**การพัฒนาแอปพลิเคชันและตัวควบคุมตามสถาปัตยกรรมเอสดีเอ็น เพื่อควบคุมการกระจายแทรฟฟิกแบบที่ผู้ใช้กำหนดได้ บนเครือข่ายที่อุปกรณ์ไม่รองรับมาตรฐานเอสดีเอ็น**

**Implementation of SDN Application and Controller for User-defined Traffic Distribution in Traditional (Non-SDN) Networks.**

**โดย**

**พงศ์พณิช อรัญรัตน์โสภณ**

**Pongpanit Aranratsopon**

**ภูริณัฐ จิตมนัส**

**Purinut Jitmanas**

**ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต**

**สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ**

**คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ**

**สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง**

**ภาคเรียนที่ 1 ปี การศึกษา 2564**

**การพัฒนาแอปพลิเคชันและตัวควบคุมตามสถาปัตยกรรมเอสดีเอ็น เพื่อควบคุมการกระจายแทรฟฟิกแบบที่ผู้ใช้กำหนดได้ บนเครือข่ายที่อุปกรณ์ไม่รองรับมาตรฐานเอสดีเอ็น**

**Implementation of SDN Application and Controller for User-defined Traffic Distribution in Traditional (Non-SDN) Networks.**

**โดย**

**พงศ์พณิช อรัญรัตน์โสภณ**

**ภูริณัฐ จิตมนัส**

**อาจารย์ที่ปรึกษา**

**ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุเมธ ประภาวัต**

**ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต**

**สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ**

**คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ**

**สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง**

**ภาคเรียนที่ 1 ปี การศึกษา 2564**

**Implementation of SDN Application and Controller for User-defined Traffic Distribution in Traditional (Non-SDN) Networks.**

**PONGPANIT ARANRATSOPON**

**PURINUT JITMANAS**

**A PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILMENT OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE PROGRAM IN INFORMATION TECHNOLOGY FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY KING MONGKUT’S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG 1/2021**

**COPYRIGHT 2021**

**FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY**

**KING MONGKUT’S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABAN**

**ใบรับรองปริญญานิพนธ์ ประจำปีการศึกษา 2564**

**คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ**

**สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง**

**เรื่อง การพัฒนาแอปพลิเคชันและตัวควบคุมตามสถาปัตยกรรมเอสดีเอ็น เพื่อควบคุมการกระจายทราฟฟิกแบบที่ผู้ใช้กำหนดได้ บนเครือข่ายที่อุปกรณ์ไม่รองรับมาตรฐานเอสดีเอ็น**

**Implementation of SDN Application and Controller for User-defined Traffic Distribution in Traditional (Non-SDN) Networks.**

**ผู้จัดทำ**

1. **นายพงศ์พณิช อรัญรัตน์โสภณ รหัสนักศึกษา 61070124**
2. **นายภูริณัฐ จิตมนัส รหัสนักศึกษา 61070171**

**...............................อาจารย์ที่ปรึกษา**

**(...........................................)**

**ใบรับรองโครงงาน(Project)**

**เรื่อง**

การพัฒนาแอปพลิเคชันและตัวควบคุมตามสถาปัตยกรรมเอสดีเอ็น เพื่อควบคุมการกระจายแทรฟฟิกเแบบที่ผู้ใช้กำหนดได้ บนเครือข่ายที่อุปกรณ์ไม่รองรับมาตรฐานเอสดีเอ็น

Implementation of SDN Application and Controller for User-defined Traffic Distribution in Traditional (Non-SDN) Networks.

นายพงศ์พณิช อรัญรัตน์โสภณ รหัสนักศึกษา 61070124

นายภูริณัฐ จิตมนัส รหัสนักศึกษา 61070171

ขอรับรองว่ารายงานฉบับนี้ ข้าพเจ้าไม่ได้คัดลอกมาจากที่ใด

รายงานฉบับนี้ได้รับการตรวจสอบและอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาวิชาโครงงาน หลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต (เทคโนโลยีสารสนเทศ)

ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2564

.........................................

(นายพงศ์พณิช อรัญรัตน์โสภณ)

.........................................

(นายภูริณัฐ จิตมนัส)

หัวข้อโครงงาน การพัฒนาแอปพลิเคชันและตัวควบคุมตามสถาปัตยกรรมเอสดีเอ็น เพื่อควบคุมการกระจายแทรฟฟิกแบบที่ผู้ใช้กำหนดได้ บนเครือข่ายที่อุปกรณ์ไม่รองรับมาตรฐานเอสดีเอ็น

นักศึกษา นายพงศ์พณิช อรัญรัตน์โสภณ รหัสนักศึกษา 61070124

นายภูริณัฐ จิตมนัส รหัสนักศึกษา 61070171

ปริญญา วิทยาศาสตร์บัณฑิต

สาขาวิชา เทคโนโลยีสารสนเทศ

ปีการศึกษา 2564

อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุเมธ ประภาวัต

# **บทคัดย่อ**

สถาปัตยกรรมที่ใช้ในการบริหารจัดการอุปกรณ์เครือข่ายแบบรวมศูนย์ หรือ สถาปัตยกรรมแบบ Software Defined Network (SDN) ในปัจจุบันไม่สามารถใช้งานร่วมกับอุปกรณ์เครือข่ายแบบดั้งเดิม (Legacy Network Device) ซึ่งไม่รองรับการทำงานตามสถาปัตยกรรมแบบเอสดีเอ็นได้ ในการพัฒนาครั้งนี้คณะผู้จัดทำได้ทำการพัฒนาระบบควบคุมอุปกรณ์เครือข่ายตามสถาปัตยกรรมแบบเอสดีเอ็นที่สามารถจัดการควบคุมอุปกรณ์เครือข่ายแบบดั้งเดิมได้ รวมถึงพัฒนาแอปพลิเคชันที่ใช้งานระบบควบคุมเครือข่ายนี้ในการบริหารจัดการแทรฟฟิกในระบบเครือข่าย

Project Title Implementation of SDN Application and Controller for User-defined Traffic Distribution in Traditional (Non-SDN) Networks.

Student Mr. PONGPANIT ARANRATSOPON Student ID 61070124

Mr. PURINUT JITMANAS Student ID 61070171

Degree Bachelor of Science

Program Information Technology

Academic Year 2021

Advisor Asst. Prof. Dr. SUMET PRABHAVAT

# **ABSTRACT**

Legacy network devices are not compatible with modern Software-Defined Network Architecture (SDN) software that is used to manage, control, and monitor network systems. In this project, the team will develop a controller within the SDN architecture that is able to manage and control legacy network devices. In addition, develop a network traffic distribution app that is coordinated with the controller.

