บทที่ 4
ผลการวิจัย

การศึกษาวิจัยเรื่อง “การเปรียบเทียบการทำงานของเซิร์ฟเวอร์การจัดเก็บข้อมูลแบบคลาวด์ระหว่างฮาร์ดแวร์ทางกายภาพกับฮาร์ดแวร์เสมือน กรณีศึกษา กรมเทคโนโลยีสารสนเทศและอวกาศกลาโหม” ผู้วิจัยได้กำหนดสถานการณ์การทดลองเป็น 2 แบบ และแยกการทดลองระบบ cloud computing ที่พัฒนาบน Physical hardware และ การทดลองระบบ cloud computing ที่พัฒนาบน Virtual hardware ซึ่งในการทดลองแบบที่ 1 จะทำการทดสอบที่มีการจำลองการใช้งานจากจำนวนเครื่องที่เข้ามาใช้บริการในจำนวนเครื่องต่างๆ ตั้งแต่ 5 – 30 เครื่องและทำการติดตามและบันทึกผลเพื่อนำไปวิเคราะห์ถึงปัจจัยด้านทรัพยากรของเครื่อง server ที่ให้บริการ cloud computing ที่มีผลต่อขีดความสามารถในการรองรับปริมาณการใช้งานจากเครื่องของ user พร้อมๆกันอย่างไร และการทดลองแบบที่ 2 จะใช้โปรแกรม Apache JMeter จำลอง Connection ในขนาดต่างๆ เพื่อดูการตอบสนองของ Server ทั้ง Physical hardware และ Virtual hardware เพื่อนำไปเป็นแนวทางในการพัฒนาระบบ cloud computing ให้มีความเหมาะสมกับการใช้งานและสามารถรองรับการทำงานของ users ในกรมเทคโนโลยีสารสนเทศแลอวกาศกลาโหมต่อไป โดยในบทนี้ผู้วิจัยได้แบ่งเนื้อหาเป็น 4 ส่วน ดังนี้

4.1 เตรียมระบบ cloud computing

4.1.1 ขั้นตอนเตรียมระบบคลาวด์คอมพิวติ้ง ที่พัฒนาด้วย ownCloud ในขั้นตอนนี้เนื่องจากต้องการทำการทดสอบ ownCloud ใน 2 รูปแบบ คือ ในระบบที่ติดตั้งระบบบน Physical hardware และทดสอบในระบบที่ติดตั้งระบบบน Virtual hardware (Virtualization) จึงยังแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนด้วยกัน ดังนี้

4.1.1.1 ขั้นตอนการติดตั้งระบบบน Physical hardware

งานวิจัยนี้ ใช้ ubuntu server version 12.04.3 ซึ่งเป็น version ที่ทาง website ownCloud มีการแนะนำให้ใช้ ซึ่งการติดตั้ง Ubuntu เพื่อให้รองรับการติดตั้ง ownCloud มีขั้นตอนดังนี้

การติดตั้ง ubuntu server 12.04.3 ในระหว่างการ Install สามารถเลือกแพ็กเกจที่จำเป็นต้องใช้กับ ownCloud ได้โดยให้เลือก OpenSSH และ LAMP จากแผ่นติดตั้งได้เพื่อให้ Ubuntu รองรับ Secure Shell(SSH) และทำงานเป็น web server แต่ในงานวิจัยนี้จะเลือกติดตั้งเองภายหลังจากติดตั้ง OS แล้วเนื่องจากจะได้ไฟล์ที่มีความทันสมัย

เมื่อติดตั้ง Ubuntu เรียบร้อยแล้ว ได้ทำการอัปเดต OS เพื่อเป็นการปรับปรุงให้มีความทันสมัย แก้ไขข้อบกพร่องของ OS และเพิ่มความปลอดภัยให้กับ OS มากขึ้น ด้วยคำสั่ง

```
sudo apt-get update
 sudo apt-get dist-upgrade
```

รูปที่ 4.1 คำสั่งการอัปเดต OS

ทำการลบแพ็กเกจเก่าที่ไม่ใช้แล้วที่เกิดจากการอัปเดตเพื่อให้ไม่เปลืองเนื้อที่ของ harddisk ด้วยคำสั่ง

```
sudo apt-get autoremove
```

รูปที่ 4.2 คำสั่งการลบแพ็กเกจเก่าที่ไม่ใช้แล้ว

ทำการติดตั้ง LAMP เพื่อให้ Ubuntu ทำงานเป็น Server (Apache, MySQL และ PHP) ด้วยคำสั่ง

```
sudo apt-get install lamp-server^
```

รูปที่ 4.3 คำสั่งการ LAMP

ซึ่ง "^" ที่เขียนต่อท้ายคำสั่งจะเป็นการทำให้ในขั้นตอนการติดตั้ง LAMP มีการสอบถาม root password ของ MySQL

ทำการติดตั้ง MySQL secure เพื่อให้ MySQL มีความปลอดภัยมากขึ้นด้วยคำสั่ง

```
sudo mysql_secure_installation
```

รูปที่ 4.4 คำสั่งสำหรับการปรับปรุงความปลอดภัยให้กับ MySQL

เมื่อทำการติดตั้ง MySQL secure แล้วจะมีการดำเนินการตามขั้นตอน ดังนี้

การสอบถาม root password ของ MySQL ที่กำหนดไว้ตอนติดตั้ง LAMP

การสอบถามว่าจะเปลี่ยน root password, พิมพ์ "n"

การสอบถามว่าจะนำ anonymous users ออกหรือไม่, พิมพ์ "y" เพื่อเอาออก

การสอบถามว่าจะปิดการ remote root logins หรือไม่, พิมพ์ "y" เพื่อทำการปิด

การสอบถามว่าจะนำการ test database และ access ออกหรือไม่, พิมพ์ "y" เพื่อเอาออก

การสอบถามว่าจะทำการดึงค่า privilege tables และ access อีกครั้งหรือไม่, พิมพ์ "y" เพื่อทำการดึงค่าใหม่

เมื่อดำเนินการเสร็จจะได้ระบบ MySQL ที่มีความปลอดภัยมากขึ้น

ทำการติดตั้ง libraries ที่จะใช้ใน ownCloud ด้วยคำสั่ง

```
sudo apt-get install php5-gd php-xml-parser php5-intl smbclient curl libcurl3 php5-curl
```

รูปที่ 4.5 คำสั่งสำหรับติดตั้ง libraries ที่จะใช้ใน ownCloud

ทำการเปิด mod_rewrite และ mod_headers ด้วยคำสั่ง

```
sudo a2enmod rewrite
sudo a2enmod headers
```

รูปที่ 4.6 คำสั่งสำหรับการเปิด mod_rewrite และ mod_headers

แก้ไขค่า config ของ Apache เพื่อรองรับการทำงานกับ ownCloud ดังนี้

```
sudo nano /etc/apache2/sites-available/default
```

รูปที่ 4.7 คำสั่งสำหรับแก้ไขค่า config ของ Apache เพื่อรองรับการทำงานกับ ownCloud

หาในส่วนของ "<Directory /var/www/>"

แก้ไขจาก	AllowOverride None
เป็น	AllowOverride All

รูปที่ 4.8 การแก้ไขค่า config ของ Apache

เมื่อแก้ไขเรียบร้อยให้ทำการบันทึกค่า โดยการกด Ctrl + X, แล้วพิมพ์ Y, และกดปุ่ม Enter

ทำการ restart Apache เพื่อให้การเปลี่ยนแปลงมีผล ด้วยคำสั่ง

```
sudo service apache2 restart
```

รูปที่ 4.9 คำสั่งสำหรับ restart Apache เพื่อใช้งานค่าการปรับปรุง config

ดาวน์โหลด ownCloud จาก owncloud.org (ผู้วิจัยเลือกใช้เวอร์ชั่น 6.0.0a ซึ่งเป็นเวอร์ชั่นที่มีความเสถียรในขณะที่ทำการวิจัย)

```
wget http://download.owncloud.org/community/owncloud-6.0.0a.tar.bz2
```

รูปที่ 4.10 คำสั่งการ download owncloud สำหรับติดตั้งใช้งาน

ทำการแตกไฟล์ออกมา ด้วยคำสั่ง สำหรับนำไฟล์ ownCloud ไปใช้งาน

```
tar -xjf owncloud-6.0.0a.tar.bz2
```

รูปที่ 4.11 คำสั่งการแตกไฟล์เพื่อนำไปใช้งาน

ย้าย ownCloud ที่แตกไฟล์ออกมาไปยังพื้นที่ให้บริการ web services ด้วยคำสั่ง

```
sudo mv owncloud /var/www
```

รูปที่ 4.12 คำสั่งการย้าย ownCloud ที่แตกไฟล์ออกมาไปยังพื้นที่ให้บริการ web services

ทำการเปลี่ยนแปลงสิทธิในการทำงานสำหรับ ownCloud ด้วยคำสั่ง

```
cd /var/www
sudo chown -R www-data:www-data owncloud
```

รูปที่ 4.13 คำสั่งการเปลี่ยนแปลงสิทธิในการทำงานสำหรับ ownCloud

ขั้นตอนต่อไปเป็นการตั้งค่า MySQL เพื่อเป็นการ
ทำการ log in เข้าสู่ MySQL ด้วยคำสั่ง

```
mysql -u root –p
```

รูปที่ 4.14 คำสั่งการ log in เข้าสู่ MySQL

สร้าง DataBase ขึ้นมาใหม่ด้วยคำสั่ง

```
CREATE DATABASE owncloud;
```

รูปที่ 4.15 คำสั่งการสร้าง DataBase เพื่อใช้กับ ownCloud

กำหนดสิทธิในการทำงาน DataBase โดยกำหนดสิทธิให้กับ user ชื่อ admin ด้วยคำสั่ง

```
GRANT ALL ON owncloud.* TO 'admin'@'localhost' IDENTIFIED BY 'password';
```

รูปที่ 4.16 คำสั่งการกำหนดสิทธิในการทำงาน DataBase ของ MySQL

ออกจากการกำหนดสิทธิของ MySQL ที่จะทำงานกับ ownCloud ด้วยคำสั่ง

```
Quit
```

รูปที่ 4.17 คำสั่งการออกจากการกำหนดสิทธิของ MySQL

ปรับแต่งค่าการ upload ไฟล์ เนื่องจาก Apache ได้มีการกำหนดค่าเริ่มต้นของการ upload ไฟล์ผ่านหน้า Browser ไว้ที่ขนาด 513 MB ซึ่งอาจเป็นข้อจำกัดในการใช้งาน ownCloud ผ่าน Browser แต่สามารถปรับปรุงค่า config ให้สามารถทำการ upload ไฟล์ผ่านหน้า webpage ซึ่งงานวิจัยนี้กำหนดไว้ที่ 2 GB เนื่องจากเครื่อง server ที่ใช้งานเป็น cpu ขนาด 32 bit (ข้อมูลจาก http://doc.owncloud.org/server/5.0/admin_manual/configuration/configuring_big_file_upload.html) ดังนั้นจึงต้องดำเนินการแก้ไขที่ไฟล์ .htaccess ที่อยู่ในไดเรกทอรี owncloud ดังนี้

เปิดไฟล์เพื่อทำการแก้ไข ด้วยคำสั่ง

```
sudo vi /var/www/owncloud/.htaccess
```

รูปที่ 4.18 คำสั่งการเปิดไฟล์ .htaccess เพื่อทำการแก้ไข

ทำการแก้ไขข้อมูลไฟล์ .htaccess เพื่อให้รองรับการทำงานกับไฟล์ข้อมูลขนาดใหญ่ขึ้น

```
แก้ไขที่บรรทัด เดิม
php_value upload_max_filesize 513M
php_value post_max_size 513M

เปลี่ยนใหม่ เป็น
php_value upload_max_filesize 2G
php_value post_max_size 2G
```

รูปที่ 4.19 การแก้ไขข้อมูลในไฟล์ .htaccess

เมื่อบันทึกค่าแล้วทำการรีสตาร์ท apache เพื่อให้การตั้งค่ามีผลด้วยคำสั่ง

```
sudo service apache2 restart
```

รูปที่ 4.20 คำสั่งการ Restart เครื่อง Ubuntu

เมื่อดำเนินการติดตั้งและแก้ไขค่า config ต่างๆ ตามขั้นตอนเพื่อให้รองรับการทำงานระบบ ownCloud เรียบร้อยแล้ว จะสามารถเริ่มใช้งานระบบ ownCloud ในครั้งแรกผ่าน browser ของเครื่อง server ดังนี้

http://localhost/owncloud/

(สามารถเข้าใช้งานด้วยชื่อหน้าเว็บ http://localhost/owncloud/ หรือ https://localhost/owncloud/)

จะได้หน้าเว็บ Create an admin account

ตั้งชื่อแรกที่จะเป็นผู้ดูแลระบบ เช่น

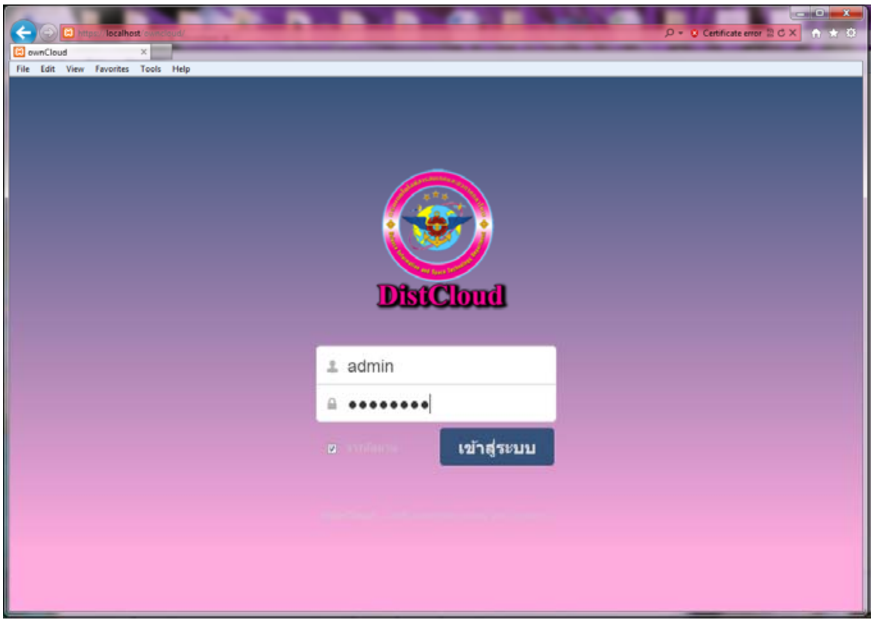
username: admin ซึ่งสามารถกำหนดชื่ออื่นๆได้ตามต้องการ

password: ตามต้องการ

คลิกปุ่ม Finished

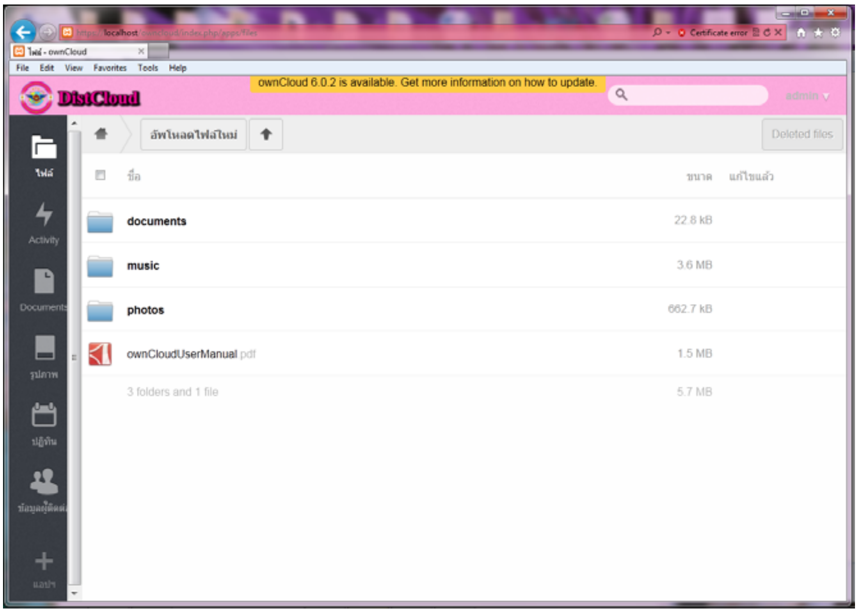
เข้าสู่หน้าเว็บ admin เพื่อบริหารการทำงานของระบบ ownCloud

