การจำลองโครงสร้างสะพาน

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการพัฒนาระบบเฝ้าระวังและแจ้งเตือนแบบทันทีสำหรับโครงสร้างสะพาน โดยกลไกการแจ้งเตือนนั้นขึ้นอยู่กับค่าขีดแบ่งที่สอดคล้องกับคุณสมบัติทางวิศวกรรมและพฤติกรรมที่เกิดจากการรับแรงกระทำ ในหัวข้อนี้จะได้กล่าวถึงรายละเอียดของการจำลองโครงสร้างทางยกระดับบริเวณแยกสาธุประดิษฐ์ ซึ่งอยู่ภายใต้การดูแลของการทางพิเศษแห่งประเทศไทย เพื่อนำผลลัพธ์ที่ได้ไปพิจารณาคำแนะนำการคิดเซ็นเซอร์ และกำหนดค่าขีดแบ่ง โดยพิจารณาพร้อมกับมาตรฐานการออกแบบทางวิศวกรรมร่วมด้วย

3.1 สาระสำคัญของโครงสร้าง

การประยุกต์ใช้ระบบเฝ้าระวังและแจ้งเตือนสำหรับโครงสร้างทางวิศวกรรมมีความสำคัญและส่งผลกระทบต่อความปลอดภัยในการเกิดความเสี่ยงและการวิบัติของโครงสร้างสำหรับในประเทศไทยนั้น ได้มีการนำระบบดังกล่าวมาใช้เฉพาะกับโครงสร้างที่มีขนาดใหญ่ เช่น สะพานพระราม 8 ซึ่งอยู่ภายใต้ความดูแลของกรุงเทพมหานคร และได้ติดตั้งระบบในช่วงที่มีการก่อสร้าง งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการพัฒนาระบบที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับโครงสร้างสะพานที่ก่อสร้างแล้วเสร็จ โดยได้รับความอนุเคราะห์จากการทางพิเศษแห่งประเทศไทย ซึ่งดูแลรับผิดชอบสะพานข้ามแม่น้ำเจ้าพระยา ได้แก่ สะพานพระราม 9 และทางยกระดับหลายแห่ง ซึ่งได้รับคำแนะนำและอนุญาตให้ดำเนินการ ณ โครงสร้างทางยกระดับช่วงบริเวณข้ามแยกสาธุประดิษฐ์ ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของทางพิเศษเฉลิมมหานคร (ระบบทางด่วนขั้นที่ 1) สายดาวคะนอง – ท่าเรือ โดยทางยกระดับดังกล่าวเป็นโครงสร้างประเภทคอนกรีตที่มีการเสริมเหล็กหรือลวดอัดแรงเพื่อเพิ่มความสามารถในการรับแรงกระทำจากภายนอก เปิดใช้งานมาแล้ว 20 ปี ดังรายละเอียดที่ให้ไว้ในตารางที่ 1

จากตารางที่ 1 พบว่า ทางยกระดับ บริเวณข้ามแยกสาธุประดิษฐ์ เป็นโครงสร้างประเภทคอนกรีตที่มีการเสริมเหล็กหรือลวดอัดแรงเพื่อเพิ่มความสามารถในการรับแรงกระทำจากภายนอก ประกอบไปด้วยองค์อาคาร (Member) หลัก ได้แก่ คานสะพาน (Girder) ซึ่งรับน้ำหนักจากผิวจราจร ไดอะแฟรม (Diaphragm) ซึ่งเป็นที่รองรับและค้ำคานสะพานในแนวนราบ และเสา (Column) ซึ่งถ่ายน้ำหนักจากคานสู่ฐานราก รูปที่ 2 แสดงโครงสร้างของทางยกระดับ



รูปที่ 2. โครงสร้างของทางยกระดับบริเวณข้ามแยกสาธุประดิษฐ์

ตารางที่ 1. สาระสำคัญของทางยกระดับบริเวณข้ามแยกสาธุประดิษฐ์

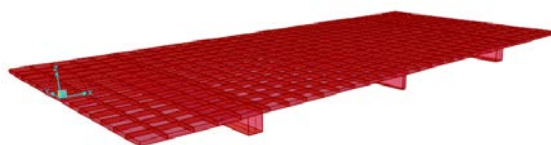
หัวข้อ	คำอธิบาย
1. ตำแหน่ง	อยู่ในเขตพระนคร บริเวณแยกสาธุประดิษฐ์
2. ประเภทของโครงสร้างหลัก	คอนกรีตเสริมเหล็ก และคอนกรีตอัดแรง
3. ความยาวของช่วงสะพาน (Span)	30 เมตร (วัดจากกึ่งกลางเสา) หรือ 20 เมตร (Clear span)
4. จำนวนคานสะพาน (Girder) ต่อทิศทางจราจร	7 ตัว
5. ระยะห่างระหว่างคานสะพาน	1.975 เมตร (วัดจากกึ่งกลางคาน)
6. คุณลักษณะของคานสะพาน (Girder)	- หน้าตัดรูปตัว I (ยกเว้นบริเวณปลายคานทั้งสองข้าง) - ความลึก 1.15 เมตร - คอนกรีตอัดแรง - มีทั้งหมด 6 แบบ (แบ่งตามการจัดวางและจำนวนของลวดอัดแรง)
7. คุณลักษณะของ	- หน้าตัดรูปตัว I (ยกเว้นบริเวณ

หัวข้อ	คำอธิบาย
ไดอะแฟรม (Diaphragm)	ปลายคานทั้งสองข้าง) - ความลึก 1.33 เมตร (อย่างน้อย) - ขึ้นส่วนหล่อสำเร็จรูป - ทั้งหมด 3 ตัวต่อความยาวช่วงสะพาน (ปลาย 2 ตัว และกึ่งกลาง 1 ตัว)
8. คุณลักษณะของเสา (Column)	- หน้าตัดรูป 8 เหลี่ยมทั้งหมด 6 แบบ - คอนกรีตเสริมเหล็ก - ความสูงตั้งแต่ 2 – 12.50 เมตร

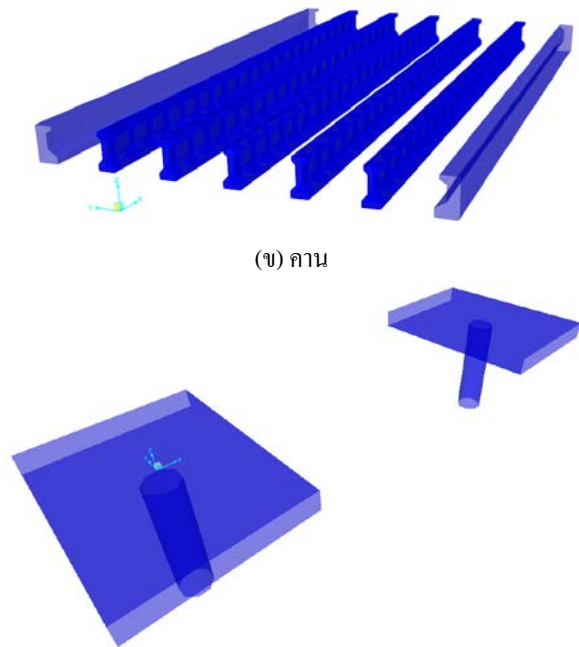
3.2 การจำลองชิ้นส่วนของโครงสร้าง

งานวิจัยนี้ได้ประยุกต์กระบวนการสร้างและวิเคราะห์แบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite element) โดยการแบ่งองค์อาคารออกเป็นชิ้นส่วนย่อย ๆ ประกอบกันด้วยโปรแกรม CSiBridge 2014 รุ่น 16.1.0 [13] ซึ่งวางจำหน่ายในช่วงเดือนมกราคม 2557 รวมถึงการรวมน้ำหนักบรรทุกตามมาตรฐานของ AASHTO [14] ซึ่งโปรแกรมดังกล่าวได้ถูกพัฒนาขึ้นสำหรับโครงสร้างสะพานโดยเฉพาะทั้งนี้ การพัฒนาแบบจำลองของโครงสร้างเริ่มต้นจากการสร้างแบบจำลองของชิ้นส่วนย่อย ได้แก่ พื้น คาน และโครงสร้างส่วนล่างของอาคาร ซึ่งประกอบไปด้วยบึงสะพาน และเสา ดังแสดงในรูปที่ 3

