

โครงการวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เรื่อง

ระบบควบคุมเครือข่ายไร้สายแบบประหยัด
Affordable Wireless Controller

โดย

นายพิสิษฐ์พงศ์ วิชาลเจริญยิ่ง 5310500502

พ.ศ. 2556

ระบบควบคุมเครือข่ายไร้สายแบบประหยัด
Affordable Wireless Controller

โดย

นายพิสิษฐ์พงศ์ วิศาลเจริญยิ่ง 5310500502

โครงการวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตามหลักสูตร

วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวันที่.....เดือน.....พ.ศ.

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชัยพร ใจแก้ว)

.....วันที่.....เดือน.....พ.ศ.

(รองศาสตราจารย์ ดร.อนันต์ ผลเพิ่ม)

.....วันที่.....เดือน.....พ.ศ.

(อาจารย์ ดร.อภิรักษ์ จันทร์สร้าง)

หัวหน้าภาควิชาวันที่.....เดือน.....พ.ศ.

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภุชงค์ อุทโยภาศ)

นายพิสิษฐ์พงศ์ วิศาลเจริญยิ่ง ปีการศึกษา 2556

ระบบควบคุมเครือข่ายไร้สายแบบประหยัด

ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์) ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บทคัดย่อ

ปัจจุบันเครือข่ายแลนไร้สายนั้นได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก ไม่ว่าจะเป็นองค์กรขนาดกลางและขนาดเล็กต่างมีการใช้งานเครือข่ายไร้สายกันภายในองค์กร โดยเครือข่ายไร้สายนั้นต้องพึ่งพาอุปกรณ์แอคเซสพอยต์จำนวนมาก เพื่อให้บุคคลากรสามารถเชื่อมต่อ เข้าถึงเครือข่ายภายในขององค์กรได้ ซึ่งรวมไปถึงความสามารถในการเข้าถึงเครือข่ายอินเทอร์เน็ตด้วยเช่นกัน โดยเครื่องควบคุมเครือข่ายไร้สายสามารถช่วยในการบริหารจัดการเครือข่ายไร้สายได้สะดวก และรวดเร็วมากขึ้น ซึ่งในปัจจุบันอุปกรณ์การบริหารจัดการเครือข่ายนั้นมีจำหน่ายอยู่เป็นจำนวนมากในท้องตลาด แต่อุปกรณ์จำพวกนี้ยังมีราคาสูง ซึ่งองค์กรขนาดกลางและขนาดเล็กที่มีทุนทรัพย์ที่จำกัดไม่อาจจะจัดซื้อเพื่อนำมาใช้งานภายในองค์กรได้ นอกจากนี้เครื่องควบคุมเครือข่ายไร้สายที่มีจำหน่ายอยู่จากหลากหลายผู้ผลิตยังมีข้อจำกัดเรื่องรุ่นของแอคเซสพอยต์ที่เชื่อมต่อ ซึ่งจะต้องเป็นแอคเซสพอยต์ที่ผลิตจากผู้ผลิตเดียวกันกับเครื่องควบคุมเครือข่ายไร้สายเท่านั้น โดยระบบควบคุมเครือข่ายไร้สายที่จะได้นำแสดงต่อไปนี้จะรองรับการทำงานกับอุปกรณ์แอคเซสพอยต์จากผู้ผลิตที่หลากหลาย รองรับการทำงานเพื่อการบริหารจัดการเครือข่ายไร้สาย และการติดตั้งระบบที่สะดวกรวดเร็ว โดยโครงการนี้ได้พัฒนาและปรับปรุงต่อยอดมาจากโครงการเดิมในห้องปฏิบัติการเครือข่ายไร้สาย ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

คำสำคัญ : เครื่องควบคุมเครือข่ายไร้สาย, เครือข่ายไร้สาย, แอคเซสพอยต์

เลขที่เอกสารอ้างอิงภาควิชา Exxx-ABC-y-2556

Pisitpong Visarlcharoenying Academic Year 2013

Affordable Wireless Controller

Bachelor's Degree in Computer Engineering Department of Computer Engineering

Faculty of Engineering, Kasetsart University

Abstract

Nowadays wireless local area network (wlan) is widely deployed in either large or small and medium organizations. Making the wlan services to cover most area in an organization required a large number of access points. To manage such a large number of access points, the wireless controller for helping administrator to control and manage the whole system is obviously necessary. However, due to the high cost of the wireless controller, small and medium organizations cannot afford. Also wireless controllers in the market can only manage the access points of their own brand. In this project, the affordable wireless controller has been proposed. The system is designed for supporting multi-brand low cost access points with sufficient features to manage the wlan system, ready for the services in short setup period. The proposed system has been upgraded and modified from the on-going wireless controller project development in Iwing laboratory.

Keywords : Wireless Controller, Wireless Network, Access Point

Department Reference No. Exxx-ABC-y-2556

กิตติกรรมประกาศ

รายงานและโครงการ “ระบบควบคุมการทำงานเครือข่ายไร้สายแบบประหยัด” ได้รับการช่วยเหลือและให้คำแนะนำในการทำงานอย่างดีมาตลอดระยะเวลาที่เริ่มดำเนินงาน ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าโครงการนี้จะไม่สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีถ้าหากขาดความช่วยเหลือจากบุคคลต่างๆ

ขอขอบคุณ รศ.ดร. อนันต์ ผลเพิ่ม, ผศ.ดร. ชัยพร ใจแก้ว, และ อ.ดร. อภิรักษ์ จันทร์สร้าง ที่คอยให้คำแนะนำและช่วยเหลือเกี่ยวกับโครงการตั้งแต่แนวคิดอันเกิดจากปัญหาที่เกิดขึ้นจริง แนวทางในการแก้ไขปัญหา จนเลยไปถึงวิธีที่สามารถใช้เป็นช่องทางในการแก้ไขปัญหาเหล่านั้น รวมไปถึงห้องปฏิบัติการวิจัยเครือข่ายไร้สาย และพื้่นกวิจัยในห้องปฏิบัติการที่ได้ให้คำแนะนำในการพัฒนาโครงการ ขอขอบคุณครอบครัวของข้าพเจ้าที่คอยเป็นกำลังใจและให้ความสนับสนุนมาโดยตลอด และเพื่อนๆ CPE24ทุกๆคน ที่ช่วยเหลือและให้คำแนะนำในการพัฒนา

ผู้พัฒนาโครงการจึงขอขอบคุณทุกท่านๆรวมทั้งที่กล่าวถึงและไม่ได้กล่าวถึงมาเป็นอย่างสูง ที่ได้ช่วยให้การดำเนินโครงการนี้ลุล่วงไปด้วยดี

นายพิสิษฐ์พงศ์ วิชาลเจริญยิ่ง
ผู้จัดทำ

สารบัญ

บทคัดย่อ	iii
Abstract	iv
กิตติกรรมประกาศ	v
สารบัญ	vi
สารบัญภาพ	ix
สารบัญตาราง	x
1. บทนำ	1
1.1 วัตถุประสงค์ของโครงการ	1
1.2 ขอบเขตการดำเนินงาน	2
1.3 ประโยชน์ที่ได้รับ	2
2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 ระบบแลนไร้สาย (Wireless Lan)	3
2.2 OpenWRT	4
2.3 LUCI	4
2.4 JSON	4
2.5 JSON-RPC	4
2.6 LUCI JSON-RPC	5
3. เครื่องมือที่ใช้ในการทำโครงการ	6
3.1 ฮาร์ดแวร์	6
3.1.1 เครื่องแม่ข่าย	6
3.1.2 Switch	6
3.1.3 Access point	7
3.2 ซอฟต์แวร์และไลบรารี	9
3.3 ภาษาที่ใช้พัฒนาโปรแกรม	10
4. ขั้นตอนการดำเนินโครงการ	11
4.1 ภาพรวมของระบบ	11
4.2 รายละเอียดของระบบที่พัฒนา	12
	vi

4.2.1	ข้อมูลนำเข้า (Input)	12
4.2.2	ผลลัพธ์ (Output)	12
4.2.3	Functional Specification	12
4.3	โครงสร้างซอฟต์แวร์	13
4.4	โครงสร้างฐานข้อมูล	14
5.	ผลการดำเนินโครงการและวิจารณ์	18
5.1	การทดสอบโปรแกรม	18
5.1.1	วัดความเร็วเฉลี่ยในการโอนถ่ายข้อมูลระหว่างเครื่องลูกข่ายกับเครื่องแม่ข่ายเมื่อมีจำนวนเครื่องลูกข่ายที่เพิ่มมากขึ้น	18
5.1.2	การทดลองความสามารถของระบบแสดงข้อมูลเครือข่ายแบบกราฟฟิกอินเตอร์เฟซ	19
5.1.3	การทดลองเวลาเฉลี่ยในการตั้งค่าอุปกรณ์แอสเซมบลีเมื่อมีจำนวนแอสเซมบลีมากขึ้น	20
5.2	ขอบเขตและข้อจำกัดของโปรแกรมที่พัฒนา	21
6.	สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ	22
6.1	สรุปผลการดำเนินงาน	22
6.2	ปัญหาและอุปสรรค	22
6.3	ข้อเสนอแนะ	23
7.	บรรณานุกรม	24
8.	ภาคผนวก	25
8.1	วิธีติดตั้งโปรแกรม	25
8.1.1	ส่วนของแอสเซมบลี	25
8.1.2	ส่วนของเครื่องแม่ข่าย	26
8.2	การเชื่อมต่ออุปกรณ์ในระบบสำหรับการใช้งาน	32
8.2.1	การเชื่อมต่อเครื่องแม่ข่ายออกสู่เครือข่ายอินเทอร์เน็ต	32
8.2.2	การเชื่อมต่อเครื่องแม่ข่ายเข้ากับสวิตช์	33
8.2.3	การเชื่อมต่อเครื่องแอสเซมบลีเข้ากับระบบควบคุมเครือข่ายไร้สาย	33
8.3	คู่มือการใช้งาน	33

สารบัญภาพ

รูปที่ 3.1 เครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย	6
รูปที่ 3.2 Switch 3COM รุ่น Baseline 2040	7
รูปที่ 3.3 Access Point TP-Link รุ่น TL - WR1043ND	8
รูปที่ 3.4 Access Point D-Link รุ่น DIR - 825	9
รูปที่ 4.1 ภาพรวมของระบบควบคุมเครือข่ายไร้สายแบบประหยัด	11
รูปที่ 4.2 รูปโครงสร้างซอฟต์แวร์ของระบบเครือข่ายไร้สายแบบประหยัด	13
รูปที่ 4.3 แผนภาพฐานข้อมูลของระบบควบคุมเครือข่ายไร้สาย	14
รูปที่ 4.4 แผนภาพฐานข้อมูลของระบบยืนยันตัวตนบุคคล	16
รูปที่ 5.1 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยอัตราการโอนถ่ายข้อมูลของเครื่องลูกข่าย	19
รูปที่ 5.2 การแสดงผลข้อมูลระบบเครือข่ายรูปแบบกราฟฟิก	19
รูปที่ 5.3 กราฟแสดงเวลาเฉลี่ยในการตอบสนองจากการตั้งค่า	21
รูปที่ 8.1 หน้าเว็บอินเตอร์เฟซสำหรับลงเฟิร์มแวร์ใหม่	25
รูปที่ 8.2 หน้าเว็บอินเตอร์เฟซเมนู Network	26
รูปที่ 8.3 การเชื่อมต่อระบบ	33
รูปที่ 8.4 หน้าเว็บอินเตอร์เฟซสำหรับดูภาพรวมของระบบ	34
รูปที่ 8.5 หน้าเว็บอินเตอร์เฟซแสดงรายการ SSID ทั้งหมดในระบบ	35
รูปที่ 8.6 หน้าเว็บอินเตอร์เฟซสำหรับแก้ไข SSID	35
รูปที่ 8.7 หน้าเว็บอินเตอร์เฟซแสดงรายการโปรไฟล์ทั้งหมดในระบบ	36
รูปที่ 8.8 หน้าเว็บอินเตอร์เฟซสำหรับแก้ไขโปรไฟล์	37
รูปที่ 8.9 หน้าเว็บอินเตอร์เฟซแสดงรายการกลุ่มทั้งหมดในระบบ	38
รูปที่ 8.10 หน้าเว็บอินเตอร์เฟซสำหรับแก้ไขกลุ่ม	39
รูปที่ 8.11 หน้าเว็บอินเตอร์เฟซสำหรับดูภาพรวมของระบบในรูปแบบของกราฟฟิก	40
รูปที่ 8.12 หน้าเว็บอินเตอร์เฟซสำหรับดูข้อมูลแอดเดสอพอยต์	40
รูปที่ 8.13 หน้าเว็บอินเตอร์เฟซที่แสดงข้อมูลรายชื่อผู้ใช้งานในระบบทั้งหมด	41
รูปที่ 8.14 หน้าเว็บอินเตอร์เฟซที่แสดงข้อมูลรายชื่อบัญชีผู้ใช้งานที่ลงทะเบียนกับระบบ	42
รูปที่ 8.15 หน้าเว็บอินเตอร์เฟซที่แสดงข้อมูลของผู้ใช้งานที่ได้ทำการลงทะเบียนผ่านระบบ	42
รูปที่ 8.16 หน้าเว็บอินเตอร์เฟซที่แสดงข้อมูลการเข้าสู่ระบบของชื่อบัญชีผู้ใช้	43

สารบัญตาราง

ตารางที่ 3.1 คุณสมบัติของเครื่องแม่ข่าย	6
ตารางที่ 3.2 คุณสมบัติของ Access Point TP-Link รุ่น TL-WR1043ND	8
ตารางที่ 3.3 คุณสมบัติของ Access Point D-Link DIR - 825	9

1. บทนำ

เนื่องด้วยในปัจจุบันเทคโนโลยีเครือข่ายไร้สาย [1] นั้นได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก และได้ถูกนำมาประยุกต์เข้ากับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์หลายๆ ชนิด ไม่ว่าจะเป็น โทรศัพท์มือถือ แท็บเล็ต และคอมพิวเตอร์แบบพกพา จากความนิยมกันอย่างแพร่หลาย จึงนำไปสู่การขยายตัวของเครือข่ายอินเทอร์เน็ตไร้สายในองค์กรขนาดกลาง และขนาดย่อม ซึ่งจะต้องมีการบริหารจัดการ และตั้งค่าแอคเซสพอยต์ที่ถูกติดตั้งในส่วนต่างๆ ขององค์กร ด้วยงบประมาณ และทรัพยากรบุคคลที่มีอยู่

การบริหารจัดการ และตั้งค่าแอคเซสพอยต์ในองค์กรขนาดกลาง และขนาดเล็กน้อย ต้องอาศัยอุปกรณ์ควบคุมระบบไร้สายที่มีราคาที่สูง ร่วมกับบุคคลกรที่มีความรู้เรื่องเทคโนโลยีเครือข่ายคอมพิวเตอร์ขั้นสูง ซึ่งอาจจะเป็นข้อจำกัดขององค์กรขนาดกลาง และขนาดเล็ก ที่มีงบประมาณ และบุคลากรค่อนข้างจำกัด

