



# รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

เรื่อง

การเปรียบเทียบการใช้งานเครื่องแม่ข่ายเว็บไซต์ด้วย

เอ็นจินเอกซ์ (NginX) และ อาปาเช่ (Apache)

กรณีศึกษา: ระบบงานรับนิติใหม่ (Admission System)

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

โดย

นายภัทรชัย ไชยมงคล

สำนักคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

# รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

เรื่อง

การเปรียบเทียบการใช้งานเครื่องแม่ข่ายเว็บไซต์ด้วย  
เอ็นจินเอกซ์ (NginX) และ อาปาเช่ (Apache)  
กรณีศึกษา: ระบบงานรับนิสิตใหม่ (Admission System)  
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

คณะผู้วิจัย

นายภัทรชัย ไชยมงคล

สำนักคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

## บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสภาพัฒนาการดำเนินงานของโปรแกรมเครื่องแม่ข่ายเว็บไซต์อาปาเซ่และเอ็นจินเอ็กซ์เพื่อหาโปรแกรมเครื่องแม่ข่ายเว็บไซต์ที่เหมาะสมสำหรับระบบงานรับนิสิตใหม่มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒทำการทดลองติดตั้งและเปรียบเทียบความสามารถในการใช้งานโปรแกรมเครื่องแม่ข่ายเว็บไซต์ทั้งสองภายใต้สภาวะการเรียกใช้งานพร้อมกันจำนวนมาก การทดสอบถูกติดตั้งบนเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลทั่วไป เปรียบเทียบประสิทธิภาพพบว่า โปรแกรมเครื่องแม่ข่ายเว็บไซต์เอ็นจินเอ็กซ์สามารถรองรับการเรียกใช้งานได้ดีกว่าอาปาเซ่อย่างน้อย 4 เท่าโดยใช้ทรัพยากรเครื่องเหมือนกัน จากนั้นทำการติดตั้งโปรแกรมเครื่องแม่ข่ายเว็บไซต์เอ็นจินเอ็กซ์สำหรับระบบงานรับนิสิตใหม่เพื่อใช้งานจริง พบว่าสามารถรองรับการเรียกใช้งานในวันประกาศผลการสอบคัดเลือกเป็นนิสิตใหม่ได้เพียงพอ คือมีการเรียกใช้งานมากกว่า 5 ล้านครั้งจากผู้ใช้งานทั้งหมดกว่า 1 แสนคน

## กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยครั้งนี้ได้รับการสนับสนุนจากเงินอุดหนุนการวิจัย จากสำนักคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ โดยได้รับจัดสรรจากเงินรายได้สำนักคอมพิวเตอร์ประจำปีงบประมาณ 2556 ผู้วิจัยขอขอบคุณบุคลากรจากสำนักคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ที่มีส่วนช่วยให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ดังนี้

นายประกิจ ลีลาเชี่ยวชาญกุล นางสาวสุวิมล คงศักดิ์ตระกูล และนายชัยวัฒน์ ช่างกลึง ที่ปรึกษาโครงการวิจัย ที่ให้ข้อเสนอแนะในการดำเนินงานของโครงการวิจัย

นางสาวพรทิพย์ พงศ์สวัสดิ์ ปฏิบัติหน้าที่หัวหน้าฝ่ายระบบสารสนเทศ ที่ช่วยติดตามและประสานงานให้งานวิจัยนี้ดำเนินงานไปได้ตามขั้นตอน

นายสันติ สุขยานันท์ ปฏิบัติหน้าที่หัวหน้าฝ่ายปฏิบัติการและบริการในการอนุเคราะห์เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลจำนวนสามเครื่อง จากงานบริการ สำนักคอมพิวเตอร์ เพื่อใช้ในการทำงานวิจัยครั้งนี้

ทางผู้วิจัยขอขอบคุณ ผู้สนับสนุนทุกท่านและบุคลากรสำนักคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒท่านอื่น ๆ ที่มีส่วนช่วยให้การศึกษาครั้งนี้บรรลุเป้าหมายตามวัตถุประสงค์

## สารบัญ

บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
บทที่ 1 บทนำ	1
วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	2
ขอบเขตงานวิจัย	2
ทฤษฎี สมมุติฐาน และกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย	3
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
โปรแกรมเครื่องแม่ข่ายเว็บไซต์ (Web server)	4
ปัญหา ซีเท็นเค(C10K Problems)	5
สถิติการใช้งานโปรแกรมเครื่องแม่ข่ายเว็บไซต์	5
โปรแกรมเครื่องแม่ข่ายอาปาเช่ (Apache Web server)	6
โปรแกรมเครื่องแม่ข่ายเอ็นจินเอ็กซ์(NginX Web server)	8
สถาปัตยกรรมโปรเซสของเอ็นจินเอ็กซ์	8
การวัดประสิทธิภาพโปรแกรมเครื่องแม่ข่าย	10
Httpperf	10
Autobench	12
บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินงาน	13
ขั้นตอนการติดตั้ง	13
การวัดประสิทธิภาพโปรแกรมเครื่องแม่ข่าย	30
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	31
ประสิทธิภาพโปรแกรมเครื่องแม่ข่ายอาปาเช่ ระบบงานรับนิติตใหม่	31
ประสิทธิภาพโปรแกรมเครื่องแม่ข่ายเอ็นจินเอ็กซ์ ระบบงานรับนิติตใหม่	31
บทที่ 5 สรุปอภิปรายผลและข้อเสนอแนะ	33
บรรณานุกรม	36
ประวัติคณะผู้วิจัย	37

## บัญชีตาราง

ตาราง 1 ทรัพยากรที่ใช้ในการทดสอบระบบ .....	13
ตาราง 2 สรุปสถิติการใช้งานระบบงานรับนิติใหม่ เดือนพฤศจิกายน 2556 .....	33
ตาราง 3 สถิติการใช้งานระบบงานรับนิติใหม่รายวัน เดือนพฤศจิกายน 2556 .....	34

## บัญชีภาพประกอบ

รูปที่ 1 สถิติการติดตั้งใช้งานโปรแกรมเครื่องแม่ข่ายเว็บไซต์เดือนตุลาคม พ.ศ. 2556 .....	6
รูปที่ 2 การทำงานของโปรแกรมเครื่องแม่ข่ายอาปาเช่และ PHP .....	7
รูปที่ 3 สถาปัตยกรรมการทำงานของโปรแกรมเครื่องแม่ข่ายเอ็นจินเอ็กซ์ .....	9
รูปที่ 4 ตัวอย่างผลลัพธ์จาก Httpperf .....	11
รูปที่ 5 แผนผังแสดงการติดตั้งโปรแกรมเครื่องแม่ข่ายที่ใช้ในการทดสอบ .....	30
รูปที่ 6 ความสามารถในการรองรับการเรียกใช้งานพร้อมกันของโปรแกรมเครื่องแม่ข่ายอาปาเช่ ระบบงานรับนิติคดีใหม่ .....	31
รูปที่ 7 ความสามารถในการรองรับการเรียกใช้งานพร้อมกันของโปรแกรมเครื่องแม่ข่ายเอ็นจิน เอ็กซ์ ระบบงานรับนิติคดีใหม่ .....	32
รูปที่ 8 สถิติการใช้งานระบบงานรับนิติคดีใหม่เฉลี่ยรายชั่วโมง .....	35

## บทที่ 1

### บทนำ

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒมีการติดตั้งระบบงานรับนิสิตใหม่แบบออนไลน์เป็นระบบที่รวบรวมขั้นตอนการดำเนินงานทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับการรับนิสิตใหม่ไว้ในระบบเดียว เพื่อให้ผู้เรียนที่สนใจสอบคัดเลือกเข้าเป็นนิสิตในมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒสามารถดูข้อมูลหลักสูตรสาขาและระดับการศึกษาที่เปิดรับสมัคร ผู้เรียนสามารถสมัครเข้าสอบในสาขาวิชาที่สนใจ ตรวจสอบกำหนดการ หมายเลขที่นั่งสอบ รวมถึงการประกาศผลสอบทั้งการสอบข้อเขียนและการสอบสัมภาษณ์

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒมีผู้ให้ความสนใจมาสมัครสอบคัดเลือกเข้าเป็นนิสิตเป็นจำนวนมาก โดยเฉพาะการสอบคัดเลือกเข้าเป็นนิสิตในระดับปริญญาตรีซึ่งในแต่ละปีจะมีผู้มาสมัครสอบไม่ต่ำกว่า 90,000 คน(มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2556)

ระบบงานรับนิสิตใหม่ดังกล่าวมีการทำงานในลักษณะโปรแกรมประยุกต์บนเว็บไซด์ (Web application) ที่ทำงานบน โปรแกรมเครื่องแม่ข่ายเว็บไซด์อาปาเช่ (Apache Web server) สามารถรองรับความต้องการการใช้งานระบบงานรับนิสิตใหม่นี้ได้ดีในระดับหนึ่งแต่เมื่อถึงช่วงเวลาที่มีความต้องการในการใช้งานระบบพร้อมกันจากผู้ใช้งานจำนวนมาก เช่น ในช่วงการประกาศผลการสอบคัดเลือกเข้าเป็นนิสิตระดับปริญญาตรี โปรแกรมเครื่องแม่ข่ายเว็บไซด์อาปาเช่ไม่สามารถรองรับการทำงานพร้อมกันในระดับสูงแบบนั้นได้โดยจะเริ่มมีการตอบสนองช้าจนกระทั่งไม่สามารถเรียกใช้งานได้ในที่สุด

ผู้วิจัยจึงตระหนักถึงความสำคัญในการหาโปรแกรมเครื่องแม่ข่ายเว็บไซด์ใหม่มาทดแทนโปรแกรมเครื่องแม่ข่ายเว็บไซด์อาปาเช่ เพื่อให้สามารถตอบสนองความต้องการการใช้งานจากผู้ใช้งานในช่วงเวลาที่มีการใช้งานพร้อมกันจำนวนมากได้ดีขึ้น

ปัจจุบันมีโปรแกรมเครื่องแม่ข่ายเว็บไซด์จำนวนมากที่ถูกออกแบบและพัฒนาเพื่อรองรับการทำงานในสภาพแวดล้อมที่มีผู้ใช้งานเว็บไซด์จำนวนมากพร้อม ๆ กัน ได้เป็นอย่างดีจากการสำรวจสัดส่วนการติดตั้งโปรแกรมเครื่องแม่ข่ายเว็บไซด์ทั่วโลก เอนจินเอกซ์ (NginX) เป็นโปรแกรมเครื่องแม่ข่ายเว็บไซด์แบบซอร์ซโค้ดเปิด (Open source) มีสัดส่วนการใช้งานอยู่ที่ 14.81% เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ นับตั้งแต่ปี พ.ศ. 2550 เป็นอันดับ 2 ของโปรแกรมเครื่องแม่ข่ายเว็บไซด์แบบซอร์ซโค้ดเปิดที่มีการใช้งานจริง ซึ่งแม้อาปาเช่ โปรแกรมเครื่องแม่ข่ายเว็บไซด์ที่มีการใช้งานมากเป็นอันดับ 1 มีสัดส่วนการใช้งานอยู่ที่ 51.01% แต่มีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องนับตั้งแต่ปี พ.ศ. 2554 (Netcraft) (Netcraft, 2013) นอกจากนี้โปรแกรมเครื่องแม่ข่ายเอนจินเอกซ์มีจุดเด่นในเรื่องสามารถทำงานได้ดีแม้ในเครื่องแม่ข่ายที่มีทรัพยากรน้อย มีเสถียรภาพ (Robustness) มีศักยภาพในการขยายการทำงาน



เว็บไซต์ (Scalability) ได้เป็นอย่างดี และมีขอบเขตการทำงานที่มากกว่าการเป็นโปรแกรมเครื่องแม่ข่ายเพียงเว็บไซต์เพียงอย่างเดียว

จากคุณสมบัติดังกล่าว ผู้วิจัยจึงมีความประสงค์ที่จะศึกษา ค้นคว้า และทดลองติดตั้งระบบงานรับนิสิตใหม่บนโปรแกรมเครื่องแม่ข่ายเอนจินเอกซ์ โดยมีการเปรียบเทียบวิธีการใช้งานเบื้องต้นกับโปรแกรมเครื่องแม่ข่ายอาปาเช่ รวมถึงมีการทดสอบความสามารถในการตอบสนองต่อการเรียกใช้งานจำนวนมากของโปรแกรมเครื่องแม่ข่ายทั้งสองภายใต้สภาพแวดล้อมการทำงานที่เหมือนกัน เพื่อให้ได้ข้อมูลมาใช้ในการพัฒนาปรับปรุงการติดตั้งระบบการรับนิสิตใหม่ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒให้มีเสถียรภาพและการตอบสนองที่ดีขึ้นได้ต่อไป

### วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อศึกษาสถาปัตยกรรมการทำงานภายใน การติดตั้ง การตั้งค่าเบื้องต้น และขอบเขตความสามารถของโปรแกรมเครื่องแม่ข่ายเอนจินเอกซ์ เปรียบเทียบกับโปรแกรมเครื่องแม่ข่ายอาปาเช่
2. เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบความสามารถในการตอบสนองการเรียกใช้งานพร้อมกันจำนวนมากของโปรแกรมเครื่องแม่ข่ายเอนจินเอกซ์และอาปาเช่ บนการตั้งค่าโปรแกรมเครื่องแม่ข่ายที่คล้ายคลึงกัน