# **กิตติกรรมประกาศ**

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยการให้ความช่วยเหลือแนะนำของ ผู้ช่วยศาสตร์ ดร. สุเมธ ประภาวัต ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ ที่ให้คำแนะนำ ข้อคิดเห็น ตรวจสอบและแก้ไขร่างปริญญานิพนธ์มาโดยตลอด ผู้เขียนจึงขอขอบพระคุณไว้ ณ โอกาสนี้

พงศ์พณิช อรัญรัตน์โสภณ

ภูริณัฐ จิตมนัส

# **สารบัญ**

หน้า

[บทคัดย่อภาษาไทย I](#_Toc89176440)

[บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II](#_Toc89176441)

[กิตติกรรมประกาศ III](#_Toc89176442)

[สารบัญ IV](#_Toc89176443)

[สารบัญรูป VI](#_Toc89176444)

บทที่

1. [บทนำ 1](#_Toc89176574)

[1.1 ความเป็นมาของปัญหา 1](#_Toc89176575)

[1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 1](#_Toc89176576)

[1.3 ขอบเขตของโครงงาน 2](#_Toc89176577)

[1.4 วิธีการดำเนินงาน 2](#_Toc89176578)

[1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2](#_Toc89176579)

2. [ทฤษฎีและเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง 3](#_Toc89176580)

[2.1 Software Defined Network (SDN) 3](#_Toc89176581)

[2.1.1 Application Layer 3](#_Toc89176582)

[2.1.2 Control Layer 4](#_Toc89176583)

[2.1.3 Infrastructure Layer 4](#_Toc89176584)

[2.2 การกระจายการรับส่งข้อมูลเครือข่ายและการเลือกเส้นทาง 4](#_Toc89176585)

[2.2.1 Policy-Based Routing (PBR) 5](#_Toc89176586)

[2.3 การสำรวจเก็บข้อมูลเครือข่าย 5](#_Toc89176587)

[2.3.1 Simple Network Management Protocol (SNMP) 5](#_Toc89176588)

[2.3.2 NetFlow 5](#_Toc89176589)

**สารบัญ (ต่อ)**

2.3.3 Cisco Discovery Protocol (CDP) 5

2.4 เทคโนโลยีที่ใช้ในการพัฒนา 6

2.4.1 Python 6

2.4.2 MongoDB 6

แนวคิดและการดำเนินงาน 7

3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน 7

3.2 วิเคราะห์ระบบต้นแบบ 8

3.2.1 โครงสร้างระบบต้นแบบ 8

3.2.2 ติดตั้ง Environment และ Topology สำหรับการทดลอง 9

3.2.3 ขั้นตอนการติดตั้งใช้งานระบบต้นแบบ 11

3.2.4 ขั้นตอนการวางแผนปรับปรุงระบบต้นแบบ 11

ผลการดำเนินการ 12

4.1 แผนภาพแสดงองค์ประกอบของระบบใหม่ที่ออกแบบ 12

4.2 แก้ไขกระบวนการตั้งค่าอุปกรณ์เครือข่ายเบื้องต้น (Initialize) 13

4.3 แก้ไขกระบวนการเพิ่มอุปกรณ์เข้าสู่ระบบ 15

4.4 ปรับปรุงรูปแบบการเก็บข้อมูล เพื่อให้เหมาะสมกับการนำมาใช้พัฒนาต่อ 17

4.5 ปรับปรุงกระบวนการตั้งค่า Policy Based Routing ผ่าน API ให้มีความสอดคล้องกับการทำงานจริงมากขึ้น 19

4.6 พัฒนา API สำหรับเรียกข้อมูลเพื่อใช้แสดงผลในหน้าแอปพลิเคชันที่จะพัฒนาในอนาคต 21

บทสรุป 22

5.1 สรุปผลโครงงาน 22

5.2 ปัญหาในการทำโครงงานและสรุปผล 22

5.3 แนวทางการพัฒนาต่อ 23

บรรณานุกรม 24

**สารบัญรูป**

**หน้า**

**รูปที่**

[รูปที่ 3.1 โครงสร้างระบบต้นแบบ 8](#_Toc89177109)

[รูปที่ 3.2 Topology ที่ใช้ในการทดลอง 9](#_Toc89177110)

[รูปที่ 3.3 อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เป็นตัวควบคุม 9](#_Toc89177111)

[รูปที่ 4.4 VM ที่ทำหน้าที่เป็น GNS3 Server 10](#_Toc89177112)

[รูปที่ 3.5 หน้าเว็บ VMware ESXI ที่ติดตั้งตัวควบคุมและ GNS3 Server 10](#_Toc89177113)

[รูปที่ 4.1 องค์ประกอบของระบบใหม่ 12](#_Toc89177114)

[รูปที่ 4.2 ผังขั้นตอนการตั้งค่าอุปกรณ?เครือข่ายแบบเดิม 13](#_Toc89177115)

[รูปที่ 4.3 ผังขั้นตอนการตั้งค่าอุปกรณ์เครือข่ายแบบใหม่ 14](#_Toc89177116)

[รูปที่ 4.4 ผังขั้นตอนการเพิ่มอุปกรณ์เครือข่ายเข้าสู่ระบบแบบเดิม 15](#_Toc89177117)

[รูปที่ 4.5 ผังขั้นตอนการเพิ่มอุปกรณ์เครือข่ายเข้าสู่ระบบแบบใหม่ 16](#_Toc89177118)

[รูปที่ 4.6 เพิ่มการเก็บค่า Serial Number 17](#_Toc89177119)

[รูปที่ 4.7 เพิ่มการเก็บค่า Mbit per second 17](#_Toc89177120)

[รูปที่ 4.8 เพิ่มการเก็บค่า Policy Aging 18](#_Toc89177121)

[รูปที่ 4.9 เพิ่มการเก็บค่า running\_flows เพื่อดู flow ที่วิ่งอยู่ในแต่ละ link 18](#_Toc89177122)

[รูปที่ 4.10 สามารถตั้งค่า Policy โดยใช้ Source/Destination IP ตามต้องการ 19](#_Toc89177123)

[รูปที่ 4.11 เมื่อเวลาผ่านไปตามที่กำหนดจะลบ Policy ที่หมดเวลาออก 20](#_Toc89177124)

[รูปที่ 4.12 API สำหรับสร้างกราฟในเว็บแอปพลิเคชัน 21](#_Toc89177125)

**บทที่ 1**

## **บทนำ**

### **1.1 ความเป็นมาของปัญหา**

ในปัจจุบันระบบเครือข่ายมีการเติบโต และมีการใช้งานเพิ่มขึ้นเป็นจำนวนมากทำให้ข้อมูลต่างๆ ในระบบเครือข่ายมีจำนวนเพิ่มมากขึ้นเป็นทวีคูณ ส่งผลให้เกิดปัญหาความคับคั่งของการจราจรเครือข่าย (เน็ตเวิร์กแทรฟฟิก) ในบางเส้นทางได้ การจัดการแทรฟฟิกจึงมีความสำคัญที่ทำให้ระบบเครือข่ายสามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ สถาปัตยกรรมแบบเอสดีเอ็นถูกคิดค้นขึ้นมาเพื่อช่วยบริหารจัดการอุปกรณ์เครือข่ายที่มีความซับซ้อน อย่างไรก็ตามสถาปัตยกรรมดังกล่าวสามารถใช้ได้กับอุปกรณ์เครือข่ายที่รองรับมาตรฐานเอสดีเอ็นเท่านั้น