จัดทำหน้า webpage ระบบ ownCloud ของกรมเทคโนโลยีสารสนเทศและอวกาศกลาโหม ตามรูปภาพ

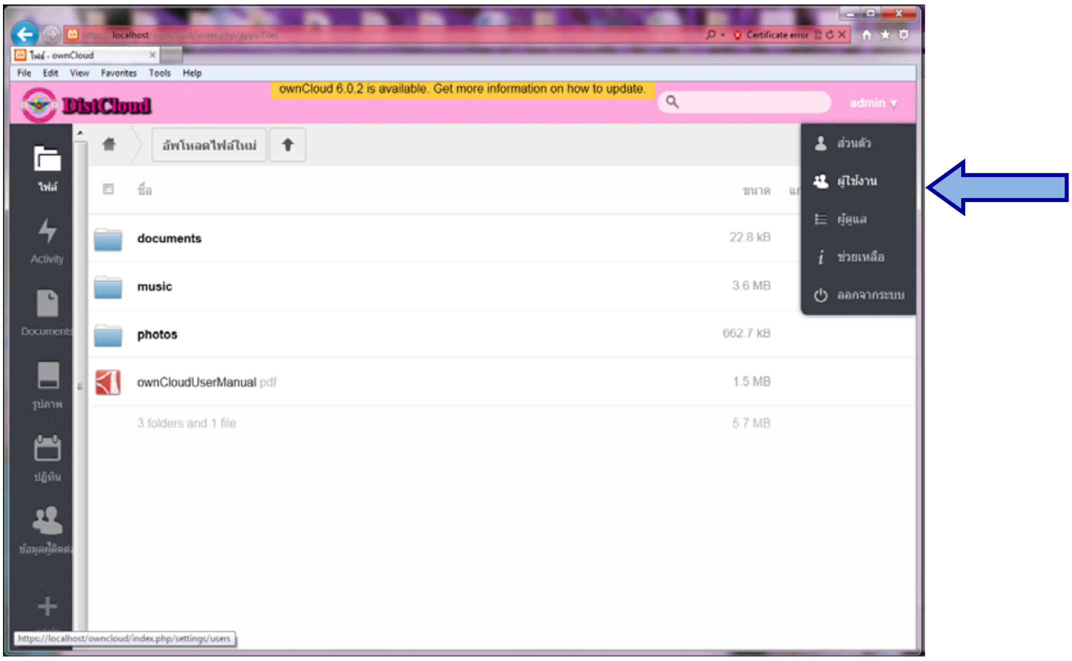


รูปที่ 4.21 หน้าแรกเพื่อให้ user ทำการ login เข้าใช้งาน ownCloud

เป็นหน้าต่างแรก เพื่อใช้ log in เข้าใช้งานระบบ โดย user แต่ละคนจะต้องมี user และ password ของตนเองสำหรับเข้าใช้งาน ซึ่งผู้ที่เป็น Admin จะเป็นผู้สร้าง user name และ password ของแต่ละ account จากนั้น เมื่อแต่ละ user เข้าใช้งานแล้วจะสามารถเปลี่ยน password ได้เองเพื่อความปลอดภัยในการใช้งานระบบ

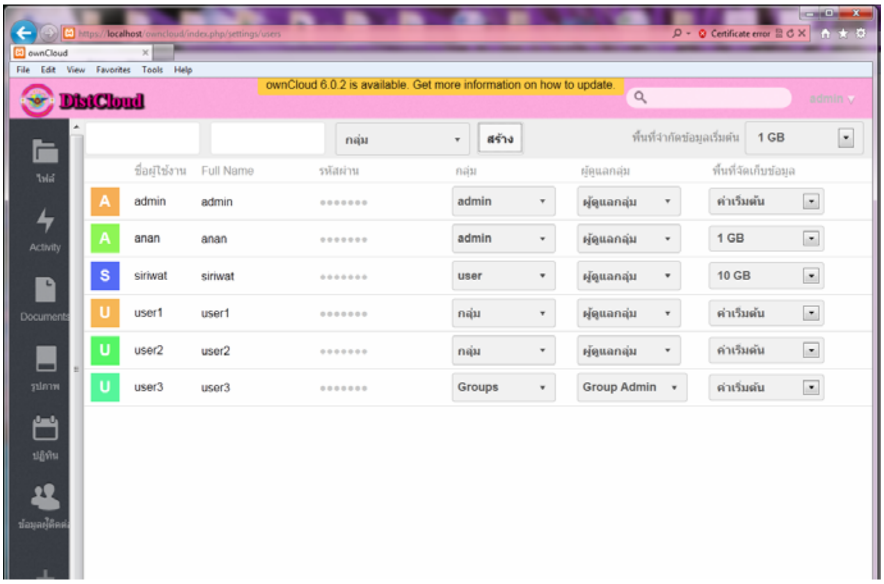


รูปที่ 4.22 เมื่อ log in เรียบร้อยจะเข้าสู่การใช้งาน ownCloud



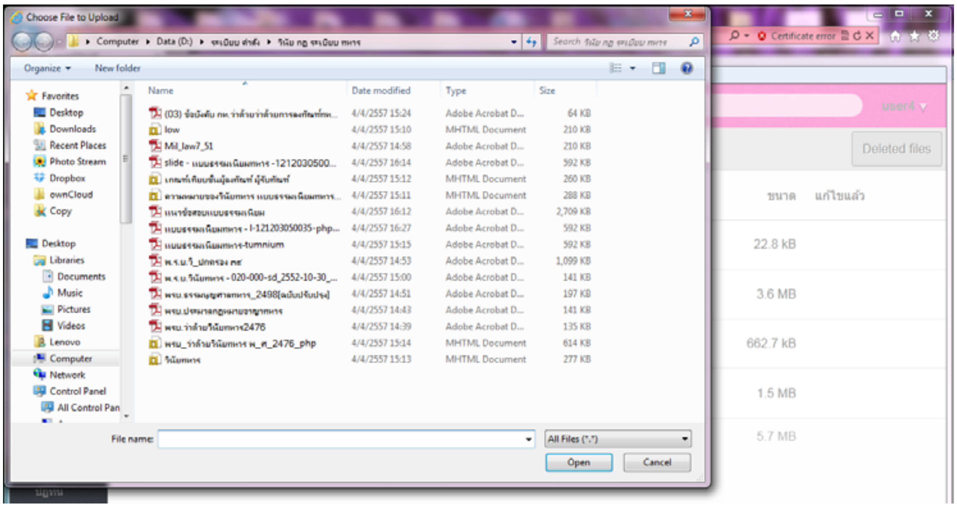
รูปที่ 4.23 การเข้าใช้งานในสิทธิของผู้ดูแลระบบจะมีเมนู “ผู้ใช้งาน” สำหรับบริหารจัดการ User

หน้าต่างการเข้าใช้งานของ Admin จะแตกต่างจาก user ทั่วไป คือ จะมี menu ผู้ใช้งาน เพื่อบริหารจัดการ user อื่นทั่วไป และ menu ผู้ดูแล สำหรับการตั้งค่าการทำงานของระบบ ownCloud



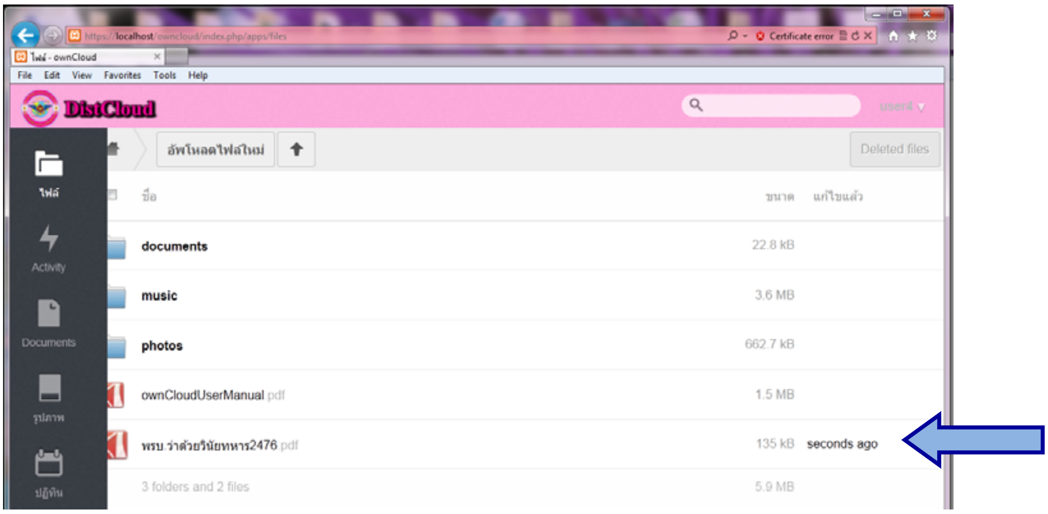
รูปที่ 4.24 ตัวอย่างแสดงผลการสร้าง User เพื่อให้เข้าใช้งาน

การสร้าง User สำหรับเตรียมการทดลองระบบ Cloud storage ในการทดลองจริงจะทำการสร้างจำนวน 30 Users เพื่อให้รองรับการทำการทดลองสำหรับ 30 เครื่องในห้องคอมพิวเตอร์ของ กรมเทคโนโลยีสารสนเทศและอวกาศกลาโหม



รูปที่ 4.25 แสดงตัวอย่างการ Upload file ขึ้นไปบน ระบบ ownCloud ด้วย User

สำหรับการ upload files ขึ้นไปบนระบบสามารถเลือกไฟล์ที่ต้องการ upload ได้ง่ายเหมือนโปรแกรมโดยทั่วไป ผู้ใช้งานระบบ storage cloud ไม่จำเป็นต้องมีทักษะในการใช้งานด้าน computer สูง

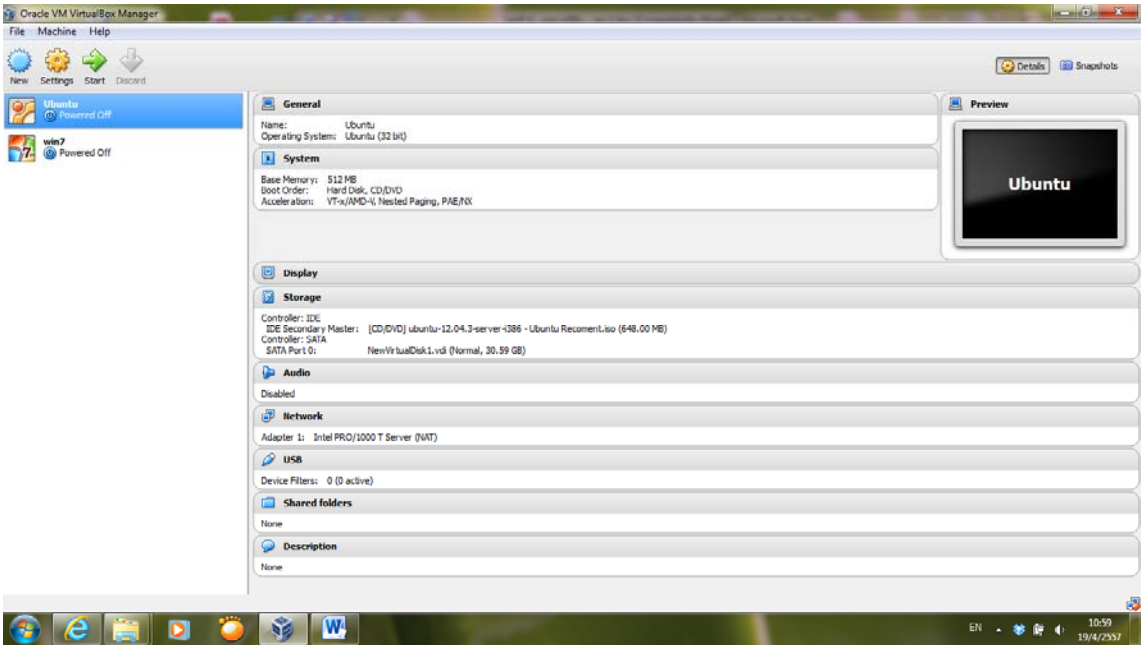


รูปที่ 4.26 แสดงผลจากการ upload file ขึ้นไปบนระบบ ownCloud เรียบร้อย

4.1.1.2 ขั้นตอนการติดตั้งระบบบน Virtual hardware

ในการติดตั้งระบบ ownCloud บน virtual hardware มีขั้นตอนที่แตกต่างจากการลงบน physical hardware คือจะต้องมีโปรแกรมสำหรับบริหารจักการ virtual hardware ซึ่งเป็นการทำ Virtualization โดยในงานวิจัยนี้เลือกใช้ Oracle VM VirtualBox เนื่องจากเป็น Software ที่ให้ใช้ได้โดยไม่มีค่าใช้จ่าย สามารถปรับแต่งการใช้งานได้ง่าย และมีประสิทธิภาพในการทำงาน

ทำการติดตั้งโปรแกรม Oracle VM VirtualBox และสร้าง virtual machine ซึ่งเป็น virtual hardware ตามรูป



รูปที่ 4.27 แสดงหน้าต่างการบริหารจัดการ virtual machine ของ Oracle VM VirtualBox

เมื่อสร้าง virtual machine เรียบร้อย ต่อไปเป็นการติดตั้ง Ubuntu , โปรแกรมสนับสนุนที่เกี่ยวข้องในการสนับสนุน ownCloud และติดตั้ง ownCloud ซึ่งสามารถดำเนินตามขั้นตอนที่ใช้ในการติดตั้งบน Physical hardware

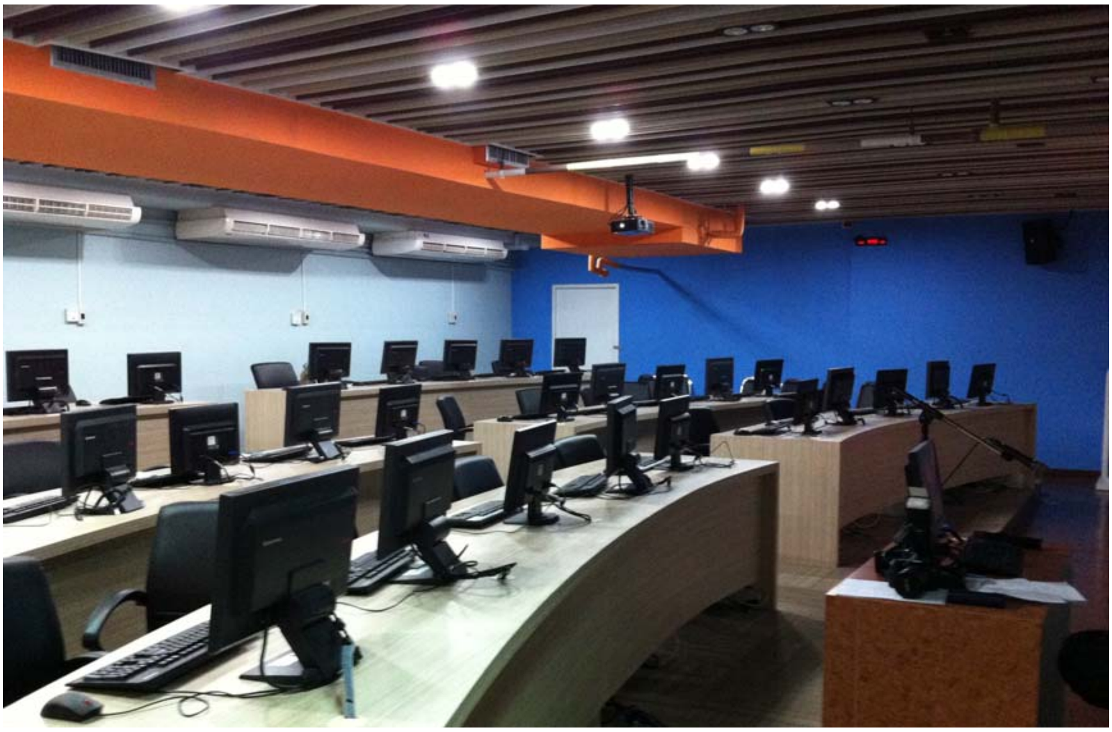
4.2 การติดตั้งและทดสอบ

เมื่อเตรียมระบบ cloud storage บนเครื่องคอมพิวเตอร์ที่เป็น Physical hardware และ Virtual hardware เรียบร้อยแล้ว ในขั้นตอนนี้จะเป็นการนำเครื่อง Server ติดตั้งในห้องอบรมคอมพิวเตอร์ ของ กรมเทคโนโลยีสารสนเทศและอวกาศกลาโหม เพื่อเป็นการทดสอบการทำงาน