### ขอบเขตงานวิจัย

งานวิจัยนี้จะเปรียบเทียบการติดตั้งใช้งานระบบงานรับนิสิตใหม่ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒบนโปรแกรมเครื่องแม่ข่ายเว็บไซต์อาปาเช่และโปรแกรมเครื่องแม่ข่ายเว็บไซต์เอนจินเอกซ์ ดังนี้

1. แสดงสถาปัตยกรรมของโปรแกรมเครื่องแม่ข่ายเว็บไซต์ทั้งสอง
2. การใช้งาน PHP และการกำหนดค่าเบื้องต้น
3. ติดตั้งระบบงานรับนิสิตใหม่บนโปรแกรมเครื่องแม่ข่ายเว็บไซต์ทั้งสอง
4. ทดสอบการทำงานภายใต้สภาวะการเรียกใช้งานพร้อมกันจากผู้ใช้จำนวนมาก (Stress test) บนโปรแกรมเครื่องแม่ข่ายเว็บไซต์ทั้งสอง วิเคราะห์และรายงานผล
5. ติดตั้งระบบงานรับนิสิตใหม่โดยใช้โปรแกรมเครื่องแม่ข่ายเว็บไซต์เอนจินเอกซ์บนระบบงานจริง วิเคราะห์และรายงานผล

### ทฤษฎี สมมุติฐาน และกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย

โปรแกรมเครื่องแม่ข่ายเอนจินเอกซ์มีเสถียรภาพ ความสามารถในการขยาย (Scalability) และความสามารถในการรองรับการเรียกใช้งานพร้อมกันจำนวนมาก ได้ดีกว่าโปรแกรมเครื่องแม่ข่ายเว็บไซต์อาปาเช่ภายใต้สภาพแวดล้อมและการตั้งค่าการทำงานที่เหมือนกัน

### ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้โปรแกรมเครื่องแม่ข่ายเว็บไซต์ที่มีประสิทธิภาพดีขึ้นโดยใช้ทรัพยากรเท่าเดิม สามารถรองรับการใช้งานระบบปรับนิสิตใหม่ได้เป็นอย่างดี
2. ใช้เป็นต้นแบบเครื่องแม่ข่ายเว็บไซต์สำหรับติดตั้งระบบงานอื่น ๆ ที่มีผู้ใช้งานเป็นจำนวนมากของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒได้

## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### โปรแกรมเครื่องแม่ข่ายเว็บไซต์ (Web server)

โปรแกรมเครื่องแม่ข่ายเว็บไซต์ทำหน้าที่แปลงยูอาร์แอล (URL: Uniform Resource Locator) เป็นไฟล์เอกสารหรือเรียกใช้งานโปรแกรมเพื่อดำเนินงานตามข้อมูลที่ส่งมาในยูอาร์แอล แล้วส่งผลลัพธ์กลับไปยังผู้ใช้งานผ่านทางอินเทอร์เน็ต

เมื่อผู้ใช้งานโปรแกรมเว็บเบราว์เซอร์ (Web browser) เพื่อเชื่อมต่อไปยังยูอาร์แอล โปรแกรมจะทำการส่งข้อมูลผ่านอินเทอร์เน็ตไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีหมายเลขที่อยู่ตามยูอาร์แอลที่ระบุ

ยูอาร์แอลประกอบด้วย 3 ส่วน คือ

```
<scheme>://<host>/<path>
```

ตัวอย่างยูอาร์แอล เช่น <http://admission.swu.ac.th/> มี *<scheme>* คือ http หมายความว่า โปรแกรมเว็บเบราว์เซอร์ควรใช้โปรโตคอล HTTP (Hypertext Transfer Protocol) ในการส่งข้อมูลไปยังปลายทาง *<host>* คือ admission.swu.ac.th และ *<path>* คือ / โดยปกติหมายถึงระดับบนสุดของเว็บไซต์ *<host>* อาจเป็น ไอพีแอดเดรส (IP address) หรือชื่อที่อยู่ซึ่งเว็บเบราว์เซอร์จะทำการแปลงเป็นไอพีแอดเดรสอีกทีหนึ่ง การใช้โปรโตคอล HTTP 1.1 เว็บเบราว์เซอร์อาจส่งข้อมูลไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีไอพีแอดเดรสตามที่ระบุ ดังนี้

```
GET / HTTP/1.1
```

```
Host: admission.swu.ac.th
```

ข้อมูลจะถูกส่งไปยังพอร์ต 80 (พอร์ตปกติของโปรโตคอล HTTP) บนเครื่อง admission.swu.ac.th ข้อมูลที่ส่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ส่วน:

1. เมธอด ในกรณีนี้คือ GET แต่สามารถเป็น PUT, POST, DELETE หรือ CONNECT
2. ยูอาร์ไอ (URI: Uniform Resource Identifier)
3. เวอร์ชันของโปรโตคอลที่ใช้
4. หัวเรื่องที่ใช้ส่งข้อมูล ในที่นี้คือ Host ใช้ระบุปลายทางเครื่องที่ต้องการส่งข้อมูล

เครื่องปลายทางที่ใช้เป็นโปรแกรมเครื่องแม่ข่ายอาจจะเป็นคอมพิวเตอร์เพียงเครื่องเดียวหรือกลุ่มของคอมพิวเตอร์ (Cluster) ก็ได้เช่นกัน (Ben Laurie, 2002) ในขอบเขตของงานวิจัยนี้จะสนใจการติดตั้งเฉพาะการใช้งานบนเครื่องแม่ข่ายเว็บไซต์เพียงเครื่องเดียว เพื่อหาโปรแกรมเครื่องแม่ข่ายเว็บไซต์ที่มีประสิทธิภาพดีที่สุดในสภาพแวดล้อมการติดตั้งที่ไม่ซับซ้อน

โดยปกติเว็บไซต์จะประกอบไปด้วยเอกสาร 2 รูปแบบหลักคือเอกสารที่ไม่ต้องประมวลผล (static file) เช่น ไฟล์ประเภท \*.html, \*.txt, \*.css และ \*.js เป็นต้น อีกรูปแบบคือเอกสารที่ต้องประมวลผลผ่านโปรแกรมบนเครื่องแม่ข่ายเว็บไซต์ (dynamic file) เช่น ไฟล์ \*.php \*.asp และ \*.jsp เป็นต้น

### ปัญหา ซีเท็นค (C10K Problems)

ปัญหาซีเท็นคอ้างถึงโปรแกรมเครื่องแม่ข่ายที่ไม่สามารถรองรับการทำงานจากผู้ใช้จำนวนมากได้ (ระดับ 10,000 ผู้ใช้ขึ้นไป) ได้เนื่องจากการใช้ทรัพยากรเครื่องที่มากเกินไป โปรแกรมเครื่องแม่ข่ายในยุคก่อนหน้ามีการใช้งานรูปแบบหนึ่ง โพรเซสต่อผู้ใช้ (process-per-client) เช่น โปรแกรมเครื่องแม่ข่ายอาปาเช่จะมีกับปัญหาสร้างโพรเซสขึ้นมาจำนวนมากตามจำนวนผู้ใช้ทำให้เกิดการจองหน่วยความจำและขัดขวางการทำงานของโพรเซสอื่นได้ โดยส่วนมากการทำงานรูปแบบนี้จะใช้หน่วยความจำอย่างน้อย 1 เมกะไบต์ ต่อผู้ใช้ และมีการใช้งานหน่วยประมวลผลที่สิ้นเปลืองเพราะต้องมีการเปลี่ยน โพรเซสการทำงานบ่อย (Context Switching) ทำให้ไม่มีประสิทธิภาพที่ดีพอในการรองรับการทำงานเมื่อมีผู้ใช้งานมากขึ้น (Kegal, 2013)

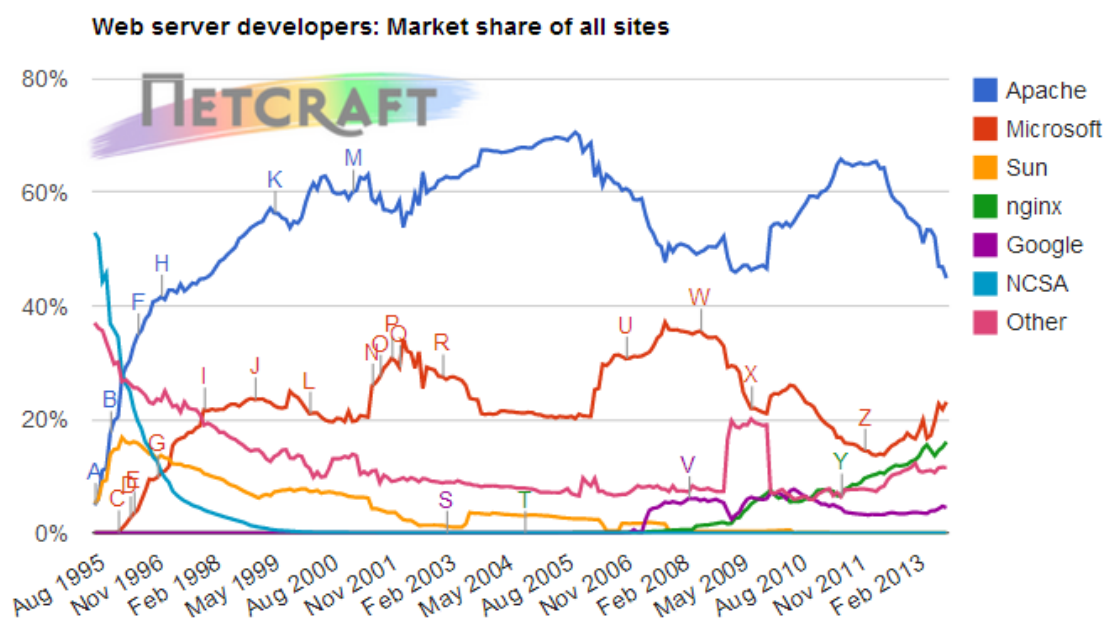
### สถิติการใช้งานโปรแกรมเครื่องแม่ข่ายเว็บไซต์

จากการสำรวจจำนวนการติดตั้งโปรแกรมเครื่องแม่ข่ายเดือนตุลาคม พ.ศ. 2556 (Netcraft, Ltd, 2556) จากจำนวนเว็บไซต์ทั้งหมด 767,234,152 เว็บไซต์พบว่า

โปรแกรมเครื่องแม่ข่ายเว็บไซต์อาปาเช่มีสัดส่วนการติดตั้งใช้งานเป็นอันดับหนึ่ง นับเป็นโปรแกรมเครื่องแม่ข่ายบนระบบปฏิบัติการลินุกซ์ที่ยังคงได้รับความนิยมสูงสุด มีจำนวนการติดตั้งทั้งสิ้นกว่า 344 ล้านเว็บไซต์ แต่มีสัดส่วนการติดตั้งลดลงอย่างต่อเนื่องในช่วงเวลา 5 ปีที่ผ่านมา ลดลงต่ำสุดในรอบ 15 ปี คิดเป็น 45% ของสัดส่วนการติดตั้งทั้งหมด

โปรแกรมเครื่องแม่ข่ายเว็บไซต์ไอไอเอส (IIS: Internet Information Services) ของไมโครซอฟท์มีจำนวนการติดตั้งใช้งานทั้งหมดประมาณ 177 ล้านเว็บไซต์ คิดเป็นสัดส่วนการติดตั้งอันดับสองอยู่ที่ 23% เนื่องจากเป็นโปรแกรมเครื่องแม่ข่ายเดี่ยวที่รองรับการพัฒนาแบบบนแพลตฟอร์ม .NET ของไมโครซอฟท์และเป็นโปรแกรมเครื่องแม่ข่ายที่มีเสถียรภาพและประสิทธิภาพสูงบนระบบปฏิบัติการวินโดวส์

โปรแกรมเครื่องแม่ข่ายเว็บไซต์เอ็นจินเอ็กซ์ มีการติดตั้งใช้งานเป็นอันดับ 3 จำนวนทั้งสิ้น 123 ล้านเว็บไซต์ คิดเป็น 16% จากการติดตั้งโปรแกรมเครื่องแม่ข่ายเว็บไซต์ทั้งหมด เอ็นจินเอ็กซ์ เป็นโปรแกรมเครื่องแม่ข่ายเว็บไซต์บนระบบปฏิบัติการลินุกซ์แบบ open-source ที่ได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องนับตั้งแต่ปี พ.ศ. 2551 และยังคงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในอนาคตอันใกล้ ซึ่งเป็นไปได้ว่าจะขึ้นเป็นอันดับสองแทนไอไอเอสของไมโครซอฟท์ในเวลาไม่กี่ปีข้างหน้า



Developer	September 2013	Percent	October 2013	Percent	Change
Apache	346,288,706	46.86%	344,408,387	44.89%	-1.97
Microsoft	160,691,763	21.74%	177,216,296	23.10%	1.35
nginx	111,680,078	15.11%	123,114,800	16.05%	0.93
Google	34,806,502	4.71%	34,127,482	4.45%	-0.26

### รูปที่ 1 สถิติการติดตั้งใช้งานโปรแกรมเครื่องแม่ข่ายเว็บไซต์เดือนตุลาคม พ.ศ. 2556

(Netcraft, 2556)