ด้วยปัญหาและอุปสรรคดังที่กล่าวไปข้างต้น ทำให้เกิดการพัฒนาโครงการระบบควบคุมการทำงานเครือข่ายไร้สายขนาดย่อม ที่ถูกพัฒนาขึ้นโดยนิสิตภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์แห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ซึ่งสามารถรองรับการควบคุมเครือข่ายไร้สายได้ในระดับหนึ่ง แต่ยังคงมีหลายส่วนที่ต้องการการพัฒนาเพิ่มเติมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของโครงการ ที่ยังมีข้อจำกัดอีกหลายประการ เช่น จำนวนแอคเซสพอยต์ที่สามารถรองรับ การไม่รองรับการเก็บข้อมูลการใช้งานเครือข่ายของผู้ใช้งาน เป็นต้น

โดยโครงการนี้จะนำโครงการระบบควบคุมการทำงานเครือข่ายไร้สายขนาดย่อม[2] และระบบให้บริการเครือข่ายไร้สายเคลื่อนที่ในพื้นที่ที่ผู้ใช้งานหนาแน่น[3] ที่ถูกพัฒนาขึ้นก่อน หน้านี้นำมาปรับปรุง และพัฒนาเพิ่มเติม เพื่อให้ระบบควบคุมการทำงานเครือข่ายไร้สายขนาดย่อมนี้สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเทียบเท่ากับระบบควบคุมการทำงานเครือข่ายไร้สายที่มีวางจำหน่ายอยู่ในท้องตลาดซึ่งมีราคาสูง เพื่อลดค่าใช้จ่ายในองค์กรขนาดกลางและขนาดเล็กในการจัดซื้ออุปกรณ์ดังกล่าว

1.1 วัตถุประสงค์ของโครงการ

- 1) เพื่อให้ได้มาซึ่งระบบควบคุมเครือข่ายไร้สายที่มีราคาย่อมเยา
- 2) เพื่อพัฒนาระบบที่สามารถตั้งค่าอุปกรณ์แอคเซสพอยต์ที่มีอยู่จำนวนมากในเครือข่ายไร้สายได้ในเวลาเดียวกันโดยผ่านเครื่องแม่ข่าย
- 3) เพื่อพัฒนาระบบควบคุมเครือข่ายไร้สายที่ควบคุมอุปกรณ์แอคเซสพอยต์จากผู้ผลิตที่หลากหลาย

1.2 ขอบเขตการดำเนินงาน

- 1) ระบบจะรองรับการทำงานของแอคเซสพอยต์ที่ได้รับการติดตั้งเฟิร์มแวร์ OpenWRT ก่อนแล้วเท่านั้น
- 2) ระบบจะต้องสามารถรองรับการสร้างโปรไฟล์ เพื่อเก็บข้อมูลชนิด SSID และย่านคลื่นความถี่ที่ต้องการสำหรับการปล่อยสัญญาณเครือข่ายไร้สาย
- 3) ระบบจะต้องสามารถ สร้าง บริหาร และ จัดการกลุ่มของแอคเซสพอยต์ เพื่อให้สามารถตั้งค่าได้พร้อมกัน
- 4) ระบบจะต้องเก็บข้อมูลการใช้งานของผู้ใช้งาน เพื่อให้เป็นไปตาม พรบ. คอมพิวเตอร์ พ.ศ. 2550
- 5) ระบบจะต้องสามารถตรวจสอบสถานะของแอคเซสพอยต์ได้
- 6) ระบบจะต้องมีระบบพิสูจน์ตัวตนของผู้ใช้ เพื่อรองรับการให้บริการกับผู้ใช้งาน
- 7) ระบบจะต้องสามารถทำการจ่ายหมายเลขที่อยู่ไอพี (IP Address) ได้

1.3 ประโยชน์ที่ได้รับ

- 1) ได้ระบบที่สามารถติดตั้ง และบริหารจัดการเครือข่ายไร้สายได้โดยง่าย
- 2) ได้ระบบที่สามารถ สร้าง บริหาร และจัดการกลุ่มแอคเซสพอยต์ที่สามารถตั้งค่าได้พร้อมกัน
- 3) ได้ระบบที่สามารถตรวจสอบ และจัดเก็บข้อมูลการใช้งานของผู้ใช้งานแต่ละคนได้ เพื่อให้เป็นไปตาม พรบ. คอมพิวเตอร์ พ.ศ. 2550
- 4) ได้ระบบที่สามารถตรวจสอบปริมาณการโอนย้ายข้อมูลระหว่างเครือข่ายและผู้ใช้งานรายคน
- 5) ได้ระบบที่สามารถทำการจ่ายหมายเลขที่อยู่ไอพี (IP Address) ได้
- 6) ได้ระบบที่สามารถพิสูจน์ตัวตนของผู้ใช้ เพื่อรองรับการให้บริการกับผู้ใช้งาน

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ระบบแลนไร้สาย (Wireless Lan)

ระบบแลนไร้สาย คือเทคโนโลยีที่ทำหน้าที่เชื่อมต่ออุปกรณ์ไร้สายตั้งแต่สองอุปกรณ์ขึ้นไปเข้าด้วยกัน โดยอาศัยการกระจายสัญญาณไร้สายให้ครอบคลุมอาณาบริเวณที่ผู้ใช้งานต้องการเข้าถึงผ่านทางอุปกรณ์แอคเซสพอยต์ที่ทำหน้าที่การกระจายสัญญาณ ซึ่งเมื่ออุปกรณ์เครือข่ายไร้สายนั้นทำการเชื่อมต่อเข้าสู่ระบบเครือข่ายได้แล้ว อุปกรณ์นั้นจะสามารถเข้าถึงทรัพยากรที่ใช้ร่วมกันในเครือข่ายได้ รวมไปถึงการเชื่อมต่อกับสัญญาณอินเทอร์เน็ตหากเครือข่ายสามารถเชื่อมต่อได้ โดยระบบแลนไร้สายนั้นจะอยู่บนมาตรฐาน IEEE 802.11 โดยใช้คลื่นความถี่วิทยุในการสื่อสาร โดยจะสามารถแบ่งโครงสร้างการสื่อสารออกได้เป็น 2 แบบคือ

- 1) การสื่อสารแบบแลนไร้สายผ่านอุปกรณ์กระจายสัญญาณ (Infrastructure Model)
- 2) การสื่อสารแบบเชื่อมต่อระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์เข้าด้วยกัน (Ad-Hoc/Peer-to-Peer Mode)

สำหรับมาตรฐานเครือข่ายไร้สายที่สามารถใช้กันในประเทศไทย ประกอบไปด้วย IEEE 802.11 a, b, g และ n ซึ่งใช้งานกันอยู่ช่องคลื่นความถี่ 2.4 และ 5.0 GHz โดยจะขออธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับมาตรฐานแต่ละชนิดดังนี้

- 1) IEEE 802.11a เป็นมาตรฐานที่ปล่อยสัญญาณที่ช่องความถี่ 5.0 GHz โดยสามารถทำความเร็วได้ถึง 54 Mbps ซึ่งถือว่าเป็นความเร็วที่สูงมากในยุคที่ประกาศใช้เป็นมาตรฐาน โดยความเร็วนั้นสามารถปรับให้ลดลงได้เพื่อให้สัญญาณไปได้ไกลมากขึ้น โดยระยะทางการเชื่อมต่อตามทฤษฎีจะอยู่ที่ 100 เมตร จากจุดปล่อยสัญญาณหรือแอคเซสพอยต์ โดยระยะการเชื่อมต่อจะน้อยกว่ามาตรฐาน IEEE 802.11b เนื่องจากทำงานที่ช่องความถี่ที่มากกว่าจึงทำให้สัญญาณไปได้สั้นกว่า
- 2) IEEE 802.11b เป็นมาตรฐานที่ถูกประกาศออกใช้งานพร้อมกับ 802.11a โดยจะปล่อยสัญญาณที่ช่องความถี่ 2.4 GHz ซึ่งสามารถทำความเร็วได้ถึง 11 Mbps ครอบคลุมพื้นที่ได้มากกว่าแบบ 802.11a เนื่องจากทำงานที่ความถี่ต่ำ แต่เนื่องจากอุปกรณ์เครื่องใช้ในบ้านชนิดอื่นๆ มีการใช้คลื่นความถี่ที่ 2.4GHz เช่นเดียวกัน ดังนั้นจึงอาจเกิดปัญหาการรบกวนของสัญญาณจากอุปกรณ์อื่นเช่น โทรศัพท์บ้านไร้สาย ไมโครเวฟ
- 3) IEEE 802.11g เป็นมาตรฐานที่ถูกพัฒนาต่อยอดมาจากมาตรฐาน IEEE 802.11b โดยยังคงทำงานที่ยานความถี่ 2.4 GHz ดังนั้นยังคงมีปัญหาเรื่องของสัญญาณรบกวน แต่ข้อดีของ IEEE 802.11g คือความเร็วในการรับส่งข้อมูลที่มากขึ้น 54Mbps ซึ่งเทียบเท่า IEEE802.11a

- 4) IEEE 802.11n เป็นมาตรฐานที่ทำงานได้ทั้งย่านความถี่ 2.4 และ 5.0 GHz โดยสามารถทำความเร็วได้ดีกว่ามาตรฐานก่อนๆ มาก โดยทำความเร็วได้สูงสุดถึง 600 Mbps และระยะทางการเชื่อมต่อสัญญาณไกลถึง 300 เมตร
การเข้ารหัสสำหรับเครือข่ายไร้สายมี 2 ชนิด
 - 1) WEP เป็นการเข้ารหัสแบบนี้มีความปลอดภัยต่ำเนื่องจากใช้เพียง 40,104 บิตในการเข้ารหัส โดยปัจจุบันการลวงรู้รหัสสามารถทำได้ในเวลาเพียงไม่กี่นาที
 - 2) WPA เป็นการตั้งค่านโยบายการเข้าถึงข้อมูลโดยทุกคนในระบบจะใช้รหัสเดียวกันในการเข้าถึงทรัพยากรในเครือข่าย ปัจจุบันเป็นที่นิยมกันอย่างแพร่หลาย

2.2 OpenWRT

OpenWRT [6] เป็นระบบปฏิบัติการ หรือระบบปฏิบัติการแบบฝังตัว โดยส่วนใหญ่จะนิยมกันติดตั้งบนเราเตอร์ โดยองค์ประกอบหลักจะประกอบไปด้วย Linux Kernel, uClibc, และ BusyBox เนื่องจากบนอุปกรณ์ที่จะทำการติดตั้งเฟิร์มแวร์ OpenWRT นั้นมีทรัพยากรค่อนข้างจำกัด เช่น หน่วยประมวลผลกลาง (CPU) หรือ หน่วยความจำ (Memory) เป็นต้น ส่วนประกอบของระบบปฏิบัติการจึงต้องถูกย่อขนาดลงเพื่อให้สามารถทำงานบนอุปกรณ์ที่มีขนาดเล็กได้

โดยการตั้งค่าอุปกรณ์ที่ทำการติดตั้งอุปกรณ์ที่มีการติดตั้งเฟิร์มแวร์ OpenWRT นั้นสามารถทำได้ 2 วิธี คือ ผ่านทาง command-line หรือผ่านทางเว็บอินเตอร์เฟซ (LuCI) ดังจะได้กล่าวต่อไป

2.3 LUCI

LuCI [7] เป็นเว็บอินเตอร์เฟซสำหรับการตั้งค่าอุปกรณ์ทำการติดตั้งเฟิร์มแวร์ OpenWRT โดยเว็บอินเตอร์เฟซนี้ถูกพัฒนาขึ้นในภาษา Lua ซึ่งสามารถทำงานได้ในอุปกรณ์ที่มีทรัพยากรค่อนข้างจำกัด เช่น ในเราเตอร์ เป็นต้น ซึ่งจะสะดวกกว่าวิธีที่ทำการตั้งค่าผ่าน Command line แบบในยุคแรกๆ นอกจากการตั้งค่าระบบแล้ว ผู้ใช้ยังสามารถบริหารจัดการระบบภายใน รวมไปถึงการติดตั้งอัปเดตเฟิร์มแวร์ใหม่ได้อีกด้วย

2.4 JSON

เจสัน (JSON) ย่อมาจาก Javascript Object Notation เป็นมาตรฐานข้อมูลในการแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างเครื่องลูกข่ายกับเซิร์ฟเวอร์ โดยข้อมูลจะอยู่ในรูปแบบของ Array หรือ object โดยใช้ โพรโทคอล HTTP หรือ TCP/IP ในการส่ง ซึ่งคือ object ที่อยู่ในรูปแบบของ JSON นั้นเอง

2.5 JSON-RPC

เจสันอาร์พีซี [4] (JSON-RPC) เป็นโพรโทคอลที่ใช้สื่อสารกันระหว่างเครื่องแม่ข่าย และเครื่องลูกข่าย โดยรูปแบบของโพรโทคอลนั้นจะมีคล้ายคลึงกับโพรโทคอล XML-RPC โดยจะมีการแนบเฉพาะข้อมูล และคำสั่งที่จำเป็นต่อการใช้งานลงไปในแพ็กเก็ตเท่านั้น ซึ่งข้อมูลจะอยู่ในรูปแบบของ Array หรือ object ซึ่งเป็นชนิด Object ของ JSON

2.6 LUCI JSON-RPC

เป็นไลบรารีของลูซีที่ทำให้เว็บอินเตอร์เฟซฝั่งผู้ดูแลระบบ สามารถสื่อสารกับอุปกรณ์ที่ติดตั้งเฟิร์มแวร์ OpenWRT โดยผ่านการใช้โปรโตคอล JSON-RPC ซึ่งทำให้สะดวกในการตั้งค่าอุปกรณ์แอคเซสพอยต์ในระบบ การติดตั้งไลบรารีของลูซีนั้นจะต้องทำตั้งแต่การติดตั้งเฟิร์มแวร์ลงบนอุปกรณ์แอคเซสพอยต์ โดยต้องทำการลงแพ็คเกจที่เกี่ยวข้องกันดังนี้ แพ็คเกจLuCi และ แพ็คเกจ LuCi-JSON-RPC เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนา

3. เครื่องมือที่ใช้ในการทำโครงการ

ระบุอุปกรณ์เครื่องมือทั้งฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ที่สำคัญที่ใช้ในการทำโครงการ

3.1 ฮาร์ดแวร์

3.1.1 เครื่องแม่ข่าย



รูปที่ 3.1 เครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย

ตารางที่ 3.1 คุณสมบัติของเครื่องแม่ข่าย

หน่วยความจำหลัก	2 GB
หน่วยความจำสำรอง	40 GB
หน่วยประมวลผล	Intel® Celeron(R) 2.53 GHz
Network Interface Card	ความเร็ว 10/100 Mbps 2 พอร์ต

3.1.2 Switch

สวิตช์ที่นำมาใช้ในโครงการนี้เป็นของผู้ผลิต 3com รุ่น Baseline 2040 ซึ่งเป็นไปตามรูปที่ 3.2 ซึ่งเป็น unmanage switch ที่รองรับ Ethernet ได้ทั้งหมด 24 พอร์ต