ของ ระบบ ownCloud ผู้วิจัยนำเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ทำการติดตั้งเป็น ownCloud Server ทั้ง 2 แบบ คือ แบบที่ติดตั้งบน physical hardware และ virtual hardware สลับกันติดตั้งและทำการทดลองทีละระบบภายในห้องอบรมคอมพิวเตอร์ กรมเทคโนโลยีสารสนเทศและอวกาศกลาโหม เพื่อนำผลการทดลองไปวิเคราะห์สำหรับดำเนินการวิจัยในขั้นตอนต่อไป

สภาพแวดล้อมสำหรับการทดลอง Cloud Storage ที่พัฒนาจาก ownCloud สำหรับงานวิจัยนี้ทำการทดลองภายในห้องอบรมคอมพิวเตอร์ กรมเทคโนโลยีสารสนเทศและอวกาศกลาโหม มีจำนวนเครื่องคอมพิวเตอร์อยู่บนระบบเครือข่ายภายใน(intranet) จำนวน 30 เครื่อง ซึ่งมีการเชื่อมต่อข้อมูลภายในเครือข่ายด้วย network switch 16 port จำนวน 3 ตัว มีอัตราการรับ-ส่งข้อมูล 10/100 Mbps มีอัตราการส่งผ่านข้อมูลสูงสุด(Maximum data throughput) 3.2 Gbps และมีการเชื่อมต่อข้อมูลออกสู่ internet เพื่อส่งข้อมูลให้กับ New Relic Server เพื่อใช้สำหรับติดตามการทำงานของ ownCloud Server

รูปที่ 4.28 ห้องอบรมคอมพิวเตอร์ กรมเทคโนโลยีสารสนเทศและอวกาศกลาโหม



รูปที่ 4.29 สภาพภายในห้องอบรมคอมพิวเตอร์ กรมเทคโนโลยีสารสนเทศและอวกาศกลาโหม

รูปที่ 4.30 ภาพเครื่องลูกข่ายเมื่อเปิดใช้งานระบบ cloud storage ด้วย ownCloud พร้อมกัน 30 เครื่อง

รูปที่ 4.31 อุปกรณ์เครือข่ายภายในห้องอบรมคอมพิวเตอร์ ที่ใช้ในการทดลอง

4.3 การติดตามผล

การติดตามผลเป็นการนำ software 3 ตัวมาเป็นเครื่องมือในการวัดและบันทึกข้อมูล ประกอบด้วย System Monitor, New Relic และ Apache JMeter สำหรับ monitor ทรัพยากรของ server โดยมีรายละเอียดพอสังเขป ดังนี้

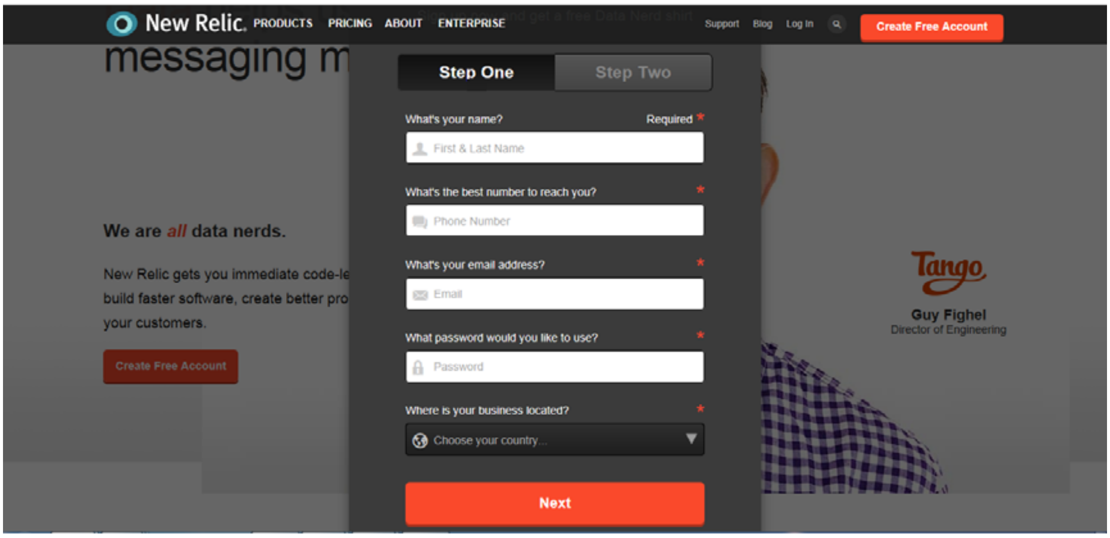
4.3.1 System Monitor เป็นโปรแกรมที่สามารถเรียกใช้งานได้โดยติดตั้งมาพร้อมกับระบบปฏิบัติการอยู่แล้ว สามารถดูการทำงานของ CPU, Memory และ Network ได้ในแบบ Real-time ข้อจำกัดคือไม่สามารถดูข้อมูลในห้วงระยะเวลานานได้

4.3.2 New Relic เป็นเครื่องมือสำหรับการติดตามการทำงานของ server สามารถดูการทำงานของ CPU, Memory, Network และ Disk I/O ได้ โดยมีความสามารถสูงกว่า System Monitor ที่สามารถดูเป็นลักษณะกราฟเชิงเส้นที่มีคาบเวลาที่ยาวนานกว่า System Monitor และสามารถทำการเฝ้าติดตามการทำงาน(Monitor) ของ Server ได้พร้อมกันหลายเครื่อง ในการใช้งานต้องดำเนินการสมัครเข้าใช้งานโดยการสร้าง Account ได้ที่ website ของผู้ให้บริการ ในส่วนของเครื่อง server ต้องติดตั้งโปรแกรมสำหรับส่งข้อมูลที่ทำการตรวจสอบไปยัง server ของผู้ให้บริการ

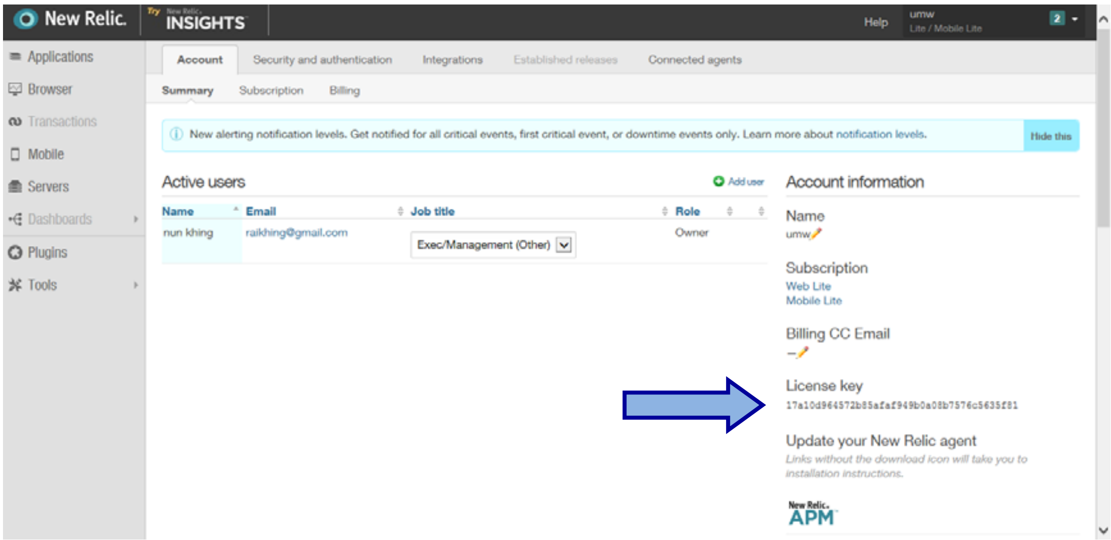
เพื่อที่จะแสดงผล ดังนั้นการใช้งานเครื่อง server จะต้องมีการเชื่อมต่อกับ internet ตลอดเวลา โดยมีขั้นตอนการสมัครและการใช้งาน ดังนี้

การสมัครและติดตั้งโปรแกรม New Relic เพื่อใช้สำหรับการเฝ้าดูการทำงานของ OwnCloud Server ซึ่งแบ่งเป็น 2 ขั้นตอน ได้แก่

ขั้นตอนแรก การสมัครใช้ได้โดยไม่เสียค่าใช้จ่าย โดยเข้าไปที่ เว็บไซต์ http://newrelic.com/ ตามรูปที่ 4.12 เข้าไปทำการสร้าง Account เพื่อเข้าใช้งานระบบโดยใส่ข้อมูลตามที่ทาง เว็บไซต์กำหนด โดยมีส่วนที่สำคัญคือในการใส่ข้อมูลของ E-Mail จำเป็นต้องใช้ E-Mail ที่ใช้งานจริงเพื่อใช้เป็น Account สำหรับการ Log in เข้าใช้งานระบบ และเมื่อสมัครใช้งานเรียบร้อย จะสามารถ Log in เข้าใช้งานและจะมี License key ของแต่ละ Account เพื่อนำไปใส่ให้กับโปรแกรมที่ติดตั้งในเครื่อง server ที่ต้องการตรวจสอบ

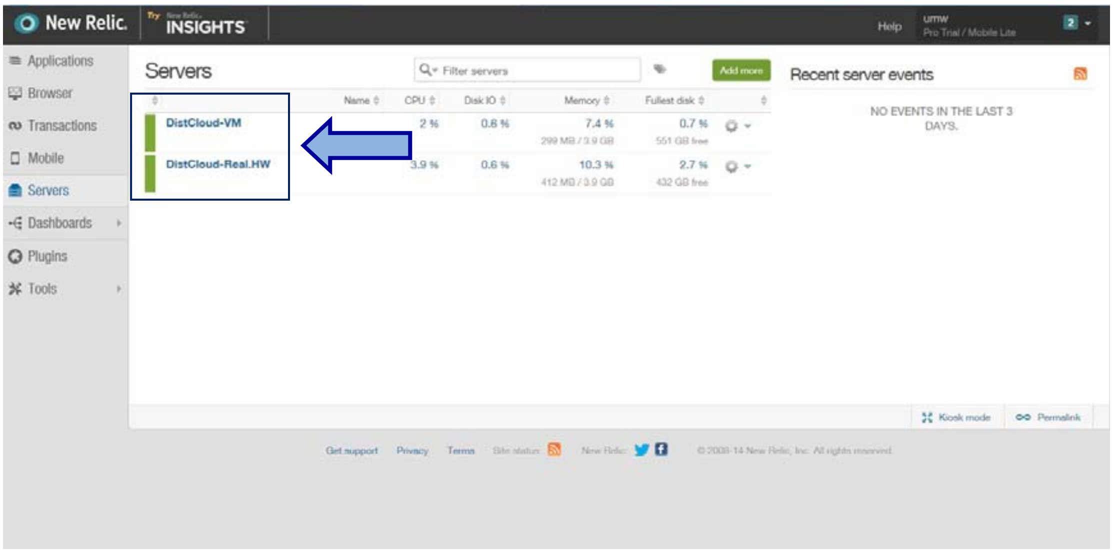


รูปที่ 4.32 เว็บไซต์ New Relic สำหรับสมัครเข้าใช้งานโปรแกรม



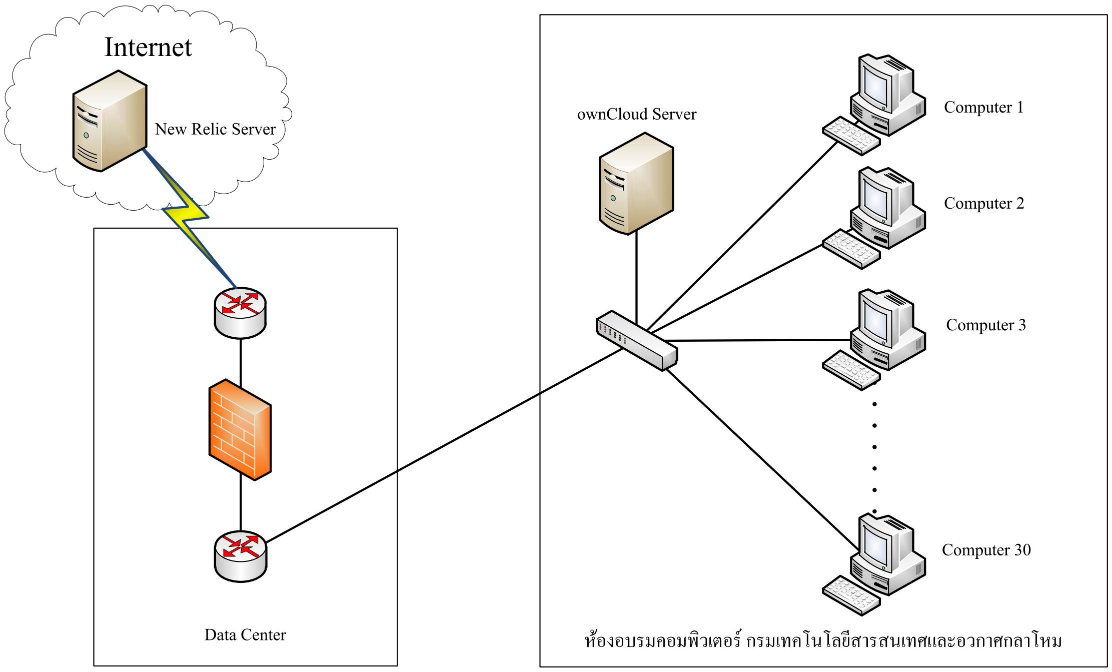
รูปที่ 4.33 เว็บไซต์ New Relic เมื่อสร้าง Account เรียบร้อยจะได้ License Key ไว้ใช้งาน

ขั้นตอนที่ 2 เป็นการลงโปรแกรมที่เครื่อง server เพื่อทำหน้าที่ในลักษณะเป็น Agent สำหรับส่งข้อมูลต่างๆ กลับไปให้ server ของ New Relic เพื่อใช้ในการการแสดงผล ซึ่งเมื่อติดตั้งเสร็จแล้วจะต้องนำ License key มาใส่ให้กับโปรแกรมจึงสามารถตรวจติดตามการทำงานของ server ได้ โดยผู้วิจัยได้ดำเนินการลงโปรแกรมไว้ที่เครื่อง server ทั้ง 2 เครื่อง คือ ติดตั้งบน Physical hardware และ บน Virtual hardware



รูปที่ 4.34 แสดงจำนวน Server ที่ลงโปรแกรมเพื่อติดตามการทำงาน

จากรูปที่ 4.34 แสดงให้เห็นว่าได้มีการติดตั้งโปรแกรมไว้กับ Server จำนวน 2 เครื่อง คือ เครื่องชื่อ DistCloud-VM ซึ่งเป็น Server ที่ติดตั้งบน Virtual hardware และ เครื่องชื่อ DistCloud-Real.HW ซึ่งเป็น Server ที่ติดตั้งบน Physical hardware ในการแสดงผลจะมีการแสดงสถานะของ server เป็น 2 สถานะ คือ เมื่อติดต่อ server ได้จะแสดงผลเป็นสีเขียว และเมื่อติดต่อกับ Server ไม่ได้จะแสดงผลเป็นสีเทา ซึ่งการทดสอบ ownCloud ด้วยโปรแกรม New Relic มีผังการทดสอบระบบ ตามรูป

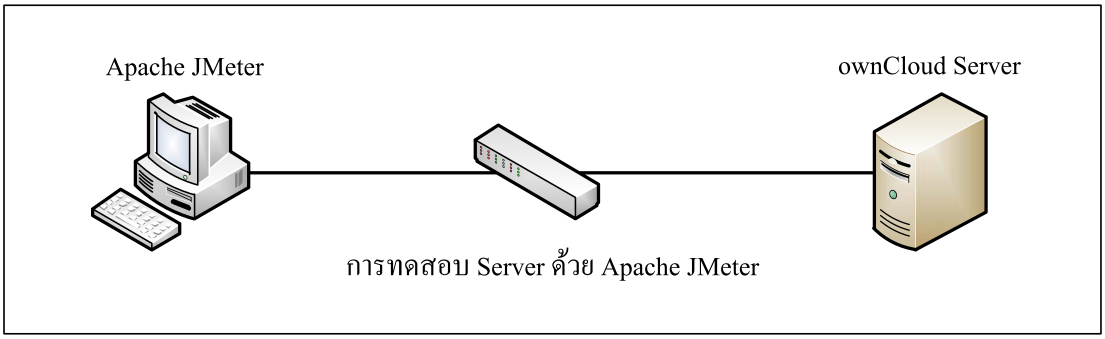


รูปที่ 4.35 ผังการทดสอบระบบ cloud storage และ Monitor การทำงานของ Server ด้วย New Relic