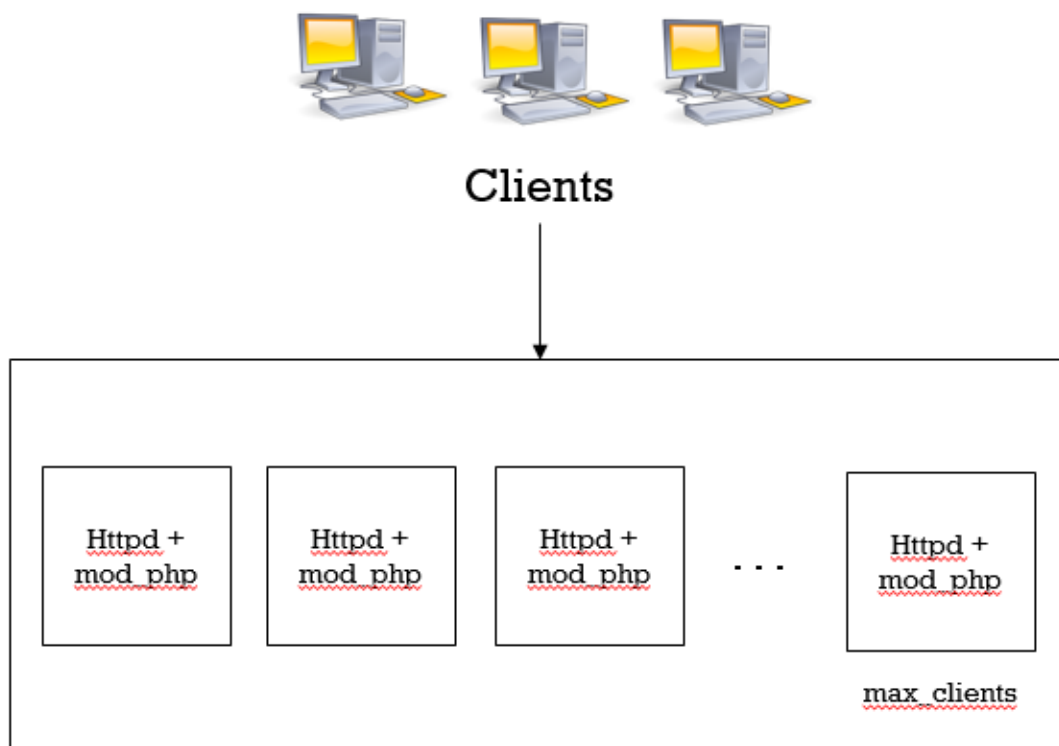
เนื่องจากในระบบงานที่เป็นโจทย์ของงานวิจัยนี้เดิมติดตั้งใช้งานโปรแกรมเครื่องแม่ข่ายเว็บไซต์อาปาเช่ซึ่งทำงานบนระบบปฏิบัติการลินุกซ์อยู่แล้ว ทางผู้วิจัยจึงเลือกทดสอบติดตั้งโปรแกรมเครื่องแม่ข่ายเว็บไซต์เอ็นจินเอ็กซ์เป็นทางเลือกในการใช้งาน เพื่อให้ระบบสามารถติดตั้งใช้งานได้บนสภาพแวดล้อมการทำงานที่เหมือนหรือใกล้เคียงกันเทียบกับระบบงานอื่น ๆ ที่พัฒนาขึ้นในมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

โปรแกรมเครื่องแม่ข่ายอาปาเช่ (Apache Web server)

อาปาเซ่(Apache) เป็น โปรแกรมเครื่องแม่ข่ายที่ทำงานบนระบบปฏิบัติการแบบ มัลติทาสกิ้งค์ ไม่ว่าจะเป็ระบบปฏิบัติการที่มีฐานมาจากยูนิกซ์(Unix) หรือวินโดวส์ (Windows) โปรแกรมเครื่องแม่ข่ายอาปาเซ่พัฒนาโดย มูลนิธิอาปาเซ่ซอฟต์แวร์ (Apache Software Foundation) เริ่มใช้งานเมื่อปี พ.ศ. 2537 เป็นช่วงเวลาเดียวกับที่ระบบปฏิบัติการลินุกซ์ (Linux) เริ่มเป็นที่นิยม (Galbraith, 2009)(Ben Laurie, 2002)

โปรแกรมประมวลผลของอาปาเซ่เรียกว่า *httpd*บนระบบปฏิบัติการยูนิกซ์ และ *apache.exe* บนระบบปฏิบัติการวินโดวส์ โดยปกติโปรแกรมอาปาเซ่จะทำงานเป็น โพรเซส เบื้องหลังในสถานะว่างงาน (Idle) อาปาเซ่จะรอรับข้อมูลจากไอพีแอดเดรสที่ระบุในไฟล์ที่ได้ ตั้งค่าไว้ เมื่อมีการส่งข้อมูลเข้ามา อาปาเซ่จะทำการอ่านและวิเคราะห์เซดเดอร์และดำเนินการ ตามกฎที่กำหนดไว้ในไฟล์ตั้งค่า

ผู้ดูแลระบบสามารถควบคุมการทำงานของอาปาเซ่ได้ผ่านทางไฟล์ตั้งค่าอาปาเซ่มี ไดเรคทีฟ(Directive) สำหรับการหนดการทำงานเบื้องต้นไม่น้อยกว่า 200 ไดเรคทีฟ โดยมี ไดเรคทีฟที่สามารถรองรับการประมวลผลแบบพลวัตได้ผ่าน CGI, mod\_perl, PHP, Ruby, Python, C/C++ และภาษาอื่น ๆ รวมถึง Java ในงานวิจัยนี้สนใจเฉพาะการทำงานร่วมกัน ระหว่างอาปาเซ่กับโปรแกรมภาษา PHP



รูปที่ 2 การทำงานของโปรแกรมเครื่องแม่ข่ายอาปาเซ่และ PHP

จาก รูปที่ 2 เมื่อมีการร้องขอมายังโปรแกรมเครื่องแม่ข่ายอาปาเซอาปาเซจะทำการสร้างโปรเซสขึ้นมารับการร้องขอนั้น โดยจะทำการโหลดโมดูลทั้งหมดที่ถูกกำหนดไว้ในไฟล์ตั้งค่าเข้ามาไว้ในโปรเซสแม้ว่าการร้องขอนั้นจะเป็นการร้องขอไฟล์แบบ static ซึ่งไม่ต้องมีการประมวลผลใด ๆ เพิ่มเติม ส่วนการร้องขอไฟล์แบบ dynamic เนื่องจากหนึ่งโปรเซสสามารถรองรับได้เพียงหนึ่งการร้องขอ ดังนั้นเมื่อมีผู้ใช้จำนวนมาก ๆ ร้องขอการใช้งานเว็บไซต์ในเวลาเดียวกัน จะมีโปรเซสจำนวนมากถูกสร้างขึ้นตามจำนวนผู้ใช้ และเมื่อมีโปรเซสมากขึ้นอาปาเซจะใช้เวลาในการสลับการทำงานระหว่างโปรเซสเพิ่มขึ้น รวมถึงเวลาที่ใช้ในการสร้างและทำลายโปรเซสแทนที่จะประมวลผลการร้องขอจากผู้ใช้ ทำให้เกิดการใช้ทรัพยากรของเครื่องแม่ข่ายอย่างไม่มีประสิทธิภาพด้วยเช่นกัน

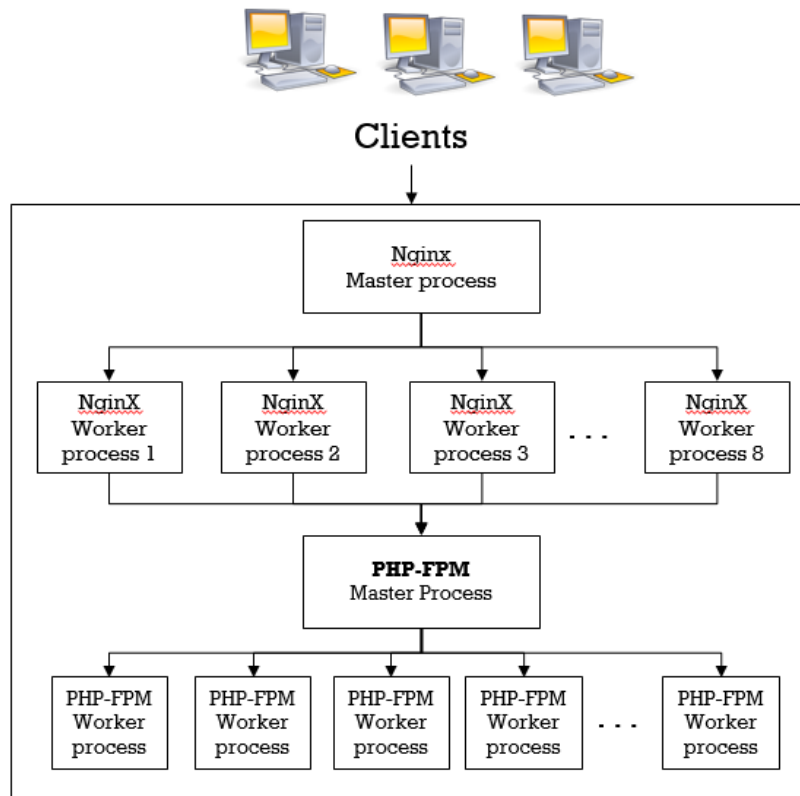
### โปรแกรมเครื่องแม่ข่ายเอ็นจินเอ็กซ์(NginX Web server)

เอ็นจินเอ็กซ์ เป็น โปรแกรมเครื่องแม่ข่ายเว็บไซต์แบบเปิดเผยโปรแกรม (open-source) พัฒนาโดย อิกอร์ซีสโซอิฟ และเปิดให้ใช้งานในปี 2547 เอ็นจินเอ็กซ์เป็นที่รู้จักในแง่การมีประสิทธิภาพสูง ความมีเสถียรภาพ การตั้งค่าการใช้งานง่าย และมีการใช้งานทรัพยากรระบบต่ำ

เอ็นจินเอ็กซ์เป็นหนึ่งในโปรแกรมเครื่องแม่ข่ายที่ถูกออกแบบและพัฒนามาเพื่อแก้ปัญหาซีทีเอ็นเคเอ็นจินเอ็กซ์ไม่ได้ใช้เซรดในการประมวลผลการร้องขอ แต่ใช้สถาปัตยกรรมการทำงานแบบ อีเวนท์ไดรเวน(event-driven) สถาปัตยกรรมแบบนี้ทำให้โปรแกรมมีขนาดเล็กและสามารถคาดเดาประมาณการใช้งานหน่วยความจำได้แม้ภายใต้สภาวะการใช้งานอย่างหนัก

### สถาปัตยกรรมโปรเซสของเอ็นจินเอ็กซ์

เมื่อเริ่มต้นการทำงานเอ็นจินเอ็กซ์จะมีโปรเซสหนึ่งถูกเรียกการทำงาน คือ โปรเซสหลัก (Master process) โปรเซสนี้ไม่ได้ประมวลผลการร้องขอจากผู้ใช้โดยตรง แต่ทำหน้าที่สร้างโปรเซสอื่นขึ้นมาเพื่อทำหน้าที่ประมวลผลการร้องขอจากผู้ใช้ คือ โปรเซสการทำงาน (Worker process) ผู้ดูแลระบบสามารถกำหนดจำนวน โปรเซสการทำงานและจำนวนการเชื่อมต่อที่แต่ละโปรเซสสามารถรองรับได้ผ่านทางไฟล์ตั้งค่า(Aivaliotis, 2556)(Nedelcu, 2553)



รูปที่ 3 สถาปัตยกรรมการทำงานของโปรแกรมแม่ข่ายเอ็นจินเอ็กซ์

จาก รูปที่ 3 เมื่อมีการร้องขอมาจากผู้ใช้ การร้องขอนั้นจะดำเนินการ โดยโปรเซสการทำงาน โดยอาศัยกฎที่กำหนดไว้ในไฟล์ตั้งค่าในการตีความการประมวลผล ถ้าเอกสารปลายทางนั้นเป็นไฟล์ static ผลลัพธ์จะถูกส่งกลับจากเอ็นจินเอ็กซ์ไปยังผู้ใช้ทันที

ถ้าการร้องขอจากผู้ใช้เป็นการเรียกใช้ไฟล์แบบ dynamic โปรเซสการทำงานจะทำหน้าที่เป็น reverse proxy ส่งการร้องขอนั้นไปยังโปรเซสที่สามารถประมวลผลนั้นได้ ในที่นี้คือ PHP-FPM

PHP-FPM มีลักษณะการทำงานคล้ายคลึงกับเอ็นจินเอ็กซ์ นั่นคือ มีหนึ่งโปรเซสหลักในการควบคุมการทำงานโปรเซสการทำงานทั้งหมดและโปรเซสการทำงานทำหน้าที่ประมวลผล PHP ตามที่ระบุจากยูอาร์แอลนั้น เมื่อการประมวลผลเสร็จสิ้น โปรเซสการทำงาน PHP-FPM จะส่งผลลัพธ์กลับไปยังโปรเซสการทำงานของเอ็นจินเอ็กซ์และส่งผลลัพธ์กลับไปยังผู้ใช้ปลายทางอีกหนึ่ง

สถาปัตยกรรมการทำงานแบบนี้มีข้อดีคือ โปรเซสการทำงานจะถูกสร้างขึ้นไว้รอรับการร้องขอจากผู้ใ้ช้อยู่แล้วจำนวนหนึ่ง โดยโปรเซสเหล่านี้สามารถรองรับการเชื่อมต่อจากผู้ใ้ช้ได้จำนวนมากตามการตั้งค่าทำให้ไม่มีความสิ้นเปลืองในการจองพื้นที่หน่วยความจำและเมื่อหนึ่ง