แอปพลิเคชันและคอนโทรลเลอร์ตามสถาปัตยกรรมแบบเอสดีเอ็นระบบนี้ เป็นระบบที่พัฒนาขึ้นเพื่อที่จะช่วยให้อุปกรณ์เครือข่ายแบบดั้งเดิมสามารถบริหารจัดการเก็บข้อมูลต่างๆของระบบเครือข่ายแสดงผลให้ผู้ใช้งานเข้าใจง่าย และสามารถตั้งค่าจัดการแทรฟฟิกแบบที่ผู้ใช้ต้องการได้

### **1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน**

* + 1. เพื่อศึกษาและพัฒนาเอสดีเอ็นคอนโทรลเลอร์เพื่อควบคุมอุปกรณ์เครือข่ายที่ไม่รองรับการทำงานตามสถาปัตยกรรมเอสดีเอ็นได้
    2. เพื่อศึกษาแอปพลิเคชันสำหรับจัดการอุปกรณ์เครือข่ายที่ไม่รองรับการทำงานตามสถาปัตยกรรมเอสดีเอ็นผ่านเอสดีเอ็นคอนโทรลเลอร์ที่ถูกพัฒนาขึ้น
    3. เพื่อศึกษาแนวทางและพัฒนากลไกการกระจายแทรฟฟิกบนเครือข่ายตามที่ผู้ใช้กำหนดผ่านทางส่วนติดต่อกับผู้ใช้งาน
    4. เพื่อศึกษาวิธีการทดสอบและประเมินเพื่อนำไปสู่ข้อสรุปเกี่ยวกับประสิทธิภาพการกระจายแทรฟฟิกของระบบจัดการที่พัฒนาขึ้น

### **1.3 ขอบเขตของโครงงาน**

พัฒนาระบบจัดการเครือข่ายสำหรับอุปกรณ์ที่ไม่รองรับมาตรฐานเอสดีเอ็นเท่าที่สามารถหาได้จากการที่คณะจัดสรรให้ เพื่อให้สามารถควบคุมอุปกรณ์เหล่านั้นให้ทำงานตามนโยบายที่กำหนดผ่านทางส่วนติดต่อผู้ใช้งานที่เป็นเว็บแอปพลิเคชันได้

### **1.4 วิธีการดำเนินงาน**

1. ประเมินทรัพยากรและเครื่องมือที่มีในการสร้างสถาปัตยกรรมระบบการจัดการเครือข่าย
2. ดำเนินการปรับปรุงระบบเพื่อให้พร้อมต่อการพัฒนาต่อยอด
3. ศึกษาเทคโนโลยีและแนวทางการพัฒนาระบบกระจายแทรฟฟิกในระบบเครือข่าย
4. ออกแบบสถาปัตยกรรมของระบบจัดการเครือข่ายใหม่
5. ดำเนินการพัฒนาระบบกระจายแทรฟฟิกในระบบเครือข่ายและผสานเข้ากับระบบจัดการเครือข่าย
6. ทดสอบการใช้งานและสรุปผล

### **1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ**

ระบบจัดการเครือข่ายตามสถาปัตยกรรมแบบเอสดีเอ็นที่ช่วยให้ผู้ใช้สามารถมอนิเตอร์และการกระจายแทรฟฟิกบนเครือข่ายได้ตามที่กำหนด แม้ว่าอุปกรณ์ในเครือข่ายนั้นจะไม่รองรับมาตรฐานเอสดีเอ็นก็ตาม

**บทที่ 2**

## **ทฤษฎีและเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง**

ผู้จัดทำได้มีการศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย และเทคโนโลยีที่ใช้ในการจัดทำโดยมีรายละเอียดดังนี้

### **2.1 Software Defined Network (SDN)**

Software Defined Network หรือเอสดีเอ็นเป็นเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการเครือข่ายโดยปรับปรุงการบริหารจัดการเครือข่ายแบบเก่าให้มีการรวมศูนย์ ลดความซับซ้อนของระบบทำให้ง่ายแก่การจัดการ ผู้ดูแลระบบเครือข่ายสามารถบริหารจัดการระบบเครือข่ายผ่านคอนโทรลเลอร์โดยไม่ต้องเข้าไปจัดการกับอุปกรณ์เครือข่ายอื่นๆ โดยตรง ระบบเครือข่ายแบบดั้งเดิมการควบคุมแทรฟฟิกจะขึ้นอยู่กับตารางเส้นทางที่ถูกตั้งค่าไว้ตามอุปกรณ์เครือข่ายในแต่ละเครื่อง ในสถาปัตยกรรมแบบเอสดีเอ็นจะแยกการควบคุม และการส่งข้อมูลออกจากกันทำให้สามารถรู้สถานะของระบบเครือข่ายจากคอนโทรลเลอร์และสามารถควบคุมระบบเครือข่ายทั้งหมดผ่านทางคอนโทรลเลอร์เพียงอย่างเดียว โดยสถาปัตยกรรมแบบเอสดีเอ็นได้แบ่งลำดับชั้นการทำงานเป็น 3 ลำดับชั้นโดยสื่อสารผ่าน Application Programming Interfaces หรือ API ดังนี้ [1]

#### **2.1.1 Application Layer**

ชั้นแอปพลิเคชัน เป็นส่วนติดต่อผู้ใช้งานทำหน้าที่รับส่งข้อมูลคำสั่งตามที่ผู้ใช้ต้องการโดยแอปพลิเคชันมีฟังก์ชันการทำงานที่หลากหลายขึ้นอยู่กับการประยุกต์ใช้งาน เช่น การทำโหลดบาลานซ์ ระบบตรวจจับสิ่งแปลกปลอม เป็นต้น โดยจะใช้โปรแกรมติดต่อกับชั้นควบคุมเพื่อที่จะจัดการให้บรรลุวัตถุประสงค์การทำงานตามที่ผู้ใช้ต้องการ

#### **2.1.2 Control Layer**

ชั้นควบคุม เป็นส่วนควบคุมทำหน้าที่เป็นตัวกลางระหว่าง แอปพลิเคชันและอุปกรณ์เครือข่ายทำหน้าที่ส่งคำสั่งควบคุมการทำงาน จัดเก็บค่าสถานะเครือข่ายเปรียบได้กับสมองของเอสดีเอ็น โดยจะติดต่อกับผู้ใช้งานผ่านชั้นแอปพลิเคชันโดยใช้ Northbound API และติดต่ออุปกรณ์เครือข่ายโดยใช้ Southbound API [2]

Northbound API อินเตอร์เฟสเหนือ ช่วยให้ชั้นควบคุมสามารถติดต่อกับลำดับชั้นบนหรือส่วนของแอปพลิเคชันได้

Southbound API อินเตอร์เฟสใต้ ช่วยให้ชั้นควบคุมสามารถติดต่อกับอุปกรณ์เครือข่ายอื่นๆ ในระดับล่าง ในเอสดีเอ็น คือ โปรโตคอล OpenFlow