รูปที่ 3.2 Switch 3COM รุ่น Baseline 2040

3.1.3 Access point

แอคเซสพอยต์ที่นำมาใช้งานในโครงการนี้ประกอบไปด้วย 2 รุ่น จาก 2 ผู้ผลิตโดยรุ่นแรกคือ TP-Link รุ่น TL - WR1043ND ซึ่งเป็นไปดังรูปที่ 3.3 และมีคุณสมบัติตามตารางที่ 3.2 ส่วนรุ่นที่ 2 เป็นของผู้ผลิต D-Link โดยเป็นรุ่น DIR - 825 ซึ่งเป็นไปดังรูปที่ 3.4 และมีคุณสมบัติตามตารางที่ 3.3



รูปที่ 3.3 Access Point TP-Link รุ่น TL - WR1043ND

ตารางที่ 3.2 คุณสมบัติของ Access Point TP-Link รุ่น TL-WR1043ND

ชิปประมวลผล	Atheros AR9132@400MHz
หน่วยความจำหลัก	32 MB
หน่วยความจำรอง	8 MB
พอร์ต WAN	1
พอร์ต LAN	4
พอร์ตUSB	1
เวอร์ชัน	1.8
รองรับมาตรฐาน	IEEE802.11 b/g/n



รูปที่ 3.4 Access Point D-Link รุ่น DIR – 825

ตารางที่ 3.3 คุณสมบัติของ Access Point D-Link DIR - 825

ชิปประมวลผล	AR7161@680MHz
หน่วยความจำหลัก	64 MB
หน่วยความจำรอง	8 MB
พอร์ต WAN	1
พอร์ต LAN	4
พอร์ตUSB	1
เวอร์ชัน	1.8
รองรับมาตรฐาน	IEEE802.11 a/b/g/n

3.2 ซอฟต์แวร์และไลบรารี

- 1) ไมโครซอฟท์เวิร์ด 2013 สำหรับการพิมพ์รายงาน
- 2) Linux OpenWRT [6] Attitude Adjustment r33603 ใช้ติดตั้งลงบนแอสเซมบลีบอร์ด
- 3) Ubuntu OS version 12.04 โดยติดตั้งลงบนเครื่องแม่ข่าย

- 4) MySQL Version 5.5 เพื่อใช้งานเป็นฐานข้อมูลสำหรับเว็บอินเทอร์เฟซ
- 5) JQuery, JQuery AJAX เพื่อเป็นไลบรารีภาษาJavascript เพื่อความสะดวกในการทำงาน
- 6) JSON-RPC API [4] เพื่อใช้ติดต่อระหว่างเว็บอินเทอร์เฟซ และแอคเซสพอยต์
- 7) Free Radius เพื่อทดสอบระบบยืนยันตัวตนบุคคล
- 8) Chillispot ใช้เป็น Authentication Gateway
- 9) Arbor.js ใช้ในการแสดงข้อมูลโครงข่ายแบบกราฟฟิก
- 10) Squid เพื่อทำการเก็บข้อมูล logging

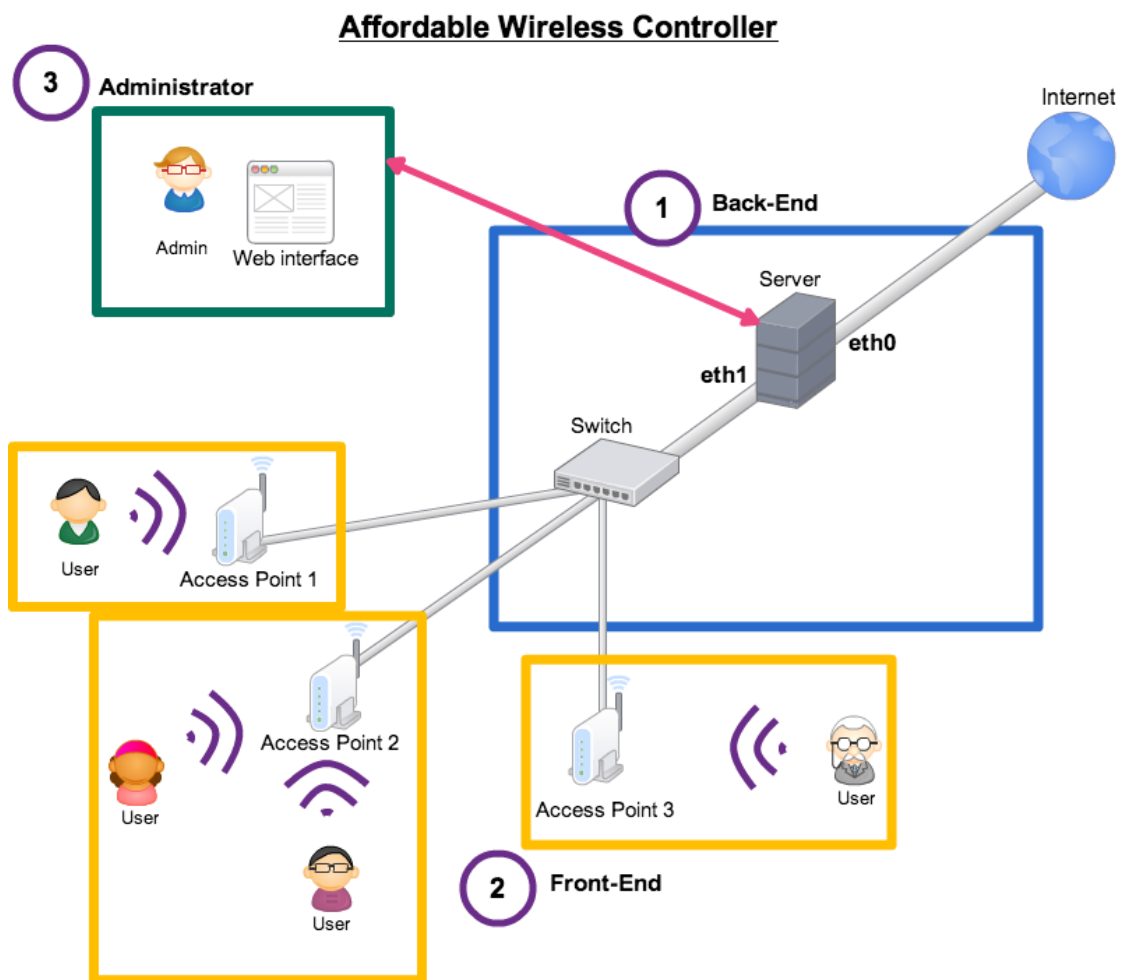
3.3 ภาษาที่ใช้พัฒนาโปรแกรม

- 1) Python – ใช้เป็น script ในการตรวจสอบสถานะของแอคเซสพอยต์
- 2) Shell Script – ใช้เป็นชุดคำสั่งในเครื่องแม่ข่าย
- 3) JQuery – ทำงานร่วมกับ ไลบรารี Arbor.js
- 4) Javascript – ใช้เพื่อพัฒนาอินเทอร์เฟซเว็บให้ดูสวยงามยิ่งขึ้น

4. ขั้นตอนการดำเนินโครงการ

ให้ผู้จัดทำอธิบายขั้นตอนการทำโครงการหรือการดำเนินงานที่สำคัญ รวมทั้งแสดงแผนผังการดำเนินงาน (Flow Chart) หรือแผนภาพบล็อก (Block Diagram) ในกรณีที่มีการดำเนินงานหลายประเภทให้เขียนการดำเนินงานแยกเป็นหัวข้อย่อย โดยให้ระบุตัวแปรหลักที่จะทำการศึกษาในแต่ละการดำเนินงาน

4.1 ภาพรวมของระบบ



รูปที่ 4.1 ภาพรวมของระบบควบคุมเครือข่ายไร้สายแบบประหยัด

จากรูปที่ 4.1 องค์ประกอบภาพรวมของระบบประกอบไปด้วย 3 องค์ประกอบหลักคือ สวิตช์ เครื่องแม่ข่าย และ เกตเวย์ โดยสามองค์ประกอบนี้จะทำงานเป็นส่วนควบคุมการทำงานของอุปกรณ์

ส่วนที่เหลือในส่วนของ Front-End เพื่อให้การทำงานเป็นไปตามที่ผู้ดูแลระบบต้องการตามที่ได้มีการตั้ง
ค่าไว้ โดยจะแบ่งการระบบควบคุมเครือข่ายไร้สายออกได้เป็นสามส่วนดังต่อไปนี้

1) Back End

เป็นส่วนของระบบฮาร์ดแวร์ที่เป็นศูนย์กลางการควบคุมระบบ โดยจะประกอบไปด้วย 3
องค์ประกอบหลักคือ สวิตช์ เครื่องแม่ข่าย และ เกตเวย์ โดยสามองค์ประกอบนี้จะทำงานเป็น
ส่วนควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ส่วนที่เหลือในส่วนของ Front-End เพื่อให้การทำงาน
เป็นไปตามที่ผู้ดูแลระบบต้องการตามที่ได้มีการตั้งค่าไว้

2) Front End

เป็นฮาร์ดแวร์ส่วนที่ทำหน้าที่เชื่อมต่อกับอุปกรณ์ไร้สายของผู้ใช้ โดยจะเป็นฮาร์ดแวร์ส่วนที่
เหลือที่ไม่ใช่ Back-End ซึ่งคือ แอคเซสพอยต์ทุกตัวในระบบ โดยอุปกรณ์ในส่วนนี้จะทำงาน
โดยรอรับคำสั่งจากเครื่องแม่ข่ายเพื่อให้การทำงานเป็นไปตามที่ผู้ดูแลระบบต้องการ

3) Admisitrator

เป็นส่วนของผู้ดูแลระบบซึ่งจะประกอบไปด้วยเว็บอินเตอร์เฟซเป็นหลัก โดยส่วนเว็บ
อินเตอร์เฟซนี้จะเป็นส่วนที่ผู้ดูแลระบบเข้าถึงได้เท่านั้น โดยผู้ดูแลระบบจะออกคำสั่งเพื่อตั้งค่า
แอคเซสพอยต์ในระบบจากหน้าเว็บอินเตอร์เฟซนี้รวมไปถึงการดูองค์ประกอบโดยรวมของ
ระบบเพื่อให้ผู้ใช้

4.2 รายละเอียดของระบบที่พัฒนา

รายละเอียดของระบบที่พัฒนา (Software Specification) ประกอบด้วยข้อมูลดังนี้

4.2.1 ข้อมูลนำเข้า (Input)

- 1) Packet จากผู้รับบริการเครือข่ายไร้สาย
- 2) สถานะของแต่ละ Access Point
- 3) สถานะของ Internet

4.2.2 ผลลัพธ์ (Output)

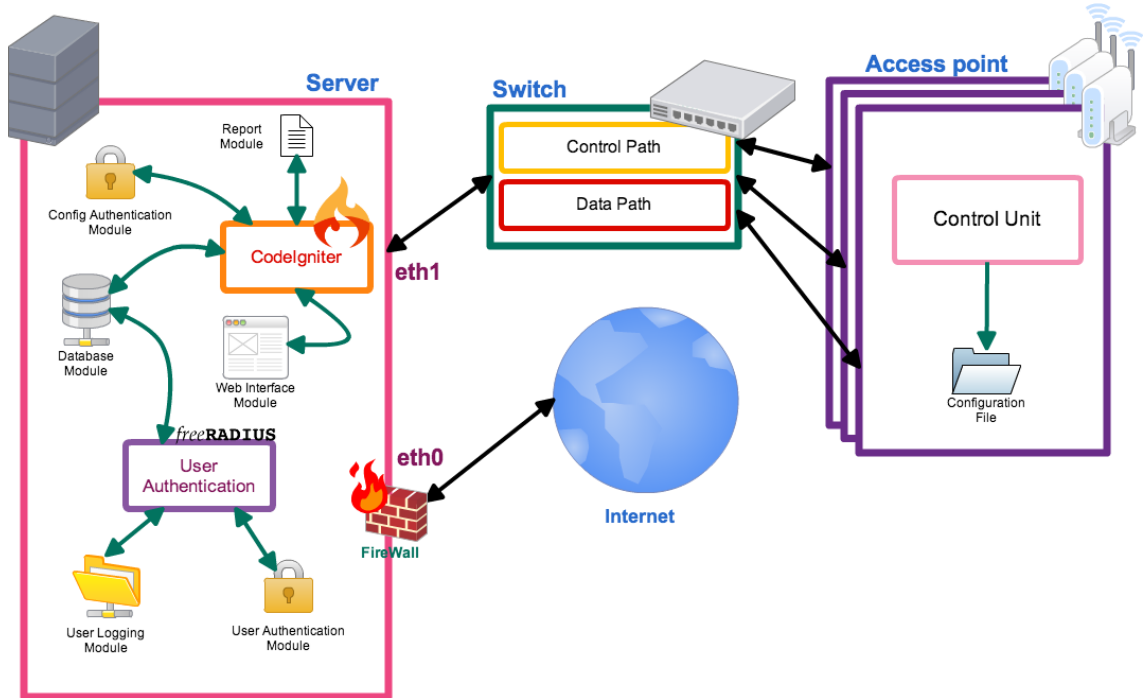
- 1) ผู้รับบริการได้ข้อมูลตามที่ต้องการ
- 2) ผู้ดูแลระบบสามารถดูภาพรวมของระบบได้ผ่าน web interface
- 3) ผู้ดูแลระบบสามารถแก้ไขปัญหาได้

4.2.3 Functional Specification

- 1) เว็บอินเตอร์เฟซสามารถแสดงผลสถานะของระบบเครือข่ายไร้สายได้
- 2) ผู้ดูแลระบบสามารถสร้างกลุ่มของอุปกรณ์แอคเซสพอยต์
- 3) ผู้ดูแลระบบสามารถสร้างโปรไฟล์เพื่อเป็นข้อมูลการตั้งค่าสำหรับแอคเซสพอยต์
- 4) เครื่องแม่ข่ายสามารถส่งการตั้งค่าไปยังอุปกรณ์แอคเซสพอยต์ในเครือข่าย