โปรเซสการทำงานสามารถรองรับการเชื่อมต่อจำนวนมากได้พร้อมกันจึงและการใช้งานหน่วยประมวลผลในการสลับการทำงานระหว่างโปรเซสมากเกินจำเป็น

### การวัดประสิทธิภาพโปรแกรมเครื่องแม่ข่าย

เครื่องมือที่ใช้ทำสอบประสิทธิภาพ โปรแกรมเครื่องแม่ข่ายในงานวิจัยนี้ประกอบด้วย 2 โปรแกรม คือ

1. Httpperf
2. Autobench

หลักการโดยทั่วไปคือการจำลองสร้างจำนวนการร้องขอ HTTP ขึ้นมาเป็นจำนวนมากไปยังโปรแกรมเครื่องแม่ข่ายและวิเคราะห์ผลลัพธ์

### Httpperf

Httpperf(Hewlett-Packard Development Company, L.P., 2556)เป็น เครื่องมือแบบ คอมมานด์ไลน์ (command-line) พัฒนาโดย HP ตัวอย่างคำสั่ง Httpperf ดังนี้

```
httpperf --server=10.1.5.20 --port 80 --uri /index.php--rate=100--num-conn 30000 --num-call 1
--timeout 5
```

- --server: ระบุชื่อโฮสต์หรือไอพีแอดเดรสที่ต้องการทดสอบ
- --uri: ไฟล์ที่ต้องการดาวน์โหลด
- --rate: จำนวนการร้องขอที่ส่งต่อวินาที
- --num-conn: จำนวนการเชื่อมต่อทั้งหมด
- --num-call: จำนวนการร้องขอต่อการเชื่อมต่อ
- --time-out: จำนวนวินาทีที่โปรแกรมจะรอผลลัพธ์ที่ส่งกลับมาจากโปรแกรมเครื่องแม่ข่าย

จากตัวอย่างข้างต้นhttpperfจะทำการจำลองการร้องขอ Http ไปยัง <http://10.1.5.20/index.php> จำนวน 100ครั้งต่อวินาที จนครบ 30,000 การร้องขอ

```

Total: connections 30000 requests 29997 replies 29997 test-duration 299.992 s

Connection rate: 100.0 conn/s (10.0ms/conn, <=14 concurrent connections)

Connection time [ms]: min 1.4avg3.0 max 163.4 median 1.5stddev7.3
Connection time [ms]: connect 0.6
Connection length [replies/conn]: 1.000

Request rate: 100.0req/s (10.0ms/req)
Request size [B]: 75.0

Reply rate [replies/s]: min 98.8avg100.0 max 101.2stddev0.3(60 samples)
Reply time [ms]: response 2.4 transfer 0.0
Reply size [B]: header 242.0 content 1010.0 footer0.0 (total 1252.0)
Reply status: 1xx=0 2xx=29997 3xx=0 4xx=0 5xx=0

CPU time [s]: user 94.31 system 205.26 (user 31.4% system 68.4% total 99.9%)
Net I/O: 129.6 KB/s (1.1*10^6 bps)

Errors: total 3 client-timo0 socket-timo0connrefused3connreset0
Errors: fd-unavail0 addrunavail0 ftab-full 0 other 0

```

#### รูปที่ 4 ตัวอย่างผลลัพธ์จาก Httpperf

ผลลัพธ์จากรูปที่ 4 แสดงเวลาที่โปรแกรมเครื่องแม่ข่ายใช้ในการตอบสนองและจำนวนการร้องขอที่สำเร็จ โดยสามารถรองรับการร้องขอได้ที่ 100 ครั้งต่อวินาทีและมีอัตราเฉลี่ยในการส่งผลลัพธ์กลับมาหาผู้ใช้ประมาณ 100 มิลลิวินาทีต่อการร้องขอ

## Autobench

Autobench(Midgley, 2556)เป็น โปรแกรมที่เรียกใช้งาน Httpperfต่ออีกชั้นหนึ่ง โดยจะทำการทดสอบแบบต่อเนื่องและเพิ่มอัตราการร้องขอไปยังโปรแกรมเครื่องแม่ข่ายแบบอัตโนมัติ นอกจากนี้ Autobench ยังสามารถบันทึกผลลัพธ์การทดสอบลงไฟล์ประเภท CSV ได้ ตัวอย่างคำสั่ง Autobenchดังนี้

```
autobench --single_host --host1 10.1.5.20 --uri1 /index.php --low_rate20 --high_rate200 --rate_step20 --num_call 1 --num_conn 3000 --time_out 5 --file results.csv
```

- --host1           เว็บไซต์ที่ต้องการทดสอบ
- --uri1            ไฟล์ที่ต้องการดาวน์โหลด
- --low\_rate        จำนวนการเชื่อมต่อเมื่อเริ่มต้นการทดสอบ
- --high\_rate       จำนวนการเชื่อมต่อเมื่อสิ้นสุดการทดสอบ
- --rate\_step       จำนวนการเชื่อมต่อที่เพิ่มขึ้นในแต่ละการทดสอบ
- --num\_call        จำนวนการร้องขอต่อการเชื่อมต่อ
- --num\_conn        จำนวนการเชื่อมต่อ
- --time\_out        จำนวนวินาทีที่จะรอผลลัพธ์การร้องขอจากเว็บไซต์
- --file            ชื่อไฟล์ที่ต้องการเก็บผลลัพธ์

### บทที่ 3

#### ขั้นตอนการดำเนินงาน

งานวิจัยนี้สามารถแบ่งขั้นตอนการดำเนินงานได้เป็น 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนการติดตั้งและขั้นตอนการทดสอบประสิทธิภาพโปรแกรมเรื่องแม่ข่ายเว็บไซต์

#### ขั้นตอนการติดตั้ง

ทรัพยากรที่ใช้ในการทดสอบ

ใช้เครื่องคอมพิวเตอร์พีซีจำนวน 3 เครื่องในการทดสอบ โดย 2 เครื่องสำหรับติดตั้งโปรแกรมเครื่องแม่ข่ายเว็บไซต์อาปาเช่และเอ็นจินเอ็กซ์ ส่วนอีกเครื่องหนึ่งสำหรับใช้เป็นเครื่องจำลองสร้างการเชื่อมต่อ HTTP ไปยังโปรแกรมเครื่องแม่ข่ายทั้ง 2

	Server1 (Apache)	Server2 (NginX)	Test client
หน่วยประมวลผล	Core2 Quad 2.66GHz	Core2 Quad 2.66GHz	Core2 Quad 2.66GHz
หน่วยความจำ	2GB	2GB	2GB
พื้นที่เก็บข้อมูล	320GB	320GB	320GB
IP Address	10.1.5.20	10.1.5.21	10.1.5.22
Software ที่ติดตั้ง	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. CentOS 6.4 64bit</li> <li>2. Apache2.2.15</li> <li>3. Oracle thin client 10.2.0.5</li> <li>4. php5.3.3</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. CentOS 6.4 64bit</li> <li>2. NginX 1.4.2-1</li> <li>3. Oracle thin client 10.2.0.5</li> <li>4. php-fpm 5.3.3</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. CentOS 6.4 64bit</li> <li>2. Httpperf</li> <li>3. Autobench</li> </ol>

ตาราง 1 ทรัพยากรที่ใช้ในการทดสอบระบบ

## การติดตั้ง CentOS 6.4

1. ทำการ download ไฟล์ติดตั้ง CentOS-6.4-i386-bin-DVD1.iso และ CentOS-6.4-i386-bin-DVD2.iso จาก [www.centos.org](http://www.centos.org) และทำการติดตั้ง iso ไฟล์ลงแผ่น DVD
2. บูทแผ่นติดตั้ง CentOS บนเครื่อง PC เลือก 'Select install or upgrad existing system'



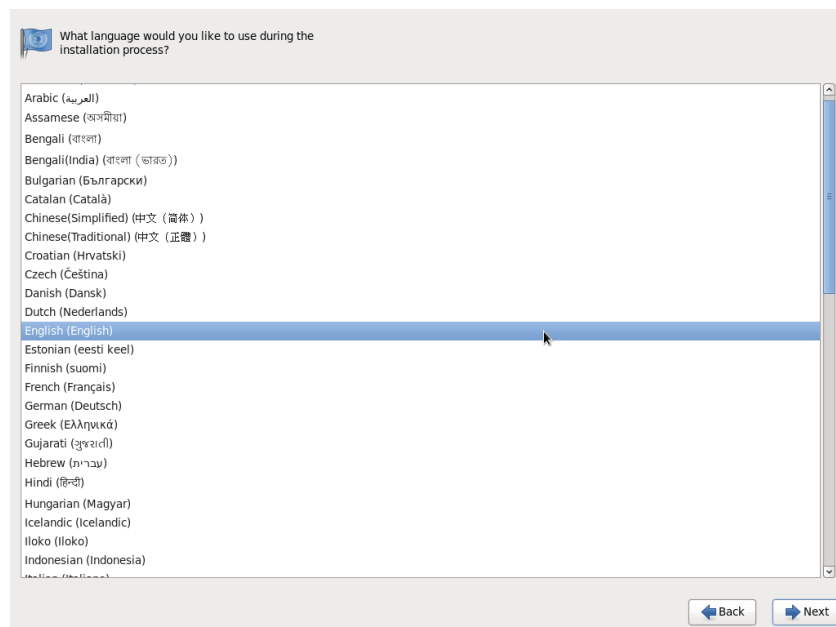
3. เลือก skip การตรวจสอบสื่อการติดตั้ง



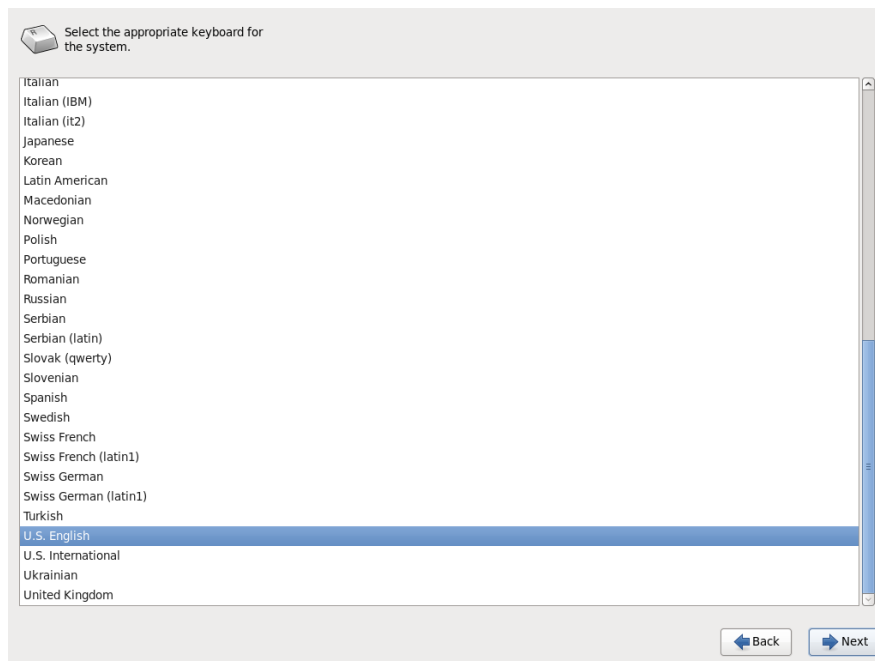
#### 4. ประกฏหน้าเริ่มต้น คลิก Next



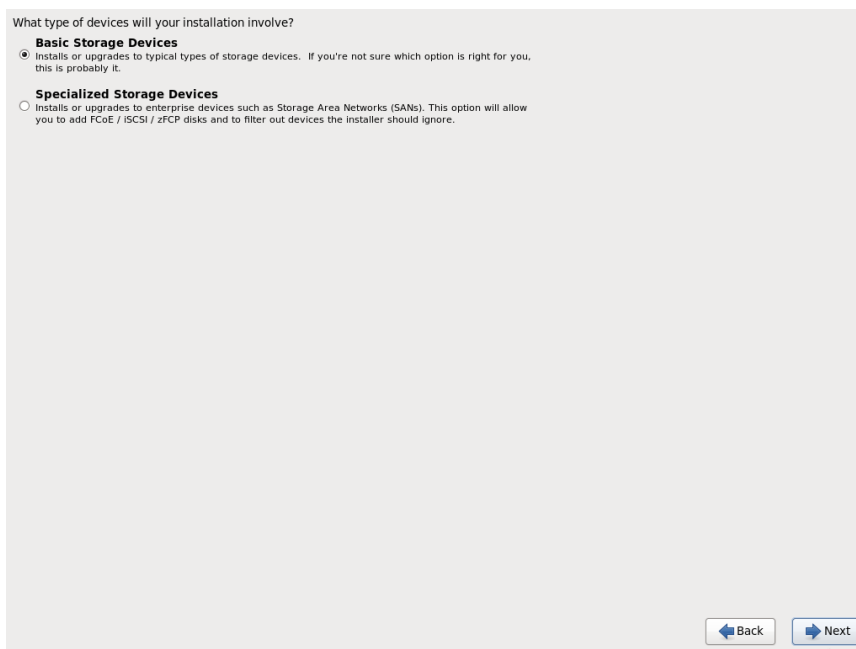
#### 5. เลือกภาษาที่ต้องการติดตั้ง

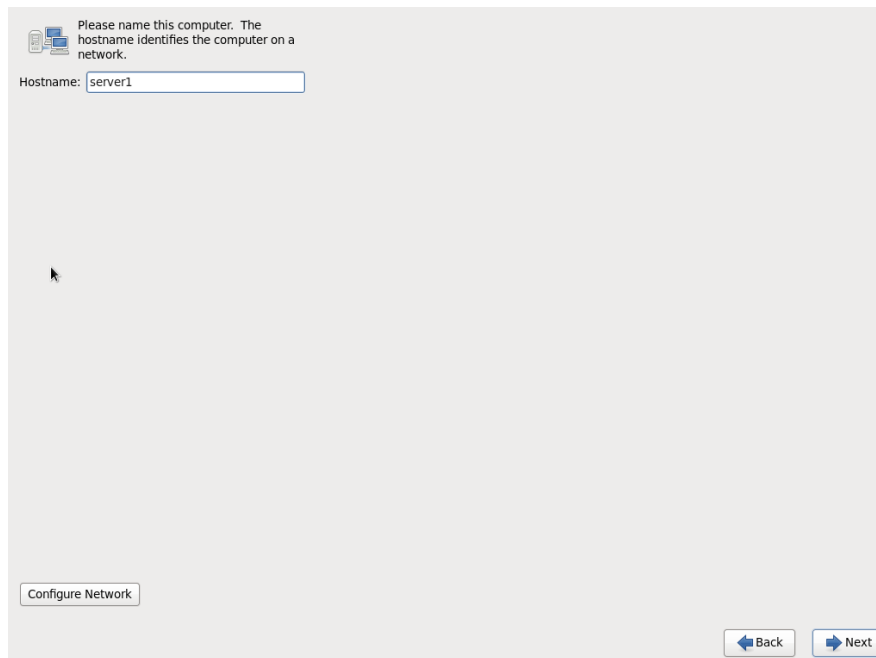


## 6. เลือก Keyboard layout



## 7. เลือก Basic Storage Device เพื่อทำการติดตั้ง CentOS ลงบน Hard drive ในเครื่อง PC



8. ปรากฏหน้าต่างเตือนการลบข้อมูลบน Hard drive คลิก **Yes, discard any data**9. ระบุ **Hostname** และเลือก **Configure Network** เพื่อทำการกำหนด IP address