การทดลองด้วยการโปรแกรม New Relic จะทำการทดลองโดยให้เครื่องคอมพิวเตอร์ในห้องอบรมคอมพิวเตอร์ ทำหน้าที่เป็น Client ในจำนวนที่แตกต่างกันตั้งแต่ 5 เครื่องจนถึง 30 เครื่องทำการ transfer file จากเครื่อง client ไปเก็บไว้ยังเครื่อง server ทั้ง Physical hardware และ Virtual hardware แล้วทำการดูผลการทำงานจาก New Relic และจากโปรแกรม System monitor

4.3.3 Apache JMeter เป็นอีกเครื่องมือหนึ่งที่ใช้สำหรับทดสอบประสิทธิภาพของ Web application โปรแกรมสามารถสร้าง connection เชื่อมต่อไปยัง server เพื่อจำลองเป็น load ให้กับ

ระบบที่ต้องการทดสอบ วิธีการใช้งานควรติดตั้งโปรแกรม Apache JMeter กับเครื่องคอมพิวเตอร์ที่อยู่บนเครือข่ายเดียวกับเครื่อง server ที่ต้องการทดสอบ จากนั้นตั้งค่าให้จำลองการเชื่อมต่อกับ server โปรแกรมสามารถสร้าง connection ได้ปริมาณมากและสามารถทำการสร้าง connect ได้อย่างต่อเนื่องได้ ซึ่งการทดสอบ ownCloud ด้วยโปรแกรม Apache JMeter มีผังการทดสอบระบบตามรูป



รูปที่ 4.36 ผังการทดสอบระบบ cloud storage ด้วย Apache JMeter

การทดลองด้วยการโปรแกรม Apache JMeter ทำการทดลองโดยให้โปรแกรม Apache JMeter จำลองสร้าง connection ในขนาดต่างๆกัน แล้วทำการดูผลการตอบสนองจาก Server ทั้ง Physical hardware และ Virtual hardware ด้วยโปรแกรม System Monitor

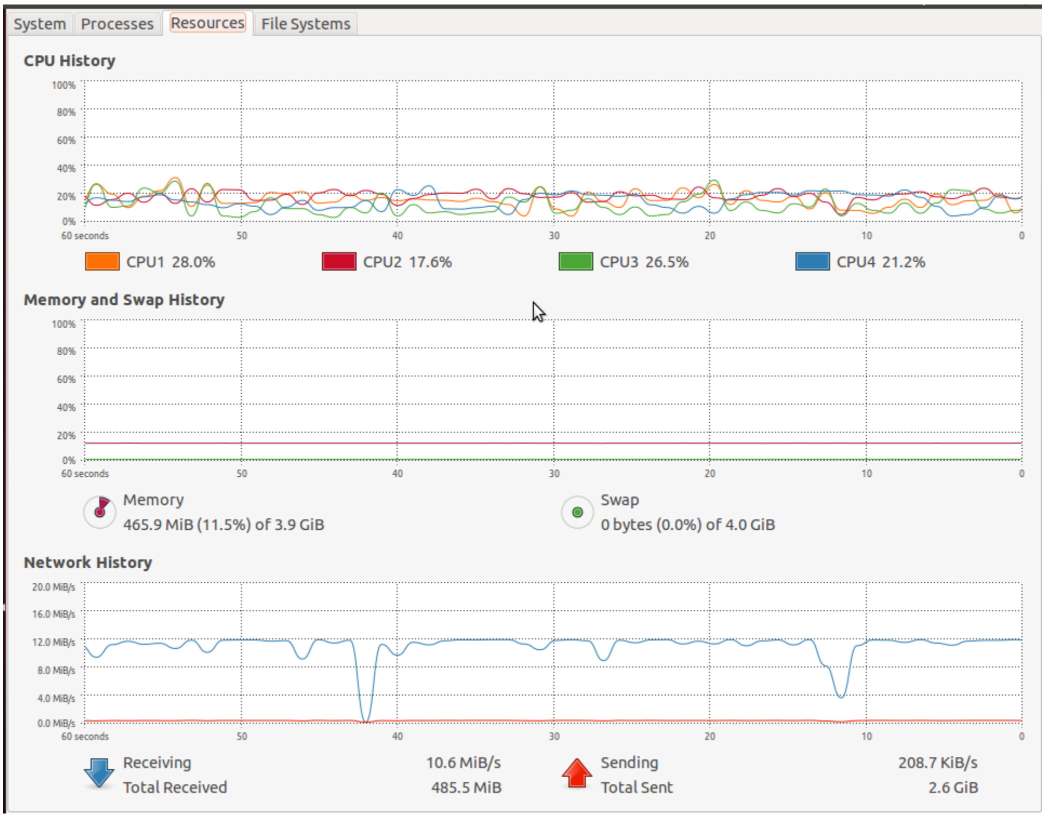
4.4 เก็บรวบรวมข้อมูลและประเมินผล

4.4.1 เก็บรวบรวมข้อมูล - การเก็บรวบรวมข้อมูล แบ่งเป็นการเก็บข้อมูลด้วย 3 โปรแกรม โดยทำการทดลอง 2 แบบ คือ

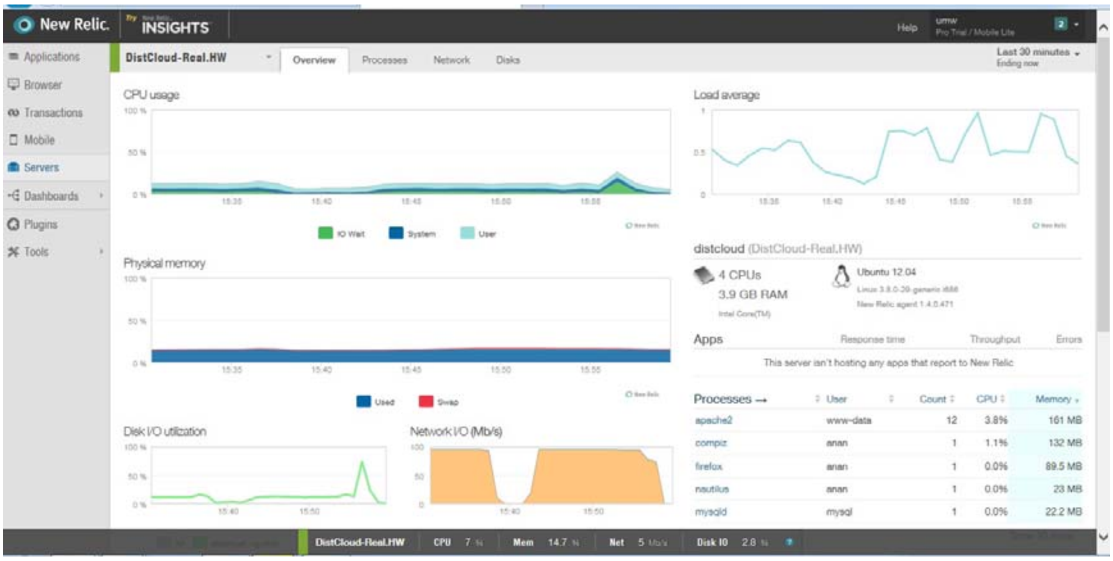
4.4.1.1 การทดลองแบบที่ 1 การทดลองโดยทำการโอนข้อมูลขนาด 2 GB จากเครื่อง client ขึ้นไปเก็บไว้บน Cloud Server ที่สร้างขึ้นมาในจำนวนเครื่อง client จำนวนต่างๆกันและทำการติดตามการทำงานด้วยโปรแกรม New Relic และโปรแกรม System Monitor ตามรูปที่ 4.35 โดยมีผลการทดลองดังนี้

การทดลอง ownCloud ที่ติดตั้งบน Physical hardware โดยมีผลการทดลองตามจำนวน client ดังนี้

ผลทดลองแบบที่ 1 จำนวน Client 5 เครื่องบน Physical hardware



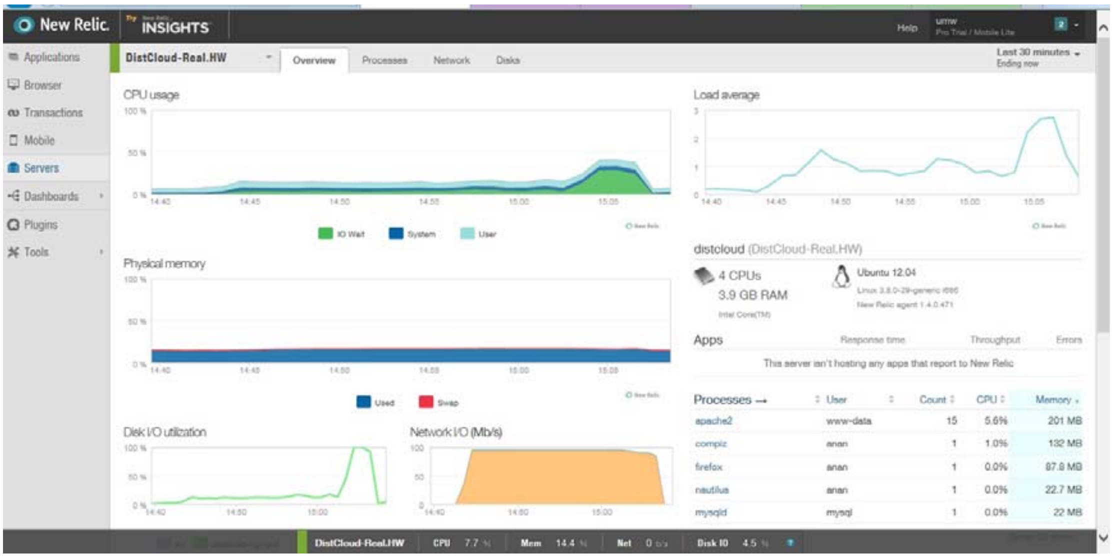
รูปที่ 4.37 ผลการทดลองแบบที่ 1 : Client 5 เครื่องบน Physical hardware ด้วย System Monitor



รูปที่ 4.38 ผลการทดลองแบบที่ 1 : Client 5 เครื่องบน Physical hardware ด้วย New Relic

ผลทดลองแบบที่ 1 จำนวน Client 10 เครื่องบน Physical hardware

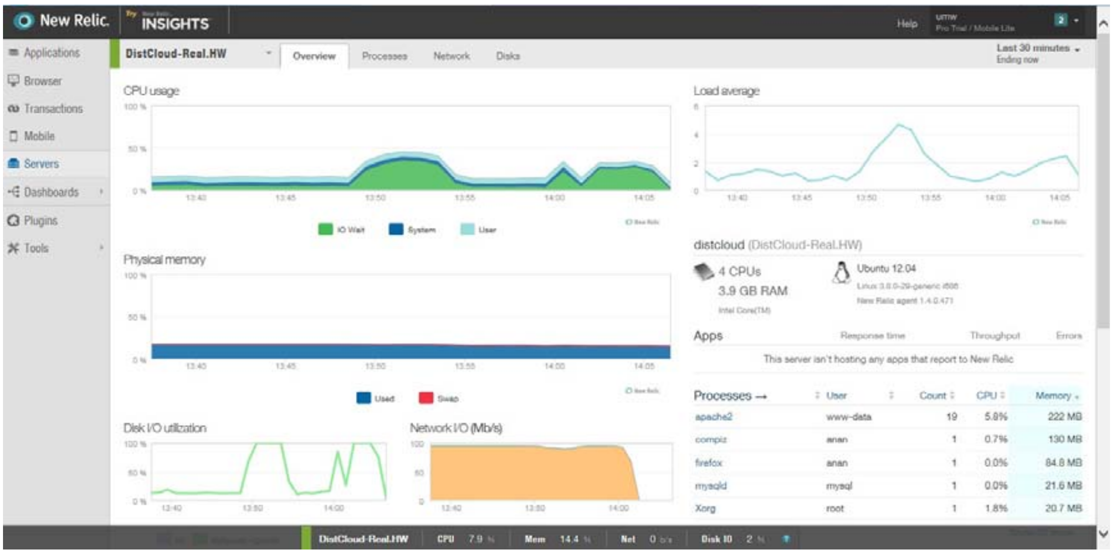
รูปที่ 4.39 ผลการทดลองแบบที่ 1 : Client 10 เครื่องบน Physical hardware ด้วย System Monitor



รูปที่ 4.40 ผลการทดลองแบบที่ 1 : Client 10 เครื่องบน Physical hardware ด้วย New Relic

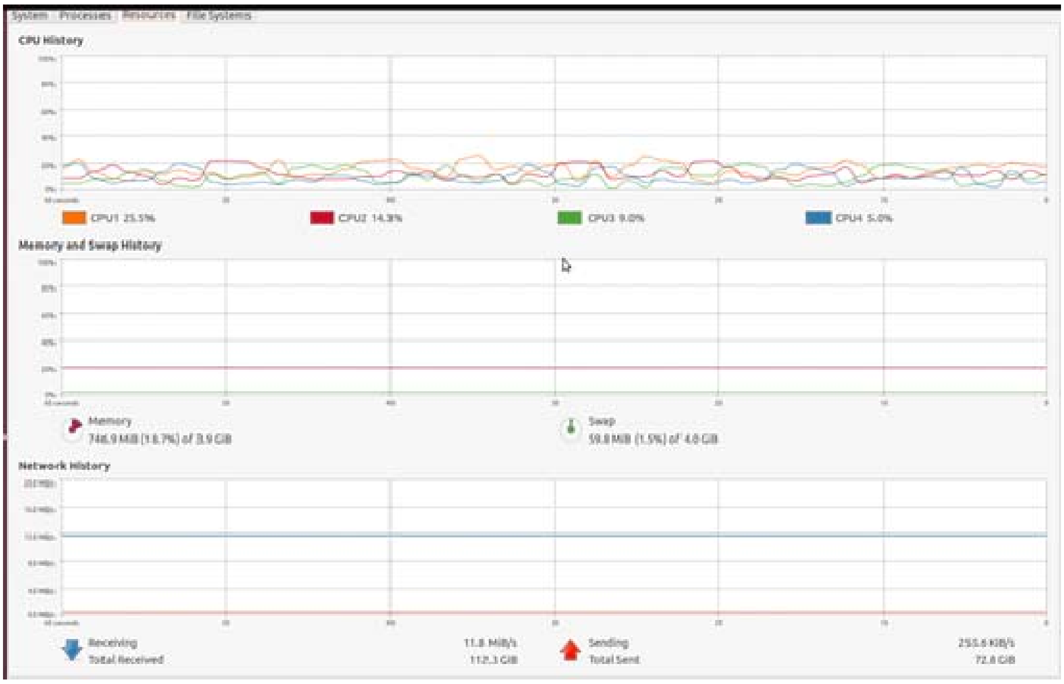
ผลทดลองแบบที่ 1 จำนวน Client 15 เครื่องบน Physical hardware

รูปที่ 4.41 ผลการทดลองแบบที่ 1 : Client 15 เครื่องบน Physical hardware ด้วย System Monitor

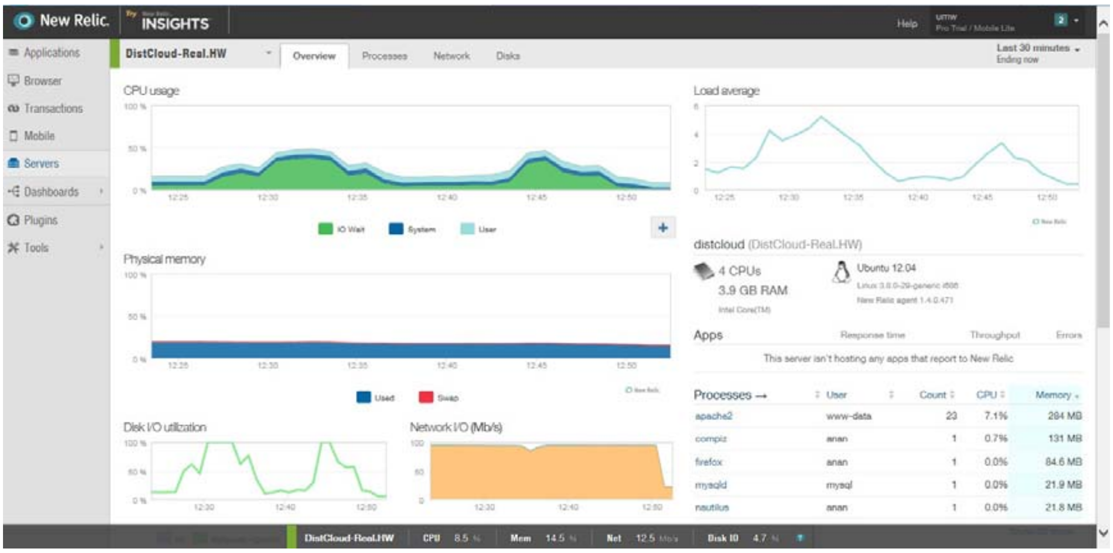


รูปที่ 4.42 ผลการทดลองแบบที่ 1 : Client 15 เครื่องบน Physical hardware ด้วย New Relic