นอกจากนี้ ได้มีการกำหนดทิศทางและความกว้างของช่องจราจรเพื่อให้แรงจากยานพาหนะสามารถกระทำต่อโครงสร้างสะพานได้โดยมีทั้งหมด 3 ช่องจราจร ความกว้างของแต่ละช่องจราจรมีค่าเท่ากับ 3,500 มิลลิเมตร



(ก) พื้น



(ข) คาน

(ค) โครงสร้างส่วนล่าง

รูปที่ 3. แบบจำลองชิ้นส่วนของโครงสร้างสะพาน

3.3 การคำนวณน้ำหนักบรรทุก

งานวิจัยนี้ประยุกต์ใช้การวิเคราะห์แรงกระทำต่อโครงสร้างตามมาตรฐาน AASHTO [14] โดยครอบคลุมแรงกระทำที่มาจากน้ำหนักบรรทุกคงที่ หรือน้ำหนักของโครงสร้าง (DL) น้ำหนักบรรทุกจรเนื่องจากยานพาหนะ (LL) น้ำหนักบรรทุกเนื่องจากลม ตามยาว (WS_X) น้ำหนักบรรทุกเนื่องจากลม ตามขวาง (WS_Y) น้ำหนักบรรทุกเนื่องจากลมกระทำต่อยานพาหนะ (WL) น้ำหนักบรรทุกเนื่องจากแผ่นดินไหว ตามยาว (QL_X) และ น้ำหนักบรรทุกเนื่องจากแผ่นดินไหว ตามขวาง (QL_Y) รวมทั้งสิ้น 10 กรณี พร้อมตัวคูณประกอบของแรง ดังแสดงในตารางที่ 2 นอกจากนี้ ในการจำลองยานพาหนะที่ให้แรงกระทำต่อโครงสร้างสะพานได้พิจารณาน้ำหนักบรรทุกในรูปแบบอื่นที่มีความเหมาะสมกับประเทศไทยตามประกาศผู้อำนวยการทางหลวงพิเศษ ทางหลวงแผ่นดินและทางหลวงสัมปทาน พ.ศ. 2548 [15] เพื่อให้ทราบค่าแรงภายในชิ้นส่วนโครงสร้างสะพานภายใต้การรับน้ำหนักบรรทุกจากรถบรรทุกที่สอดคล้องกับประเทศไทย สำหรับแรงกระทำด้านข้าง งานวิจัยนี้ใช้หน่วยแรงลมขนาด 200 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ซึ่งเป็นหน่วยแรงลมที่เกิดขึ้นในระดับความสูงที่มากกว่า 40 เมตร ของโครงสร้างทั่วไป และใช้วิธีแรงสถิตเทียบเท่าสำหรับแรงแผ่นดินไหว โดย

การคำนวณแรงเฉือนพื้นฐานอาคารและกระจายแรงไปสู่ตำแหน่งต่าง ๆ ของโครงสร้าง

ตารางที่ 2. การรณมน้ำหนักบรรทุกกระทำต่อแบบจำลองโครงสร้างสะพาน

กรณี	DL	LL	WS_X	WS_Y	WL	QL_X	QL_Y
Strength I	1.25	1.75					
Strength II	1.25	1.35					
Strength III (WS_X)	1.25		1.4				
Strength III (WS_Y)	1.25			1.4			
Strength V (WS_X)	1.25		0.4		1.0		
Strength V (WS_Y)	1.25			0.4	1.0		
Extreme I (LSP_X)	0.9	0.5				1.0	
Extreme I (LSP_Y)	0.9	0.5					1.0
Extreme I (LSP_X_0.3Y)	0.9	0.5				1.0	0.3
Extreme I (LSP_0.3X_Y)	0.9	0.5				0.3	1.0

3.4 ผลการจำลอง

หัวข้อที่ผ่านมาได้กล่าวถึงการวิเคราะห์โครงสร้างที่สนใจ การพัฒนาแบบจำลองของชิ้นส่วนย่อยของโครงสร้าง และน้ำหนักบรรทุกทั้งในแนวดิ่ง ได้แก่ น้ำหนักจากยานพาหนะ และในแนวราบ ได้แก่ แรงลม และแรงแผ่นดินไหว โดยยึดตามมาตรฐานการวิเคราะห์และออกแบบทั้งในและต่างประเทศ ในหัวข้อนี้จะได้แสดงรายละเอียดของผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองโครงสร้างที่ได้รับแรงกระทำตามที่กำหนด

การวิเคราะห์จะพิจารณาถึงผลที่เกิดขึ้นกับคาน (Girder) ทั้ง 7 ตัว (G1 ถึง G7) ซึ่งมีความยาว (Clear span) เท่ากับ 20 เมตร เนื่องจากเป็นชิ้นส่วนที่รับแรงกระทำจากทั้งยานพาหนะ และพื้นของสะพานโดยตรง รวมถึงจะเกิดการเสียดรูปจากแรงกระทำดังกล่าวซึ่งอาจนำไปสู่ความเสียหายได้ โดยในงานวิจัยนี้จะได้ติดตั้งเซ็นเซอร์ที่สามารถวัดค่าความเครียด (Strain) ที่แสดงถึงการยืดตัวหรือการหดตัว ณ บริเวณพื้นผิวของชิ้นส่วน

ค่าความเครียดสูงสุดที่วัดได้และตำแหน่งที่เกิดค่าสูงสุด โดยวัดจากตำแหน่งเริ่มต้น (ตำแหน่ง “ศูนย์”) ดังกล่าวจากการจำลองการทำงานของโครงสร้างแสดงได้ในตารางที่ 3

ตารางที่ 3. ค่าความเครียดสูงสุดที่วัดได้และตำแหน่งที่เกิดค่าสูงสุดจากการจำลองการทำงานของโครงสร้าง

คาน	ค่าความเครียดสูงสุด (ไมครอน)	ตำแหน่งที่เกิดความเครียดสูงสุด
G1	300	10
G2	350	7.5 – 12.5
G3	300	7.5 – 12.5
G4	275	10
G5	250	10
G6	225	10
G7	150	7.5 – 12.5

จากตารางที่ 3 พบว่า ค่าความเครียดคดสูงสุดเกิดขึ้นช่วงกลางสะพานกล่าวคือ $L/3$ ถึง $2L/3$ โดยค่าความเครียดคดสูงสุดของคาน G1, G4, G5 และ G6 เกิดขึ้น ณ ตำแหน่งกึ่งกลาง และ L คือ ความยาวของคาน และมีค่าเท่ากับ 20 เมตร ดังนั้น จะได้ติดตั้งเกจความเครียดที่คานสะพาน ณ ตำแหน่ง $L/3$ $L/2$ และ $2L/3$ ในขั้นตอนของการทดสอบการทำงานของระบบฯ กับโครงสร้างจริง

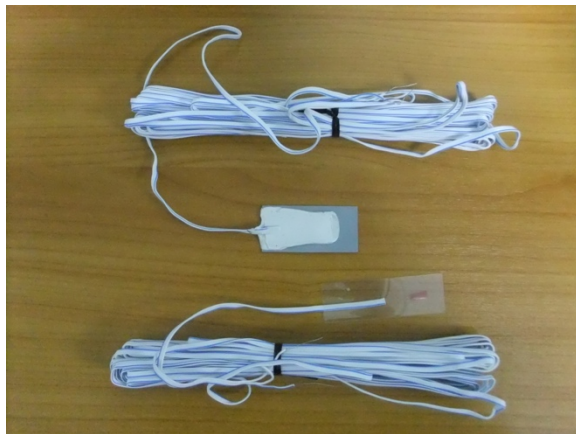
4. การพัฒนาต้นแบบของระบบ SPANNeT

หัวข้อนี้จะได้กล่าวถึงการพัฒนาต้นแบบของระบบตรวจสอบสภาพโครงสร้างทางวิศวกรรม โดยจะได้นำกล่าวถึงชุดอุปกรณ์ที่ใช้สถาปัตยกรรมของระบบ และการประยุกต์ใช้เทคนิคกราฟการโจมตีแบบถ่วงน้ำหนัก