## 10. หน้าต่างกำหนดการตั้งค่าเครือข่าย

**Editing System eth0**

Connection name: System eth0

Connect automatically  
 Available to all users

Wired 802.1x Security IPv4 Settings IPv6 Settings

Method: Manual

**Addresses**

Address	Netmask	Gateway
10.1.5.20	255.255.255	10.1.5.1

DNS servers: 10.1.5.3

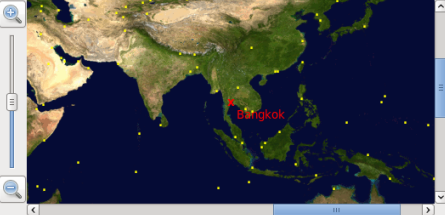
Search domains:

DHCP client ID:

Require IPv4 addressing for this connection to complete

## 11. เลือก Time Zone

Please select the nearest city in your time zone:




Selected city: Bangkok, Asia

Asia/Bangkok

System clock uses UTC

## 12. ตั้งค่า Root password


 The root account is used for administering the system. Enter a password for the root user.


Root Password:


Confirm:


## 13. เลือก Replace Existing Linux Systems


Which type of installation would you like?

 **Use All Space**  
Removes all partitions on the selected device(s). This includes partitions created by other operating systems.  
**Tip:** This option will remove data from the selected device(s). Make sure you have backups.

 **Replace Existing Linux System(s)**  
Removes only Linux partitions (created from a previous Linux installation). This does not remove other partitions you may have on your storage device(s) (such as VFAT or FAT32).  
**Tip:** This option will remove data from the selected device(s). Make sure you have backups.

 **Shrink Current System**  
Shrinks existing partitions to create free space for the default layout.

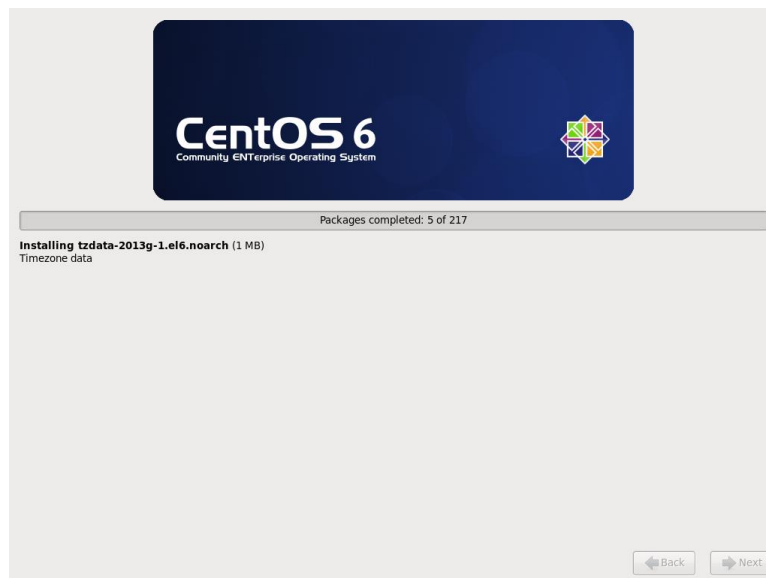
 **Use Free Space**  
Retains your current data and partitions and uses only the unpartitioned space on the selected device(s), assuming you have enough free space available.

 **Create Custom Layout**  
Manually create your own custom layout on the selected device(s) using our partitioning tool.

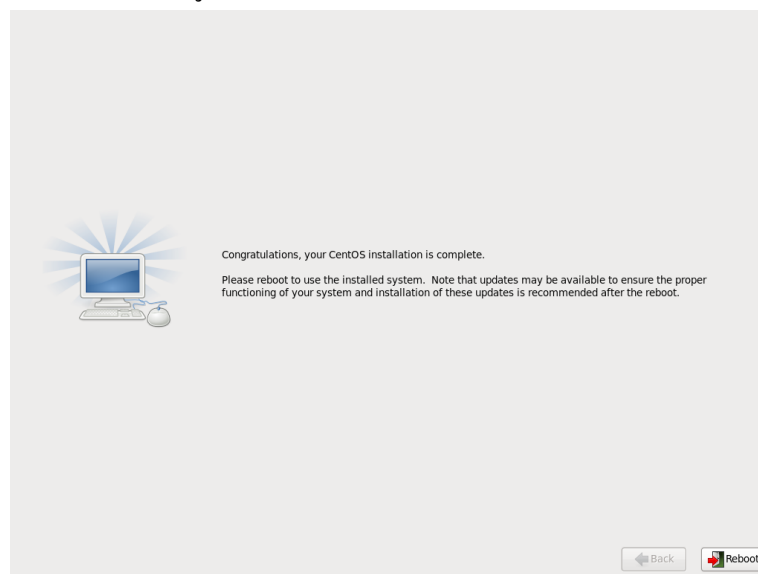
Encrypt system

Review and modify partitioning layout

#### 14. ปรากฏหน้าจอการแสดงความคืบหน้าการติดตั้ง



#### 15. เมื่อติดตั้งเสร็จทำการรีบูตเครื่อง



## 16. ปรากฏหน้าจอ Login

```
CentOS release 6.5 (Final)
Kernel 2.6.32-431.el6.x86_64 on an x86_64
server1 login: _
```

### การติดตั้ง Apache

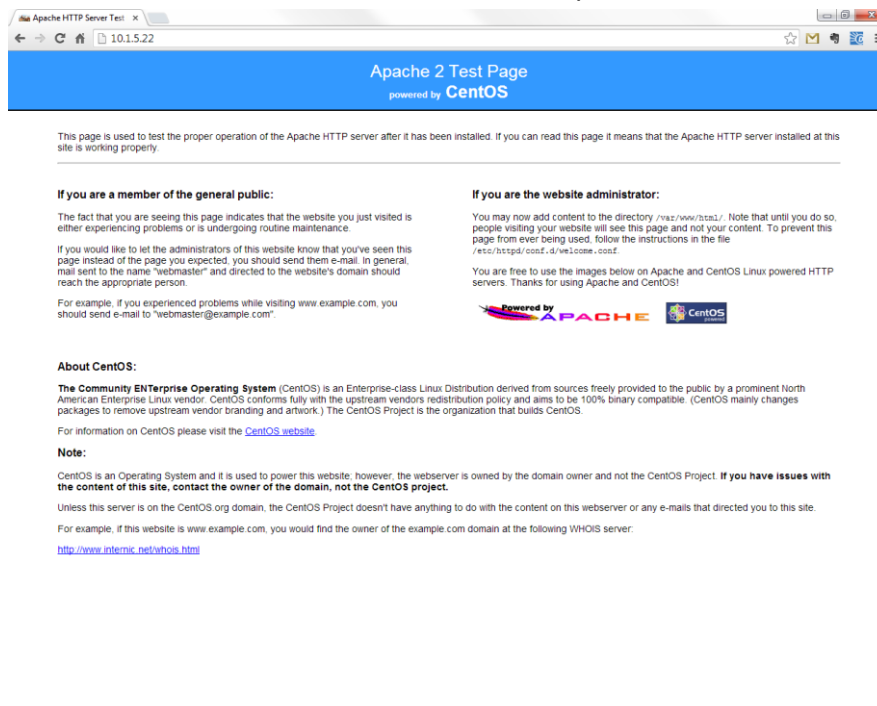
1. ในการติดตั้ง Apache เปิดหน้าต่าง Terminal แล้วพิมพ์คำสั่ง

```
sudo yum install httpd
```

2. ให้ Apache เริ่มทำงานทุกเครื่องเมื่อเปิดเครื่องโดยใช้คำสั่ง

```
sudo chkconfig httpd on
```

3. เปิด Web Browser เรียกไปที่ IP เครื่อง server ปรากฏหน้าจอเริ่มต้นของ Apache



#### 4. ติดตั้ง PHP และ Module อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง โดยใช้คำสั่ง

```
sudo yum install php-xml php-gd php-ldap php-mbstring php-pdo php-posix php-spell
```

#### 5. ทดสอบการใช้งาน PHP โดยสร้างไฟล์ใหม่ โดยใช้คำสั่ง

```
sudo vim /var/www/html/phpinfo.php
```

#### 6. พิมพ์บรรทัดต่อไปนี้

```
<?php phpinfo(); ?>
```

#### 7. ไปที่ Web Browser เรียกไฟล์ phpinfo.php ดูผลลัพธ์การติดตั้ง PHP

The screenshot shows a web browser window with the address bar displaying '10.1.5.22/phpinfo.php'. The main content area shows 'PHP Version 5.3.3' with the PHP logo. Below this is a table with the following information:

<b>System</b>	Linux client 2.6.32-358.14.1.el6.x86_64 #1 SMP Tue Jul 16 23:51:20 UTC 2013 x86_64
<b>Build Date</b>	Jul 12 2013 20:36:24
<b>Configure Command</b>	./configure '--build=x86_64-redhat-linux-gnu' '--host=x86_64-redhat-linux-gnu' '--target=x86_64-redhat-linux-gnu' '--program-prefix=' '--prefix=/usr' '--exec-prefix=/usr' '--bindir=/usr/bin' '--sbindir=/usr/sbin' '--sysconfdir=/etc' '--datadir=/usr/share' '--includedir=/usr/include' '--libdir=/usr/lib64' '--libexecdir=/usr/libexec' '--localstatedir=/var' '--sharedstatedir=/var/lib' '--mandir=/usr/share/man' '--infodir=/usr/share/info' '--cache-file=./config.cache' '--with-libdir=lib64' '--with-config-file-path=/etc' '--with-config-file-scandir=/etc/php.d' '--disable-debug' '--with-pic' '--disable-rpath' '--without-pear' '--with-bz2' '--with-exec-dir=/usr/bin' '--with-freetype-dir=/usr' '--with-png-dir=/usr' '--with-xpm-dir=/usr' '--enable-gd-native-ttf' '--without-gdbm' '--with-gettext' '--with-gmp' '--with-iconv' '--with-jpeg-dir=/usr' '--with-openssl' '--with-pcre-regex=/usr' '--with-zlib' '--with-layout=GNU' '--enable-exif' '--enable-ftp' '--enable-magic-quotes' '--enable-sockets' '--enable-sysvsem' '--enable-sysvshm' '--enable-sysvmsg' '--with-kerberos' '--enable-ucd-snmp-hack' '--enable-shmop' '--enable-calendar' '--without-sqlite' '--with-libxml-dir=/usr' '--enable-xml' '--with-system-tddata' '--with-apxs2=/usr/sbin/apxs' '--without-mysql' '--without-gd' '--disable-dom' '--disable-dba' '--without-unixODBC' '--disable-pdo' '--disable-xmlreader' '--disable-xmlwriter' '--without-sqlite3' '--disable-phar' '--disable-fileinfo' '--disable-json' '--without-openssl' '--disable-wddx' '--without-curl' '--disable-posix' '--disable-sysvmsg' '--disable-sysvshm' '--disable-sysvsem'

## การติดตั้ง Oracle thin client

เนื่องจากระบบงานรับนิสิตใหม่มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒมีการใช้งานฐานข้อมูล Oracle ดังนั้นต้องมีการติดตั้ง Library ที่ใช้ในการเชื่อมต่อระหว่าง PHP และ Oracle โดยใช้ Oracle thin client version 10.2.0.5

1. ดาวน์โหลดและติดตั้ง Basic และ SDK Instant Client packages จาก OTN instant client Website ใช้คำสั่ง

```
rpm -Uvh oracle-instantclient11.2-basic-11.2.0.3.0-1.x86_64.rpm
rpm -Uvh oracle-instantclient11.2-devel-11.2.0.3.0-1.x86_64.rpm
```