#### **2.1.3 Infrastructure Layer**

ชั้นโครงสร้างประกอบไปด้วยอุปกรณ์เครือข่ายต่างๆ ซึ่งเป็นพื้นฐานของระบบใช้ในการรับ ส่งข้อมูล โดยอุปกรณ์เหล่านี้ในสถาปัตยกรรมเอสดีเอ็นจะมีหน้าที่ส่งข้อมูลไปให้ชั้นควบคุมและทำหน้าที่ตามที่ส่วนควบคุมกำหนด

### **2.2 Traffic Engineering.**

วิศวกรรมจราจร คือ วิศวกรรมแขนงหนึ่งซึ่งเกี่ยวข้องกับการวางแผน การออกแบบ การควบคุม บริหารจัดการระบบการจราจรของถนน เพื่อให้ได้มาซึ่งความสะดวก รวดเร็ว และประหยัดเวลาในการขนส่งผู้โดยสาร โดยในที่นี้จะเป็นการออกแบบ ควบคุมการรับส่งข้อมูลหรือ แทรฟฟิกในระบบเครือข่าย เพื่อให้การรับส่งข้อมูลในระบบสามารถทำได้อย่างมีประสิทธิภาพตามแผนที่ได้วางเอาไว้

#### **2.2.1 Traffic Distribution and Network Condition**

การกระจายการจราจร เป็นการปรับเปลี่ยนเส้นทางของแทรฟฟิกในระบบ จุดประสงค์เพื่อลดความคับคั่งของเส้นทางที่มีการจราจรหนาแน่นให้มีปริมาณแทรฟฟิกลดลง ทำให้การรับส่งข้อมูลสามารถทำได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

#### **2.2.2 Routing**

##### 2.2.2.1 Longest Prefix Match

เป็นวิธีการส่งข้อมูลโดยอาศัยข้อมูลจากตารางเส้นทาง (Routing Table) ด้วยความที่ตารางเส้นทางประกอบด้วยเครือข่ายย่อยเป็นจำนวนมาก ส่งผลให้มีตัวเลือกที่สามารถส่งข้อมูลได้หลายรายการ โดยจะเลือกรายการที่มีค่าตรงกันมากที่สุด ก็คือรายการที่มีซับเน็ตมาสก์ (subnet mask) ตรงกันยาวที่สุด

##### 2.2.2.2 Policy-Based Routing (PBR)

เป็นวิธีการส่งข้อมูลโดยอาศัยข้อมูลจากนโยบายหรือเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ซึ่งสามารถกำหนดได้ผ่านตัวแปรต่างๆ เช่น ไอพีต้นทาง ไอพีปลายทาง พอร์ทต้นทาง พอร์ทปลายทาง หรือเกณฑ์อื่นๆ แล้วแต่ผู้ใช้กำหนด การส่งข้อมูลแบบพีบีอาร์ช่วยให้การส่งข้อมูลเป็นไปได้อย่างรวดเร็วและยืดหยุ่น จึงสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับการกระจาย แทรฟฟิกเพื่อให้ใช้เส้นทางในการรับส่งข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพ [4]

### **2.3 การสำรวจเก็บข้อมูลเครือข่าย**

#### **2.3.1 Simple Network Management Protocol (SNMP)**

เอสเอ็นเอ็มพีจัดอยู่ในลำดับชั้นแอปพลิเคชันของ โอเอสไอโมเดล เป็นโปรโตคอลสำหรับตรวจสอบและบริหารจัดการอุปกรณ์เครือข่ายประเภท Local Area Network (LAN) หรือ Wide Area Network (WAN) เอสเอ็นเอ็มพีจะจัดเก็บข้อมูลและจัดการโดย Management Information Base หรือ MIB ซึ่งเป็นฐานข้อมูลสำหรับจัดการอุปกรณ์ โดยการจัดเก็บจะประกอบไปด้วย Object ID (OID) โดยเป็นชื่อเฉพาะที่เป็นเอกลักษณ์ของอุปกรณ์แต่ละตัว และถูกจัดเรียงในรูปแบบของแผนภาพต้นไม้ [5]

#### **2.3.2 NetFlow**

NetFlow เป็นเทคโนโลยีที่อยู่ในอุปกรณ์เครือข่ายรวมถึง Cisco IOS เป็นเครื่องมือสำหรับใช้ในการตรวจสอบการรับส่งข้อมูลและเก็บสถิติข้อมูลในเครือข่ายเหล่านั้น ผู้ดูแลระบบสามารถใช้ข้อมูลเหล่านั้นในการวิเคราะห์ นำไปสู่การพัฒนาระบบเครือข่ายให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น [6]

#### **2.3.3 Cisco Discovery Protocol (CDP)**

CDP เป็นโปรโตคอลของ Cisco เป็นเครื่องมือที่ช่วยให้อุปกรณ์เครือข่ายสามารถแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างอุปกรณ์เครือข่าย cisco ที่อยู่ติดกัน ทำให้สามารถเก็บข้อมูลสถานะของของอุปกรณ์เครือข่ายได้ [7]

### **2.4 เทคโนโลยีที่ใช้ในการพัฒนา**

#### **2.4.1 Python**

ไพทอนเป็นภาษาโปรแกรมมิ่งระดับสูง มีไวยกากรณ์คำสั่งพื้นฐานที่เข้าใจและใช้งานง่าย รองรับการเขียนโปรแกรมเชิงวัตถุ (Object-Oriented Programming) หรือการเขียโปรแกรมเชิงฟังก์ชัน (Functional Programming)

ไพทอนสามารถทำงานได้บนหลายระบบปฏิบัติการ เช่น Linux, Unix, Windows เป็นต้นอีกทั้งยังเป็นโอเพนซอร์สที่เข้าถึงได้ง่าย ทำให้มีไลบรารีให้ใช้อยู่เป็นจำนวนมากเพิ่มความสะดวกสบายในการทำงานที่หลากหลาย [8]

#### **2.4.2 MongoDB**

มอนโกดีบี เป็นฐานข้อมูลแบบ open-source document ประเภทหนึ่งโดยเป็นฐานข้อมูลแบบ NoSQL มีจุดเด่นที่ทำงานได้ไว เหมาะกับฐานข้อมูลที่มีขนาดใหญ่ และไม่ซับซ้อน การเก็บข้อมูลจะเก็บคีย์ และข้อมูลเอาไว้โดยต้องมีคีย์หลักที่เป็นเอกลักษณ์เป็นหน่วยพื้นฐานของข้อมูล เนื่องจากมีการจัดเก็บข้อมูลในรูปแบบ BSON (Binary JSON) ซึ่งมีรูปแบบคล้าย JSON (JavaScript Object Notation) แต่เก็บข้อมูลได้หลากหลายกว่า แต่การเชื่อมตารางไปยังฐานข้อมูลอื่นๆ ทำไปได้ยาก [9]

#### **2.4.3 Secure Shell (SSH)**

Secure Shell เป็นโปรโตคอลที่ออกแบบมาสำหรับการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ต่างๆ เช่น คอมพิวเตอร์ เน็ตเวิร์กเร้าเตอร์ เน็ตเวิร์กสวิตช์ เป็นต้น โดยจะมีการเข้ารหัสข้อมูลในระหว่างการสื่อสารทำให้การเชื่อมต่อมีความปลอดภัยมากยิ่งขึ้น