ผลทดลองแบบที่ 1 จำนวน Client 20 เครื่องบน Physical hardware

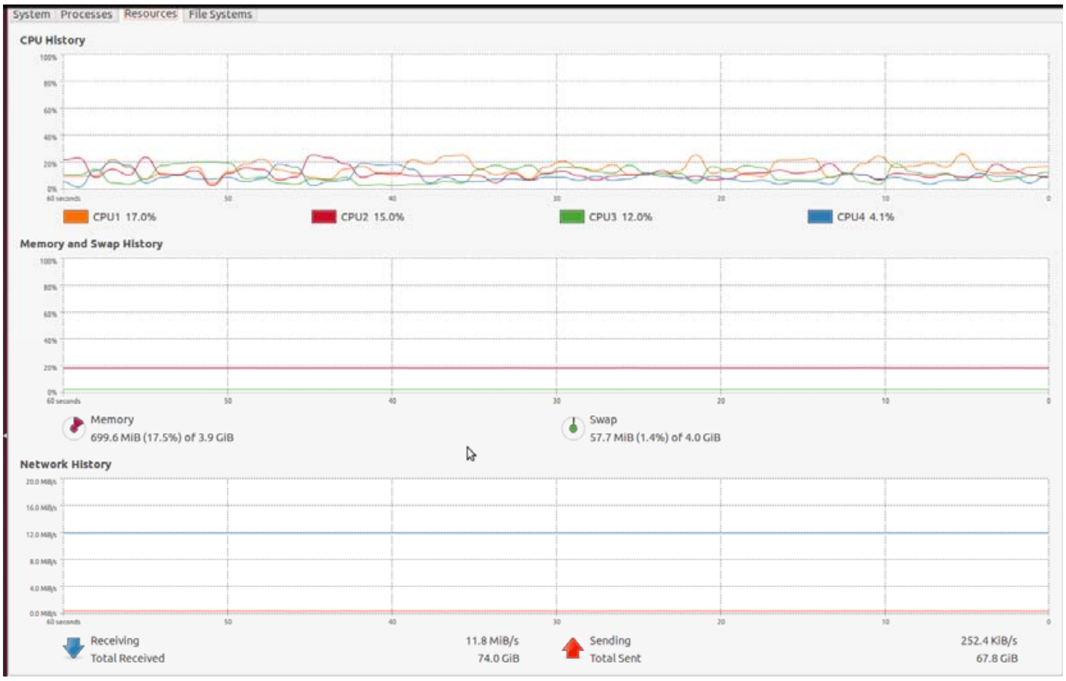


รูปที่ 4.43 ผลการทดลองแบบที่ 1 : Client 20 เครื่องบน Physical hardware ด้วย System Monitor

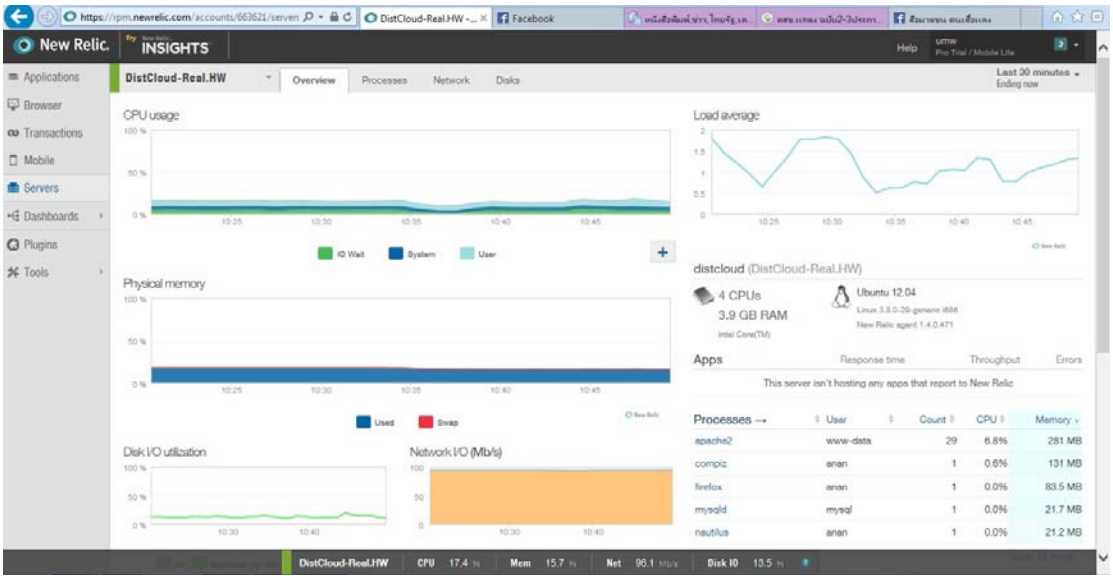


รูปที่ 4.44 ผลการทดลองแบบที่ 1 : Client 20 เครื่องบน Physical hardware ด้วย New Relic

ผลทดลองแบบที่ 1 จำนวน Client 25 เครื่องบน Physical hardware

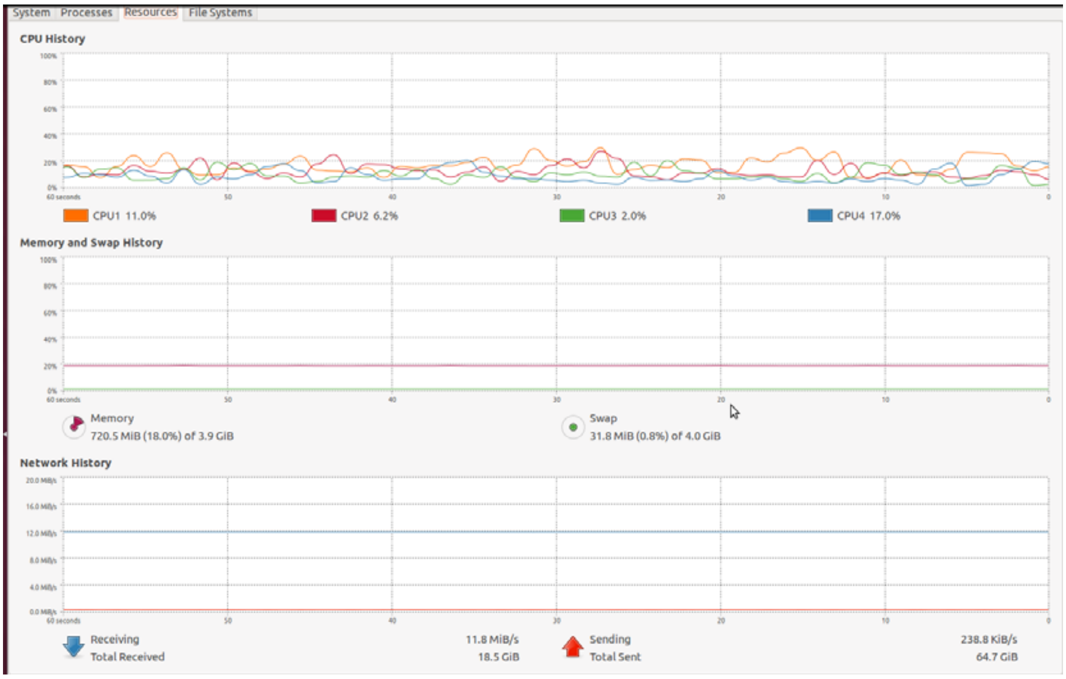


รูปที่ 4.45 ผลการทดลองแบบที่ 1 : Client 25 เครื่องบน Physical hardware ด้วย System Monitor

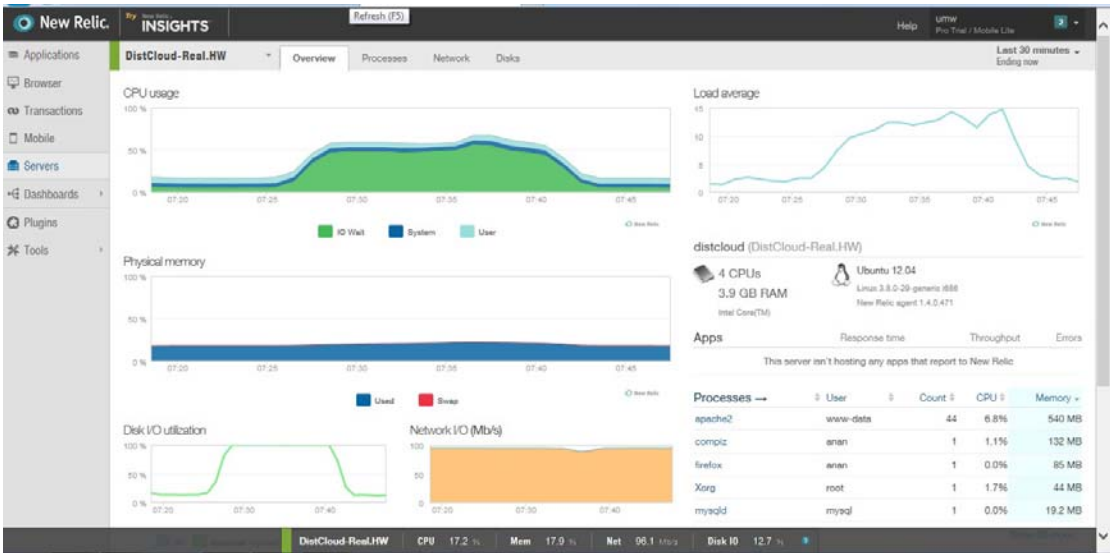


รูปที่ 4.46 ผลการทดลองแบบที่ 1 : Client 25 เครื่องบน Physical hardware ด้วย New Relic

ผลทดลองแบบที่ 1 จำนวน Client 30 เครื่องบน Physical hardware



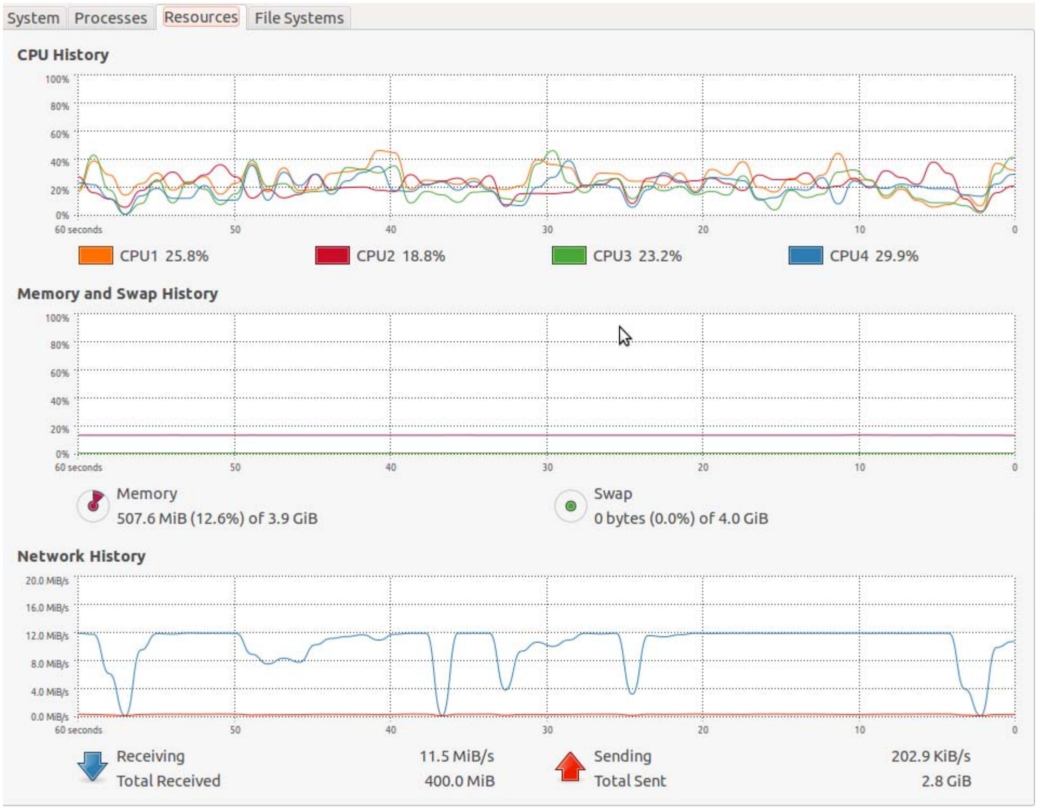
รูปที่ 4.47 ผลการทดลองแบบที่ 1 : Client 30 เครื่องบน Physical hardware ด้วย System Monitor



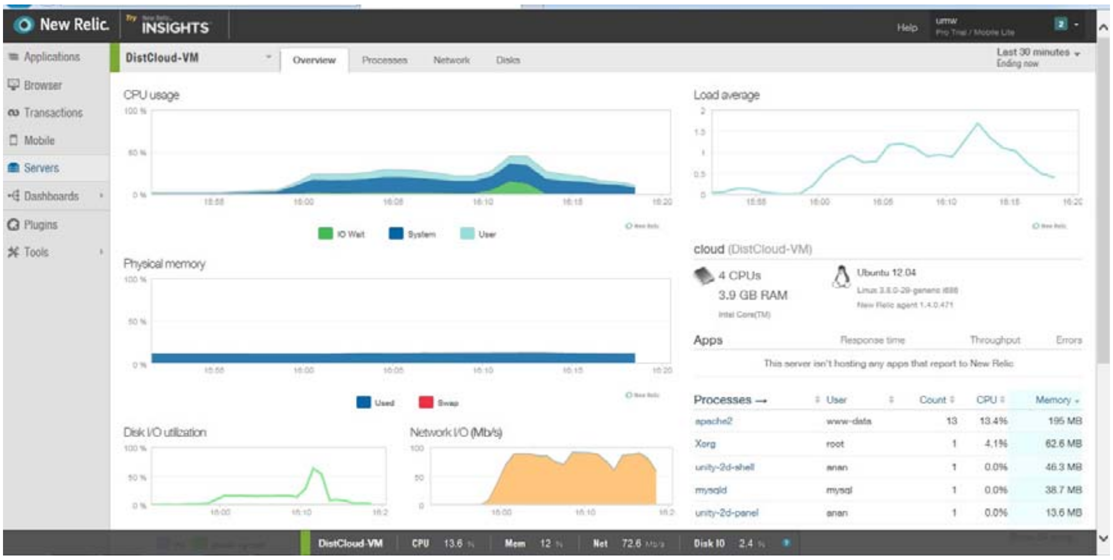
รูปที่ 4.48 ผลการทดลองแบบที่ 1 : Client 30 เครื่องบน Physical hardware ด้วย New Relic

การทดลอง ownCloud ที่ติดตั้งบน Virtual hardware มีผลการทดลองตามจำนวน client ดังนี้