2. ติดตั้งไลบรารี PHP OCI8 โดยใช้คำสั่ง

```
pecl install oci8
```

3. แก้ไขไฟล์ php.ini เปิดการใช้งาน OCI8 extension

```
Extension=oci8.so
```

4. ทำการ restart Apache ด้วยคำสั่ง

```
Service httpd restart
```

5. ทดสอบการติดตั้งโดยเรียกหน้า phpinfo.php ตรวจสอบว่ามี extension oci8 ใช้งานอยู่

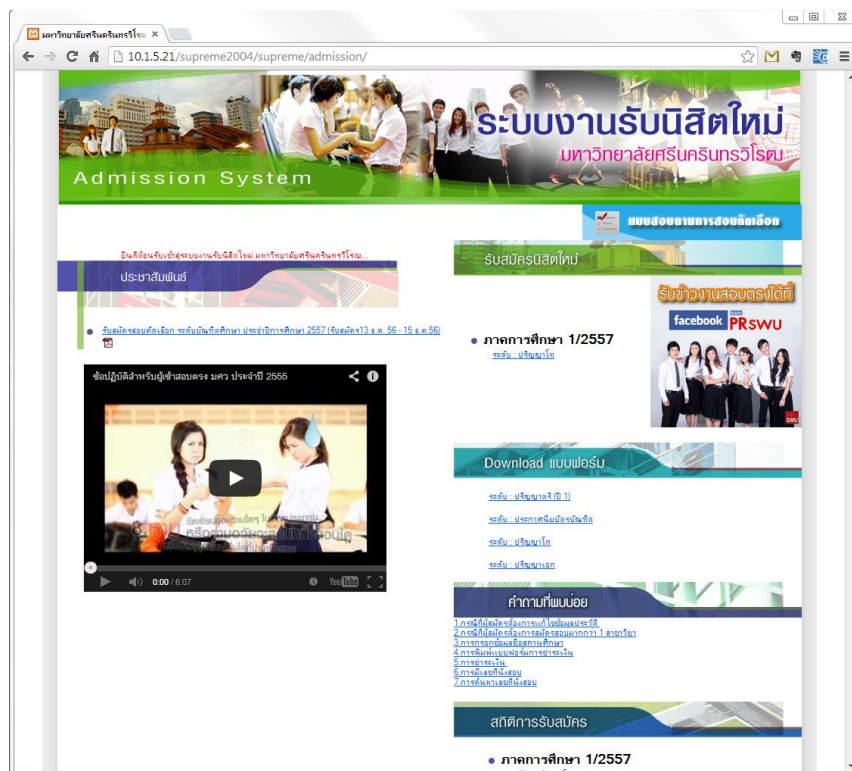
The screenshot shows a web browser window displaying the output of the phpinfo.php script. The page title is "oci8". The output is organized into two tables.

OCI8 Support	Value
OCI8 Support	enabled
Version	1.4.10
Revision	\$Id: 44bfa713983a99b3e59477f6532e5fb51b6dee94 \$
Active Persistent Connections	0
Active Connections	0
Oracle Run-time Client Library Version	10.2.0.5.0
Oracle Instant Client Version	10.2
Temporary Lob support	enabled
Collections support	enabled

Directive	Local Value	Master Value
oci8.connection_class	no value	no value
oci8.default_prefetch	100	100
oci8.events	Off	Off
oci8.max_persistent	-1	-1
oci8.old_oci_close_semantics	Off	Off
oci8.persistent_timeout	-1	-1
oci8.ping_interval	60	60
oci8.privileged_connect	Off	Off
oci8.statement_cache_size	20	20

เมื่อติดตั้งระบบปฏิบัติการ CentOS, Apache Web Server และ Oracle thin client เสร็จแล้วทำการ upload โปรแกรมระบบงานรับนิสิตใหม่และทดสอบการเรียกใช้งานผ่าน Web Browser



## การติดตั้ง NginX

1. Download และติดตั้ง Nginx package สำหรับ CentOS โดยใช้คำสั่ง

```
wget http://nginx.org/packages/centos/6/noarch/RPMS/nginx-release-centos-6-0.el6ngx.noarch.rpm
rpm -ivh nginx-release-centos-6-0.el6ngx.noarch.rpm
```

2. ติดตั้ง NginX

```
yum install nginx
```

3. เริ่มการใช้งาน NginX เมื่อเปิดเครื่อง

```
chkconfig nginx on
```

## 4. แก้ไขไฟล์ config ของ NginX

```
vim /etc/nginx/nginx.conf
```

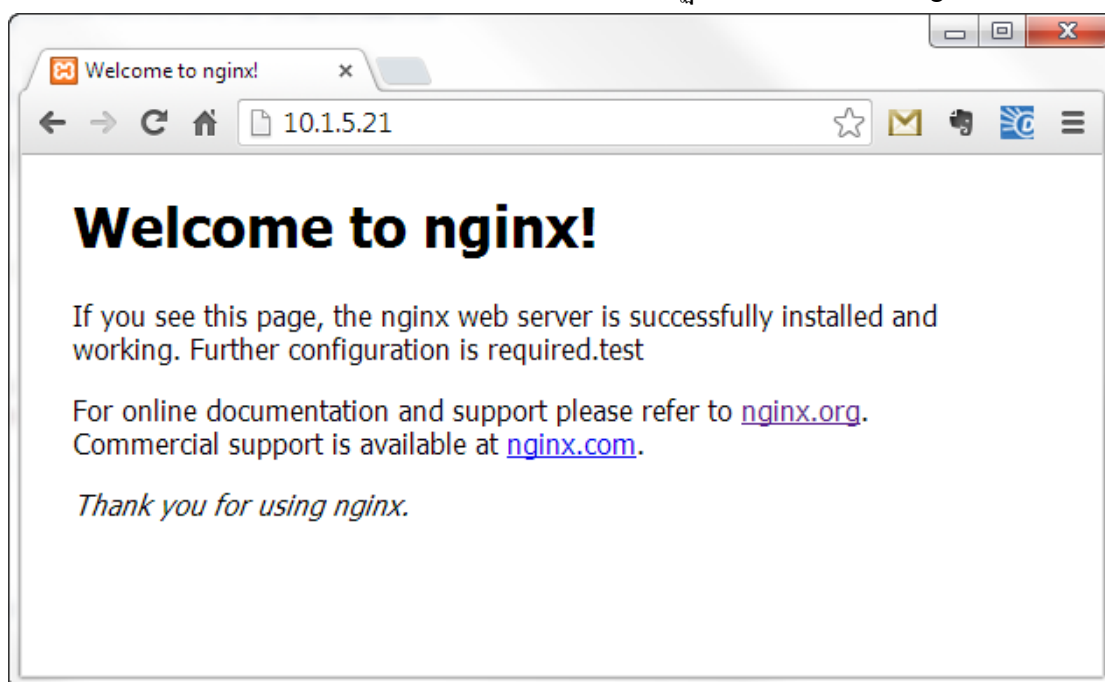
## 5. กำหนดจำนวน worker\_process ตามจำนวน CPU ที่มีในเครื่อง

```
worker_processes 2;
```

## 6. เริ่มต้นใช้งาน nginx ด้วยคำสั่ง

```
service nginx start
```

## 7. เปิด Web Browser เรียกไปที่ IP เครื่อง server ปรากฏหน้าจอเริ่มต้นของ NginX



## 8. ติดตั้ง PHP-FPM

```
yum --enablerepo=remi,remi-php55 install nginx php-fpm php-common
```

## 9. เริ่มการใช้งาน php-fpm เมื่อเปิดเครื่อง

```
chkconfig php-fpm on
```



10. ทำการ config nginx ให้เรียกไปที่ php-fpm เมื่อมีการเรียกใช้งานไฟล์ .php ไปที่ไฟล์ /etc/nginx/conf.d/default.conf เพิ่มบรรทัดต่อไปนี้

```
location ~ \.php$ {
    root    /var/www/html;
    fastcgi_pass 127.0.0.1:9000;
    fastcgi_index index.php;
    fastcgi_param SCRIPT_FILENAME $document_root$fastcgi_script_name;
    include fastcgi_params;
}
```

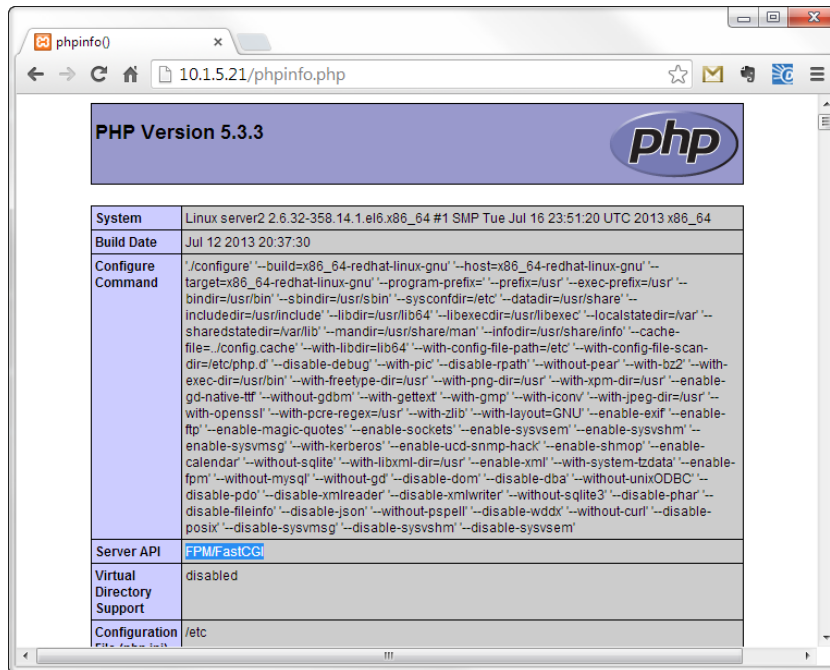
11. แก้ไขไฟล์ config ของ php-fpm ให้รองรับการใช้งานจาก nginx ได้ ไปที่ไฟล์ /etc/php-fpm.d/www.conf เปลี่ยน apache เป็น nginx ที่บรรทัด user และ group

```
; Unix user/group of processes
; Note: The user is mandatory. If the group is not set, the default user's group
; will be used.
; RPM: apache Chooosed to be able to access some dir as httpd
user = nginx
; RPM: Keep a group allowed to write in log dir.
group = nginx
```

12. ทำการ restart php-fpm

```
sudo service php-fpm restart
```

13. ไปที่ Web Browser เรียกไฟล์ `phpinfo.php` ดูผลลัพธ์การติดตั้ง PHP



### การติดตั้ง Httpperf

1. ติดตั้ง Httpperf โดยใช้คำสั่ง

```
yum install httpperf
```

2. ทดลองเรียกใช้งาน httpperf ด้วยคำสั่ง

```
httpperf --server=10.1.5.21 --uri=/
```

### 3. ผลลัพธ์การเรียกใช้งาน Httpperf

```
httperf --client=0/1 --server=10.1.5.21 --port=80 --uri=/ --send-buffer=4096 --recv-  
buffer=16384 --num-conns=1 --num-calls=1
```

Maximum connect burst length: 0

Total: connections 1 requests 1 replies 1 test-duration 0.004 s

Connection rate: 283.4 conn/s (3.5 ms/conn, <=1 concurrent connections)

Connection time [ms]: min 3.5 avg 3.5 max 3.5 median 3.5 stddev 0.0

Connection time [ms]: connect 2.3

Connection length [replies/conn]: 1.000

Request rate: 283.4 req/s (3.5 ms/req)

Request size [B]: 62.0

Reply rate [replies/s]: min 0.0 avg 0.0 max 0.0 stddev 0.0 (0 samples)

Reply time [ms]: response 1.0 transfer 0.2

Reply size [B]: header 237.0 content 616.0 footer 0.0 (total 853.0)

Reply status: 1xx=0 2xx=1 3xx=0 4xx=0 5xx=0

CPU time [s]: user 0.00 system 0.00 (user 28.3% system 56.7% total 85.0%)

Net I/O: 253.2 KB/s (2.1\*10<sup>6</sup> bps)

Errors: total 0 client-timo 0 socket-timo 0 connrefused 0 connreset 0

Errors: fd-unavail 0 addrunavail 0 ftab-full 0 other 0

## การติดตั้ง Autobench

### 4. ทำการดาวน์โหลด Autobench จาก Github ด้วยคำสั่ง

```
wget -c https://github.com/menavaur/Autobench/archive/master.zip
```

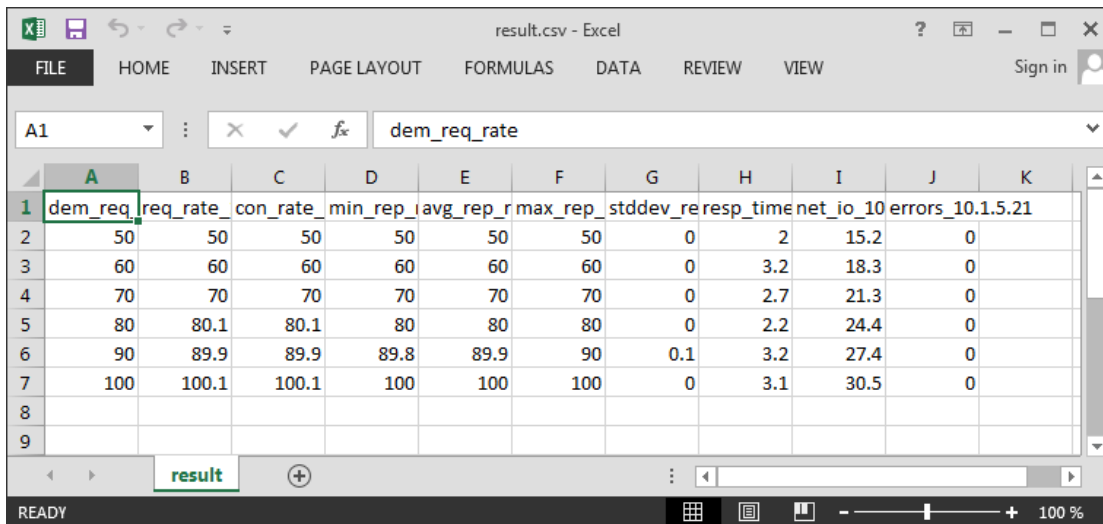
### 5. ติดตั้ง Autobench ด้วยคำสั่ง

```
./configure  
make  
make install
```