4.1 ชุดอุปกรณ์ที่ใช้

โครงสร้างทางวิศวกรรมประกอบไปด้วยหลากหลายชิ้นส่วน (Structural member) เช่น พื้น คาน เสา และฐานราก โดยแต่ละชิ้นส่วนจะเกิดการเสียดรูปจากการรับแรงกระทำ และสามารถตรวจวัดได้จากการชุดอุปกรณ์หรือเซ็นเซอร์ ระบบ SPANNeT ใช้ชุดอุปกรณ์เกจวัดความเครียด (Strain gauge) จากบริษัท Microstrain [16] เพื่อเฝ้าระวังการเปลี่ยนรูป (Deformation) ในระดับชิ้นส่วน ซึ่งมีความยาวเกจ (Gauge length) 5 มม. ถูกพัฒนาขึ้นสำหรับการส่งข้อมูลที่วัดได้แบบไร้สาย อย่างไรก็ตามความยาวเกจขนาด 5 มม. อาจก่อให้เกิดความคลาดเคลื่อนต่อค่าความเครียดที่วัดได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อติดกับชิ้นส่วนที่ทำด้วยวัสดุที่ไม่มีความสม่ำเสมอ เช่น คอนกรีต ยกตัวอย่าง

เช่น ค่าความเครียดที่วัดได้อาจมีค่าน้อยเมื่อติดตัววัดความแรงไว้บนบริเวณพื้นผิวที่เป็นมวลรวมหยาบ ในทางตรงกันข้าม ค่าความเครียดที่วัดได้อาจมีค่ามากเมื่อติดเกจวัดความเครียดไว้บนบริเวณพื้นผิวที่เป็นซีเมนต์ (Cement) หรือมอร์ตาร์ (Mortar) เพื่อป้องกันข้อผิดพลาดดังกล่าว จึงได้ติดเกจวัดความเครียดลงบนแผ่นเหล็กที่มีความบางแทนที่การติดลงบนผิวคอนกรีตโดยตรง เพื่อเพิ่มความยาวเกจและให้ได้จำนวนค่าสัญญาณที่นำมาคำนวณผลลัพธ์ (ค่าความเครียด) ที่มีความถูกต้องมากขึ้น ดังนั้น แผ่นเหล็กขนาด 25 ซม. × 50 ซม. × 0.5 ซม. ได้ถูกนำมาใช้ และได้ติดตัววัดความขึ้นลงบนเกจวัดค่าความเครียดเพื่อป้องกันอีกชั้นหนึ่ง ดังแสดงในรูปที่ 4



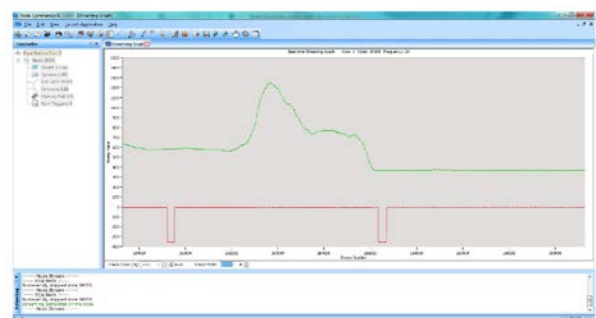
รูปที่ 4. การติดเกจวัดความเครียดลงบนแผ่นเหล็กพร้อมป้องกันความชื้น (บน) เปรียบเทียบกับเกจวัดความเครียดตามปกติ (ล่าง)

ทั้งนี้ เกจความเครียดจะถูกเชื่อมต่อเข้ากับอุปกรณ์ V-Link ซึ่งเป็นตัวรับสัญญาณค่าความเครียดที่ได้ โดยสามารถรองรับการเชื่อมต่อกับตัววัดความเครียดได้ทั้งหมด 4 ตัวเข้าด้วยกัน ค่าความเครียดที่ได้จะถูกส่งต่อไปยังสถานีฐาน (Base station) แบบไร้สาย โดยใช้ความถี่ 2.4 GHz (Giga Hertz) รวมถึงสามารถแสดงผลที่ตรวจวัดได้ผ่านทางหน้าจอเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลผ่านทางโปรแกรมคอมพิวเตอร์ประยุกต์ที่มาพร้อมกับชุดอุปกรณ์ ดังแสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 5. เกจวัดความเครียด พร้อมกับ V-Link และสถานีฐาน

นอกจากนี้ บริษัท Microstrain ได้พัฒนาชุดซอฟต์แวร์หรือโปรแกรมประยุกต์ที่มีชื่อว่า “Node Commander” ซึ่งสนับสนุนการทำงานหลักของเครือข่ายเซ็นเซอร์ เช่น การเชื่อมต่ออุปกรณ์ V-Link เข้ากับสถานีฐานที่เชื่อมต่อเข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล การรายงานผลข้อมูลที่ตรวจวัดได้ และการตั้งค่าที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินการ ทั้งนี้ โปรแกรม “Node Commander” ได้ถูกพัฒนาขึ้นสำหรับการทำงานบนแพลตฟอร์มของระบบปฏิบัติการวินโดวส์ (Windows) ดังแสดงในรูปที่ 6



รูปที่ 6. หน้าจอของโปรแกรมประยุกต์ “Node Commander”

4.2 การออกแบบเชิงตรรกะของระบบ

การพัฒนาต้นแบบของระบบตรวจสอบสภาพการใช้งานของโครงสร้างสะพานในงานวิจัยนี้ ได้มีการประยุกต์ใช้เทคนิคการประมวลผลกระแสข้อมูลและกราฟการโจมตีแบบถ่วงน้ำหนักเพื่อสนับสนุนการวิเคราะห์ความเสียหายและสภาพของโครงสร้างแบบทันที รวมทั้งสนับสนุนการประมวลผลใน

ลักษณะ “On-the-fly” กล่าวคือ ระบบจะประมวลผลข้อมูลที่ตรวจวัดจากเซ็นเซอร์โดยอัตโนมัติ และปรับเปลี่ยนค่าตัวแปรที่มีส่วนสำคัญในการประมวลผลแบบพลวัต โดยไม่มีการจัดเก็บข้อมูลในพื้นที่หน่วยความจำอย่างถาวร

ต้นแบบของระบบ สามารถแบ่งออกเป็นระบบงานย่อยได้ 3 ส่วนหลัก ได้แก่ 1) ระบบย่อยส่วนการสร้างข้อมูลซึ่งจำลองการส่งกระแสข้อมูลเข้าสู่ระบบ (Stream generator) 2) กลุ่มของส่วนการประมวลผลกระแสข้อมูล (Set of stream processing units) และ 3) โปรแกรมประยุกต์สำหรับการเฝ้าระวังสภาพของโครงสร้าง (Structural Health Monitoring Application – SHM application) โดยในการทำงาน Stream generator จะทำหน้าที่จำลองการตรวจวัดค่าข้อมูลของเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย ซึ่งประกอบด้วย ค่าความเครียด (Strain) และค่าความเร่งที่ตรวจวัดได้จากโครงสร้างสะพาน (Acceleration) สำหรับการพัฒนาคออดระบบในอนาคต ข้อมูลจากเครือข่ายเซ็นเซอร์ทั้งสองประเภทจะถูกส่งเข้าสู่ระบบในลักษณะของกระแสข้อมูล จากนั้น ส่วนการประมวลผลกระแสข้อมูลจะนำกระแสข้อมูลดังกล่าวมาประมวลผล ตัวดำเนินการกระแสข้อมูลหลายประเภท อาทิเช่น Stream query filters, Stream aggregation และ Pattern matching ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในแต่ละส่วนการประมวลผลกระแสข้อมูล เพื่อให้ระบบสามารถวิเคราะห์และประมวลผลกระแสข้อมูลได้อย่างทันกาลและมีประสิทธิภาพ ในท้ายที่สุด SHM application จะเป็นส่วนของระบบที่มีหน้าที่ในการนำผลลัพธ์การประมวลผลแบบทันกาลแสดงผลต่อผู้ใช้ของระบบ