ผลทดลองแบบที่ 1 จำนวน Client 5 เครื่องบน Virtual hardware

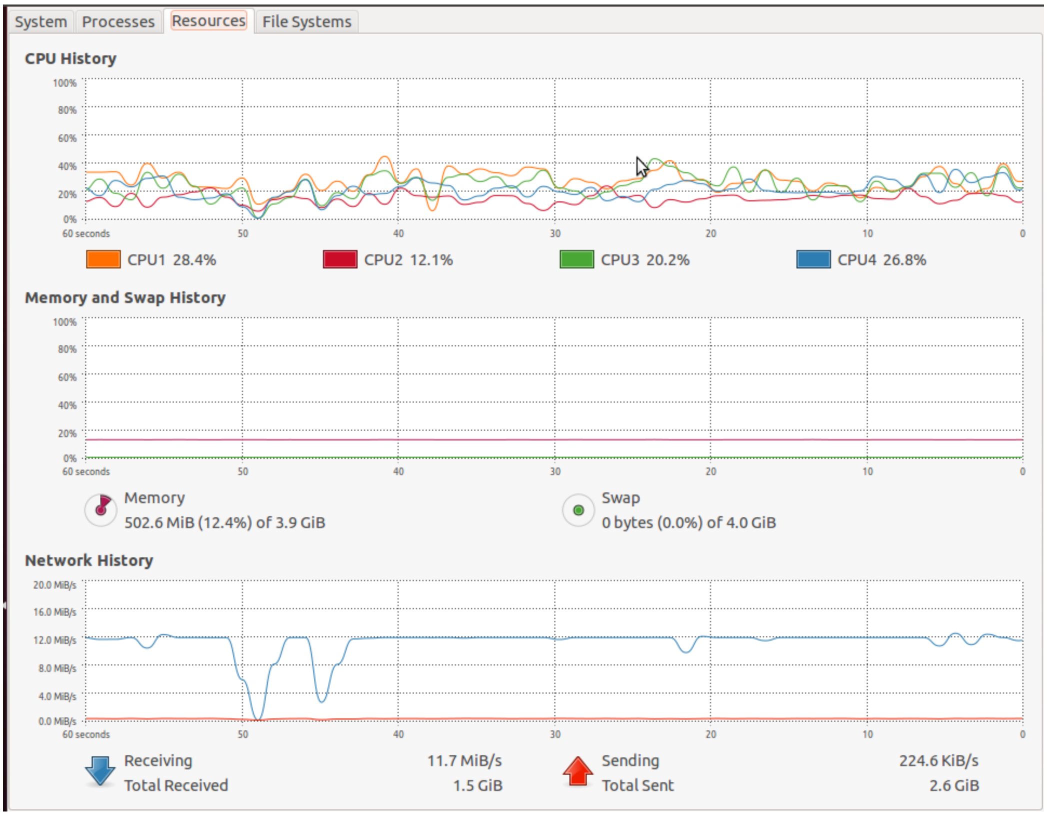


รูปที่ 4.49 ผลการทดลองแบบที่ 1 : Client 5 เครื่องบน Virtual hardware ด้วย System Monitor

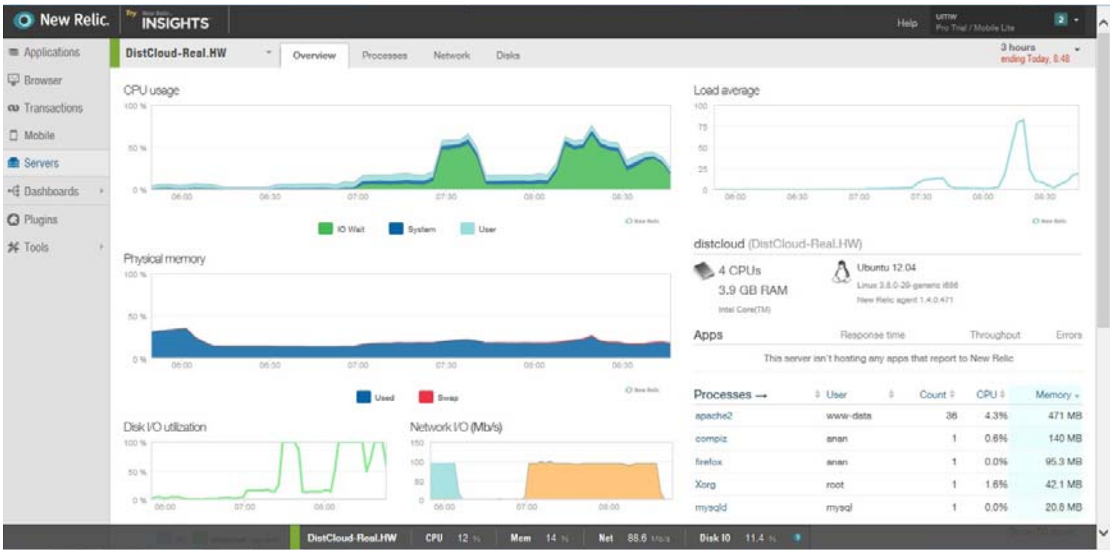


รูปที่ 4.50 ผลการทดลองแบบที่ 1 : Client 5 เครื่องบน Virtual hardware ด้วย New Relic

ผลทดลองแบบที่ 1 จำนวน Client 10 เครื่องบน Virtual hardware

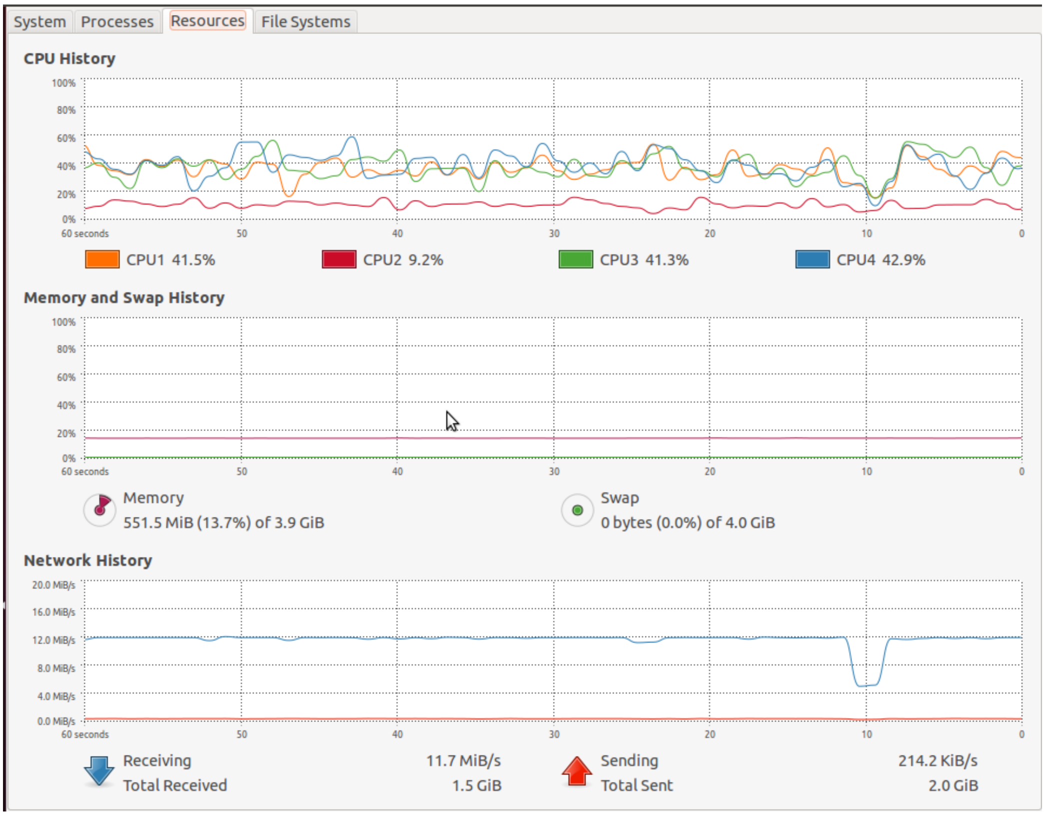


รูปที่ 4.51 ผลการทดลองแบบที่ 1 : Client 10 เครื่องบน Virtual hardware ด้วย System Monitor

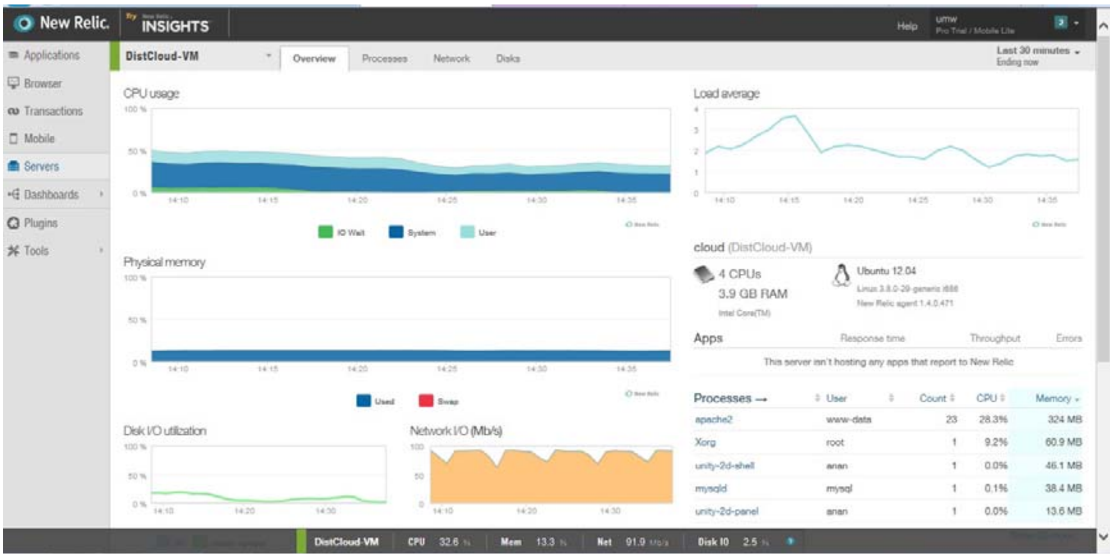


รูปที่ 4.52 ผลการทดลองแบบที่ 1 : Client 10 เครื่องบน Virtual hardware ด้วย New Relic

ผลทดลองแบบที่ 1 จำนวน Client 15 เครื่องบน Virtual hardware

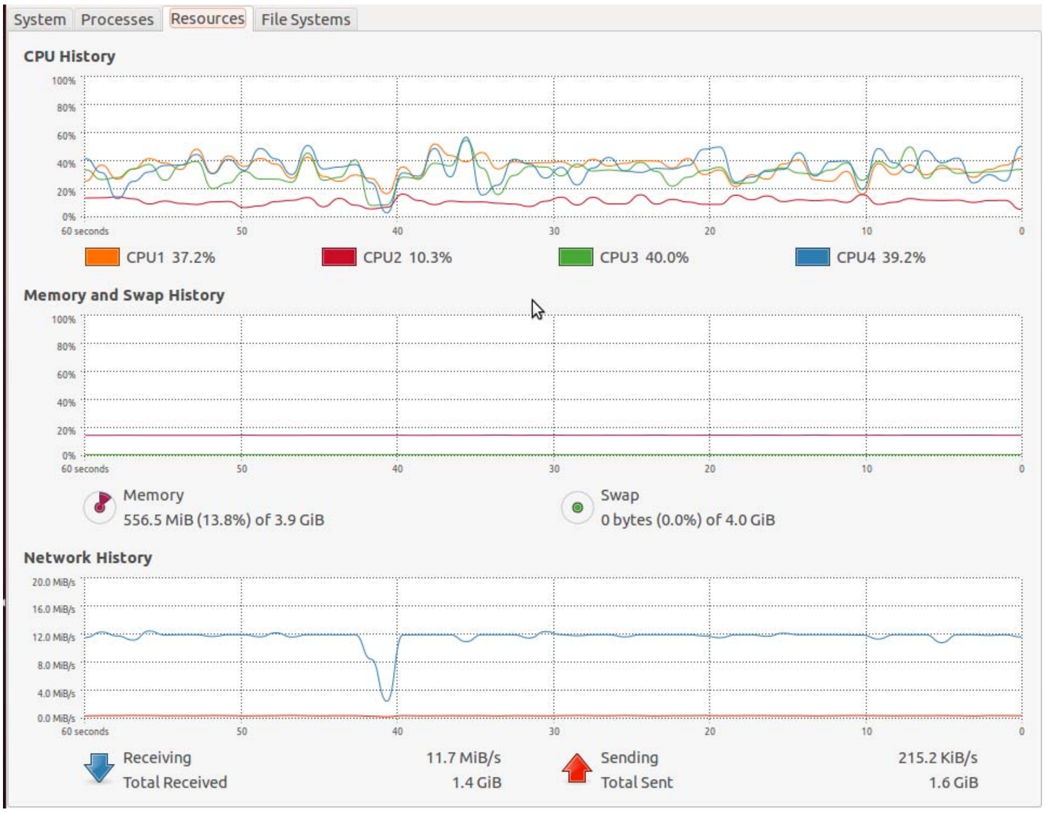


รูปที่ 4.53 ผลการทดลองแบบที่ 1 : Client 15 เครื่องบน Virtual hardware ด้วย System Monitor

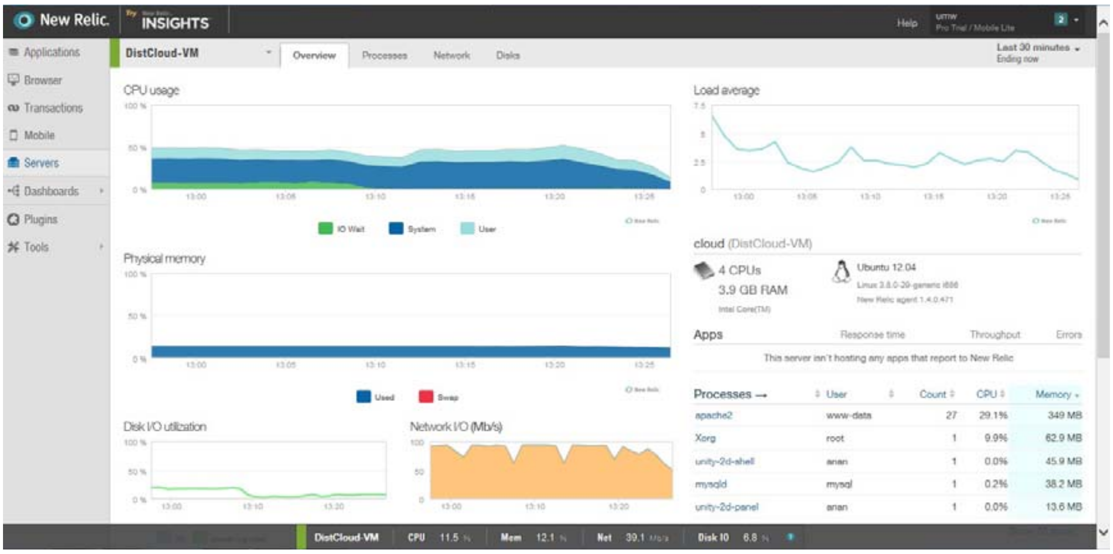


รูปที่ 4.54 ผลการทดลองแบบที่ 1 : Client 15 เครื่องบน Virtual hardware ด้วย New Relic

ผลทดลองแบบที่ 1 จำนวน Client 20 เครื่องบน Virtual hardware

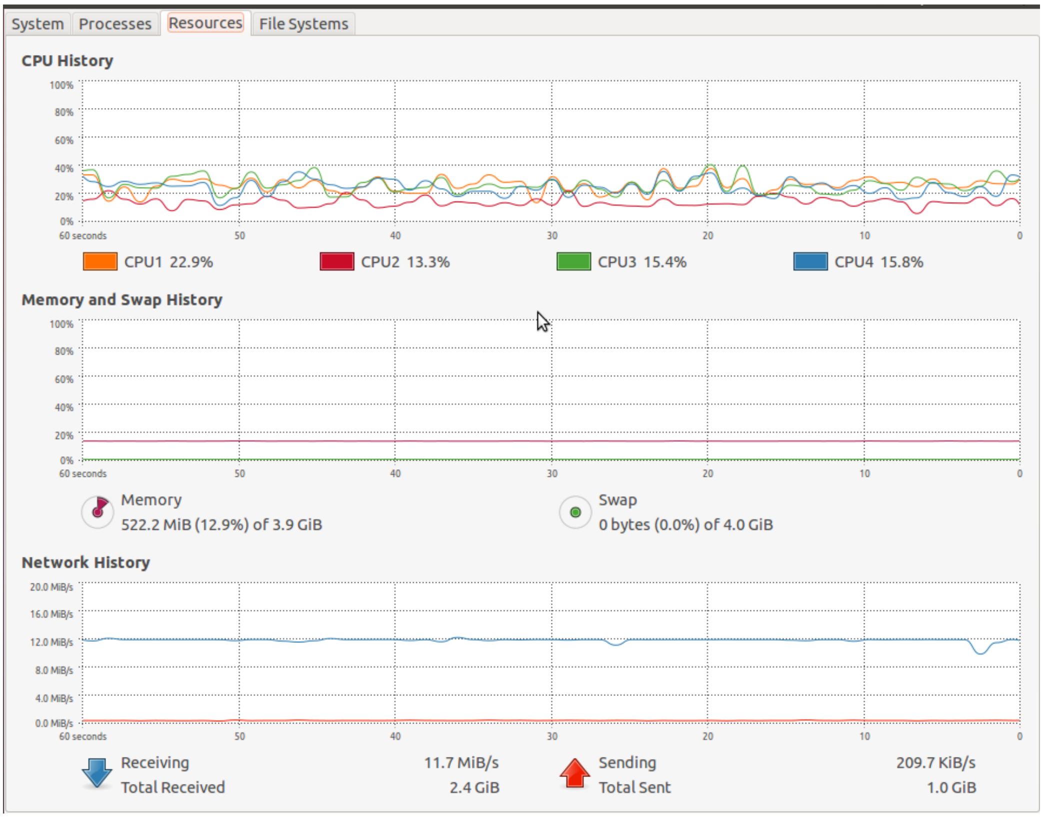


รูปที่ 4.55 ผลการทดลองแบบที่ 1 : Client 20 เครื่องบน Virtual hardware ด้วย System Monitor