### 6. ทดลองเรียกใช้งาน Autobench

```
autobench --single_host --host1 10.1.5.21 --timeout 5 --num_conn 1000 --num_call 1 --  
low_rate 50 --high_rate 100 --rate_step 10 --file result.csv
```

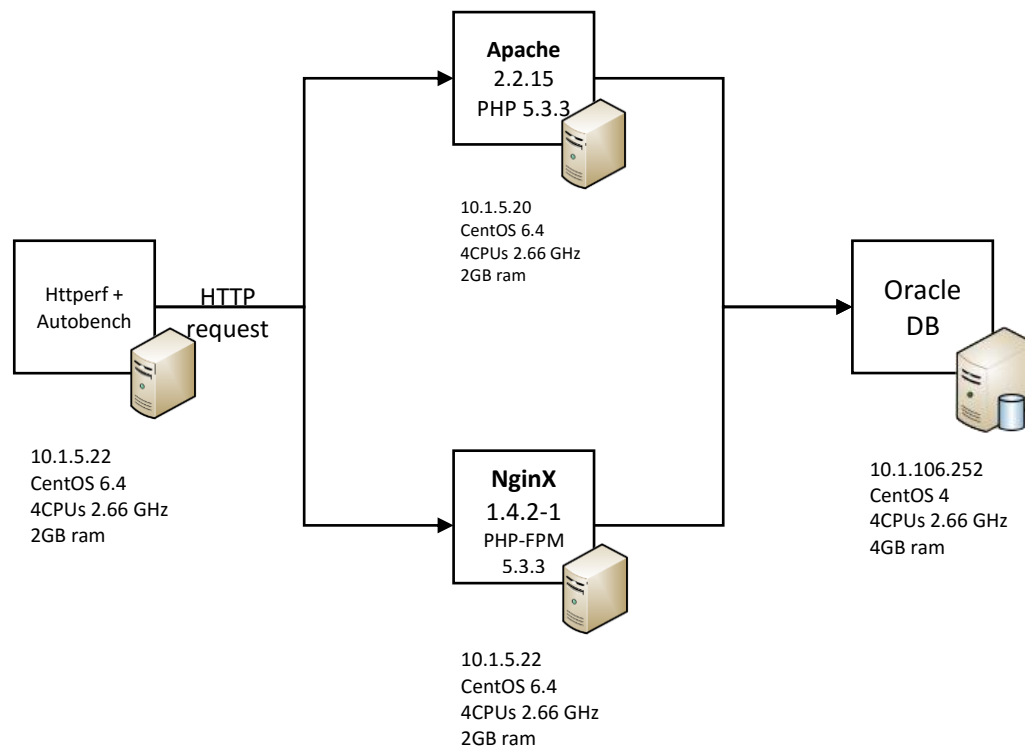
### 7. ตัวอย่างผลลัพธ์



dem_req_rate	req_rate	con_rate	min_rep	avg_rep	rmax_rep	stddev_re	resp_time	net_io	10 errors	10.1.5.21
50	50	50	50	50	50	0	2	15.2	0	
60	60	60	60	60	60	0	3.2	18.3	0	
70	70	70	70	70	70	0	2.7	21.3	0	
80	80.1	80.1	80	80	80	0	2.2	24.4	0	
90	89.9	89.9	89.8	89.9	90	0.1	3.2	27.4	0	
100	100.1	100.1	100	100	100	0	3.1	30.5	0	

### การวัดประสิทธิภาพโปรแกรมเครื่องแม่ข่าย

หลังจากติดตั้งโปรแกรมเครื่องแม่ข่ายและทดสอบการเรียกใช้งานระบบงานรับชนิดใหม่เบื้องต้นว่าใช้งานได้ตามที่คิดแล้วจึงเริ่มทำการทดสอบเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานของโปรแกรมเครื่องแม่ข่ายทั้งสอง โดยใช้โปรแกรม Autobench จำลองสร้าง HTTP request ไปยังโปรแกรมเครื่องแม่ข่ายทั้งสอง โดยเริ่มจากจำลองการเรียกใช้งานพร้อมกันในระดับต่ำ (50 requests per seconds) ไล่ขึ้นไปเรื่อยๆ จนโปรแกรมเครื่องแม่ข่ายแต่ละเครื่องไม่สามารถตอบสนองต่อการเรียกใช้งานได้ ทำการวัดจำนวนการเรียกใช้งานพร้อมกันที่โปรแกรมเครื่องแม่ข่ายแต่ละเครื่องสามารถรองรับได้เวลาที่ใช้ในการตอบสนอง (response time) บันทึกผลและประมวลผลออกมาเป็นกราฟ



รูปที่ 5 แผนผังแสดงการติดตั้งโปรแกรมเครื่องแม่ข่ายที่ใช้ในการทดสอบ

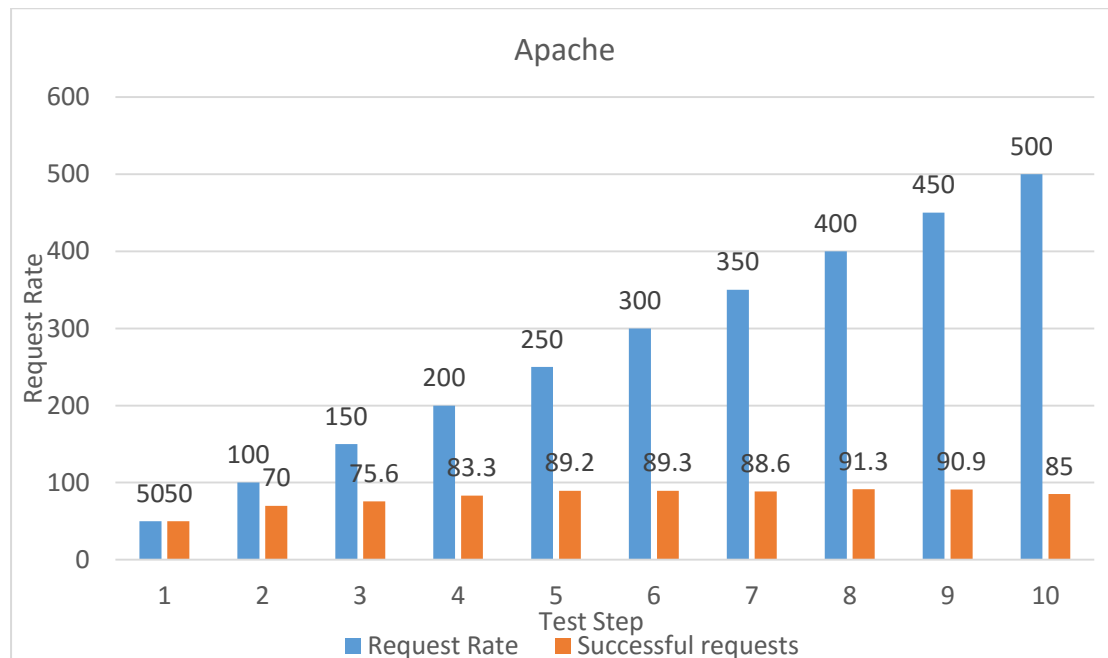
## บทที่ 4

### ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

หลังการจำลองการเรียกใช้งานพร้อมกันจำนวนมากไปยังโปรแกรมเครื่องแม่ข่ายทั้งสองได้ผลลัพธ์ดังนี้

#### ประสิทธิภาพโปรแกรมเครื่องแม่ข่ายอาปาเช่ ระบบงานรับนิติใหม่

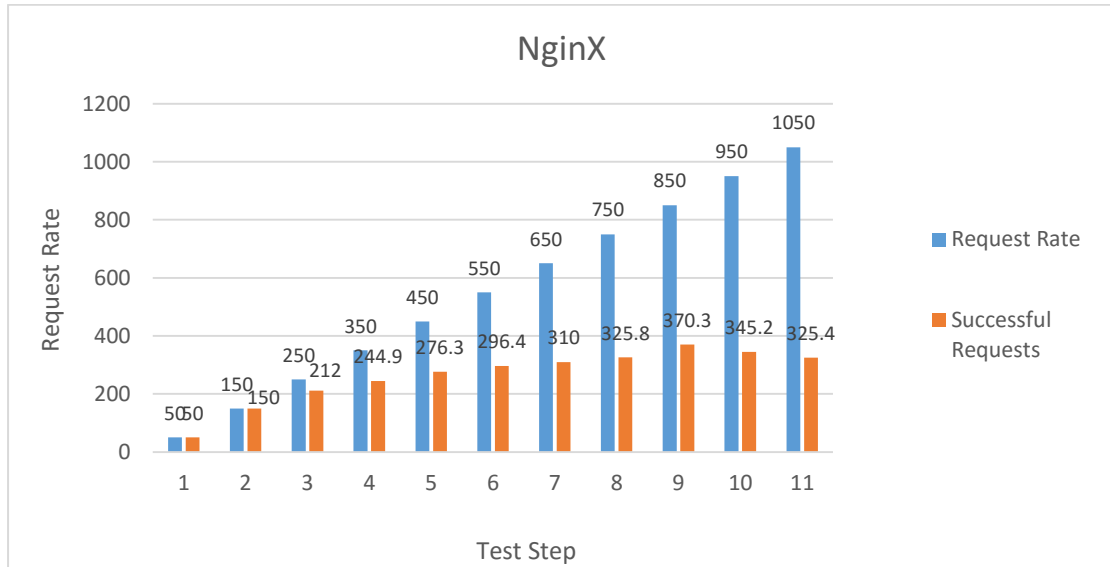
โปรแกรมเครื่องแม่ข่ายอาปาเช่สามารถรองรับการใช้งานพร้อมกันได้ขั้นต่ำ 50 ครั้งต่อวินาทีโดยที่ไม่มี client ใหนขาดการเชื่อมต่อ แต่เมื่อมีจำนวนผู้ใช้งานพร้อมกันมากขึ้นเรื่อย ๆ โปรแกรมเครื่องแม่ข่ายอาปาเช่สามารถรองรับการใช้งานได้สูงสุดอยู่ที่ 91.3 ครั้งต่อวินาทีหาก ณ เวลานั้นมี client เรียกใช้งานมากกว่านั้น โปรแกรมจะไม่ตอบสนองต่อการเรียกใช้งานที่เพิ่มขึ้นมา



รูปที่ 6 ความสามารถในการรองรับการเรียกใช้งานพร้อมกันของโปรแกรมเครื่องแม่ข่ายอาปาเช่ ระบบงานรับนิติใหม่

#### ประสิทธิภาพโปรแกรมเครื่องแม่ข่ายเอ็นจินเอ็กซ์ ระบบงานรับนิติใหม่

โปรแกรมเครื่องแม่ข่ายเอ็นจินเอ็กซ์สามารถรองรับการใช้งานพร้อมกันขั้นต่ำได้ถึง 150 ครั้งต่อวินาที โดยไม่ขาดการเชื่อมต่อกับ client เครื่องไหน และยังสามารถรองรับการใช้งานพร้อมกันสูงสุดได้ที่ 370.3 ครั้งต่อวินาที



**รูปที่ 7 ความสามารถในการรองรับการเรียกใช้งานพร้อมกันของโปรแกรมเครื่องแม่ข่ายเอ็นจินเอ็กซ์ ระบบงานรับนิติใหม่**

จากผลการทดลองพบว่า โปรแกรมเครื่องแม่ข่ายอาปาเซสามารถรองรับการใช้งานพร้อมกันสูงสุดได้ที่ 91.3 ครั้งต่อชั่วโมงหากคำนวณเป็นการเรียกใช้งานต่อชั่วโมงจะสามารถรองรับได้ที่ประมาณ 324,000 ครั้งต่อชั่วโมง หรือ ประมาณ 7.8 ล้านครั้งต่อวัน

ส่วนโปรแกรมเครื่องแม่ข่ายเอ็นจินเอ็กซ์สามารถรองรับการใช้งานพร้อมกันสูงสุดได้ที่ 370.3 ครั้งต่อวินาที เท่ากับประมาณ 1.3 ล้านครั้งต่อชั่วโมงหรือ 32 ล้านครั้งต่อวัน

## บทที่ 5

### สรุปอภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

จากการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงาน โปรแกรมเครื่องแม่ข่ายเว็บไซต์อาปาเซ่และเอ็นจินเอ็กซ์พบว่า โปรแกรมเครื่องแม่ข่ายเอ็นจินเอ็กซ์มีประสิทธิภาพในการทำงานระบบงานรับนิสิตใหม่ได้ดีกว่าโปรแกรมเครื่องแม่ข่ายอาปาเซ่ประมาณ 4 เท่า ภายใต้ทรัพยากรที่ใช้ติดตั้งโปรแกรมเครื่องแม่ข่ายทั้งสองเหมือนกัน