#### **2.4.4 Netmiko**

เน็ตมิโกะ เป็น SSH Python ไลบรารีที่ช่วยให้กระบวนการเชื่อมต่ออุปกรณ์เครือข่ายผ่าน Secure Shell ทำได้ง่ายขึ้น ในที่นี้จะใช้เน็ตมิโกะสำหรับส่งคำสั่งการตั้งค่าอุปกรณ์เครือข่ายตามที่ตัวควบคุมของ SDN ต้องการ

### **2.5 ระบบตัวควบคุมต้นแบบ**

#### **2.5.1 โครงสร้างระบบต้นแบบ**

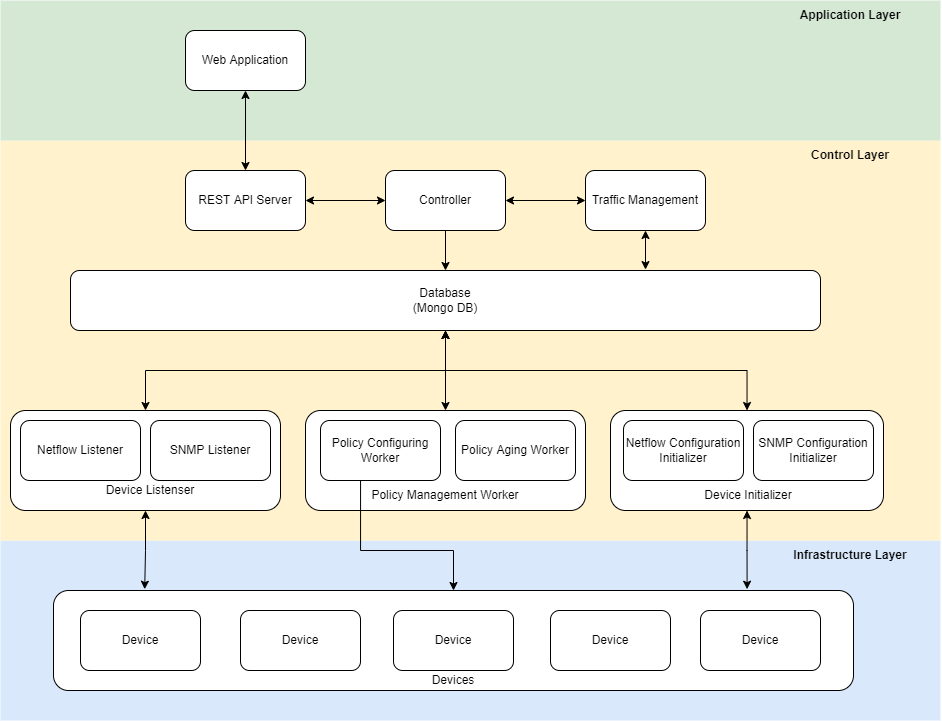
**บทที่ 3**

## **แนวคิดและการดำเนินงาน**

### **3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน**

1. ศึกษาโครงสร้างและการจัดการระบบเครือข่ายตามสถาปัตยกรรมแบบเอสดีเอ็น
2. ติดตั้งเซิร์ฟเวอร์และจัดหาอุปกรณ์สำหรับการทดลอง
3. ศึกษา ติดตั้งแอปพลิเคชันสำหรับจัดการอุปกรณ์เครือข่ายที่ไม่รองรับการทำงานตามสถาปัตยกรรมเอสดีเอ็นผ่านเอสดีเอ็นคอนโทรลเลอร์ที่ถูกพัฒนาขึ้น
4. ศึกษาแนวคิดวิธีการสำรวจจัดเก็บข้อมูลเครือข่าย
5. ศึกษาแนวทางกลไกการกระจายแทรฟฟิกบนเครือข่ายตามที่ผู้ใช้กำหนดผ่านทางส่วนติดต่อกับผู้ใช้งาน
6. ปรับปรุงการทำงานของระบบต้นแบบเพื่อเตรียมพร้อมในการนำมาใช้พัฒนาใหม่
7. พัฒนากลไกการกระจายแทรฟฟิก
8. พัฒนาเว็บแอปพลิเคชันสำหรับแสดงผล
9. ทดสอบการใช้งานและสรุปผล

### **3.2 ภาพรวมระบบ**



รูปที่ x องค์ประกอบภาพรวมของระบบ

ระบบประกอบไปด้วยอุปกรณ์เครือข่ายที่เชื่อมต่อเข้ากับตัวควบคุม ซึ่งตัวควบคุมจำเป็นต้องสามารถ SSH ไปยังอุปกรณ์สำหรับส่งคำสั่งตั้งค่า เพื่อเปิดใช้งาน SNMP และ NetFlow สำหรับเก็บข้อมูลเครือข่าย และส่งคำสั่งตั้งค่า Policy Based Routing สำหรับการกระจายแทรฟฟิก

ข้อมูลที่เก็บมาจากอุปกรณ์เครือข่ายจะถูกบันทึกลงในฐานข้อมูล โดยจะมีหน้าเว็บแอปพลิเคชันที่จะดึงข้อมูลจากฐานข้อมูลผ่านทาง REST API ตัวแอปพลิเคชันจะทำหน้าที่แสดงข้อมูลจากระบบเครือข่ายให้ผู้ใช้สามารถดูและทำความเข้าใจได้ง่าย

ในโครงงานนี้ได้แบ่งระบบออกเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนตัวควบคุม (Controller) ส่วนแสดงผลสำหรับผู้ใช้งาน (Web Application) และแอปพลิเคชันสำหรับการกระจายแทรฟฟิก (Traffic Distribution Application)

### **3.3 ส่วนแสดงผลสำหรับผู้ใช้งาน (Web Application)**

เว็บไซต์ถูกสร้างขึ้นมาเพื่อจุดประสงค์ให้ผู้ใช้งานทั่วไปสามารถใช้ตัวควบคุม และดูภาพรวมของระบบเครือข่ายได้ง่ายยิ่งขึ้น หน้าเว็บถูกแบ่งออกเป็น 3 หน้าตามการใช้งานดังนี้