5) เครื่องแม่ข่ายสามารถตรวจสอบและยืนยันตัวบุคคลของผู้ใช้ได้

4.3 โครงสร้างซอฟต์แวร์



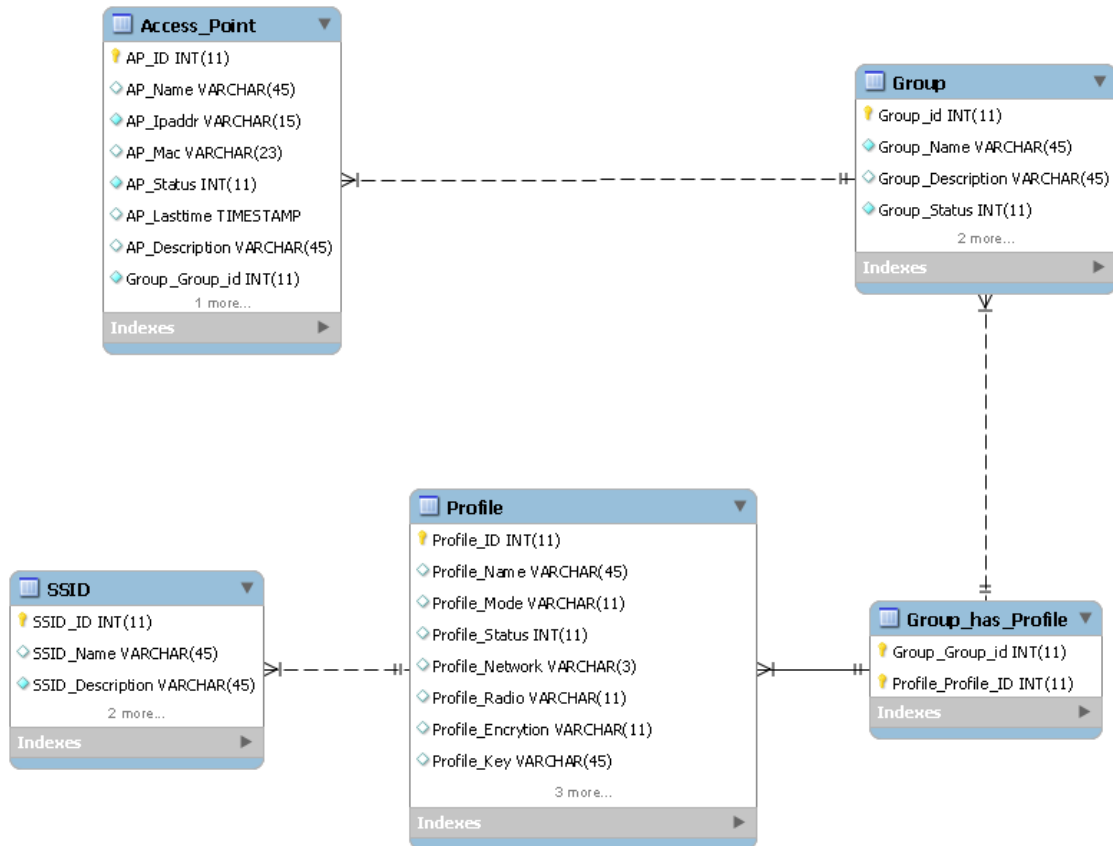
รูปที่ 4.2 รูปโครงสร้างซอฟต์แวร์ของระบบเครือข่ายไร้สายแบบประหยัด

โครงสร้างซอฟต์แวร์ของระบบควบคุมเครือข่ายไร้สายแบบประหยัดเป็นไปดังรูปที่ 4.2 โดยประกอบไปด้วยองค์ประกอบหลักดังต่อไปนี้

- 1) Database Module ทำหน้าที่เชื่อมฐานข้อมูลที่เก็บรวบรวมข้อมูลที่จำเป็นต่อการใช้งานในระบบซึ่งได้แก่ ตารางLog, ตารางUser, ตารางDevice, ตารางGroup และ ตารางProfile
- 2) Config Authentication ทำหน้าที่เชื่อมต่อกับอุปกรณ์แอคเซสพอยต์เพื่อเป็นการยืนยันตัวบุคคลของเครื่องแม่ข่าย
- 3) Report Module ทำหน้าที่ในการแสดงผลสถานะของอุปกรณ์เครือข่ายไร้สายต่างๆ ในระบบ
- 4) Web Interface Module คือ โมดูลเว็บอินเตอร์เฟซที่ใช้ติดต่อสื่อสารระหว่างผู้ดูแลระบบ กับระบบเครือข่ายไร้สาย
- 5) CodeIgniter FrameWork ทำหน้าที่เชื่อมต่อโมดูลต่างๆเข้าด้วยกันเพื่อติดต่อกับผู้ใช้งาน
- 6) Control Unit คือ ส่วนควบคุมภายในของอุปกรณ์แอคเซสพอยต์ ที่ทำหน้าที่บริหารจัดการ ตั้งค่าภายในอุปกรณ์
- 7) Configuration File คือ ไฟล์ตั้งค่าของอุปกรณ์แอคเซสพอยต์ที่ติดตั้งเฟิร์มแวร์ OpenWRT

- 8) Logging Module ทำหน้าที่ในการเก็บข้อมูล log ของระบบทั้งหมดโดยจะเป็นข้อมูลบัญชีผู้ใช้งานที่ทำการเรียกดูข้อมูลจากเครือข่าย
- 9) User Authentication ทำหน้าที่ในการตรวจสอบบัญชีผู้ใช้งานที่ทำการเข้าสู่ระบบ เพื่อทำการยืนยันตัวบุคคลก็เข้าใช้งานระบบเครือข่าย

4.4 โครงสร้างฐานข้อมูล

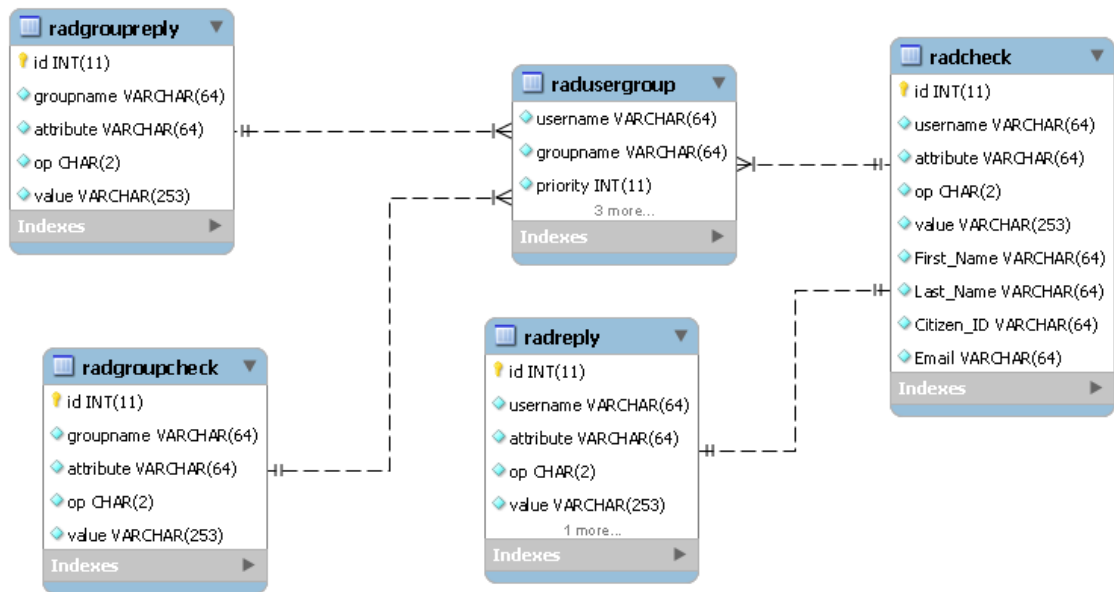


รูปที่ 4.3 แผนภาพฐานข้อมูลของระบบควบคุมเครือข่ายไร้สาย

ตารางฐานข้อมูลระบบควบคุมเครือข่ายไร้เป็นดังรูปที่ 4.3 มีการออกแบบให้มีทั้งหมด 5 ตาราง โดยที่

- 1) SSID เป็นตารางที่เก็บข้อมูล SSID ของระบบทั้งหมด
 - SSID_Name คือชื่อ SSID ที่ใช้
 - SSID_Description คือคำอธิบายสำหรับ SSID นี้
- 2) Profile เป็นตารางที่เก็บข้อมูลโปรไฟล์ของแอคเซสพอยต์ในระบบ
 - Profile_Name คือชื่อโปรไฟล์นั้น

- Profile_Mode คือโหมดการทำงานของโปรไฟล์
 - Profile_Status คือสถานะการทำงานของโปรไฟล์
 - Profile_Network
 - Profile_Radio คือย่านความถี่ที่โปรไฟล์ทำงาน
 - Profile_Encryption คือวิธีการเข้ารหัสของโปรไฟล์
 - Profile_Key คือรหัสผ่านสำหรับโปรไฟล์ดังกล่าว
- 3) Group_has_Profile เป็นตารางที่ทำหน้าที่เชื่อมระหว่างตาราง Profile กับ Group
- Group_Group_id คือ Primary Key ของ กลุ่มที่เชื่อมต่อกับโปรไฟล์นั้น
 - Profile_Profile_id คือ Primary Key ของโปรไฟล์ที่เชื่อมต่อกับกลุ่มนั้น
- 4) Group เป็นตารางที่เก็บข้อมูลกลุ่มของแอคเซสพอยต์
- Group_Name คือชื่อของกลุ่มของแอคเซสพอยต์
 - Group_Description คือคำอธิบายของกลุ่มแอคเซสพอยต์
 - Group_Status คือสถานะของกลุ่มแอคเซสพอยต์
- 5) Access_Point เป็นตารางที่เก็บข้อมูลของแอคเซสพอยต์ในระบบทั้งหมด
- AP_Name คือชื่อของแอคเซสพอยต์
 - AP_Ipaddr คือไอพีแอดเดรสของแอคเซสพอยต์
 - AP_Mac คือแมคแอดเดรสของแอคเซสพอยต์
 - AP_Status คือสถานะของแอคเซสพอยต์
 - AP_Lasttime คือเวลาที่ทำการตรวจสอบสถานะครั้งสุดท้ายของแอคเซสพอยต์
 - AP_Description คือคำอธิบายเกี่ยวกับแอคเซสพอยต์
 - Group_Group_id คือกลุ่มที่แอคเซสพอยต์สังกัดอยู่



รูปที่ 4.4 แผนภาพฐานข้อมูลของระบบยืนยันตัวตนบุคคล

ตารางฐานข้อมูลของระบบยืนยันตัวตนบุคคลนั้นเป็นไปดังรูปที่ 4.4

1) Radcheck เป็นตารางเก็บข้อมูลของบัญชีผู้ใช้งาน

- Username คือชื่อบัญชีผู้ใช้งานในการเข้าสู่ระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต
- Attribute คือตัวแปรที่บอกถึงชนิดของการตรวจสอบ
- Op คือโอเปอร์เรเตอร์ที่ใช้ในการตรวจสอบ
- Value คือค่าที่ใช้ในการตรวจสอบ
- First_Name คือชื่อของเจ้าของบัญชีผู้ใช้งาน
- Last_Name คือนามสกุลของเจ้าของบัญชีผู้ใช้งาน
- Citizen_ID คือเลขประจำตัวประชาชน หรือเลขหนังสือเดินทางที่ออกโดยราชการ
- Email คืออีเมลติดต่อของเจ้าของบัญชีผู้ใช้งาน

2) Radusergroup ตารางเก็บข้อมูลของบัญชีผู้ใช้ที่สังกัดอยู่ในกลุ่ม

- Username คือชื่อบัญชีผู้ใช้งาน
- Groupname คือชื่อกลุ่มที่บัญชีผู้ใช้งานที่ผู้ใช้สังกัดอยู่
- Priority คือลำดับความสำคัญของกลุ่ม

3) Radgroupcheck ตารางเก็บข้อมูลการตรวจสอบเป็นกลุ่ม

- Groupname คือชื่อกลุ่มของบัญชีผู้ใช้งาน

- Attribute คือตัวแปรที่บอกถึงชนิดของการตรวจสอบ
- Op คือโอเปอเรเตอร์ที่ใช้ในการตรวจสอบ
- Value คือค่าที่ใช้ในการตรวจสอบ

4) Radgroupreply

- Groupname คือชื่อกลุ่มที่บัญชีผู้ใช้งาน
- Attribute คือตัวแปรที่บอกถึงชนิดของการตอบกลับ
- Op คือโอเปอเรเตอร์ที่ใช้ในการตรวจสอบ
- Value คือค่าที่ใช้ในการตรวจสอบ

5) Radreply

- Username คือชื่อบัญชีผู้ใช้งาน
- Attribute คือตัวแปรที่บอกถึงชนิดของการตอบกลับ
- Op คือโอเปอเรเตอร์ที่ใช้ในการตรวจสอบ
- Value คือค่าที่ใช้ในการตรวจสอบ

5. ผลการดำเนินโครงการและวิจารณ์

การทดสอบการพัฒนากระบวนการควบคุมการทำงานเครือข่ายไร้สายแบบประหยัด เพื่อตรวจสอบความสามารถของระบบ และวัดประสิทธิภาพของระบบควบคุมเครือข่ายไร้สายแบบประหยัด

5.1 การทดสอบโปรแกรม

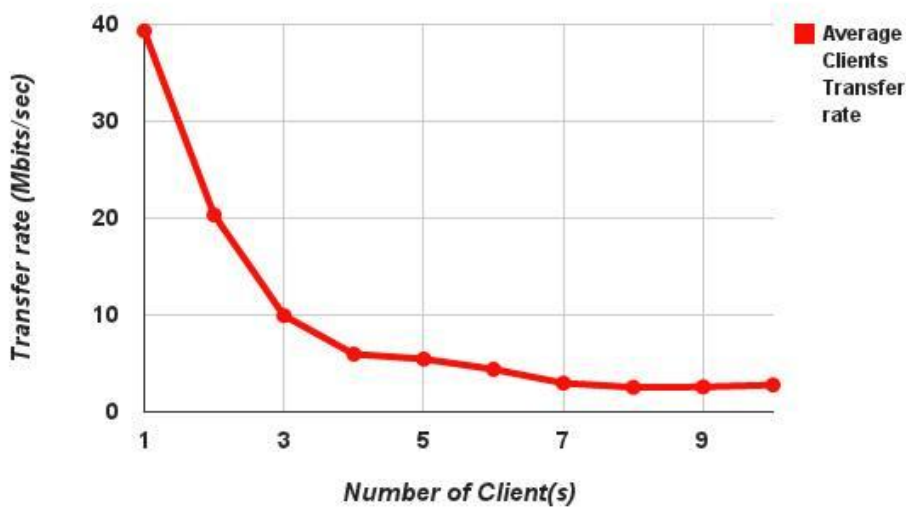
สำหรับการทดสอบการพัฒนากระบวนการควบคุมเครือข่ายไร้สายแบบประหยัดนั้น ได้ทำการทดสอบระบบโดยทำการติดตั้งระบบควบคุมเครือข่ายไร้สายแบบประหยัดในห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ ศึกษาคณาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (วิทยาเขตบางเขน) ซึ่งประกอบไปด้วยเครื่องแม่ข่ายที่ติดตั้งระบบปฏิบัติการ Ubuntu รุ่น LST 12.04 จำนวน 1 เครื่อง และเครื่องลูกข่ายที่ติดตั้งระบบปฏิบัติการ Ubuntu รุ่น LST 12.04 จำนวน 10 เครื่อง โดยเครื่องแม่ข่ายได้ทำการเชื่อมต่อกับสวิตช์เข้ากับเครื่องแอคเซสพอยต์อีก 3 เครื่องที่ได้ทำการติดตั้งเฟิร์มแวร์ OpenWrt รุ่น Attitude Adjustment เรียบร้อยแล้ว โดยการทดสอบประกอบไปด้วย 2 การทดลองดังต่อไปนี้

5.1.1 วัดความเร็วเฉลี่ยในการโอนถ่ายข้อมูลระหว่างเครื่องลูกข่ายกับเครื่องแม่ข่ายเมื่อมีจำนวนเครื่องลูกข่ายที่เพิ่มมากขึ้น