ซึ่งจากผลการศึกษาได้พบแล้วว่า โปรแกรมเครื่องแม่ข่ายเอ็นจินเอ็กซ์มีประสิทธิภาพดีกว่าโปรแกรมเครื่องแม่ข่ายอาปาเซ่ทางผู้วิจัยจึงได้ทำการติดตั้งใช้งานระบบงานรับนิสิตใหม่บนโปรแกรมเครื่องแม่ข่ายเว็บไซต์เอ็นจินเอ็กซ์บนเครื่องที่ใช้งานจริงในช่วงที่มีการประกาศผลการสอบคัดเลือกซึ่งเป็นช่วงเวลาที่มียุ่ใช้งานระบบงานรับนิสิตใหม่เป็นจำนวนมากที่สุดในรอบปี เก็บข้อมูลสถิติการใช้งานระบบงานรับนิสิตใหม่ ตั้งแต่วันที่ 8 พฤศจิกายน – 30 พฤศจิกายน ได้ดังนี้

Monthly Statistics for November 2013		
Total Hits	14226695	
Total Files	10502831	
Total Pages	1045661	
Total Visits	258167	
Total KBytes	1512429137	
Total Unique Sites	223961	
Total Unique URLs	978	
Total Unique Referrers	2504	
Total Unique Usernames	5	
Total Unique User Agents	11588	
	Avg	Max
Hits per Hour	25772	2174890
Hits per Day	618551	5259463
Files per Day	456644	3459335
Pages per Day	45463	350449
Sites per Day	9737	107167
Visits per Day	11224	123523
KBytes per Day	65757789	58191724

ตาราง 2 สรุปสถิติการใช้งานระบบงานรับนิสิตใหม่ เดือนพฤศจิกายน 2556



จากตาราง 2 พบว่าตลอดเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2556 มีเรียกใช้งานระบบงานรับนิติคดีใหม่ทั้งหมด (Total Hits) 14,226,695 ครั้ง โดยเป็นการเรียกหน้าเว็บเพจทั้งหมด(Total Pages)1,045,661 ครั้ง จำนวนผู้ใช้งานทั้งหมด (Total Unique Sites) 223,961 คน

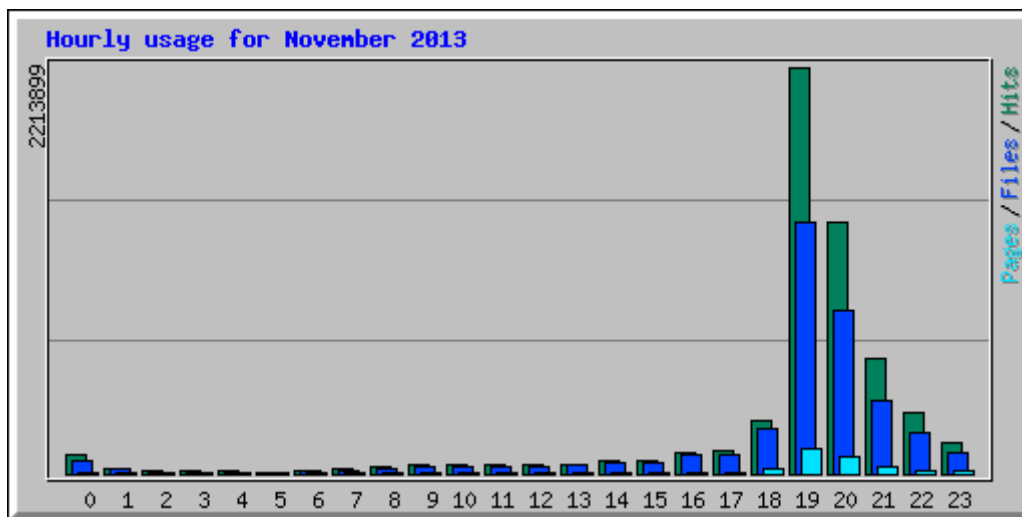
ในวันที่มีการประกาศผลการสอบคัดเลือกเข้าเป็นนิสิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒนั้น มีการเรียกใช้งานทั้งหมด 5,259,463 ครั้ง เป็นการเรียกหน้าเว็บเพจทั้งหมด 350,449 ครั้ง ในช่วงโม่งที่มีการใช้งานมากที่สุดมีการเรียกใช้งานทั้งหมด 2,174,890 ครั้ง จำนวนผู้ใช้งานทั้งหมด 107,167 คน

Daily Statistics for November 2013												
Day	Hits		Files		Pages		Visits		Sites		KBytes	
8	25647	0.18%	22228	0.21%	1810	0.17%	435	0.17%	693	0.31%	2626641	0.17%
9	155926	1.10%	128171	1.22%	12639	1.21%	2290	0.89%	3718	1.66%	14404064	0.95%
10	307005	2.16%	268368	2.56%	25596	2.45%	5225	2.02%	6186	2.76%	26528674	1.75%
11	5259463	36.97%	3459335	32.94%	350449	33.51%	123523	47.85%	107167	47.85%	581917242	38.48%
12	3385628	23.80%	2637635	25.11%	273839	26.19%	52129	20.19%	51981	23.21%	349229650	23.09%
13	911200	6.40%	708549	6.75%	70716	6.76%	13580	5.26%	16606	7.41%	95434863	6.31%
14	447026	3.14%	355450	3.38%	32168	3.08%	6926	2.68%	9595	4.28%	48856047	3.23%
15	333821	2.35%	268249	2.55%	23257	2.22%	5088	1.97%	7306	3.26%	36557203	2.42%
16	279045	1.96%	216888	2.07%	19086	1.83%	4142	1.60%	6275	2.80%	29463092	1.95%
17	234651	1.65%	187110	1.78%	18075	1.73%	3488	1.35%	5216	2.33%	25261252	1.67%
18	316949	2.23%	240235	2.29%	23709	2.27%	4431	1.72%	6713	3.00%	32911126	2.18%
19	289996	2.04%	223794	2.13%	21420	2.05%	4226	1.64%	6390	2.85%	30602081	2.02%
20	290763	2.04%	219924	2.09%	19787	1.89%	3984	1.54%	6319	2.82%	30984567	2.05%
21	295724	2.08%	229768	2.19%	22262	2.13%	4134	1.60%	5970	2.67%	31867303	2.11%
22	388913	2.73%	290921	2.77%	28503	2.73%	5169	2.00%	7251	3.24%	41049015	2.71%
23	416737	2.93%	315577	3.00%	28875	2.76%	5734	2.22%	7894	3.52%	44648231	2.95%
24	226699	1.59%	193089	1.84%	17292	1.65%	3585	1.39%	5196	2.32%	25447769	1.68%
25	142184	1.00%	115295	1.10%	12153	1.16%	2331	0.90%	3675	1.64%	14045006	0.93%
26	131844	0.93%	100143	0.95%	9364	0.90%	1978	0.77%	3454	1.54%	12413338	0.82%
27	108772	0.76%	91206	0.87%	8763	0.84%	1783	0.69%	2812	1.26%	11018645	0.73%
28	106380	0.75%	88130	0.84%	8775	0.84%	1694	0.66%	2730	1.22%	10553535	0.70%
29	101841	0.72%	85009	0.81%	9086	0.87%	1582	0.61%	2503	1.12%	10003053	0.66%
30	70481	0.50%	57757	0.55%	8037	0.77%	1051	0.41%	1660	0.74%	6606739	0.44%

ตาราง 3สถิติการใช้งานระบบงานรับนิติคดีใหม่รายวัน เดือนพฤศจิกายน 2556

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒเริ่มมีการประกาศผลการสอบคัดเลือกนิสิตใหม่ผ่านทางเว็บไซต์ ตั้งแต่วันที่ 11 พฤศจิกายน 2556 เวลา 18.00 น. ซึ่งในวันนั้นมีจำนวนผู้ใช้งานเข้ามาใช้งานมากที่สุด โปรแกรมเครื่องแม่ข่ายเว็บไซต์เอ็นจินเอ็กซ์สามารถรองรับการใช้งานได้เป็นอย่างดีโดยใช้ทรัพยากรเครื่องต่ำมากคือ ใช้งาน CPUload ไม่เกิน 10% และหน่วยความจำไม่เกิน 4GB แต่กลับพบปัญหาในการใช้งานฐานข้อมูลเนื่องจากมีการใช้งานฐานข้อมูลพร้อมกันสูงมาก ซึ่งไม่อยู่ในขอบเขตของงานวิจัยชิ้นนี้ ในวันนั้นจึงใช้วิธีประกาศผลโดยให้ผู้ใช้งานดาวน์โหลดไฟล์ผลการสอบผ่านทาง pdf โดยไม่ต้องมีการใช้งานใด ๆ จากฐานข้อมูล ซึ่งโปรแกรมเครื่องแม่ข่ายเว็บไซต์เอ็นจินเอ็กซ์สามารถรองรับการใช้งานได้เป็นอย่างดี มีผู้ใช้งานสูงสุดถึง 107,167 คน

ในวันที่ 12 พฤศจิกายน 2556 วันที่สองที่มีการประกาศผลจึงทดสอบปรับหน้าเว็บการประกาศผลให้มีการใช้งานฐานข้อมูลตามปกติพบว่าสามารถรองรับการเรียกใช้งานได้ดีตามปกติ มีผู้ใช้งานสูงสุดอยู่ที่ 51,981 คน



รูปที่ 8 สถิติการใช้งานระบบงานรับนิสิตใหม่เฉลี่ยรายชั่วโมง

จากการติดตั้งโปรแกรมเครื่องแม่ข่ายเว็บไซต์เอ็นจินเอ็กซ์สำหรับงานรับนิสิตใหม่ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒซึ่งเป็นเว็บไซต์ที่มีอัตราการใช้งานสูงสุดของทางมหาวิทยาลัย แสดงให้เห็นว่าโปรแกรมเครื่องแม่ข่ายเว็บไซต์มีศักยภาพและประสิทธิภาพที่ดีเพียงพอในการติดตั้งใช้งานเว็บไซต์ที่มีผู้ใช้งานจำนวนมากได้ (อย่างน้อย 100,000 คนต่อวันขึ้นไป) ซึ่งตอบรับกับการใช้งานในปัจจุบันที่มีอุปกรณ์จำนวนมากสามารถเข้าถึงอินเทอร์เน็ตได้และผู้มีความต้องการเข้าถึงเว็บไซต์อยู่ตลอดเวลา

## บรรณานุกรม

- Cal Henderson. (2006). *Building Scalable Web Sites*. Sebastopol: O'Reilly Media.
- Clement Nedelcu. (2553). *Nginx HTTP Server*. Birmingham: Packt Publishing Ltd.
- Dan Kegel. (20 July 2013). *The C10K problem*. เรียกใช้เมื่อ 28 พฤศจิกายน 2556 จาก Dan Kegel's Web Hostel: <http://www.kegel.com/c10k.html>
- Dimitri Aivaliotis. (2556). *Mastering NGINX*. Birmingham: Packt Publishing Ltd.
- Hewlett-Packard Development Company, L.P. (29 พฤศจิกายน 2556). *Httpperf homepage*. เข้าถึงได้จาก Httpperf homepage: <http://www.hp.com/research/linux/httpperf/>
- Julian T J Midgley. (30 พฤศจิกายน 2556). *Autobench*. เข้าถึงได้จาก Autobench: <http://www.xenoclast.org/autobench/>
- Netcraft, ltd. (28 พฤศจิกายน 2556). *October 2013 Web Server Survey*. เข้าถึงได้จาก Netcraft Web site: <http://news.netcraft.com/archives/2013/10/02/october-2013-web-server-survey.html>
- Patrick Galbraith. (2009). *Developing Web Applications with Apache, MySQL, memcached, and Pearl*. Indiana: Wiley Publishing.
- Peter Laurie Ben Laurie. (2002). *Apache The Definitive Guide third edition*. Sebastopol: O'Reilly Media.
- Rich Bowen Ken Coar. (2007). *Apache Cookbook 2nd Edition*. Sebastopol: O'Reilly Media.
- มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. (12 พฤศจิกายน 2556). *ระบบงานรับนิสิตใหม่*. เข้าถึงได้จาก ระบบงานรับนิสิตใหม่: [http://admission.swu.ac.th/static/index\\_static.php](http://admission.swu.ac.th/static/index_static.php)

## ประวัติคณะผู้วิจัย

### ผู้วิจัยคนที่ 1

1. ชื่อ นายภัทรชัย ไชยมงคล  
Phattarachai Chaimongkol
2. เลขที่ประจำตัวบัตรประชาชน 1710500112632
3. ตำแหน่งปัจจุบัน นักวิชาการคอมพิวเตอร์ สำนักคอมพิวเตอร์
4. สถานที่ติดต่อ สำนักคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ  
114 สุขุมวิท 23 เขตวัฒนา กรุงเทพฯ 10110  
เบอร์ติดต่อ 02-649-5000 ต่อ 15025  
Email [phattarachai@swu.ac.th](mailto:phattarachai@swu.ac.th)
5. การศึกษา วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์  
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ  
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ วิศวกรรม  
ซอฟต์แวร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี  
สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย

### ที่ปรึกษางานวิจัย

นายประกิจ ลีลาเชี่ยวชาญกุล  
นางสาวสุวิมล คงศักดิ์ระกูล  
นายชัยวัฒน์ ช่างกลิ้ง  
คณบดี บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