#### **3.3.1 Home**

แสดงหน้าโทโพโลยีของเครือข่ายจากอุปกรณ์ในระบบ

#### **3.3.2 Devices**

ในหน้านี้ผู้ใช้สามารถดูข้อมูล Management IP อุปกรณ์ในระบบ ค่าสถานะเชื่อมต่อ SSH และการทำงานของ SNMP ของอุปกรณ์แต่ละตัวได้ ผู้ใช้สามารถ เพิ่ม ลบ อุปกรณ์ได้ในหน้านี้ การเพิ่มอุปกรณ์เป็นการทำให้ตัวควบคุมรู้จักกับอุปกรณ์เครือข่ายตัวดังกล่าวเพื่อที่จะสั่งการหรือเก็บข้อมูลเครือข่าย ผู้ใช้สามารถกรอกค่าพารามิเตอร์ประที่จำเป็นสำหรับการทำ SSH และ SNMP ลงในฟอร์มทางซ้ายมือซึ่งประกอบไปด้วยข้อมูล Management IP System Type (ยี่ห้ออุปกรณ์เครือข่าย) Username/Password/Port สำหรับการเชื่อมต่อ Enable Secret และ SNMP Community String/Port เมื่อผู้ใช้กดปุ่ม Add Device ตัวควบคุมจะทดลองเชื่อมต่อ SSH ไปยังอุปกรณ์ดังกล่าว ถ้าผู้ใช้กรอกข้อมูลผิดส่งผลให้ตัวควบคุมไม่สามารถ SSH ไปยังอุปกรณ์ได้ หน้าเว็บจะแจ้งเตือนตามรูปที่ x และอุปกรณ์ดังกล่าวจะไม่ถูกเพิ่มเข้าสู่ระบบ แต่ถ้าตัวควบคุมสามารถ SSH ไปยังอุปกรณ์ได้จะขึ้นข้อความแจ้งเตือนดังรูปที่ x

Graphical user interface

Description automatically generated

รูปที่ x หน้า Device สำหรับ เพิ่ม ลบ แก้ไข และดูสถานะเชื่อมต่ออุปกรณ์

Graphical user interface, application

Description automatically generated

รูปที่ x ตัวควบคุมติดต่ออุปกรณ์ได้ และอุปกรณ์ถูกเพิ่มเข้าสู่ระบบ

Graphical user interface, application, Teams

Description automatically generated

รูปที่ x ตัวควบคุมไม่สามารถติดต่ออุปกรณ์ได้ อุปกรณ์ดังกล่าวจะไม่ถูกเพิ่มเข้าสู่ระบบ

Graphical user interface, application

Description automatically generated

รูปที่ x ระบบส่งคำสั่งลบอุปกรณ์ออกจากระบบแล้ว

#### **3.3.3 Initializationเ**

หลังจากเพิ่มอุปกรณ์เข้าสู่ระบบแล้ว ผู้ใช้จำเป็นต้องส่งคำสั่งตั้งค่า SNMP และ NetFlow ซึ่งจะเป็นการเปิดช่องทางให้อุปกรณ์ส่งข้อมูลของตัวเองมายังตัวควบคุม ข้อมูลทั้งหมดจะถูกรวบรวม บันทึกลงฐานข้อมูลและแสดงผ่านทางหน้า Home โดยผู้ใช้จำเป็นต้องกรอกไอพีของตัวควบคุมและกดปุ่ม Init SNMP/Netflow

Graphical user interface, text, application, chat or text message

Description automatically generated

รูปที่ x หน้า Initialization สำหรับเปิดการเชื่อมต่อให้อุปกรณ์ส่งข้อมูลมายังตัวควบคุม

### **3.4 ส่วนตัวควบคุม (Controller)**

#### **3.4.1 Use Case Diagram**

ตัวควบคุมจะทำหน้าที่เป็นเซิร์ฟเวอร์ที่เชื่อมต่อกับอุปกรณ์เครือข่ายทั้งหมด โดยผู้ใช้ต้องส่งคำสั่งเพิ่มอุปกรณ์ผ่านทางหน้าเว็บแอปพลิเคชัน หรือเอพีไอของระบบ เพื่อทำให้คัวควบคุมพร้อมรับค่าข้อมูลต่างๆ ที่อุปกรณ์เครือข่ายส่งมา และเก็บข้อมูลที่จำเป็นลงฐานข้อมูลเพื่อให้พร้อมแก่การนำไปใช้ต่อในแอปพลิเคชันอื่นๆ ผ่านทางเอพีไอ

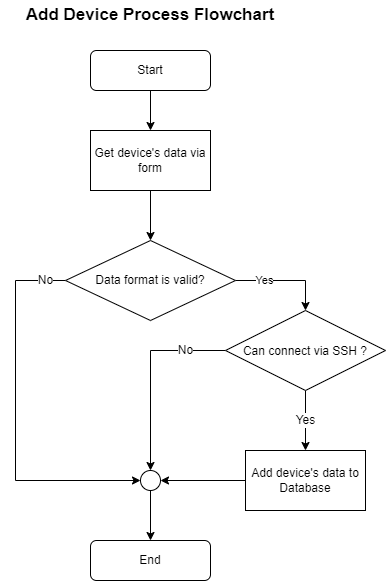
Diagram

Description automatically generated

รูปที่ 2 Use Case Diagram ของตัวควบคุม

#### **3.4.2 ขั้นตอนการเพิ่มอุปกรณ์**

กระบวนการเพิ่มอุปกรณ์จะมีกระบวนการดังภาพที่ 3 เมื่อได้ข้อมูลอุปกรณ์จากที่ผู้ใช้กรอกผ่านฟอร์มของเว็บแอปพลิเคชันตัวควบคุมจะทดลองเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ผ่านทาง SSH ก่อนเพื่อทดสอบว่าอุปกรณ์ดังกล่าวมีตัวตนอยู่จริง ถ้าสามารถติดต่อผ่าน SSH ได้จะบันทึกข้อมูลของอุปกรณ์นั้นลงฐานข้อมูล



รูปที่ 3 ขั้นตอนการทำงานกระบวนการเพิ่มอุปกรณ์

#### **3.4.3 ขั้นตอนการ Initialize อุปกรณ์ในระบบ**

กระบวนการ Initialize จะมีกระบวนการดังภาพที่ 4 โดยตัวควบคุมจะตรวจสอบว่าอุปกรณ์แต่ละตัวมีการทำ Initialize แล้วหรือไม่ ถ้ายังไม่ทำตัวควบคุมจะส่งคำสั่งเปิดการใช้งาน SNMP และ NetFlow ผ่านทาง Netmiko ให้อุปกรณ์ส่งข้อมูลให้ตัวควบคุมตามถ้าทำ Initialize ไปแล้วก็ไม่มีความจำเป็นต้องส่งคำสั่งไปซ้ำ ลดความล้าช้าของระบบ

Diagram

Description automatically generated

รูปที่ 4 ขั้นตอนการ Initialize เพื่อให้อุปกรณ์ส่งข้อมูลมายังตัวควบคุม

#### **3.4.4 ฐานข้อมูล**

ข้อมูลอุปกรณ์เครือข่ายที่ส่งมาให้ตัวควบคุมจะถูกบันทึกลงในฐานข้อมูลเพื่อให้ผู้ใช้สามารถดึงข้อมูลเหล่านั้นไปใช้ได้อย่างสะดวก ในโครงงานนี้ใช้ MongoDB ซึ่งจัดเก็บข้อมูลแบบ Binary JSON ซึ่งประกอบด้วยคารางที่เก็บข้อมูลดังต่อไปนี้

1. Device

เก็บข้อมูลอุปกรณ์ทั่วไปของอุปกรณ์เครือข่ายแต่ละตัวใช้ในการสร้างกราฟเครือข่าย ประกอบไปด้วย ไอพีสำหรับจัดการ(Management IP) เลขประจำอุปกรณ์(Serial Number) รุ่นอุปกรณ์ สถานการณ์ทำงานของ SNMP/NetFlow/SSH ชื่ออุปกรณ์ ข้อมูลอินเตอร์เฟส