4.3 เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาระบบ

การเลือกใช้เครื่องมือสำหรับการพัฒนาระบบ SPANNeT อยู่บนพื้นฐานของแนวคิดการประมวลผลแบบแยกศูนย์และระบบแบบกระจาย ทั้งนี้เพื่อสนับสนุนการทำงานบนแพลตฟอร์มที่หลากหลาย ภาษาโปรแกรมจาวา (Java) จึงถูกเลือกให้เป็นภาษาโปรแกรมหลักในการพัฒนาระบบ เนื่องจากสามารถทำงานได้บนระบบปฏิบัติการที่แตกต่างกัน ประเด็นความยืดหยุ่นของระบบเป็นอีกหนึ่งประเด็นที่มีความสำคัญด้วยเหตุนี้ Apache ActiveMQ จึงถูกนำมาใช้ในโครงการสำหรับเป็นซอฟต์แวร์ตัวกลางที่ใช้ในการรับหรือส่งข้อมูล Message Oriented Middleware – MOM) ของระบบ ActiveMQ มีคุณสมบัติในการรองรับโพรโทคอลสื่อสาร (Transport

protocol) แบบ Point-to-point และแบบ Streaming data อีกทั้งยังมีคุณสมบัติในการขยายขีดความสามารถของระบบเพื่อรองรับกับปริมาณข้อมูลหรือกระแสข้อมูลที่เพิ่มมากขึ้นซึ่งคุณสมบัติดังกล่าวช่วยเพิ่มประสิทธิภาพและความยืดหยุ่นในการทำงานของระบบ

ในส่วนของโพรโทคอลสื่อสาร Java Messaging Server (JMS) ถูกเลือกใช้เป็นโพรโทคอลในการรับหรือส่งข้อมูลภายในต้นแบบของระบบ จุดเด่นของ JMS คือ การสนับสนุนการส่งข้อมูลแบบ Streaming data โดยมีกลไกการรับประกันลำดับในการส่งและรับตัวข้อมูล (Order preserving) ส่งผลให้ JMS มีความสามารถตรงกับความต้องการของระบบ ซึ่งจำเป็นต้องวิเคราะห์และประมวลผลกระแสข้อมูลได้อย่างรวดเร็วและทันกาลโดยการันตีลำดับของข้อมูล นอกจากนี้ ด้วยการทำงานภายในของระบบ ซึ่งประกอบด้วยส่วนการประมวลผลกระแสข้อมูล ซึ่งถูกออกแบบให้ทำงานในลักษณะที่สอดคล้องกับความต้องการของระบบประมวลผลกระแสข้อมูลโดยเฉพาะ ดังนั้น Esper (Stream processing engine) จึงได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาระบบ Esper มีคุณสมบัติในการประมวลผลแบบพลวัต (Dynamic processing) และการสืบค้นกระแสข้อมูลแบบต่อเนื่อง (Continuous stream queries) อีกทั้ง Esper ยังจัดเตรียมตัวดำเนินการกระแสข้อมูล ทั้งในรูปแบบที่อยู่บนพื้นฐานของลำดับข้อมูล (Order based operations) และที่อยู่บนพื้นฐานของเวลาการประมวลผล (Time based operations) ดังนั้น Esper จึงสามารถสนับสนุนการประมวลผลกระแสข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพและสอดคล้องต่อความต้องการได้เป็นอย่างดี

รายการซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการพัฒนาระบบ SPANNeT มีดังต่อไปนี้

- Java SE Development Kit 7
- Apache ActiveMQ 5.x.x
- Esper - Stream processing engine
- MySQL Database 5.x.x

4.4 สถาปัตยกรรมของระบบ

โครงสร้างสถาปัตยกรรมของระบบ SPANNeT สามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ส่วนงานหลัก โดยแต่ละส่วนงานสามารถอธิบาย

บทบาทหรือหน้าที่ความรับผิดชอบภายในกระบวนการทำงานของระบบได้ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

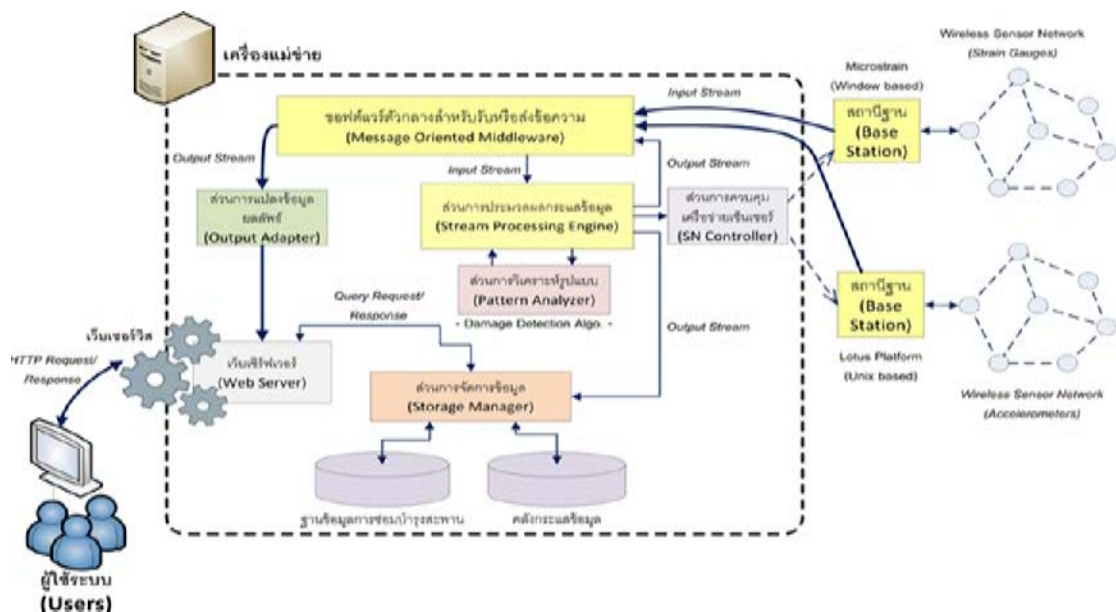
- เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย มีหน้าที่ตรวจวัดข้อมูลของโครงสร้าง สนับสนุนการรับส่งข้อมูลระหว่างเซ็นเซอร์และสถานีฐาน โดยในงานวิจัยนี้ได้ใช้เกจวัดความเครียดในการเฝ้าระวังการเสียรูปของชิ้นส่วน หรือ คาน ของโครงสร้างสะพาน และได้พิจารณาถึงการพัฒนาค่ายออกระบบในอนาคตโดยการประยุกต์ใช้ตัววัดความเร่งซึ่งสะท้อนถึงการเคลื่อนไหวของโครงสร้างอันเนื่องมาจากแรงกระทำในระหว่างการออกแบบและพัฒนาระบบ
- สถานีฐาน มีหน้าที่เป็นตัวกลางในการรับข้อมูลจากเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย โดยสถานีฐานจะรวบรวมกระแสข้อมูลที่ตรวจวัดได้จากเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายเพื่อส่งต่อไปประมวลผลยังระบบประมวลผลกระแสข้อมูลต่อไป
- ระบบประมวลผลกระแสข้อมูล นับเป็นส่วนงานหลักที่ถูกติดตั้งอยู่บนเครื่องแม่ข่าย มีหน้าที่ประมวลผลกระแสข้อมูลและแสดงผลลัพท์การประมวลผลหรือการวิเคราะห์ข้อมูลแบบทันที โดยไม่จัดเก็บข้อมูลลงในแหล่งเก็บข้อมูลถาวร รวมถึงขั้นตอนวิธีสำหรับตรวจจับความเสียหายของโครงสร้างสะพาน ซึ่งมีหน้าที่ตรวจสอบสภาพการ