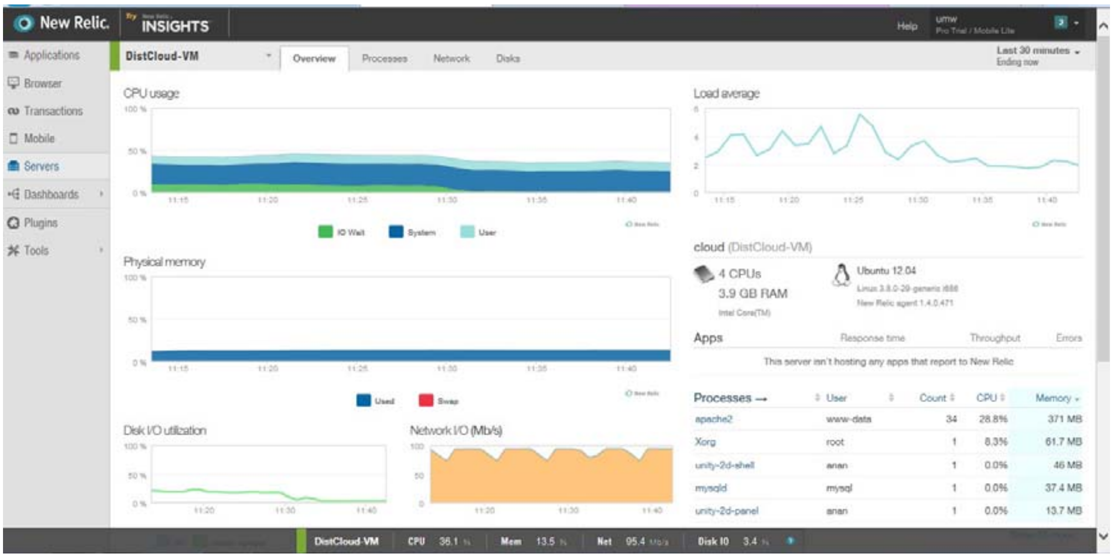


รูปที่ 4.56 ผลการทดลองแบบที่ 1 : Client 20 เครื่องบน Virtual hardware ด้วย New Relic

ผลทดลองแบบที่ 1 จำนวน Client 25 เครื่องบน Virtual hardware

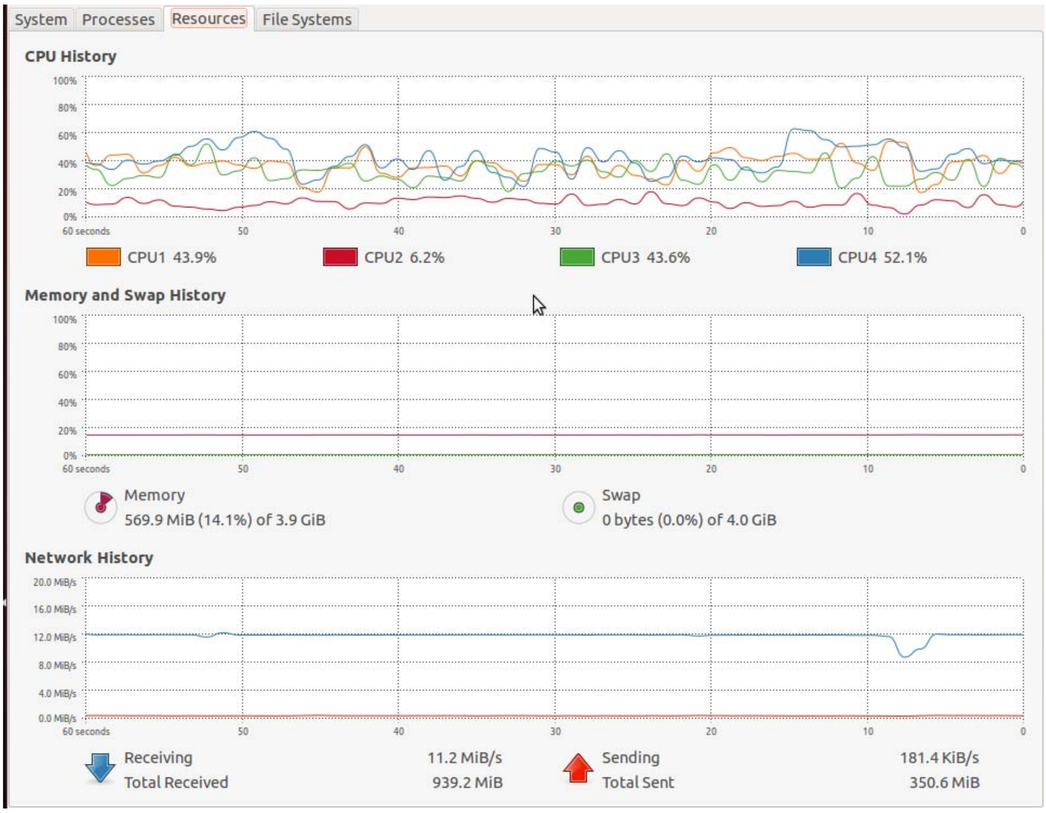


รูปที่ 4.57 ผลการทดลองแบบที่ 1 : Client 25 เครื่องบน Virtual hardware ด้วย System Monitor

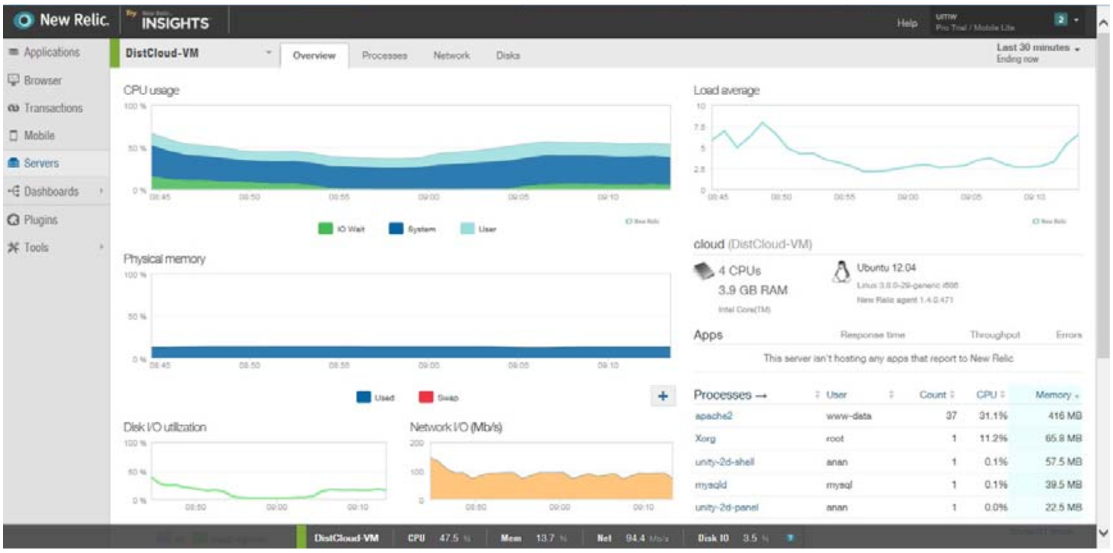


รูปที่ 4.58 ผลการทดลองแบบที่ 1 : Client 25 เครื่องบน Virtual hardware ด้วย New Relic

ผลทดลองแบบที่ 1 จำนวน Client 30 เครื่องบน Virtual hardware



รูปที่ 4.59 ผลการทดลองแบบที่ 1 : Client 30 เครื่องบน Virtual hardware ด้วย System Monitor



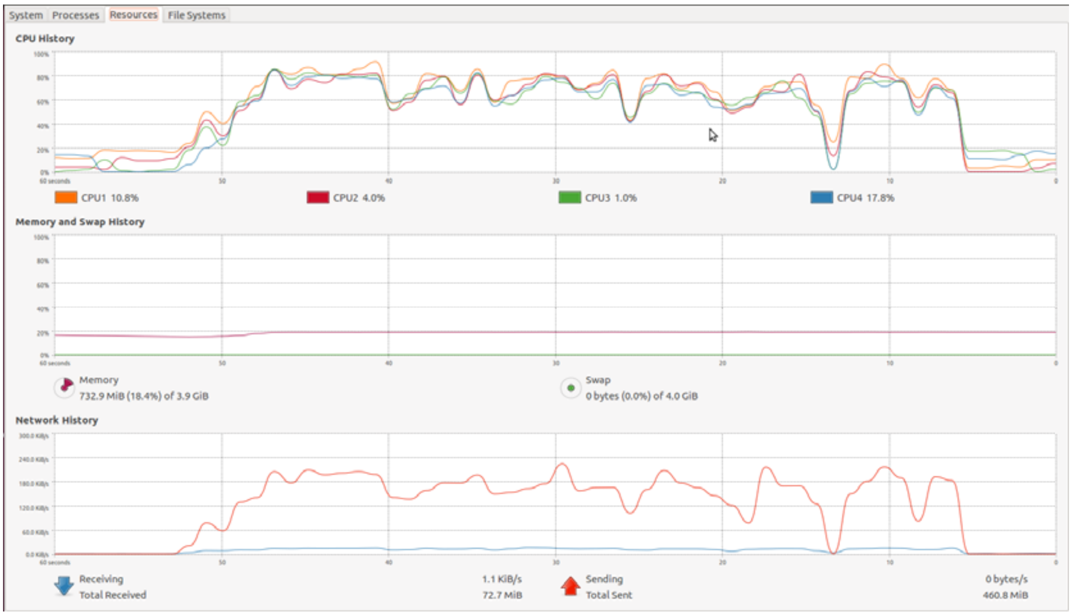
รูปที่ 4.60 ผลการทดลองแบบที่ 1 : Client 30 เครื่องบน Virtual hardware ด้วย New Relic

4.4.1.2 การทดลองแบบที่ 2 การทดลองโดยทำการจำลองสร้าง Connection ด้วยโปรแกรม Apache JMeter ในจำนวน Connection ที่แตกต่างกันและทำการติดตามการทำงานของ Server ด้วย System Monitor ตามรูปที่ 4.10 โดยมีผลการทดลองดังนี้

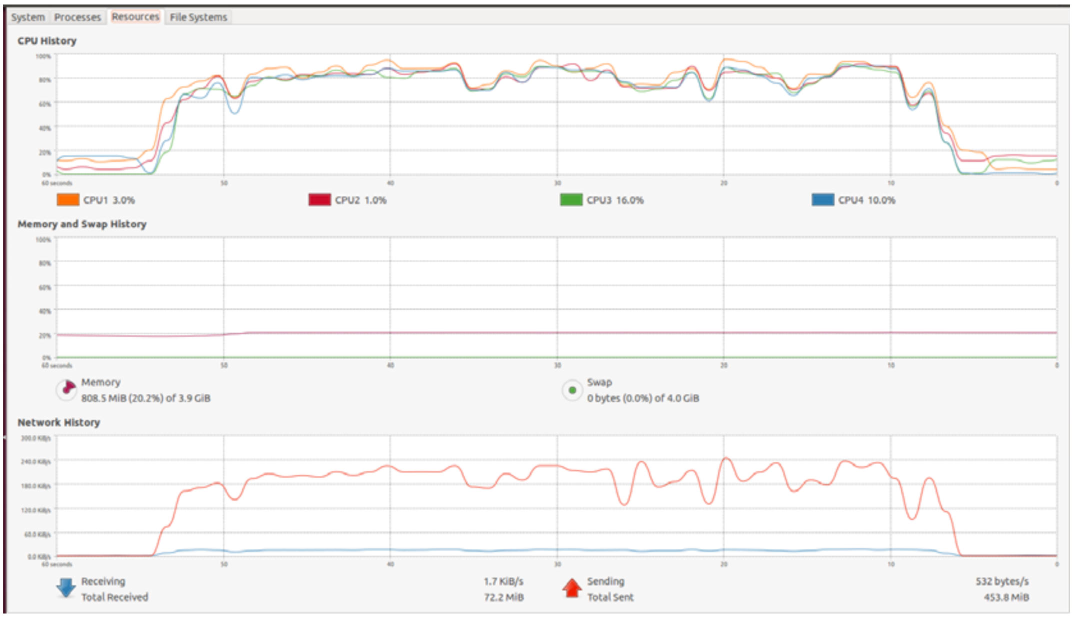
การทดลองแบบที่ 2 การจำลอง Connection บน Physical hardware

รูปที่ 4.61 ผลการทดลองแบบที่ 2 : จำลอง 10 Connection บน Physical hardware

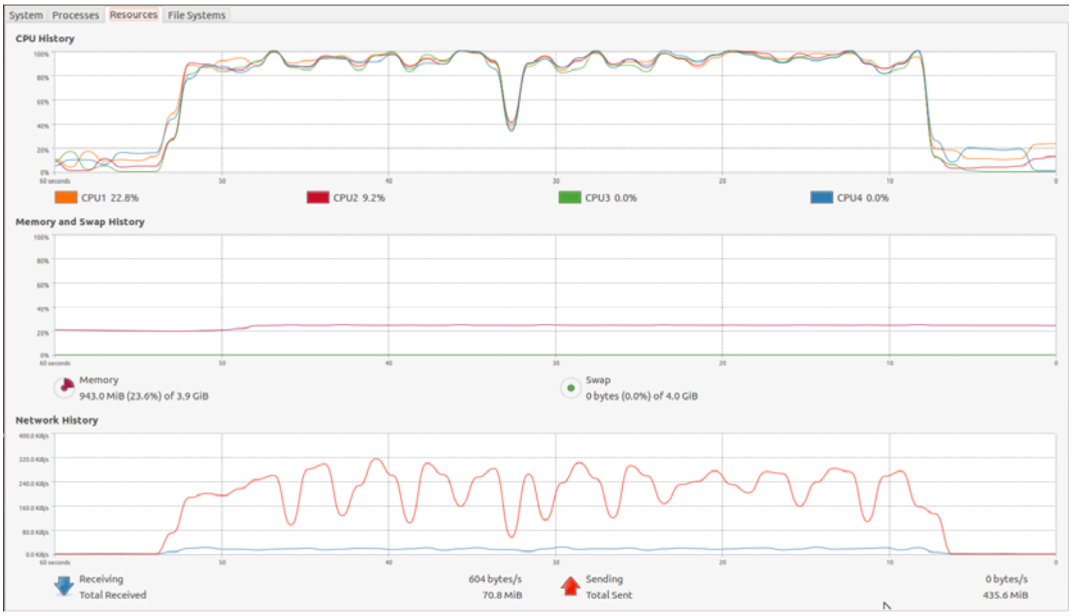
รูปที่ 4.62 ผลการทดลองแบบที่ 2 : จำลอง 20 Connection บน Physical hardware