การทดลองที่ 1 วัดความเร็วเฉลี่ยในการโอนถ่ายข้อมูลระหว่างเครื่องลูกข่ายกับเครื่องแม่ข่ายเมื่อมีจำนวนเครื่องลูกข่ายที่เพิ่มมากขึ้น โดยเครื่องแอคเซสพอยต์ได้ทำการตั้งค่าให้มีการปล่อยสัญญาณ SSID เดียวกันทั้งสามตัว ซึ่งทั้งสามตัวจะปล่อยสัญญาณบนช่องสัญญาณที่ไม่ซ้อนทับกัน (Non-overlapping channels) สำหรับการวัดความเร็วการโอนถ่ายข้อมูลนั้นจะใช้

งานโปรแกรม Iperf โดยวัดค่าเฉลี่ยความเร็วของการโอนถ่ายข้อมูล (Bandwidth) ในตลอดระยะเวลา 30 วินาที ซึ่งการจดบันทึกค่าจะทาทั้งหมด 4 รอบแล้วนำค่าเฉลี่ยของทุกเครื่องมาเฉลี่ยรวมกันแล้วนำเสนอในรูปแบบของกราฟดังรูปที่ 5.1

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าเมื่อมีจำนวนของเครื่องลูกข่ายเพิ่มขึ้น ค่าเฉลี่ยความเร็วการโอนถ่ายข้อมูลของเครื่องลูกข่ายกับเครื่องแม่ข่ายนั้นจะลดลง โดยรูปแบบการลดลงใกล้เคียงกับกราฟเอกซ์โพเนนเชียล ซึ่งเป็นผลจากการที่ระบบควบคุมเครือข่ายไร้สายไม่มีการแบ่งโหนดของเครื่องลูกข่ายระหว่างอุปกรณ์แอคเซสพอยต์กันเองทำให้เครื่องลูกข่ายเชื่อมต่อเข้ากับเครื่องแอคเซสพอยต์แบบไม่กระจายตัว

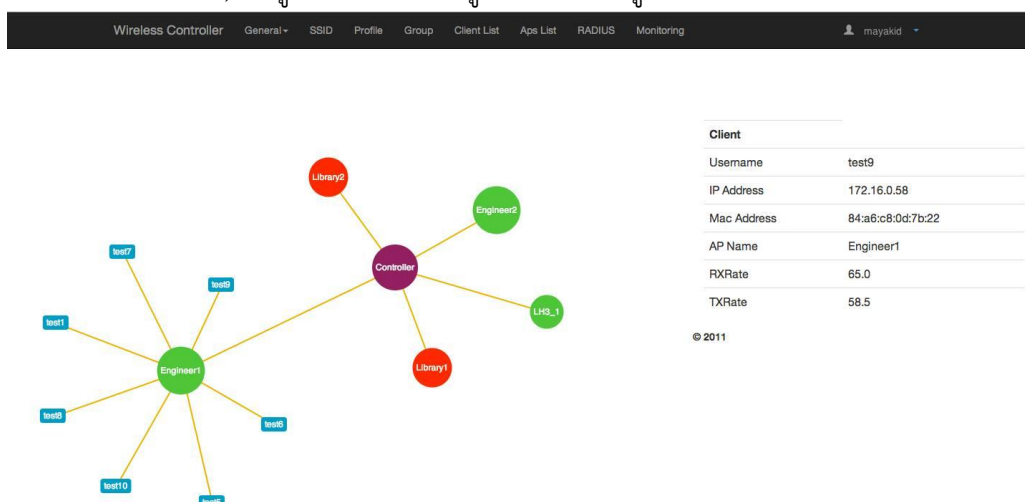


รูปที่ 5.1 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยอัตราการโอนถ่ายข้อมูลของเครื่องลูกข่าย

5.1.2 การทดลองความสามารถของระบบแสดงข้อมูลเครือข่ายแบบกราฟฟิกอินเทอร์เน็ตเฟส

การทดลองที่ 2 เป็นการทดลองความสามารถของระบบแสดงข้อมูลเครือข่ายแบบกราฟฟิกอินเทอร์เน็ตเฟส โดยทำการทดลองกับเครื่องลูกข่ายทั้งหมด 10 เครื่องโดยเครื่องลูกข่ายทั้งหมด 7 เครื่องได้ทำการเชื่อมต่อกับเครื่องแอคเซสพอยต์ชื่อ Engineering 1 ส่วนอีก 2 เครื่องนั้นเชื่อมต่อกับเครื่องแอคเซสพอยต์ชื่อ Engineering 2 และ LH3_1 ผลการทดลองเป็นไปตามรูปที่ 5.2

จากผลการทดลองการแสดงผลผ่านทางหน้าเว็บอินเทอร์เน็ตเฟสในรูปแบบกราฟฟิกนั้นมีความถูกต้องตามสถานการณ์ที่จำลองขึ้น โดยหน้าเว็บอินเทอร์เน็ตเฟสสามารถแสดงข้อมูลทั่วไปของระบบ, ข้อมูลเกี่ยวกับเครื่องลูกข่ายได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ



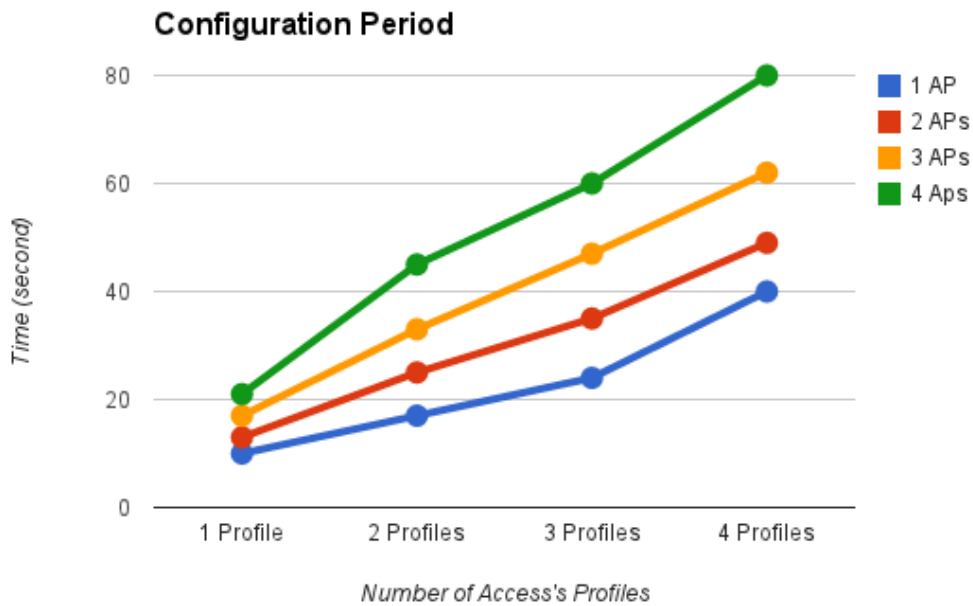
รูปที่ 5.2 การแสดงผลข้อมูลระบบเครือข่ายรูปแบบกราฟฟิก

5.1.3 การทดลองเวลาเฉลี่ยในการตั้งค่าอุปกรณ์แอคเซสพอยต์เมื่อมีจำนวนแอคเซสพอยต์มากขึ้น

การทดลองที่ 3 เป็นการทดลองเพื่อวัดเวลาเฉลี่ยในการตั้งค่าอุปกรณ์แอคเซสพอยต์เมื่อมีจำนวนแอคเซสพอยต์มากขึ้น การทดลองนี้จะให้ทำผู้ดูแลเครือข่ายส่งคำสั่งการตั้งค่าผ่านทางหน้าเว็บอินเตอร์เฟซไปยังเครื่องแอคเซสพอยต์ โดยจะทำการบันทึกเวลาในการตอบสนองแต่ละครั้งแล้ววนมาเฉลี่ย ซึ่งสามารถแบ่งการทดลองได้ 4 กรณีดังนี้

- 1) กรณีที่ 1 แอคเซสพอยต์ 1 เครื่อง โดยทำการส่งคำสั่งตั้งค่า 1 โพรไฟล์, 2 โพรไฟล์, 3 โพรไฟล์ และ 4 โพรไฟล์
- 2) กรณีที่ 2 แอคเซสพอยต์ 2 เครื่อง โดยทำการส่งคำสั่งตั้งค่า 1 โพรไฟล์, 2 โพรไฟล์, 3 โพรไฟล์ และ 4 โพรไฟล์
- 3) กรณีที่ 3 แอคเซสพอยต์ 3 เครื่อง โดยทำการส่งคำสั่งตั้งค่า 1 โพรไฟล์, 2 โพรไฟล์, 3 โพรไฟล์ และ 4 โพรไฟล์
- 4) กรณีที่ 4 แอคเซสพอยต์ 4 เครื่อง โดยทำการส่งคำสั่งตั้งค่า 1 โพรไฟล์, 2 โพรไฟล์, 3 โพรไฟล์ และ 4 โพรไฟล์

จากผลการทดลองสรุปได้ว่า หากมีการเพิ่มจำนวนแอคเซสพอยต์ที่จะทำการตั้งค่ามากขึ้น จะทำให้เวลาในการตอบสนองต้องใช้เวลามากขึ้นด้วย จำนวนโพรไฟล์ก็เช่นกันหากมีการเพิ่มจำนวนโพรไฟล์ในการตั้งค่าเพิ่มขึ้นเวลาในการตอบสนองก็ต้องใช้มากขึ้นเช่นกัน จากกราฟการทดลองดังรูปที่ 5.3



รูปที่ 5.3 กราฟแสดงเวลาเฉลี่ยในการตอบสนองจากการตั้งค่า

5.2 ขอบเขตและข้อจำกัดของโปรแกรมที่พัฒนา

- 1) ระบบจะรองรับการทำงานของแอคเซสพอยต์ที่ได้รับการติดตั้งเฟิร์มแวร์ OpenWRT ก่อนแล้วเท่านั้น
- 2) ระบบจะต้องสามารถรองรับการสร้างโปรไฟล์ เพื่อเก็บข้อมูลชนิด SSID และย่านคลื่นความถี่ที่ต้องการสำหรับการปล่อยสัญญาณเครือข่ายไร้สาย
- 3) ระบบจะต้องสามารถ สร้าง บริหาร และ จัดการกลุ่มของแอคเซสพอยต์ เพื่อให้สามารถตั้งค่าได้พร้อมกัน
- 4) ระบบจะต้องเก็บข้อมูลการใช้งานของผู้ใช้งาน เพื่อให้เป็นไปตาม พรบ. คอมพิวเตอร์ พ.ศ. 2550
- 5) ระบบจะต้องสามารถตรวจสอบสถานะของแอคเซสพอยต์ได้
- 6) ระบบจะต้องสามารถรองรับแอคเซสพอยต์ 40 - 50 ตัวได้
- 7) ระบบจะต้องมีระบบพิสูจน์ตัวตนของผู้ใช้ เพื่อรองรับการให้บริการกับผู้ใช้งาน
- 8) ระบบจะต้องสามารถทำการจ่ายหมายเลขที่อยู่ไอพี (IP Address) ได้

6. สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการดำเนินงาน

ระบบเครือข่ายไร้สายราคาประหยัดนี้ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อตอบสนองความต้องการขององค์กร ขนาดกลาง และขนาดเล็ก ที่มีความต้องการบริหารจัดการเครือข่ายไร้สายภายในองค์กร โดยระบบมีการรวมหลากหลายความสามารถเข้าด้วยกันซึ่งได้แก่ ความสามารถในการตั้งค่าอุปกรณ์แอคเซสพอยต์หลายเครื่องพร้อมกัน ความสามารถในการแสดงผลสถานะโดยรวมของระบบทั้งรูปแบบรายการข้อมูล และรูปแบบกราฟฟิค ความสามารถในการเก็บข้อมูลจราจรของเครือข่ายภายใน ความสามารถในการยืนยันตัวตนบุคคลของผู้ใช้ ความสามารถในการรองรับอุปกรณ์แอคเซสพอยต์หลากหลายยี่ห้อ

โดยโครงการนี้ได้พัฒนาส่วนของโปรแกรมแอปพลิเคชัน และเว็บแอปพลิเคชันที่ติดตั้งไว้บนเครื่องแม่ข่าย ซึ่งติดต่อกับอุปกรณ์แอคเซสพอยต์ที่ทำการติดตั้งเฟิร์มแวร์ OPENWRT ไว้ เพื่อให้ระบบสามารถทำงานเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่วางเอาไว้

จากผลการทดสอบการทำงานของระบบเครือข่ายไร้สายแบบประหยัด อุปกรณ์แอคเซสพอยต์สามารถตอบสนองการตั้งค่าของเครื่องแม่ข่ายเป็นไปตามที่คาดหวัง โดยได้ทำการทดสอบกับแอคเซสพอยต์จำนวน 4 เครื่องแต่อย่างไรก็ดีจำนวนแอคเซสพอยต์สามารถรองรับมากขึ้นไปกว่านี้อีก ซึ่งยังมีข้อจำกัดทางด้านระยะเวลาการตอบสนองของระบบควบคุมเครือข่ายไร้สาย ทั้งนี้ผู้จัดทำหวังว่าโครงการและแนวคิดนี้จะได้รับการนำไปพัฒนาต่อยอดเพื่อความสมบูรณ์ของโครงการต่อไป

6.2 ปัญหาและอุปสรรค

- 1) การใช้งานระบบปฏิบัติการอุบนตุ เนื่องจากผู้พัฒนาไม่ได้มีประสบการณ์การใช้งานระบบปฏิบัติการลินุกซ์มากนัก การใช้งานระบบปฏิบัติการอุบนตุที่พื้นฐานมาจากลินุกซ์จึงเป็นเรื่องใหม่สำหรับตัวผู้พัฒนา จึงต้องใช้เวลาช่วงหนึ่งในการศึกษาการใช้งานเบื้องต้น โดยการศึกษาจากอินเทอร์เน็ต สอบถามอาจารย์และปรึกษานักวิจัยในห้องปฏิบัติการ โดยข้อมูลการใช้งานลินุกซ์จะมีมากมายให้ค้นคว้าในเครือข่ายอินเทอร์เน็ต
- 2) การแสดงไอพีแอดเดรสของผู้ใช้ เนื่องจากข้อมูลผู้ใช้งานที่ทำการเชื่อมต่ออยู่กับแอคเซสพอยต์ใดนั้น จะมีข้อมูลเพียงแมคแอดเดรสของเครื่องของผู้ใช้งานเท่านั้น ซึ่งจะไม่มีการได้มาซึ่งไอพีแอดเดรสด้วยเพราะแอคเซสพอยต์ในระบบจะไม่ได้เป็นผู้จ่ายไอพีแอดเดรสแต่กลับเป็นเครื่องแม่ข่ายเป็นผู้จ่ายไอพีแอดเดรสให้กับเครื่องผู้ใช้งานทุกเครื่องที่มีอยู่ในระบบ ดังนั้นวิธีการได้มาซึ่งไอพีแอดเดรสนั้น เว็บแอปพลิเคชันจะส่งคำสั่งให้สคริปต์ไปทำการค้นหาค่าแมคแอดเดรสที่ส่งให้ในไฟล์ DHCP Lease File ของเครื่องแม่ข่ายแล้วทำการคืนค่ากลับมาเป็นไอพีแอดเดรสของเครื่องนั้น

6.3 ข้อเสนอแนะ

โครงการระบบควบคุมเครือข่ายไร้สายแบบประหยัดนี้ สามารถนำไปพัฒนาต่อยอดการทำงาน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของระบบโดยการพัฒนาต่อยอดการทำงานของส่วนต่อไปนี้