ใช้งานของโครงสร้างของระบบ เว็บเซิร์ฟวิส ทำหน้าที่เสมือนส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ โดยมีหน้าที่ที่สำคัญคือ เป็นผู้กำหนดทางผ่านเข้าออกของข้อมูลระหว่างโปรแกรมประยุกต์กับระบบตรวจสอบสภาพการใช้งานของโครงสร้าง

- โปรแกรมประยุกต์สำหรับการเฝ้าระวังสภาพของโครงสร้าง มีหน้าที่หลักในการแสดงผลข้อมูลที่ตรวจวัดได้จากเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย โดยผู้ใช้สามารถเรียกดูข้อมูลได้แบบทันที

โครงสร้างสถาปัตยกรรมซอฟต์แวร์ของระบบสามารถแสดงรายละเอียดดังรูปที่ 7

สถานีฐานทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการสื่อสารข้อมูลระหว่างเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายกับระบบประมวลผลกระแสข้อมูลที่ติดตั้งอยู่บนเครื่องแม่ข่าย อีกทั้งยังทำหน้าที่ในการส่งต่อกระแสข้อมูลที่ตรวจวัดได้ ไปประมวลผลยังระบบประมวลผลกระแสข้อมูล ซึ่งประกอบไปด้วยส่วนการประมวลผลย่อย โดยแต่ละส่วนทำหน้าที่แตกต่างกันออกไป ทั้งนี้ขั้นตอนการทำงานเริ่มต้นด้วยการส่งกระแสข้อมูลที่ตรวจวัดได้จากเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายมายังระบบผ่านทางสถานีฐาน โดยมีซอฟต์แวร์ตัวกลางสำหรับการรับหรือส่งข้อความ ที่ทำหน้าที่ในการรับกระแสข้อมูลนำเข้า จากนั้นกระแสข้อมูลนำเข้าจะถูกส่งต่อมายังส่วนการประมวลผล



รูปที่ 7. โครงสร้างสถาปัตยกรรมซอฟต์แวร์ของระบบ

กระแสดัชนีข้อมูล ซึ่งเป็นส่วนงานหลักที่ควบคุมการประมวลผลกระแสดัชนีข้อมูล ซึ่งจะทำหน้าที่ร่วมกับส่วนการวิเคราะห์รูปแบบ (Pattern analyzer) ในการตรวจสอบและวิเคราะห์ความเสียหายของโครงสร้างโดยวิเคราะห์ค่าความเครียดที่ตรวจวัดได้

ในกรณีที่ระบบตรวจสอบพบความเสียหายของโครงสร้าง ข้อความแจ้งเตือนที่อยู่ในรูปแบบของกระแสดัชนีข้อมูลส่งออก จะถูกจัดเก็บลงในคลังกระแสดัชนีข้อมูล (Event repository) ผ่านส่วนการจัดการข้อมูล (Storage manager) นอกจากนี้ ข้อความแจ้งเตือนจะถูกส่งกลับไปยังซอฟต์แวร์ตัวกลางสำหรับรับหรือส่งข้อความ เพื่อส่งต่อไปยังส่วนการแปลงข้อมูลผลลัพธ์ (Output adapter) เพื่อปรับปรุงรูปแบบของข้อมูลให้เหมาะสม ทั้งนี้ กระแสดัชนีข้อมูลส่งออกจะถูกส่งไปแสดงผลยังโปรแกรมประยุกต์สำหรับการเฝ้าระวังสภาพของโครงสร้าง เพื่อให้ผลลัพธ์การวิเคราะห์และการแจ้งเตือนเมื่อเกิดความเสียหายต่อโครงสร้างแสดงผลต่อผู้ใช้ของระบบในแบบทันที

4.5 การประยุกต์ใช้เทคนิคกราฟการโจมตีแบบถ่วงน้ำหนัก
กราฟการโจมตีแบบถ่วงน้ำหนัก (Weighted Attack Graph – WAG) คือ ตัวแบบที่พัฒนามาจากต้นไม้สำหรับการตัดสินใจ ถูกใช้อย่างแพร่หลายในงานด้านการวิเคราะห์ความปลอดภัยในระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ โดยสามารถตรวจจับการโจมตีระบบจากผู้ไม่ประสงค์ดี บนพื้นฐานของการพิจารณาจากกลุ่มของเหตุการณ์อันนำไปสู่ความเสียหายในแต่ละกรณี [17]

การสร้าง WAG สำหรับระบบ SPANNet ประกอบด้วย 2 ขั้นตอน กล่าวคือ

1. การวิเคราะห์เงื่อนไขอันจะก่อให้เกิดความเสียหายต่อโครงสร้างแต่ละจุดจากนั้นนำมาสร้างเป็นโหนดของ WAG โดยเงื่อนไขอันจะก่อให้เกิดความเสียหายต่อโครงสร้างจะขึ้นอยู่กับค่าความเครียดที่อ่านได้จากเซ็นเซอร์ที่ติดตั้งไว้ที่ตำแหน่งแต่ละตำแหน่ง
2. การวิเคราะห์หาว่าวิกฤติที่จะส่งผลให้เงื่อนไขในขั้นตอนที่ 1 เป็นจริง โดยการพิจารณาระดับค่าความเครียด (Bending strain) ที่จะส่งผลต่อโครงสร้างตามสะพานตามมาตรฐาน AASHTO (American Association of State Highway and Transportation) [14] ทั้งนี้ กานที่ยังคงสภาพการใช้

งานจะมีค่าความเครียดค้อยู่ในระดับไม่เกิน 50 ไมโครสเตรน (ไมโครอน) และกานที่มีสภาวะเสื่อมเสี่ยงต่อความวิบัติจะมีระดับค่าความเครียดตั้งแต่ 200 ไมโครสเตรน หรือ ประมาณร้อยละ 60 ของค่าความเครียดสูงสุดที่ได้จากการจำลอง (350 ไมโครสเตรน (ไมโครอน)) ดังแสดงในตารางที่ 3 ขึ้นไป เพื่อหลีกเลี่ยงความเสียหายอันไม่พึงประสงค์ต่อโครงสร้างจะใช้ระดับค่าความเครียดค้อยู่ที่ไม่เกินร้อยละ 80 ของค่าระดับความเครียดคดขึ้นต่ำที่อาจก่อให้เกิดความเสียหายต่อโครงสร้าง โดยจะแบ่งระดับความเครียดคดที่ตรวจสอบออกเป็น 3 ระดับตามรายละเอียดที่แสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4. ช่วงค่าความเครียดคดที่ใช้ตรวจสอบสภาพกานใน SPANNet WAG

ระดับ	ช่วงความเครียดคดที่วัดได้	ความหมาย
1	0 – 50 ไมโครสเตรน	อยู่ในสภาวะดี
2	51 – 160 ไมโครสเตรน	อยู่ในสภาวะที่เฝ้าระวัง
3	ตั้งแต่ 160 ไมโครสเตรน ขึ้นไป	อยู่ในสภาวะอันตราย

5. ผลการทดสอบและการอภิปราย

การทดสอบการทำงานของระบบ SPANNet แบ่งออกเป็น 2 ส่วนด้วยกัน กล่าวคือ การทดสอบในระดับห้องปฏิบัติการ และการทดสอบในสภาพแวดล้อมจริง ณ ทางยกระดับบริเวณแยกสาธุประดิษฐ์