1. Policy Flow Routing

เก็บข้อมูลนโยบาย (Policy) จากกระบวนการทำ Traffic Distribution เพื่อเปลี่ยนเส้นทางของโฟลว์ในระบบ ประกอบไปด้วยข้อมูล ชื่อนโยบาย ไอพีต้นทาง ไอพีปลายทาง พอร์ตต้นทาง พอร์ตปลายทาง ไวลด์การ์ดต้นทาง ไวลด์การ์ดปลายทาง นโยบายที่ถูกนำไปตั้งค่าให้อุปกรณ์ และเวลาในการลบนโยบายดังกล่าวหลังจากไม่มีโฟลว์ตามที่นโยบายกำหนดออกจากระบบ

1. Flow Stat

เก็บข้อมูลโฟลว์ที่วิ่งอยู่ในระบบใช้ในการทำ Traffic Distribution ซึ่งประกอบไปด้วย ไอพีต้นทาง ไอพีปลายทาง พอร์ตต้นทาง พอร์ตปลายทาง ซับเน็ตมาสก์ต้นทาง ซับเน็ตมาสก์ปลายทาง ขนาดของโฟลว์ และเวลาที่พบโฟลว์ดังกล่าวในระบบ

1. Link Utilization

เก็บข้อมูลลิงก์ของอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อกันในระบบใช้ในการสร้างกราฟเครือข่ายและทำ Traffic Distribution ประกอบด้วยข้อมูล ไอพีอินเตอร์เฟสต้นทาง ไอพีอินเตอร์เฟสปลายทาง พอร์ตอินเตอร์เฟสต้นทาง พอร์ตอินเตอร์เฟสปลายทาง ปริมาณแทรฟฟิกในลิงก์ แบนด์วิชธ์เปอร์เซ็นต์แบนด์วิชธ์ที่ถูกใช้ ชื่อโฟลว์ที่วิ่งอยู่ในลิงก์ และ Threshold สำหรับกระบวนการกระจายแทรฟฟิกของลิงก์นั้น

### **3.5 แอปพลิเคชันสำหรับการกระจายแทรฟฟิก (Traffic Distribution Application)**

แอปพลิเคชันสำหรับการกระจายแทรฟฟิก เป็นแอพลิเคชันที่อยู่ทำงานบนตัวควบคุมทำหน้าที่ตรวจจับลิงก์ที่มีเปอร์เซ็นต์แบนด์วิชธ์สูงกว่าค่า Threshold ที่กำหนดไว้ในแต่ละลิงก์โดยจะใช้ Policy Based Routing ในการตั้งค่าการย้ายเส้นทางใหม่ และมีฟังก์ชัน Aging Policy หากไม่มีโฟลว์ที่ตรงกับเงื่อนไขเข้ามาในระบบเข้ามาในระบบเป็นระยะเวลาหนึ่ง เพื่อที่จะคงสภาพการทำงานของเครือข่ายให้เป็นปัจจุบันที่สุด

#### **3.5.1 Traffic Distribution**

กระบวนการ Initialize จะมีกระบวนการดังภาพที่ x เมื่อพบลิงก์ที่มีการใช้งาน แบนด์วิธท์สูงกว่าค่าที่ลิงก์กำหนดไว้จะทำการตรวจสอบโฟลว์ที่อยู่ในลิงก์และเรียงลำดับขนาดโฟลว์เหล่านั้น เริ่มจากโฟลว์ที่มีขนาดใหญ่ที่สุดและไม่ใช่โฟลว์สำหรับการส่งข้อมูล SNMP และ SSH เนื่องจากเป็นโฟลว์ที่มีความสำคัญต่อการทำงานของตัวควบคุมจึงไม่สมควรในการปรับเปลี่ยนเส้นทางใหม่ หาเส้นทางที่เป็นไปได้ทั้งหมดของโฟลว์นั้น ประมาณค่าหลังจากย้ายโฟลว์ดังกล่าวแล้วจะทำให้ลิงก์ในเส้นทางใหม่มีการใช้งานแบนด์วิธท์สูงกว่าที่กำหนดไว้หรือไม่ และเลือกใช้เส้นทางที่ที่มีค่าแบนด์วิธท์ในลิงก์น้อยที่สุด มีค่ามากที่สุดจากตัวเลือกเส้นทางทั้งหมดถ้าไม่เจอเส้นทางตามเงื่อนไขจะเลือกโฟลว์ใหม่ที่มีขนาดรองลงมา เมื่อได้โฟลว์และเส้นทางที่จะย้ายแล้วตัวแอปพลิเคชันจะส่งคำสั่งตั้งค่า Policy Based Routing ไปยังอุปกรณ์ในเส้นทางทุกตัวเพื่อปรับเปลี่ยนเส้นทางของโฟลว์ตามที่กำหนด หลังจากนั้นจะทำการตรวจสอบว่าลิงก์ดังกล่าวยังมีการใช้งานแบนด์วิธท์สูงกว่าค่าที่ลิงก์กำหนดหรือไม่ ถ้ามีจะเลือกโฟลว์ที่มีขนาดใหญ่รองลงมาเพื่อปรับเปลี่ยนเส้นทาง

#### **3.5.2 Policy**

นโยบายสำหรับปรับเปลี่ยนเส้นทางโดยตั้งค่าตามข้อมูลโฟลว์ และเส้นทาง โฟลว์ที่มีไอพีต้นทาง ไอพีปลายทาง พอร์ตต้นทาง และพอร์ตปลายทางเหมือนกันจะจัดเป็นโฟลว์เดียวกันและใช้งานนโยบายที่เหมือนกัน

#### **3.5.3 Aging Policy**

กระบวนการ Aging จะมีกระบวนการดังภาพที่ x โดยมีเป้าหมายลบนโยบาย (Policy) ที่ไม่มีการใช้งานเป็นระยะเวลาหนึ่งซึ่งเป็นการคงสภาพการทำงานของเครือข่ายให้เป็นปัจจุบันที่สุด เมื่อมีการสร้างนโยบายสำหรับเปลี่ยนเส้นทางโฟลว์เกิดขึ้นจะมีการตรวจสอบว่ายังมีโฟลว์ที่ตรงตามเงื่อนไขในระบบหรือไม่ ถ้าไม่พบจะเริ่มจับเวลา หากโฟลว์ดังกล่าวไม่ปรากฏจนครบเวลาระบบจะส่งคำสั่งลบนโยบายดังกล่าวออกจากอุปกรณ์

Diagram

Description automatically generated

รูปที่ x ขั้นตอนการ Initialize เพื่อให้อุปกรณ์ส่งข้อมูลมายังตัวควบคุม

Diagram

Description automatically generated

รูปที่ x ขั้นตอนการทำ Aging Policy เพื่อลบนโยบายที่โฟลว์ไม่ปรากฎเป็นระยะเวลาหนึ่ง