- 1) เพิ่มเติมส่วนของการกระจายผู้ใช้งาน โดยพยายามแบ่งให้มีจำนวนผู้ใช้งานใกล้เคียงกันในแอคเซสพอยต์ที่ตั้งอยู่บริเวณเดียวกัน (Load Balance)
- 2) พัฒนาเพิ่มเติมในส่วนของการตั้งค่าแอคเซสพอยต์ ให้เป็นไปในรูปแบบขนานเพื่อเพิ่มความเร็วในการทำงานของระบบ ซึ่งระบบปัจจุบันการทำการตั้งค่าเครื่องแอคเซสพอยต์ยังทำงานแบบต่อคิวเป็นรายเครื่อง เมื่อเครื่องหนึ่งตอบกลับแล้วจึงทำการตั้งค่าเครื่องต่อไป
- 3) พัฒนาต่อยอดส่วนของการเก็บข้อมูลการจราจรเครือข่าย เพื่อให้รองรับการทำการค้นหาได้
- 4) พัฒนาส่วนของการจัดการ VLAN ให้กับระบบ

7. บรรณานุกรม

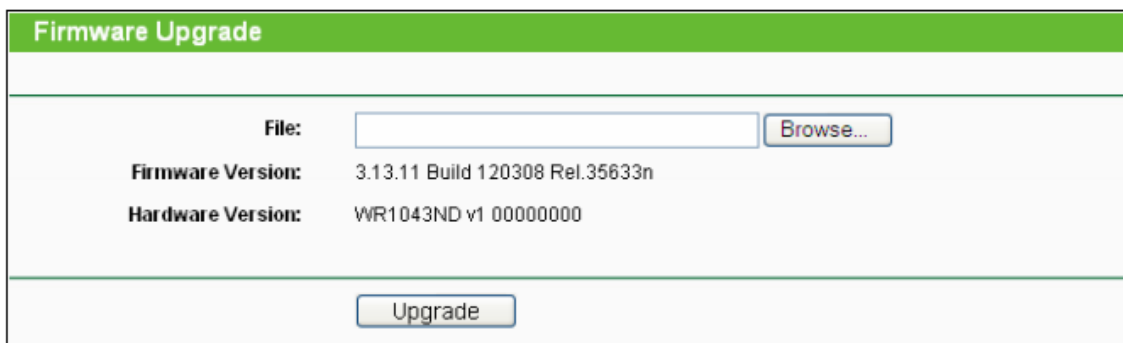
- [1] รศ.ดร. อนันต์ ผลเพิ่ม. (2550). แลนไร้สาย. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดบุ๊คเซ็น
- [2] พรรณสิริ วย้อศว, ระบบควบคุมการทำงานเครือข่ายไร้สายขนาดย่อม, โครงการวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 2555 “
- [3] ไกรวิทย์ เตชะวิทย์ปกรณ์, ระบบให้บริการเครือข่ายไร้สายเคลื่อนที่ในพื้นที่ที่ผู้ใช้งาน หนาแน่น, โครงการวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 2555
- [4] JSON-RPC. เข้าถึงได้จาก <http://en.wikipedia.org/wiki/JSON-RPC>, 19 กันยายน 255
- [5] “TP-Link รุ่น TL-WR1043ND” [ออนไลน์] เข้าถึงได้ ณ วันที่ 19 กันยายน 2556:
<http://wiki.openwrt.org/toh/tp-link/tl-wr1043nd>
- [6] OpenWRT. เข้าถึงได้จาก <http://openwrt.org/> , 20 กันยายน 2556
- [7] LuCI. เข้าถึงได้จาก <http://luci.subsignal.org/trac>, 20 กันยายน 2556 ตัวอย่างเว็บไซต์นี้
http://www.car.chula.ac.th/readerweb/web/reference_format.html

8. ภาคผนวก

8.1 วิธีติดตั้งโปรแกรม

8.1.1 ส่วนของแอสเซมบลี

การติดตั้งเฟิร์มแวร์ OpenWRT ที่แอสเซมบลี TP-Link รุ่น TL-WR1043ND
การติดตั้งเฟิร์มแวร์ของ TP-Link รุ่น TL-WR1043ND สามารถทำได้ผ่านเว็บ
อินเตอร์เฟซพื้นฐานของตัวเครื่องได้เลยโดยให้เลือกแท็บ System tool และเลือก Firmware
Upgrade จะพบกับตัวเว็บที่ให้ทำการ เลือกไฟล์เฟิร์มแวร์ใหม่ดังรูปที่ 8.1



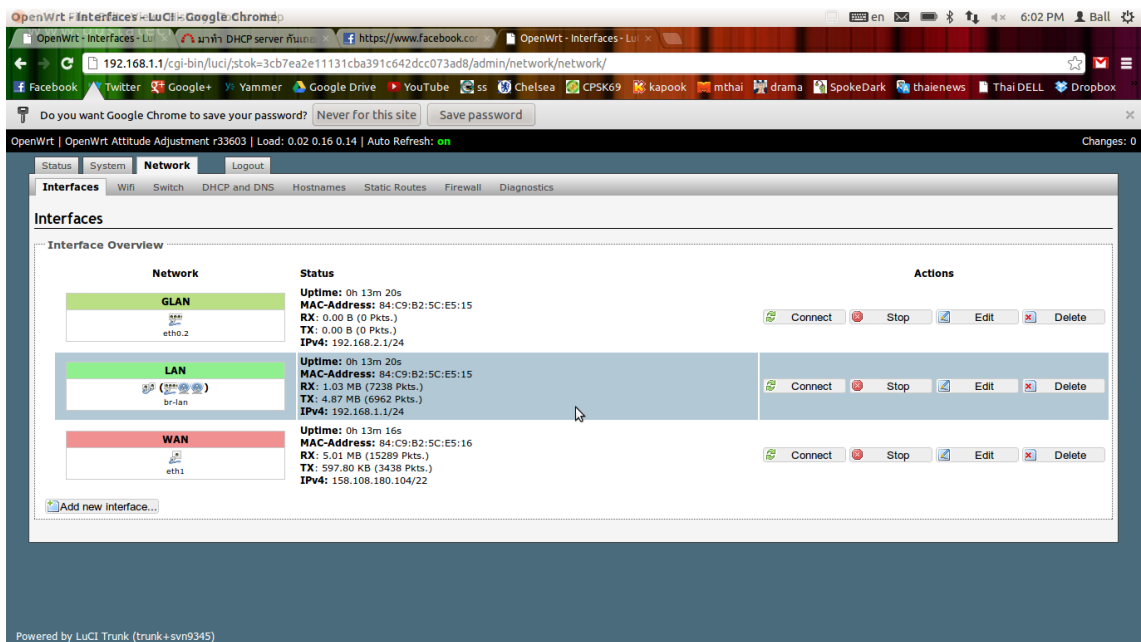
Firmware Upgrade	
File:	<input type="text"/> <input type="button" value="Browse..."/>
Firmware Version:	3.13.11 Build 120308 Rel.35633n
Hardware Version:	WR1043ND v1 00000000
<input type="button" value="Upgrade"/>	

รูปที่ 8.1 หน้าเว็บอินเตอร์เฟซสำหรับลงเฟิร์มแวร์ใหม่

ทำการเลือกไฟล์ที่ต้องการและกด upgrade เมื่อผ่านไปสักพักตัวอุปกรณ์จะทำการรี
สตาร์ทเป็นอันเสร็จสิ้นการลงเฟิร์มแวร์

การตั้งค่าแอสเซมบลีให้ไม่แจกหมายเลขไอพีแอดเดรส

เข้าไปที่เว็บอินเตอร์เฟซของเครื่องแอสเซมบลีทำการยืนยันตัวตนและเข้าไปที่
Network->interface และทำการเลือก edit ที่หัวข้อ LAN ดังรูปที่ 8.2



รูปที่ 8.2 หน้าเว็บอินเตอร์เฟซเมนู Network

จะพบ หัวข้อ DHCP Server ด้านล่างให้ทำการ เลือก Disable DHCP for this interface. เพื่อทำการปิดการแจกหมายเลขไอพีแอดเดรสของแอดเซสพอยต์และทำการบันทึกค่า

8.1.2 ส่วนของเครื่องแม่ข่าย

การติดตั้งเว็บเซิร์ฟเวอร์

```
sudo apt-get install apache2
```

เมื่อติดตั้งเสร็จจะสามารถทดสอบโดยการเข้า <http://localhost> จะพบคำว่า It works!

การติดตั้งฐานข้อมูล php phpmyadmin

ทำการติดตั้ง php ก่อน

```
sudo apt-get install php5 libapache2-mod-php5
sudo /etc/init.d/apache2 restart
```

ติดตั้งฐานข้อมูล

```
sudo apt-get install mysql-server
```

ติดตั้ง phpmyadmin

```
sudo apt-get install phpmyadmin
sudo cp /etc/phpmyadmin/apache.conf /etc/apache2/conf.d
sudo /etc/init.d/apache2 restart
```

เมื่อติดตั้งเสร็จจะสามารถทดสอบโดยการเข้า <http://localhost/phpmyadmin>

การติดตั้งโปรแกรมเพื่อใช้ไลบรารี JSON-RPC

```
sudo apt-get install php5-curl
sudo /etc/init.d/apache2 restart
```

และทำการดาวน์โหลดไลบรารีที่ใช้ติดต่อ JSON-RPC ที่

<https://github.com/Pozo/json-rpc-php>

การติดตั้ง python เพื่อใช้งาน สคริปต์

```
sudo apt-get install python-setuptools python-dev libmysqlclient15-dev python-mysqldb
```

ดาวน์โหลดไลบรารีเพิ่มเติม <http://sourceforge.net/projects/mysql-python/?source=dlp>

ทำการแตกไฟล์ด้วยคำสั่ง

```
tar -xvf MySQL-python-1.2.4b4.tar
```

ทำการ cd เข้าไปใน directory ดังกล่าวและสั่ง

```
python setup.py build
python setup.py install
export PATH=$PATH:/usr/local/mysql/bin
```

การติดตั้งเว็บอินเตอร์เฟซ

คัดลอกไฟล์เตอร์ wireless-controller และ signmein มาไว้ภายใต้ไดเรกทอรี /var/www/ เมื่อคัดลอกเสร็จสามารถทดสอบโดยการเข้า <http://localhost/wireless-controller> และ <http://localhost/signmein>

ระบุหมายเลขไอพีให้กับอินเตอร์เฟซ eth1

```
sudo vi /etc/network/interfaces
```

เพิ่มคำสั่งต่อไปนี้โดยเราจะให้อินเตอร์เฟซนี้มีหมายเลขไอพีแอดเดรสเป็น 172.16.0.1/12

```
auto eth1
iface eth1 inet static
    address 172.16.0.1
    netmask 255.240.0.0
    network 172.16.0.0
    broadcast 172.31.255.255
```

ทำการรีสตาร์ทเครื่องจะพบว่า เราจะไม่สามารถเปลี่ยนหมายเลขไอพีแอดเดรส ของ eth1 ได้อีกนอกจาก เข้ามาแก้ที่ /etc/network/interfaces

ตั้งค่าให้มีการส่งต่อข้อมูลระหว่างอินเตอร์เฟซ

```
sudo vi /etc/sysctl.conf
```

ทำการ uncomment บรรทัดดังกล่าวออก

```
net.ipv4.ip_forward=1
```

ตั้งค่า ip tables

```
sudo vi /etc/rc.local
```

เพิ่มคำสั่งต่อไปนี้ก่อน exit 0

```
/sbin/iptables -P FORWARD ACCEPT
```

```
/sbin/iptables --table nat -A POSTROUTING -o eth0 -j MASQUERADE
```

ทำการเปิดไดร์เวอร์ TUN/TAP

โดยการแก้ไขไฟล์ /etc/modules

```
sudo vi /etc/modules
```

โดยการเพิ่มข้อความดังต่อไปนี้ต่อท้ายไฟล์ /etc/modules

```
tun
```

ทำการเพิ่มโมดูลทันทีโดยไม่ต้องปิดเครื่องแม่ข่าย

```
sudo modprobe tun
```

การติดตั้ง Chillispot

ทำการติดตั้ง Chillispot ดังต่อไปนี้

```
sudo apt-get install chillispot
```

โดยใส่ข้อมูลดังต่อไปนี้ในขณะที่ทำการติดตั้ง

Ip address of radius server 1:

```
127.0.0.1
```

Radius shared secret

```
radiussecret
```

Ethernet interface of dhcp to listen

```
Eth1
```

URL UAM server

```
https://172.16.0.1/cgi-bin/hotspotlogin.cgi
```

URL of UAM homepage:

```
https://172.16.0.1/signmein/index
```

Shared password between chillispot and webserver:

```
uamsecret
```

ทำการเปิดใช้งาน Chillispot โดยไปแก้ไขไฟล์ /etc/default/chillispot

```
vi /etc/default/chillispot
```

ทำแก้ไขข้อมูลให้เป็นดังข้อความข้างล่าง

```
ENABLE = 1;
```

แก้ไขการตั้งค่า chillispot ในไฟล์ /etc/chilli.conf

```
vi /etc/chilli.conf
```

โดยแก้ไขให้ชื่อความเป็นไปตามข้อมูลดังนี้

```
net 172.16.0.0/24 ###change manually
domain domain.org ###change manually
radiusserver1 127.0.0.1
radiusserver2 127.0.0.1
radiussecret radiussecret
dhcpif eth1
uamserver https://172.16.0.1/cgi-bin/hotspotlogin.cgi
#uamhomepage https://172.16.0.1/signmein/index.php###change manually
uamsecret uamsecret
uamlisten 172.16.0.1 #####change manually
```

ทำการเปิดใช้งาน firewall โดยใช้คำสั่งต่อไปนี้

```
sudo cp /usr/share/doc/chillispot/firewall.iptables /etc/init.d/chilli.iptables
sudo chmod a+x /etc/init.d/chilli.iptables
sudo ln -s ../init.d/chilli.iptables /etc/rcS.d/S41chilli.iptables
```

ทำการแก้ไขการตั้งค่าของ firewall โดยตั้งค่าเพื่อเลือกให้ อินเทอร์เน็ตเฟสการ์ด 0 คือ การ์ดที่ออกสู่เครือข่ายอินเทอร์เน็ต ส่วนอินเทอร์เน็ตเฟสการ์ด 1 คือ การ์ดที่เชื่อมต่อกับเครือข่ายภายในโดยการแก้ไขข้อมูลที่ไฟล์ /etc/init.d/chilli.iptables

```
vi /etc/init.d/chilli.iptables
```

โดยแก้ไขข้อมูลดังนี้

```
EXTIF=eth0
INTIF=eth1
```

ทำการเปิดการใช้งาน firewall script ดังกล่าวโดยใช้คำสั่งดังนี้

```
sudo /etc/init.d/chilli.iptables
```

ทำการติดตั้ง Freeradius

ทำการติดตั้ง Freeradius ดังต่อไปนี้

```
sudo apt-get install Freeradius
```

ทำการตั้งค่า Freeradius ให้สามารถเข้าถึงฐานข้อมูลได้ตามที่กำหนด โดยแก้ไข
/etc/freeradius/sql.conf

```
sudo vi /etc/freeradius/sql.conf
```