5.1 ผลการทดสอบในห้องปฏิบัติการ

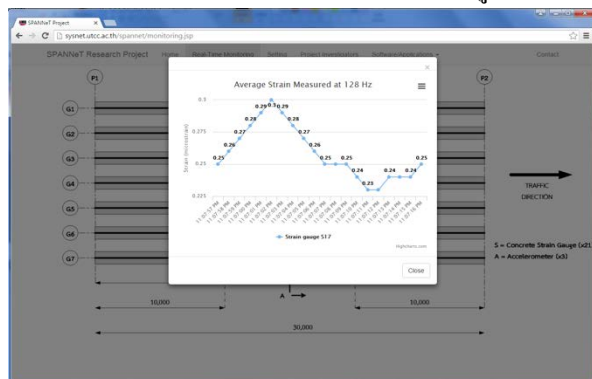
การทดสอบในห้องปฏิบัติการมีวัตถุประสงค์หลักในการตรวจสอบความถูกต้องของการทำงานของระบบก่อนนำไปติดตั้งและทดสอบในสภาพแวดล้อมจริง โดยการจำลองเหตุการณ์ผ่านค่าความเครียดที่ถูกสมมติขึ้น ผลการทำงานของระบบ แสดงไว้ในรูปที่ 8



รูปที่ 8. หน้าจอการเฝ้าระวัง โดยแสดงข้อมูลที่ตรวจวัดได้จากเซ็นเซอร์ซึ่งอยู่ในระดับอันตราย (Strain Gauge S17 มีสีแดง พร้อมทั้งแจ้งเตือนความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้น)

จากรูปที่ 8 พบว่า ระบบ SPANNeT แสดงค่าที่ตรวจวัดได้ตามเซ็นเซอร์หรือเกจวัดความเครียดที่ได้ถูกติดตั้งไว้ ณ ตำแหน่งต่าง ๆ ของชิ้นส่วนหรือคาน จำนวน 7 ตัวด้วยกัน (G1 ถึง G7) โดยนำแบบแปลนของโครงสร้างมาประยุกต์ใช้ในการแสดงผลให้ง่ายต่อความเข้าใจ นอกจากนี้ ยังได้มีการรองรับการใช้งานเซ็นเซอร์ประเภทตัววัดความเร่ง เพื่อรองรับการใช้งานในอนาคต

ทั้งนี้ ค่าความเครียดที่วัดได้จากเกจวัดความเครียด S17 มีค่าสูงกว่าปกติและอยู่ในสถานะอันตราย โดยมีความเสี่ยงต่อการเสียหายของคาน ผู้ดูแลระบบหรือเฝ้าระวังโครงสร้างสะพานสามารถคลิกที่ S17 เพื่อดูค่าความเครียดแบบทันที (Real-time) ดังแสดงในรูปที่ 9

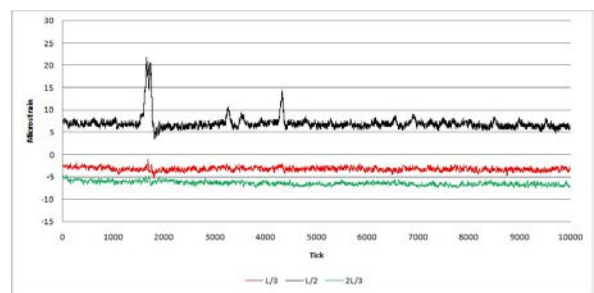


รูปที่ 9. หน้าจอการรายงานค่าที่ตรวจวัดได้จากเกจวัดความเครียดแบบทันที

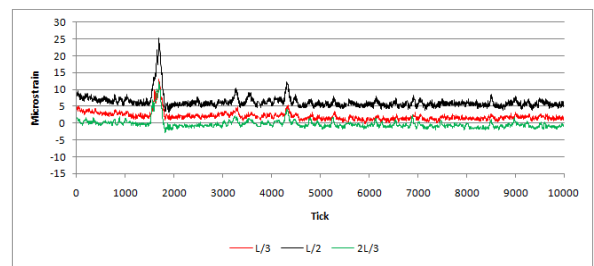
(ในกรณีที่ผู้ใช้คลิกที่สัญลักษณ์แสดงตำแหน่งของ Strain Gauge S17 เพื่อเรียกดูรายละเอียดข้อมูล)

5.2 ผลการทดสอบในสภาพแวดล้อมจริง

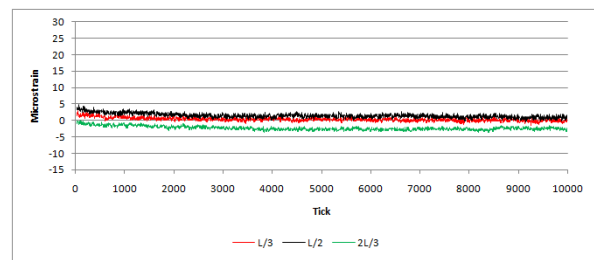
งานวิจัยนี้ได้เลือกโครงสร้างทางยกระดับช่วงบริเวณข้ามแยกสาทรประดิษฐ์ ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของทางพิเศษเฉลิมมหานคร (ระบบทางด่วนขั้นที่ 1) สายดาวคะนอง – ท่าเรือ อยู่ภายใต้การดูแลของการทางพิเศษแห่งประเทศไทย และได้ติดตั้งเกจวัดความเครียด ณ ตำแหน่ง $L/3$, $L/2$ และ $2L/3$ ของคานในทั้งหมด 5 ตัว (G2 ถึง G6 ในรูปที่ 3) โดย L คือ ความยาวของคาน ผลการตรวจวัดค่าความเครียด แสดงในรูปที่ 10



(ก) คาน G2



(ข) คาน G4

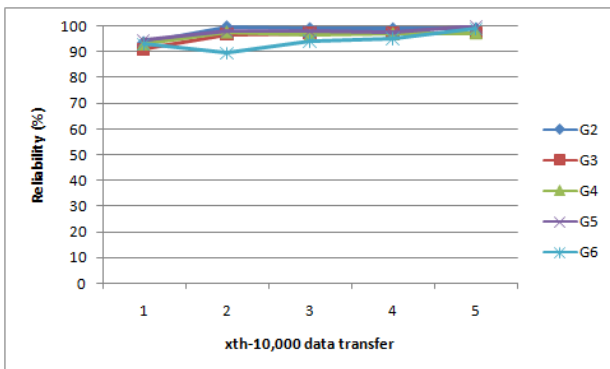


(ค) คาน G6

รูปที่ 10. ค่าความเครียดที่วัดได้จาก โครงสร้างสะพานจริง

จากรูปที่ 10 พบว่า ระบบ SPANNET สามารถวัดค่าความเครียดจากคานของโครงสร้างสะพานได้ โดยค่าความเครียดที่วัดได้จากคาน G6 มีค่าต่ำที่สุด ในขณะที่เกจความเครียด ณ ตำแหน่งกึ่งกลางของคาน (L/2) ให้ค่าสูงที่สุด และค่าความเครียดสูงสุดที่วัดได้ เกิดขึ้นที่คาน G4 โดยมีค่าประมาณ 25 ไมโครสเตรน ซึ่งอยู่ในช่วงที่ปลอดภัย และค่าสูงสุดดังกล่าวเกิดจากรถบรรทุกขนาดใหญ่วิ่งผ่าน ส่งผลให้พื้นผิวบริเวณด้านล่างของคานเกิดการยืดตัวสูง

นอกจากนี้ ยังได้ทดสอบความน่าเชื่อถือ (Reliability) ของการสื่อสารข้อมูลของชุดอุปกรณ์เกจวัดความเครียด โดยพิจารณาความสำเร็จของการสื่อสารข้อมูลระหว่างโหนดกว่า 50,000 ครั้ง สามารถคำนวณได้จากร้อยละของจำนวนข้อมูลที่สถานีฐานรับได้ ต่อจำนวนข้อมูลที่ถูกส่งออกจาก V-Link รูปที่ 11 แสดงผลการวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือของการสื่อสารข้อมูลระหว่างชุดอุปกรณ์ V-Link ซึ่งได้ถูกจัดสรรให้กับคานแต่ละตัว (G2 ถึง G6) และสถานีฐาน