**บทที่ 4**

## **ผลการดำเนินการ**

### **4.1 แผนภาพแสดงองค์ประกอบของระบบใหม่**

**บทที่ 5**

## **บทสรุป**

### **5.1 สรุปผลโครงงาน**

แอปพลิเคชันและตัวควบคุมตามสถาปัตยกรรมเอสดีเอ็น เพื่อควบคุมการกระจาย แทรฟฟิกแบบที่ผู้ใช้กำหนดเองได้ บนเครือข่ายที่อุปกรณ์ไม่รองรับมาตรฐานเอสดีเอ็น เป็นแอปพลิเคชันที่พัฒนาต่อยอดมาจากระบบต้นแบบ โดยระบบที่พัฒนาขึ้นมาใหม่จะทำให้ผู้ใช้งานสามารถควบคุมการกระจายแทรฟฟิกตามที่ผู้ใช้ต้องการได้

โครงงานนี้เสนอถึงแอปพลิเคชันที่แก้ปัญหาจากระบบต้นแบบ พร้อมปรับปรุงรูปแบบการเก็บข้อมูลให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นและพร้อมแก่การนำไปพัฒนาต่อ และเพิ่มฟังก์ชันการทำงานที่เกี่ยวกับ Policy Aging เพื่อช่วยในการจัดการ Policy ที่ไม่ถูกใช้งานตามระยะเวลาที่ผู้ใช้กำหนด

จากการทดลองพบว่าระบบสามารถป้องกันปัญหา การหยุดทำงานที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการทำณInitialize โดยการแยกกระบวนการในการตั้งค่าอุปกรณ์ให้ทำงานแบบ parallel และยังสามารถเรียกใช้ข้อมูลโครงสร้างระบบเครือข่ายผ่านทาง API ได้ ระบบสามารถเรียกใช้ข้อมูลโครงสร้างเครือข่ายข้อมูลอุปกรณ์ ข้อมูลการเชื่อมต่ออุปกรณ์ ข้อมูลแทรฟฟิกในเครือข่ายผ่านทาง API ได้ทั้งยังสามารถกำหนดการเลือกเส้นทาง แบบชั่วคราวและถาวรให้กับแทรฟฟิกในเครือข่ายได้ โดยสั่งการผ่านทาง API ของระบบ

### **5.2 ปัญหาในการทำโครงงานและสรุปผล**

1. ปัญหาโรคระบาดโควิด 19 ทำให้ไม่สามารถเข้าไปใช้งานทรัพยากรของทางคณะได้อย่างอิสระ

2. เทคโนโลยีที่ใช้พัฒนาในส่วนเว็บแอปพลิเคชัน ทางผู้จัดทำต้องใช้เวลาศึกษาเพิ่มเติมอย่างละเอียดทำให้ดำเนินการได้ล่าช้า

### **5.3 แนวทางการพัฒนาต่อ**

1. ทำส่วนเว็บแอปพลิเคชันใหม่ด้วย Vue version 3 ปรับปรุงการแสดงผลข้อมูลเครือข่ายใหม่ให้สะดวกต่อการใช้งานมากขึ้น

2. พัฒนาส่วนติดต่อผู้ใช้งานในการเลือกเส้นทาง แทรฟฟิกเครือข่ายให้เป็นมิตรกับผู้ใช้งาน

3. พัฒนาส่วนติดต่อผู้ใช้งานในการเพิ่มอุปกรณ์เครือข่ายเข้าสู่ระบบ

4. พัฒนาแอปพลิเคชันในการกระจายแทรฟฟิกในเครือข่ายผ่านทางตัวควบคุม

## **บรรณานุกรม**

[1] Ciena. “Networking Insights What is SDN.”[Online].Available: [www.ciena.com/insights/what-is/What-Is-SDN.html](http://www.ciena.com/insights/what-is/What-Is-SDN.html)

[2] Kamal Benzekki. “Software-defined networking (SDN): A survey” Security and Communication Networks, vol.1, no. 1, Febuary2017.pp5805-5805

[3] Fortinet, Inc, “Network Traffic.”[Online].Available: [www.fortinet.com/resources/cyberglossary/network-traffic](http://www.fortinet.com/resources/cyberglossary/network-traffic)

[4] Juniper. “what-is-policy-based-routing”[Online].Available: [www.juniper.net/us/en/research-topics/what-is-policy-based-routing.html](http://www.juniper.net/us/en/research-topics/what-is-policy-based-routing.html)

[5] Saixiii. “SNMP คืออะไร โปรโตรคอลสำหรับมอนิเตอร์อุปกรณ์ในระบบ”[Online].Available: [www.saixiii.com/what-is-snmp/](http://www.saixiii.com/what-is-snmp/)

[6] Solarwinds, “What is NetFlow?”[Online].Available: [www.solarwinds.com/netflow-traffic-analyzer/use-cases/what-is-netflow](http://www.solarwinds.com/netflow-traffic-analyzer/use-cases/what-is-netflow)

[7] Cisco. “Cisco Discovery Protocol (CDP)”[Online].Available: [www.learningnetwork.cisco.com/s/article/cisco-discovery-protocol-cdp-x](http://www.learningnetwork.cisco.com/s/article/cisco-discovery-protocol-cdp-x)

[8] Python. “What is Python? Executive Summary”[Online].Available: [www.python.org/doc/essays/blurb/](http://www.python.org/doc/essays/blurb/)

[9] Chai Phonbopit “MongoDB คืออะไร? + สอนวิธีใช้งานเบื้องต้น”[Online].Available: <https://devahoy.com/blog/2015/08/getting-started-with-mongodb/>

## **ประวัติผู้เขียน**

**ชื่อ - นามสกุล** นายพงพณิช อรัญรัตน์โสภณ

A person in a white shirt and tie

Description automatically generated with medium confidenceรหัสนักศึกษา 61070124

วัน เดือน ปี เกิด 10 มีนาคน 2543

ประวัติการศึกษา

วุฒิ ม.6 ชื่อที่อยู่สถาบัน โรงเรียนเบญจมราชูทิศ

ภูมิลำเนา 148/5 หมู่ 8 ตำบล หัวไทร อำเภอ หัวไทร จังหวัด นครศรีธรรมราช

เบอร์โทร 093-6588282 Email [61070124@kmitl.ac.th](mailto:61070124@kmitl.ac.th)

สาขาที่จบ เทคโนโลยีสารสนเทศ รุ่นที่ 16 ปีการศึกษาที่จบ 2564

**ชื่อ - นามสกุล** นายภูริณัฐ จิตมนัส

A child in a white shirt and tie

Description automatically generated with low confidenceรหัสนักศึกษา 61070171

วัน เดือน ปี เกิด 29 กรกฎาคม 2542

ประวัติการศึกษา

วุฒิ ม.6 ชื่อที่อยู่สถาบัน โรงเรียนเบญจมราชูทิศ

ภูมิลำเนา 44/12 หมู่ 4 ตำบล ท่างิ้ว อำเภอ เมือง จังหวัด นครศรีธรรมราช

เบอร์โทร 089-4728789 Email 610702171@kmitl.ac.th

สาขาที่จบ เทคโนโลยีสารสนเทศ รุ่นที่ 16 ปีการศึกษาที่จบ 2564