ทำการแก้ไขข้อมูลการตั้งค่าเกี่ยวกับฐานข้อมูลดังต่อไปนี้

```
server = "localhost"  
login = "root"  
password = "root"  
radius_db="wireless_controller"
```

ทำการตั้งค่า client password ที่ไฟล์ /etc/freeradius/clients.conf

```
sudo vi /etc/freeradius/clients.conf
```

แก้ไขข้อมูลในไฟล์ดังต่อไปนี้

```
client 127.0.0.1 {  
    secret = radiussecret  
}
```

ทำการรีบูตเครื่องแม่ข่ายโดยใช้คำสั่งต่อไปนี้

```
sudo reboot
```

เปลี่ยนแปลงการตั้งค่าข้อมูลการยืนยันตัวบุคคลจากข้อมูลแบบไฟล์ ไปเป็นการใช้
ข้อมูลจากฐานข้อมูลแทน โดยเข้าไปแก้ไขที่ไฟล์ /etc/freeradius/radiusd.conf

```
sudo vi /etc/freeradius/radiusd.conf
```

โดยการแก้ไขไฟล์ให้มีรูปแบบดังนี้

```
authorize {  
    preprocess  
#   auth_log  
#   attr_filter  
    chap  
    mschap  
#   digest  
#   IPASS  
    suffix  
#   ntdomain  
    eap  
#   files  
    sql  
#   etc_smbpasswd  
#   ldap  
#   daily
```



```
# checkval
}
```

ทำการสร้างเว็บไซต์สำหรับล็อกอินเข้าสู่เครือข่ายอินเทอร์เน็ต
ทำการแก้ไขข้อมูล login script โดยเข้าไปแก้ไขไฟล์ /usr/lib/cgi-bin/hotspotlogin.cgi

```
Sudo vi /usr/lib/cgi-bin/hotspotlogin.cgi
```

โดยแก้ไขข้อมูลดังนี้

```
$uamsecret = "uamsecret";  
$userpassword=1;
```

ทำการติดตั้ง SSL

ทำการติดตั้ง ssl-cert

```
sudo apt-get install ssl-cert  
sudo mkdir /etc/apache2/ssl
```

ทำการสร้าง self-signed certificate ด้วยคำสั่งดังต่อไปนี้

```
Sudo make-ssl-cert /usr/share/ssl-cert/ssleay.cnf /etc/apache2/ssl/apache.pem
```

ทำการใส่ข้อมูลดังนี้

```
Country Name : บ่อน TH  
State or Province Name : บ่อนจังหวัด  
Locality Name : บ่อนชื่อที่เหมาะสม  
Organization : บ่อนชื่อองค์กร  
hostname : localhost (ควรจะใช้ hostname ที่เป็นจริง ของผู้เขียนแคทคดลอง(  
Email : บ่อนอีเมลล์
```

ทำการ install module ssl ด้วยคำสั่ง

```
a2enmod ssl
```

ให้รันคำสั่งต่อไปนี้เพื่อ active new configuration

```
/etc/init.d/apache2 restart
```

สร้าง virtual host ชื่อ hotspot ขึ้นมาด้วยคำสั่งต่อไปนี้

```
Sudo vi /etc/apache2/sites-available/hotspot
```

เพิ่มข้อความต่อไปนี้ลงไปไฟล์

```
NameVirtualHost 172.16.0.1:443  
<VirtualHost 172.16.0:443>
```

```

ServerAdmin adisorn.k@cattелеcom.com
DocumentRoot "/var/www"
ServerName "172.16.0.1"
<Directory "/var/www">
Options Indexes FollowSymLinks MultiViews
AllowOverride None
Order allow,deny
allow from all
</Directory>
ScriptAlias /cgi-bin/ /usr/lib/cgi-bin/
<Directory "/usr/lib/cgi-bin">
AllowOverride None
Options ExecCGI -MultiViews +SymLinksIfOwnerMatch
Order allow,deny
Allow from all
</Directory>
ErrorLog /var/log/apache2/hotspot-error.log
LogLevel warn
CustomLog /var/log/apache2/hotspot-access.log combined
ServerSignature On
SSLEngine on
SSLCertificateFile /etc/apache2/ssl/apache.pem
</VirtualHost>

```

ทำการ Enable SSL VirtualHost ด้วยคำสั่งต่อไปนี้

```
a2ensite hotspot
```

ทำการ reload apache ด้วยคำสั่ง

```
/etc/init.d/apache2 reload
```

ทำการ restart apache ด้วยคำสั่ง

```
/etc/init.d/apache restart
```

8.2 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ในระบบสำหรับการใช้งาน

8.2.1 การเชื่อมต่อเครื่องแม่ข่ายออกสู่เครือข่ายอินเทอร์เน็ต

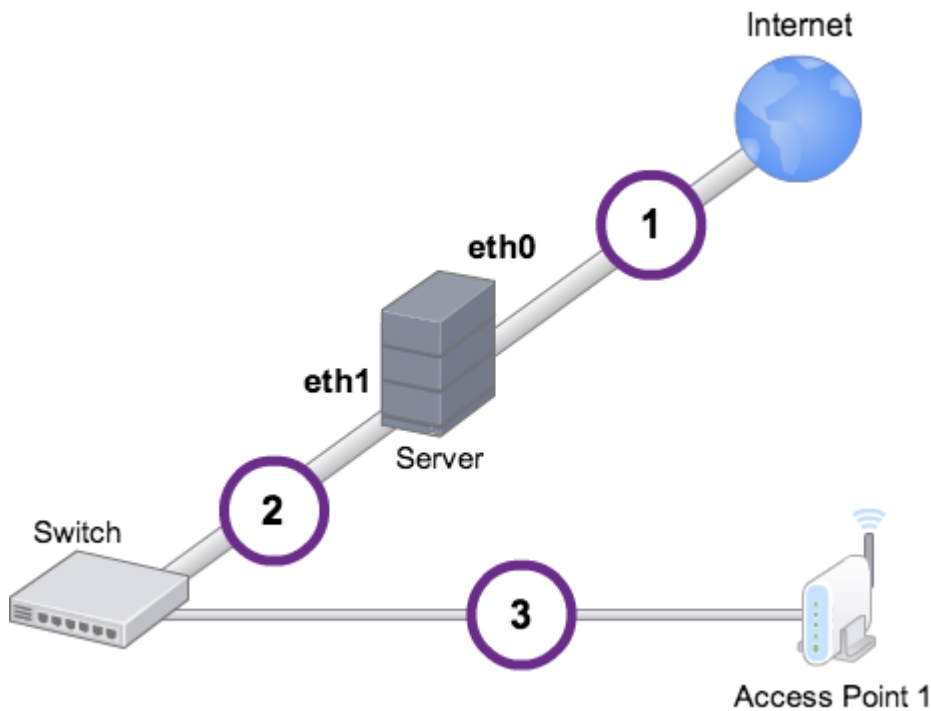
ทำการเชื่อมต่อเครื่องแม่ข่ายเข้าสู่เครือข่ายอินเทอร์เน็ต โดยเชื่อมต่อสายแลนที่สามารถออกสู่เครือข่ายอินเทอร์เน็ตได้เข้าไปที่พอร์ตอีเทอร์เน็ต 0 ดังรูปที่ 8.3 ในตำแหน่งที่ 1

8.2.2 การเชื่อมต่อเครื่องแม่ข่ายเข้ากับสวิตช์

ทำการเชื่อมต่อเครื่องแม่ข่ายเข้ากับสวิตช์ โดยเชื่อมต่อสายแลนที่เข้าไปที่พอร์ตอีเทอร์เน็ต 1 ของเครื่องแม่ข่ายและนำสายแลนอีกด้านเชื่อมเข้ากับสวิตช์พอร์ตใดก็ได้ ดังรูปที่ 8.3 ในตำแหน่งที่ 2

8.2.3 การเชื่อมต่อเครื่องแอคเซสพอยต์เข้ากับระบบควบคุมเครือข่ายไร้สาย

ทำการเชื่อมต่อเครื่องแอคเซสพอยต์เข้ากับระบบ โดยนำสายแลนเสียบไปที่พอร์ตที่ 4 ของเครื่องแอคเซสพอยต์ส่วนอีกด้านหนึ่งนำไปเชื่อมเข้ากับสวิตช์พอร์ตใดก็ได้ ดังรูปที่ 8.3 ในตำแหน่งที่ 3



รูปที่ 8.3 การเชื่อมต่อระบบ

8.3 คู่มือการใช้งาน

เมื่อผู้ดูแลระบบเข้าสู่หน้าเว็บอินเทอร์เน็ตเฟสสำหรับบริหารจัดการจะเข้าสู่หน้าหลักคือหน้าเว็บอินเทอร์เน็ตเฟสสำหรับการดูภาพรวมของระบบดังรูปที่ 8.4 โดยหน้าเว็บนี้จะประกอบไปด้วยข้อมูลหลักๆ ของระบบซึ่งได้แก่

- 1) ข้อมูลเว็บแอดเดรสที่จะเข้าถึงหน้าเว็บอินเทอร์เน็ตเฟสสำหรับบริหารจัดการ

- 2) ข้อมูลเว็บแอดเดรสที่จะเข้าถึงหน้าเว็บอินเตอร์เฟซสำหรับการสร้างแอดเคาท์การเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต
- 3) ข้อมูลเวลาทั้งหมดตั้งแต่ระบบเปิดให้บริการ
- 4) ข้อมูลเวลาเครื่องเซิร์ฟเวอร์ส่วนกลาง
- 5) ข้อมูลการใช้งาน ซีพียูของเครื่องเซิร์ฟเวอร์
- 6) จำนวนแอดเซสพอยต์ที่ทำงานอยู่ในระบบ
- 7) จำนวนแอดเซสพอยต์ที่ไม่ทำงานอยู่ในระบบ
- 8) ข้อมูลเน็ตเวิร์คอินเตอร์เฟซที่มีอยู่ในระบบ
- 9) ข้อมูลหน่วยความจำของเครื่องเซิร์ฟเวอร์

Wireless Controller			
General			
SSID			
Profile			
Group			
Client List			
Aps List			
DHCP			
RADIUS			
VLAN			
Monitoring			
General			
Management IP	172.16.0.1/Hello		
Register IP	172.16.0.1/register		
UP Time	5 days		
System Time	Wed Jan 8 13:49:18 ICT 2014		
CPU Usage	28.9 %		
Network			
Interface	IP Address	Subnet Mask	
Gateway Interface	158.108.181.159	255.255.252.0	
Internal Interface	172.16.0.1	255.255.255.0	
Access Point			
UP	1		
DOWN	3		
Memory			
Total memory	2,003.50 MB		
Free	176.19 MB		
Cached	653.75 MB		
Buffered	146.03 MB		

รูปที่ 8.4 หน้าเว็บอินเตอร์เฟซสำหรับดูภาพรวมของระบบ

หน้าเว็บอินเตอร์เฟซหลักสำหรับการบริหารจัดการ SSID ดังรูปที่ 8.5 โดยหน้าเว็บอินเตอร์เฟซนี้จะแสดงรายการข้อมูล SSID โดยผู้ดูแลสามารถแก้ไขข้อมูลของแต่ละ SSID โดยการคลิกที่ปุ่ม Edit หรือหากต้องการสร้าง SSID ใหม่ก็สามารถเลือก Add SSID ได้

SSID

#	SSID Name	Description	Edit
1	Chicky1	Chicky1 for Student only	Edit
2	Chicky2	Chicky2 for teacher only	Edit
3	Chicky3	Chicky3 for management	Edit
4	aaa	aaa	Edit
5	ssss	sss	Edit
6	Pisitpong	dasdasdasd	Edit
7	iwing	iwinglab	Edit
8	cpj-wifi	cpj wifi	Edit

[Add SSID](#)

รูปที่ 8.5 หน้าเว็บอินเตอร์เฟซแสดงรายการ SSID ทั้งหมดในระบบ

หน้าเว็บอินเตอร์เฟซสำหรับการแก้ไขข้อมูล SSID ดังรูปที่ 8.6 โดยผู้ดูแลระบบสามารถแก้ไขข้อมูลชื่อ SSID และข้อมูลคำบรรยายทั่วไปเกี่ยวกับ SSID แล้วทำการคลิกที่ปุ่ม submit เพื่อทำการ update หรือสามารถเลือกปุ่ม delete เพื่อลบ SSID ได้เช่นกัน

Add SSID

SSID Name

SSID Description

[Submit](#) [Delete](#)

รูปที่ 8.6 หน้าเว็บอินเตอร์เฟซสำหรับแก้ไข SSID

หน้าเว็บอินเตอร์เฟซสำหรับแสดงรายการโปรไฟล์ในระบบทั้งหมดดังรูปที่ 8.7 โดยจะแสดงข้อมูลดังต่อไปนี้

- Profile Name – ชื่อโปรไฟล์ที่ถูกตั้งขึ้นโดยผู้ดูแลระบบ
- SSID Name – ชื่อSSID ที่ใช้ในโปรไฟล์ดังกล่าว
- Status – สถานะของโปรไฟล์ว่าถูกเปิดใช้งานหรือไม่
- Mode – โหมดการทำงานของแอคเซสพอยต์ที่ต่อเข้ากับโปรไฟล์นี้
- Network – โหมดการทำงานบนเครือข่าย
- Encryption – วิธีการเข้ารหัสของโปรไฟล์ดังกล่าว
- Key – รหัสการเข้าสู่เครือข่าย
- Freq – ย่านความถี่ในการปล่อยสัญญาณ

โดยที่หากผู้ดูแลระบบต้องการแก้ไขข้อมูลโปรไฟล์ก็สามารถเลือก Edit ได้ หรือหากต้องการสร้างโปรไฟล์ใหม่ก็สามารถคลิกที่ add profileได้

Wireless Controller									
General ▾ SSID Profile Group Client List Aps List DHCP RADIUS VLAN Monitoring									
Profile									
#	Profile Name	SSID Name	Status	Mode	Network	Encryption	Key	Freq(GHZ)	Edit
1	Student	aaa	Enable	AP	LAN	PSK	pppppppppp	2.4	Edit
2	Teacher	Chicky2	Enable	AP	LAN	PSK2	llllllllll	2.4	Edit
3	ddasd	Chicky1	Enable	AP	LAN	PSK2	aaaaaaaaaa	2.4	Edit
4	teacher_iwing	iwing	Enable	AP	LAN	PSK2	qqqqqqqqqq	2.4	Edit

[Add Profile](#)

รูปที่ 8.7 หน้าเว็บอินเตอร์เฟซแสดงรายการโปรไฟล์ทั้งหมดในระบบ

หน้าเว็บอินเตอร์เฟซสำหรับการแก้ไขข้อมูลโปรไฟล์ดังรูปที่ 8.8 โดยผู้ดูแลระบบสามารถแก้ไขข้อมูลชื่อโปรไฟล์ และข้อมูลต่างๆเกี่ยวกับโปรไฟล์ได้จากหน้านี้ แล้วทำการคลิกที่ปุ่ม submit เพื่อทำการ update หรือสามารถเลือกปุ่ม delete เพื่อลบโปรไฟล์ได้เช่นกัน