รูปที่ 11. ความน่าเชื่อถือของการสื่อสารข้อมูล

จากรูปที่ 11 พบว่า การสื่อสารข้อมูลมีค่าความน่าเชื่อถืออย่างน้อยร้อยละ 90 ซึ่งได้รับผลกระทบจากสภาพแวดล้อม เช่น สิ่งกีดขวาง และสภาพอากาศ

6. บทสรุป

โครงสร้างทางวิศวกรรมเป็นพื้นฐานทางกายภาพที่สำคัญต่อการรองรับการขยายตัวและความเจริญของชุมชนและสังคม ทั้งยังส่งผลกระทบต่อคุณภาพชีวิต สวัสดิภาพ และความปลอดภัยของประชาชน รวมถึงต้องการการลงทุนสูงทั้งในการก่อสร้างและการบำรุงรักษาให้อยู่ในสภาพที่ใช้งานได้และปลอดภัย

นอกเหนือจากแรงกระทำเนื่องจากน้ำหนักของตัวโครงสร้างฯ และน้ำหนักจรแล้ว โครงสร้างทางวิศวกรรมยังได้รับผลกระทบโดยตรงจากภัยพิบัติและสภาพแวดล้อม ซึ่งในปัจจุบันมีการรายงานข่าวการสูญเสียต่อชีวิตและทรัพย์สินจากการวิบัติของโครงสร้างฯ ในประเทศอย่างต่อเนื่อง โดยมีสาเหตุหลักมาจากความประมาทและผิดพลาดของมนุษย์ และจากภัยพิบัติทางธรรมชาติ ดังนั้น การเฝ้าระวังหรือตรวจสอบสภาพการใช้งานของโครงสร้างทางวิศวกรรม ทั้งในสภาวะการใช้งานตามปกติและเมื่อเกิดภัยพิบัตินับเป็นปัญหาที่สำคัญที่มีผลกระทบต่อประชาชนและประเทศ จึงควรมีการพัฒนากระบวนการตรวจสอบสภาพการใช้งานของโครงสร้างทางวิศวกรรมขึ้น

ระบบเฝ้าระวังและแจ้งเตือนแบบทันทีสำหรับโครงสร้างสะพาน (SPANNET) ได้ถูกพัฒนาขึ้น โดยมีวัตถุประสงค์ในการเพิ่มความมั่นคงและปลอดภัยต่อชีวิตและทรัพย์สินของประชาชนที่ใช้โครงสร้างพื้นฐานทางวิศวกรรม และการประยุกต์ใช้เทคนิค เช่น เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย การประมวลผลกระแสข้อมูล เทคโนโลยีเว็บเซอร์วิส และ กราฟการโจมตีแบบถ่วงน้ำหนัก ซึ่งเป็นตัวแบบที่พัฒนามาจากต้นไม้สำหรับการตัดสินใจ (Decision tree) ในการพัฒนาระบบตรวจสอบสภาพการใช้งานของโครงสร้าง ซึ่งสามารถสื่อสารข้อมูล รายงานค่าที่ตรวจวัดได้ และแจ้งเตือนได้อย่างถูกต้อง โดยการพิจารณาถึงค่าความเครียดตัดที่เกิดขึ้น พร้อมทั้งทดสอบและประเมินผลผลิตที่ได้ทั้งในระดับห้องปฏิบัติการด้วยเครื่องมือทางคอมพิวเตอร์ และโครงสร้างจริง

แบบจำลองของโครงสร้างทางยกระดับบริเวณข้ามแยกสารุประดิษฐ์ได้ถูกพัฒนาขึ้นโดยใช้โปรแกรมประยุกต์ CSiBridge เพื่อพิจารณาถึงตำแหน่งการติดตั้งชุดอุปกรณ์ โดยค่าความเครียดสูงสุดเกิด ณ ตำแหน่งกึ่งกลางคาน เนื่องจากข้อจำกัดของความยาวเกจของชุดอุปกรณ์เกจวัดความเครียด จึงได้เพิ่มความถูกต้องของการวัดสัญญาณ โดยติดตั้งเกจความเครียดบนแผ่นเหล็ก แล้วจึงนำไปติดบนพื้นผิวคอนกรีต ระบบ SPANNET ได้ถูกนำไปติดตั้งที่โครงสร้างสะพานจริง พบว่า สามารถตรวจวัดและรายงานค่าความเครียดได้ โดยค่าความเครียดสูงสุดมีค่าประมาณ 25 ไมโครสเตรน (ไมครอน) ขนาดของค่าความเครียดตัดที่เกิดขึ้นกับคานแต่ละตัวขึ้นอยู่กับเส้นทางการสัญจรของยานพาหนะบนพื้นผิวการจราจร นอกจากผลิตชุดอุปกรณ์เซ็นเซอร์แล้ว ผู้ผลิตมักจะพัฒนาชุดโปรโตคอลและโปรแกรมประยุกต์ที่เหมาะสมสำหรับการใช้

งาน และช่วยอำนวยความสะดวกต่อผู้ใช้งาน ชุดอุปกรณ์แกจวัดความเครียดที่ใช้ในงานวิจัยนี้ใช้ชุดโปรโตคอลสื่อสารที่ต้องการเส้นทางการเชื่อมต่อที่ปราศจากสิ่งกีดขวาง และสื่อสารข้อมูลแบบทอเดียว ผลจากการทดสอบ พบว่า ความน่าเชื่อถือของการสื่อสารข้อมูลมีค่าตั้งแต่ร้อยละ 90 ซึ่งเพียงพอต่อการใช้งานในสภาพปกติ ทั้งนี้ มีความเป็นไปได้ในการพัฒนาต่อระบบในอนาคต เช่น การเพิ่มช่องทางการแจ้งเตือนผ่านทางโทรศัพท์เคลื่อนที่ เพื่อรองรับในกรณีที่เจ้าหน้าที่ไม่สามารถเห็นการรายงานผลการตรวจวัดค่าความเครียดผ่านทางหน้าจอของเครื่องคอมพิวเตอร์ หรืออุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง รวมถึงการทดสอบระบบกับโครงสร้างประเภทอื่น เช่น โครงสร้างเหล็ก เพื่อให้ได้ข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ในเชิงลึก และการทำนายความเสียหายและการวิบัติ

เอกสารอ้างอิง

- [1] ประชาชาติธุรกิจออนไลน์, “สร้างเพิ่ม10 แห่ง สะพานเจ้าพระยา "กทม.-ปริมณฑล", 2556. [Online], Available: http://www.prachachat.net/news_detail.php?newsid=1373518292, 2556. [Accessed Sept. 21, 2014].
- [2] ประชาชาติธุรกิจออนไลน์, “กทม.ทุ่มงบ 620 ล้านซ่อมสะพานเก่าทั่วกรุง”, 2556. [Online], Available: <http://www.bangkokbiznews.com/home/detail/politics/local/20120423/448143กทม.ทุ่มงบ-620-ล้านซ่อมสะพานเก่าทั่วกรุง.html>. [Accessed Sept. 21, 2014].
- [3] เว็บไซต์สำนักข่าว ไอ.เอ็น.เอ็น., “สดง.ตรวจเหตุสะพานต่างระดับหนองขามถล่ม”, 2556. [Online], Available: <http://www.innnews.co.th/shownews/show?newscode=463209>. [Accessed Sept. 21, 2014].
- [4] เว็บไซต์เดลินิวส์, “ฝนถล่มน้ำป่าซัดสะพาน มอญสังขละบุรีพังมากขึ้น”, 2556. [Online], Available: <http://www.dailynews.co.th/thailand/222336>. [Accessed Sept. 28, 2014].
- [5] B. M. Imam and M.K. Chryssanthopoulos, “A Review of Metallic Bridge Failure Statistics”, In Proc. 5th International Conference on Bridge Maintenance, Safety and Management (IABMAS 2010), Philadelphia, USA, 2010.
- [6] S. Jang, H. Jo, S. Cho, K.A. Mechitov, J. A. Rice, S.H. Sim, H. J. Jung, C.B. Yun, B. F. Spencer Jr. and G. Agha, “Structural Health Monitoring of a Cable-Stayed Bridge Using Smart Sensor Technology: Deployment and Evaluation”, *Smart Structures and Systems*, vol. 6, no. 5-6, pp. 439-459, 2010.
- [7] I. Khemapech, A. Miller, and I. Duncan, “An Energy Aware Protocol for Cyclic Monitoring Wireless Sensor Networks”, In Proc. 8th International Conference on Networking, Architecture, and Storage (IEEE NAS 2013), Xi’An, China, 2013, pp. 13-22.
- [8] I. Khemapech, “Feasibility Study of Direct Communication in Wireless Sensor Networks”. *Procedia Computer Science*, vol. 21, pp. 424-429, 2013.
- [9] W. Sansrimahachai, M. Weal and L. Moreau, “Stream ancestor function: A Mechanism for Fine-Grained Provenance in Stream Processing Systems”, In Proc. 6th IEEE International Conference on Research Challenges in Information Science (RCIS 2012), Valencia, Spain, 2012, pp. 245-256.
- [10] W. Sansrimahachai, L. Moreau and M. Weal, “An On-the Fly Provenance Tracking Mechanism for Stream Processing Systems”, In Proc. 12th IEEE/ACIS International Conference on Computer and Information Science (ICIS 2013), Niigata, Japan, 2013, pp. 475-481.
- [11] S. Pakzad, G. L. Fenves, S. Kim and D. E. Culler, “Design and Implementation of Scalable Wireless Sensor Network for Structural Monitoring”, *Journal of Infrastructure Systems*, vol. 14, no. 1, pp. 89-101, 2008.
- [12] J. W. Park, S. Cho, H. J. Jung, C. B. Yun, S. Jang, H. Jo, B. F. Spencer Jr., T. Nagayama and J. Seo, “Long-Term Structural Health Monitoring System of a Cable-Stayed Bridge Based on Wireless Smart Sensor Networks and Energy Harvesting Techniques”, In Proc. 5th World Conference of Structural Control and Monitoring, Tokyo, Japan, 2010.

- [13] Computers & Structures, Inc., *CSiBridge 2014 v16.1.0*. [CD-ROM], CA, 2014.
- [14] ASSHTO, “AASHTO LRFD bridge design specifications,” 2012. [Online], Available: <http://utc2.edu.vn/Uploads/File/AASHTO%20LRFD%202012%20BridgeDesignSpecifications%206th%20Ed%20%28US%29.pdf>. [Accessed Aug. 21, 2014].
- [15] กองทางหลวงพิเศษระหว่างเมือง กรมทางหลวง, “การกำหนดน้ำหนักบรรทุกทุกตามประกาศผู้อำนวยการทางหลวงพิเศษ ทางหลวงแผ่นดิน และทางหลวงสัมปทาน”, 2548. [Online], Available: http://www.motorway.go.th/index.php?option=com_content&view=article&id=207:2011-03-23-12-11-13&catid=13:2011-12-16-16-32-20&Itemid=51. [Accessed Aug. 5, 2014].
- [16] LORD Sensing MicroStrain, “We build sensing systems,” 2014. [Online], Available: <http://www.microstrain.com>. [Accessed Aug. 21, 2014].
- [17] G. Louthan, M. Haney, P. Hardwicke, P. Hawrylak, J. Hale, "Hybrid Extensions for Stateful Attack Graphs", In Proc. 9th Annual Cyber and Information Security Research Conference (CISR'14), 2014, pp. 101-104.

CONTRIBUTORS' FORM

(to be modified as applicable and one signed copy attached with the manuscript)

Manuscript Title:

Author(s):

I/we certify that I/we have participated sufficiently in the intellectual content, conception and design of this work or the analysis and interpretation of the data (when applicable), as well as the writing of the manuscript, to take public responsibility for it and have agreed to have my/our name listed as a contributor. I/we believe the manuscript represents valid work. Neither this manuscript nor one with substantially similar content under my/our authorship has been published or is being considered for publication elsewhere, except as described in the covering letter. I/we certify that all the data collected during the study is presented in this manuscript and no data from the study has been or will be published separately. I/we attest that, if requested by the editors, I/we will provide the data/information or will cooperate fully in obtaining and providing the data/information on which the manuscript is based, for examination by the editors or their assignees. Financial interests, direct or indirect, that exist or may be perceived to exist for individual contributors in connection with the content of this paper have been disclosed in the cover letter. Sources of outside support of the project are named in the cover letter.

I/We hereby transfer(s), assign(s), or otherwise convey(s) all copyright ownership, including any and all rights incidental thereto, exclusively to the Journal, in the event that such work is published by the Journal. The Journal shall own the work, including 1) copyright; 2) the right to grant permission to republish the article in whole or in part, with or without fee; 3) the right to produce preprints or reprints and translate into languages other than English for sale or free distribution; and 4) the right to republish the work in a collection of articles in any other mechanical or electronic format.

We give the rights to the corresponding author to make necessary changes as per the request of the journal, do the rest of the correspondence on our behalf and he/she will act as the guarantor for the manuscript on our behalf.

All persons who have made substantial contributions to the work reported in the manuscript, but who are not contributors, are named in the Acknowledgment and have given me/us their written permission to be named. If I/we do not include an Acknowledgment that means I/we have not received substantial contributions from non-contributors and no contributor has been omitted.

	Name	Signature	Date signed	
1	_____	_____	_____	
2	_____	_____	_____	
3	_____	_____	_____	
4	_____	_____	_____	(up to 4 contributors for case report/images/review)
5	_____	_____	_____	
6	_____	_____	_____	(up to 6 contributors for original studies)

INFORMATION FOR AUTHORS

The Journal of Information Science and Technology (JIST) aims to be the forum through which researchers, faculties, graduate students and experts of the computer and information technology and other technological related fields share and discuss their high quality research work as well as innovation. Original research articles, practical applications and innovations in the broad area of computer and information technology are suitable for publication in JIST. Periodicity (Publication) is 2 issues per year (JAN - JUN and JULY - DECEMBER).

Accepted papers will be Double-blind peer reviewed by minimum 3 reviewers with "Accept" result.

1. Soft Computing
2. Human-Computer Interaction
3. Information Assurance and Security
4. Information Systems
5. Networking
6. Programming
7. Platform Technologies
8. System Integration and Architecture
9. Social and Professional Issues
10. Web Systems and Technologies
11. Multidisciplinary
12. e-Business and m-Business
13. Business and Information System
14. Social and Business Aspects of Convergence IT and Ubiquitous Computing
15. Internet of Things (IoT)
16. Cloud Computing
17. Fintech and blockchain

Manuscript Preparation Guide

The template for writing the journal is available for downloading (<http://www.ist-journal.org>). Length of the paper should be in between 6-12 pages of A4 size. Text should be typewritten or printed with double-spaced in 11-point of A4 white paper with margins of 1.5" for top, 1.25" for left, and 1" for bottom and right sides. All pages must be numbered sequentially. Here are some guidelines.

- Abstract which length 100-200 words.
- Introduction which talks about the problem and related research.
- Materials and methods use for experimentation.
- Results of the experiment.
- Discussion and Conclusion, References

Submissions (Publication Charge: Free) (Indexed by TCI tier 2)

Please submit paper in MS Word via <https://www.tci-thaijo.org/index.php/JIST>
(Online Journal Submission)

Contact Address

Faculty of Information Science and Technology
Mahanakorn University of Technology
140 Moo 1, Cheumsampan Road, Nongchok
Bangkok, Thailand 10530
Tel: 02-988-3655 ext 4115 Fax: 02-988-4027
E-mail: jist@mut.ac.th