Edit Profile

Profile Name

Profile SSID

Profile Mode

Profile Status

Profile Network

Profile Radio

Profile Encryption

Profile Key

รูปที่ 8.8 หน้าเว็บอินเตอร์เฟซสำหรับแก้ไขโปรไฟล์

หน้าเว็บอินเตอร์เฟซสำหรับแสดงรายการกลุ่มของโปรไฟล์และแอคเซสพอยต์ที่มีอยู่ในระบบทั้งหมดดังรูปที่ 8.9 โดยจะแสดงข้อมูลดังต่อไปนี้

- Group Name – ชื่อกลุ่มที่ถูกตั้งขึ้นโดยผู้ดูแลระบบ
- Description – คำบรรยายทั่วไปเกี่ยวกับกลุ่มนี้
- Status – สถานะของกลุ่มว่าถูกเปิดใช้งานหรือไม่
- Number of Aps – จะบอกจำนวนของแอคเซสพอยต์ที่มีอยู่ในกลุ่มนี้
- Number of Profiles – บอกจำนวนของโปรไฟล์ที่มีอยู่ในกลุ่มนี้

โดยที่หากผู้ดูแลระบบต้องการแก้ไขข้อมูลกลุ่มก็สามารถเลือก Edit ได้ หรือหากต้องการสร้างกลุ่มใหม่ก็สามารถคลิกที่ add group ได้

Wireless Controller General ▾ SSID Profile Group Client List Aps List DHCP RADIUS VLAN Monitoring

Group

#	Group Name	Description	Status	Numbers of APs	Numbers of Profiles	Edit
1	Engineer	Group of access point in Engineer Faculty	Enable	2	1	Edit
2	LH	Learning Hall	Enable	1	0	Edit
3	Library	Library, Kasetsart Bangkhen	Disable	1	0	Edit
4	computer	computer group	Enable	0	0	Edit
5	Library	Library, Kasetsart Bangkhen	Enable	0	0	Edit

[Add Group](#)

รูปที่ 8.9 หน้าเว็บอินเตอร์เฟซแสดงรายการกลุ่มทั้งหมดในระบบ

หน้าเว็บอินเตอร์เฟซสำหรับการแก้ไขข้อมูลกลุ่มดังรูปที่ 8.10 โดยผู้ดูแลระบบสามารถแก้ไขข้อมูลชื่อกลุ่ม และข้อมูลต่างๆเกี่ยวกับกลุ่มได้จากหน้านี้โดยเฉพาะการใส่โปรไฟล์ที่สกดเข้ากลุ่มเพิ่มได้ แล้วทำการคลิกที่ปุ่ม submit เพื่อทำการ update หรือสามารถเลือกปุ่ม delete เพื่อลบกลุ่มได้เช่นกัน

Edit Group

Group Name

Engineer

Group Description

Group of access point in Engineer Faculty

Group Status

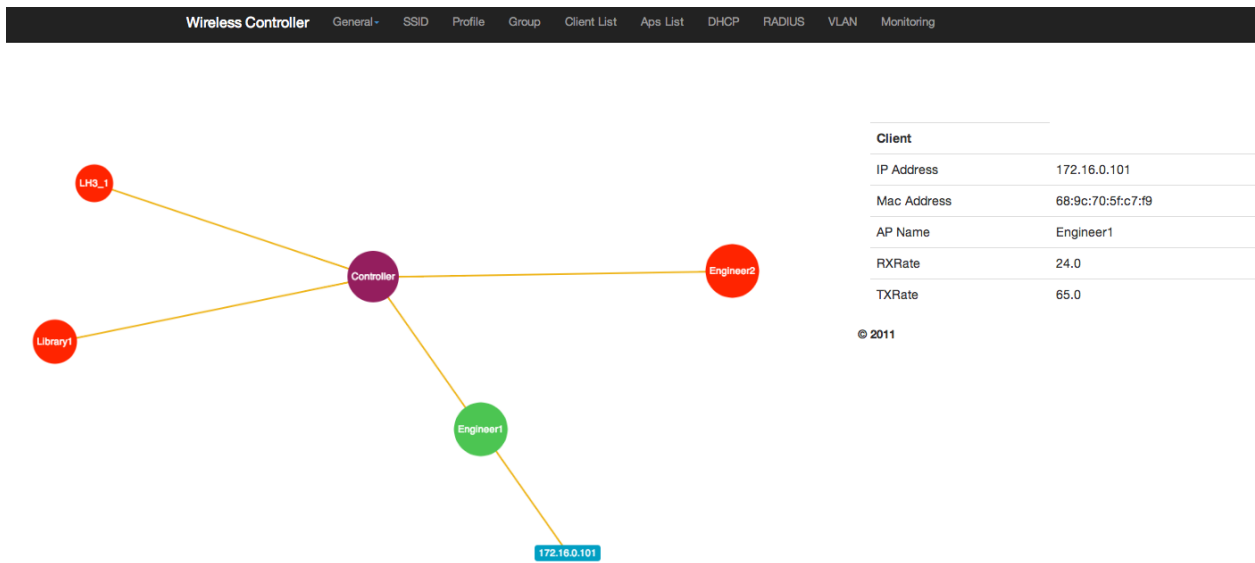
Enable

Teacher	>>	Student
ddasd	>	
teacher_iwing	<	
	<<	

Sub **Del**

รูปที่ 8.10 หน้าเว็บอินเตอร์เฟซสำหรับแก้ไขกลุ่ม

หน้าเว็บอินเตอร์เฟซสำหรับดูองค์ประกอบของเน็ตเวิร์คในรูปแบบกราฟฟิกดังรูปที่ 8.11 โดยข้อมูลทางด้านขวาจะมีการเปลี่ยนข้อมูลไปตามที่เลือก ซึ่งเมื่อคลิกที่โหนดใดโหนดหนึ่ง ข้อมูลเกี่ยวกับโหนดนั้นๆจะแสดงผลที่ด้านขวาของหน้าจอ



รูปที่ 8.11 หน้าเว็บอินเทอร์เน็ตเฟสสำหรับดูภาพรวมของระบบในรูปแบบของกราฟฟิก

หน้าเว็บอินเทอร์เน็ตเฟสสำหรับการดูรายการแอคเซสพอยต์ที่มีอยู่ในระบบทั้งหมดดังรูปที่ 8.12 โดยรายการจะแสดงข้อมูลของแอคเซสพอยต์แต่ละตัวที่มีอยู่ในระบบ เช่น ข้อมูลชื่อ แมคแอดเดรส ไอพีของแอคเซสพอยต์ ชื่อกลุ่มของแอคเซสพอยต์ที่สังกัดอยู่ ข้อมูลสถานะการทำงานของแอคเซสพอยต์

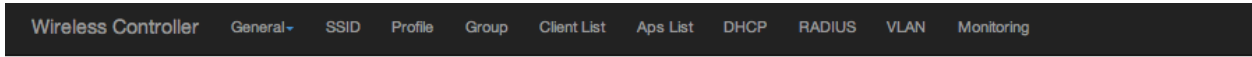
The screenshot shows the 'Wireless Controller' interface with the 'Access Point' table. The table lists the following information:

#	Name	Mac Address	IP	Last Check	Group name	Description	Status	Info	Edit
1	Engineer1	F8:D1:11:50:EA:70	172.16.0.3	2014-01-08 14:34:01	Engineer	Floor 2, Building 15	Active	Info	Edit
2	Engineer2	f8:d1:11:50:ed:68	172.16.0.5	2014-01-08 14:34:12	Engineer	Floor 5, Building 15	Inactive	Info	Edit
3	LH3_1	f8:d1:11:50:ec:ae	172.16.0.7	2014-01-08 14:33:21	LH	Floor 3, Learning Hall 3	Inactive	Info	Edit
4	Library1	84:c9:b2:5c:e5:15	172.16.0.9	2014-01-08 14:33:31	Library	Floor 1, Library	Inactive	Info	Edit

Below the table is an 'Add AP' button.

รูปที่ 8.12 หน้าเว็บอินเทอร์เน็ตเฟสสำหรับดูข้อมูลแอคเซสพอยต์

หน้าเว็บอินเทอร์เฟซสำหรับการดูรายชื่อผู้ใช้งานอยู่ในระบบทั้งหมดดังรูปที่ 8.13 โดยหน้าเว็บนี้จะแสดงข้อมูลรายชื่อผู้ใช้งานที่มีอยู่ในระบบทั้งหมด ซึ่งจะเป็นข้อมูลไอพีแอดเดรสของเครื่องนั้น, แมคแอดเดรสของเครื่องนั้น, แอคเซสพอยต์ที่ผู้ใช้ใช้งานและทำการเชื่อมต่ออยู่



All Client List

#	Ip Address	Macaddress	AP Name	RX Rate	TX Rate
1	172.16.0.101	68:9c:70:5f:c7:f9	Engineer1	24.0	58.5

รูปที่ 8.13 หน้าเว็บอินเทอร์เฟซที่แสดงข้อมูลรายชื่อผู้ใช้งานในระบบทั้งหมด

หน้าเว็บอินเทอร์เฟซสำหรับแสดงรายการบัญชีผู้ใช้ที่ทำการลงทะเบียนใช้งานกับระบบควบคุมเครือข่ายไร้สายแบบประหยัดดังรูปที่ 8.14 โดยตารางจะแสดงชื่อบัญชีผู้ใช้ที่ลงทะเบียนไว้, ชื่อจริง, นามสกุล, เลขที่เอกสารอ้างอิงประชาชน, อีเมลแอดเดรส, และ สถานะของบัญชีผู้ใช้ซึ่งประกอบไปด้วย 3 สถานะคือ

- 1) Approved – เป็นบัญชีผู้ใช้เครือข่ายที่ได้ถูกอนุมัติการใช้งานจากผู้ดูแลระบบเรียบร้อยแล้ว โดยผู้ใช้งานที่ทำการเข้าสู่ระบบด้วยบัญชีผู้ใช้งานดังกล่าวจะสามารถเข้าสู่โครงข่ายอินเทอร์เน็ตได้ รวมถึงทรัพยากรในโครงข่ายของตนเองด้วย
- 2) Disapproved – เป็นบัญชีผู้ใช้เครือข่ายที่ยังไม่ได้รับการอนุมัติ หรือถูกยกเลิกการอนุมัติ โดยบัญชีผู้ใช้แบบ Disapproved นั้นผู้ใช้งานจะไม่สามารถเข้าสู่ระบบได้
- 3) Admin – เป็นบัญชีผู้ใช้ที่ถือว่ามีความสามารถสูงสุดคือ สามารถเข้าสู่โครงข่ายอินเทอร์เน็ตได้ และสามารถเข้าสู่หน้าบริหารจัดการเครือข่ายไร้สายได้โดยทำหน้าที่เป็นผู้ดูแลระบบนั่นเอง โดยผู้ดูแลระบบเครือข่ายไร้สายนั้นสามารถปรับเปลี่ยนสถานะของบัญชีผู้ใช้เพื่อบริหารจัดการบัญชีผู้ใช้ได้ตามต้องการโดยการแก้ไขสถานะบัญชีผู้ใช้นั้นทำได้โดยการเลือกเปลี่ยนที่สถานะของบัญชีผู้ใช้งานโดยหลังการคลิกจะปรากฏเป็นเมนูขึ้นเพื่อเลือกสถานะ

#	UserName	FirstName	LastName	Citizen ID	Email	Status
1	a2	a	a	b	aasdasd@sdasd	Approved -
2	test1	a	a	adsad	asd@osd.c	Disapprove Make admin
3	test2	a	a	adsada	asd@osd.ca	Approved -
4	test3	a	a	adsada1	asd@osd.caw	Approved -
5	test4	a	a	adsada1a	asd@osd.cawa	Approved -
6	test5	a	a	adsada1aa	asd@osd.cawaa	Approved -
7	test6	a	a	adsada1aaa	asd@osd.cawaaa	Approved -
8	test7	a	a	adsada1aaaa	asd@osd.cawaaaa	Approved -
9	anan	Anan	Phonphoem	1234567890123	anan.p@ku.ac.th	Disapproved -
10	apj	Aphirak	Jansang	9876543210987	aphirak.j@ku.ac.th	Disapproved -
11	cpe	cpe	ku	123456789011	admin@ku.ac.th	Disapproved -
12	mayakid	Pisitpong	Visaricharoenyng	1129900140955	pisitpong@gmail.com	Admin -


รูปที่ 8.14 หน้าเว็บอินเตอร์เฟซที่แสดงข้อมูลรายชื่อบัญชีผู้ใช้งานที่ลงทะเบียนกับระบบ

หน้าเว็บอินเตอร์เฟซที่แสดงข้อมูลรายชื่อบัญชีผู้ใช้งานที่ลงทะเบียนกับระบบดังรูปที่ 8.15 จะแสดงข้อมูลรายบุคคลที่เกี่ยวข้องซึ่งเป็นข้อมูลที่ทำการลงทะเบียนผ่านหน้าเว็บเพจของระบบควบคุมเครือข่ายไร้สาย โดยจะมีชื่อบัญชีผู้ใช้งาน, ชื่อจริง, นามสกุลจริง, เลขที่ประจำตัวประชาชน หรือหนังสือเดินทาง และอีเมลแอดเดรส

Information	Information	Detail
User Activity	Username	mayakid
Traffic Logging	FirstName	Pisitpong
	LastName	Visaricharoenyng
	Citizen ID	1129900140955
	Email	pisitpong@gmail.com

รูปที่ 8.15 หน้าเว็บอินเตอร์เฟซที่แสดงข้อมูลของผู้ใช้งานที่ได้ทำการลงทะเบียนผ่านระบบ

หน้าเว็บอินเตอร์เฟซที่แสดงข้อมูลการเข้าสู่ระบบของบัญชีผู้ใช้งานดังรูปที่ 8.16 จะแสดง

Wireless Controller General - SSID Profile Group Client List Aps List RADIUS Monitoring  mayakid

Information
User Activity
Traffic Logging

mayakid logged in on Fri Feb 14 15:00:32 2014 with IP address 172.16.0.52
mayakid logged out on Fri Feb 14 14:58:02 2014 with IP-address 172.16.0.52
mayakid logged in on Fri Feb 14 11:37:33 2014 with IP address 172.16.0.52
mayakid logged in on Fri Feb 14 09:32:40 2014 with IP address 172.16.0.52
mayakid logged in on Tue Feb 4 10:50:57 2014 with IP address 172.16.0.52
mayakid logged out on Tue Feb 4 10:34:08 2014 with IP-address 172.16.0.52

รูปที่ 8.16 หน้าเว็บอินเตอร์เฟสที่แสดงข้อมูลการเข้าสู่ระบบของชื่อบัญชีผู้ใช้

ประวัติโน้ต

นายพิสิษฐ์พงศ์ วิศาลเจริญยิ่ง เลขประจำตัวโน้ต 5310500502
ปริญญาตรี ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ที่อยู่ปัจจุบัน 50 ถนนงามวงศ์วาน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900
โทรศัพท์บ้าน: 02 588 1144 โทรศัพท์เคลื่อนที่: 085 073 4336
อีเมล: b5310500502@ku.ac.th

ระดับการศึกษา

คุณวุฒิการศึกษา	โรงเรียน	ปีการศึกษา
มัธยมศึกษาตอนปลาย	โรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัย นนทบุรี	2553
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัย นนทบุรี	2550