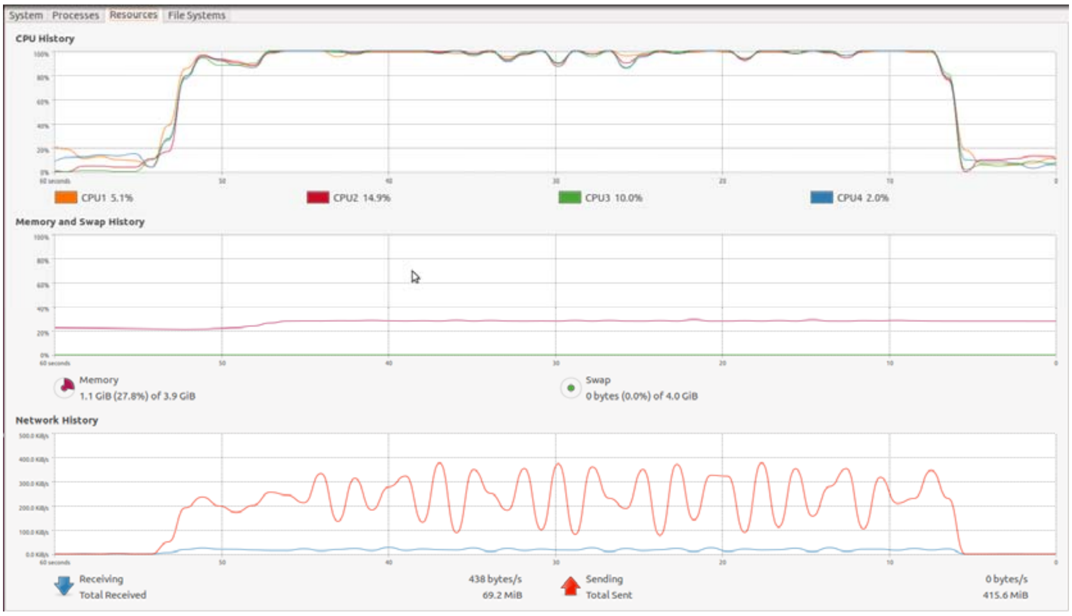
รูปที่ 4.63 ผลการทดลองแบบที่ 2 : จำลอง 30 Connection บน Physical hardware



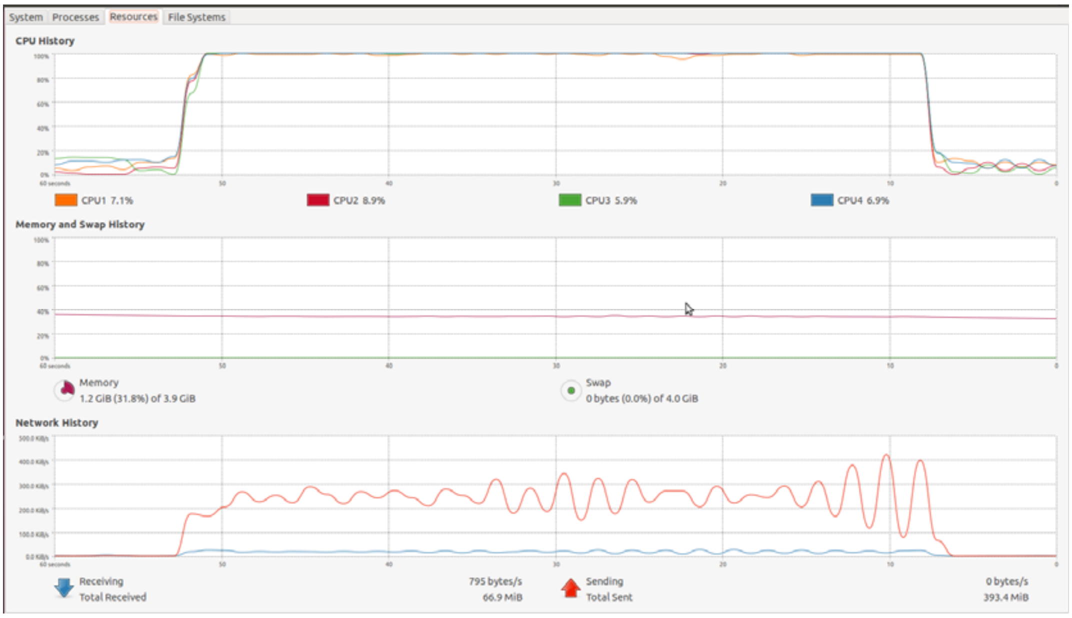
รูปที่ 4.64 ผลการทดลองแบบที่ 2 : จำลอง 40 Connection บน Physical hardware



รูปที่ 4.65 ผลการทดลองแบบที่ 2 : จำลอง 60 Connection บน Physical hardware



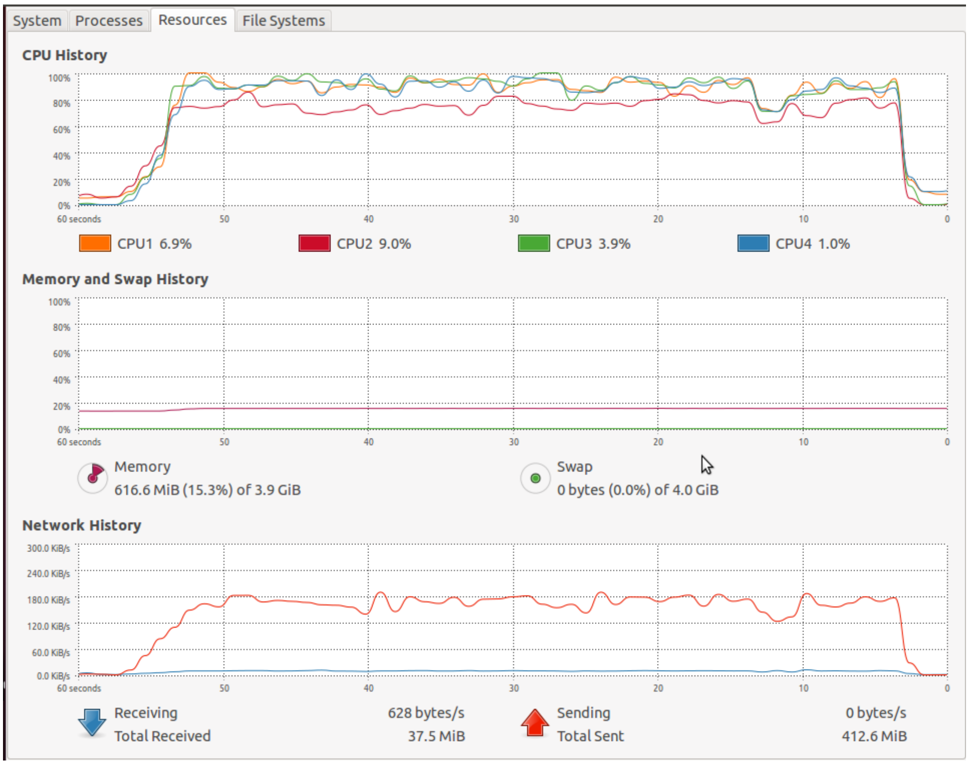
รูปที่ 4.66 ผลการทดลองแบบที่ 2 : จำลอง 80 Connection บน Physical hardware



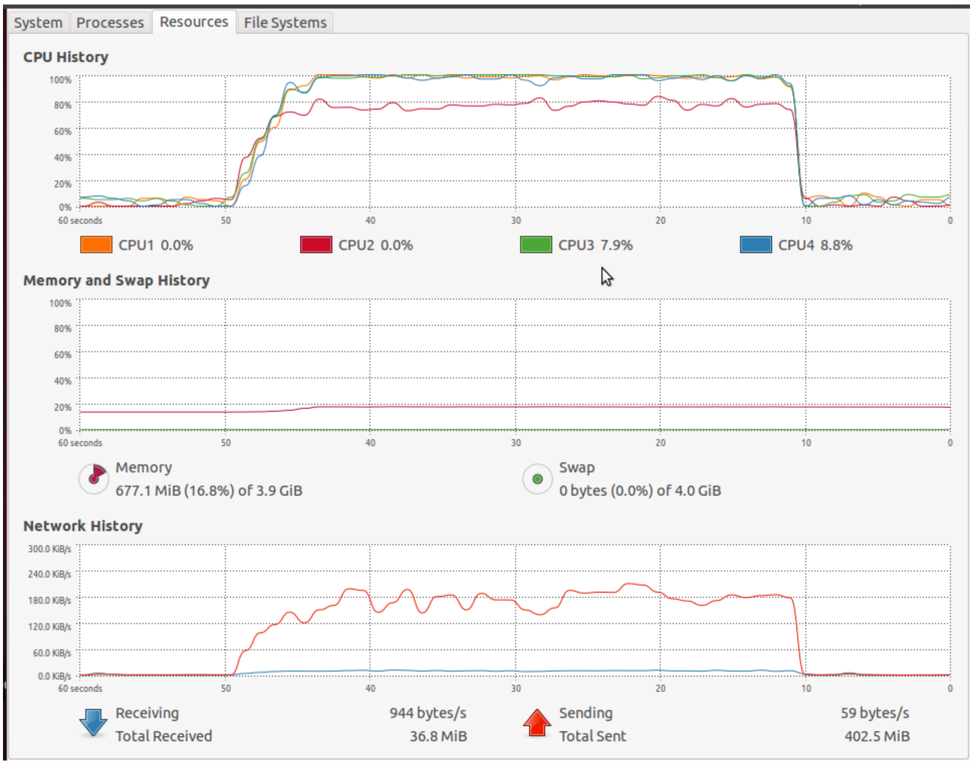
รูปที่ 4.67 ผลการทดลองแบบที่ 2 : จำลอง 100 Connection บน Physical hardware

การทดลองแบบที่ 2 การจำลอง Connection บน Virtual hardware

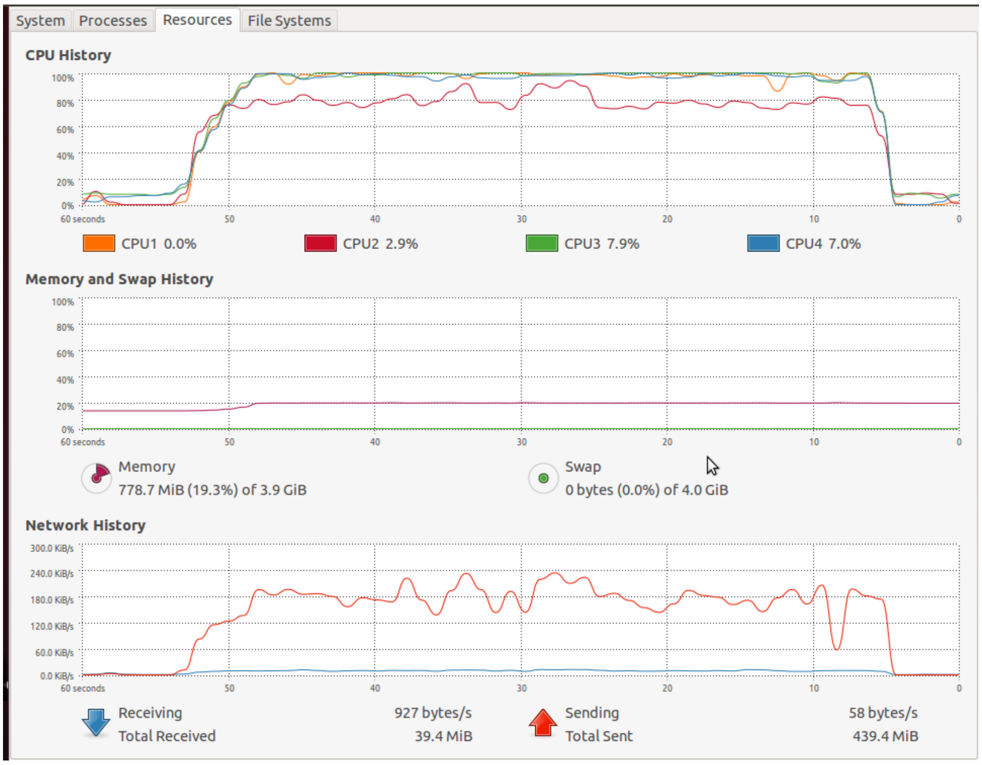
รูปที่ 4.68 ผลการทดลองแบบที่ 2 : จำลอง 10 Connection บน Virtual hardware



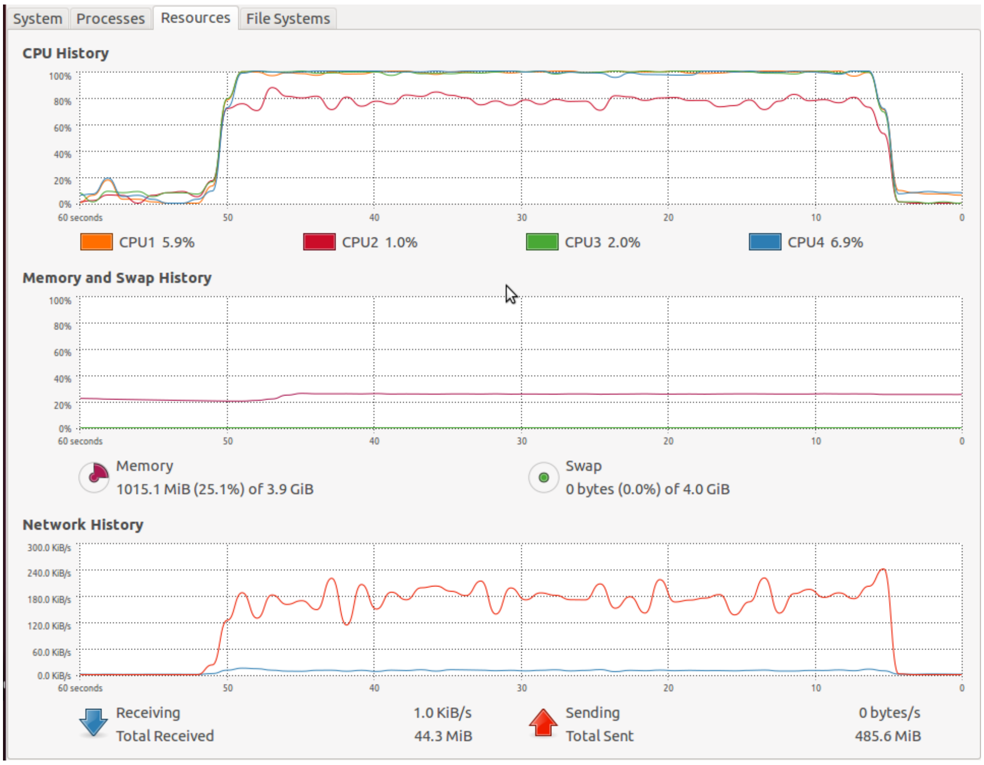
รูปที่ 4.69 ผลการทดลองแบบที่ 2 : จำลอง 20 Connection บน Virtual hardware



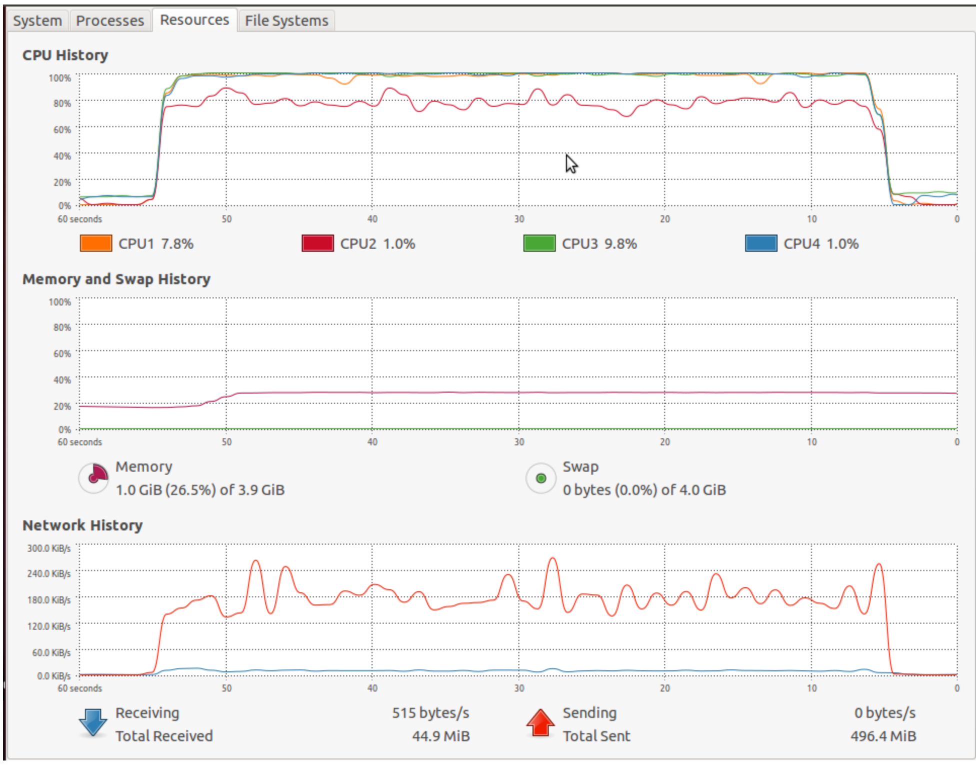
รูปที่ 4.70 ผลการทดลองแบบที่ 2 : จำลอง 30 Connection บน Virtual hardware



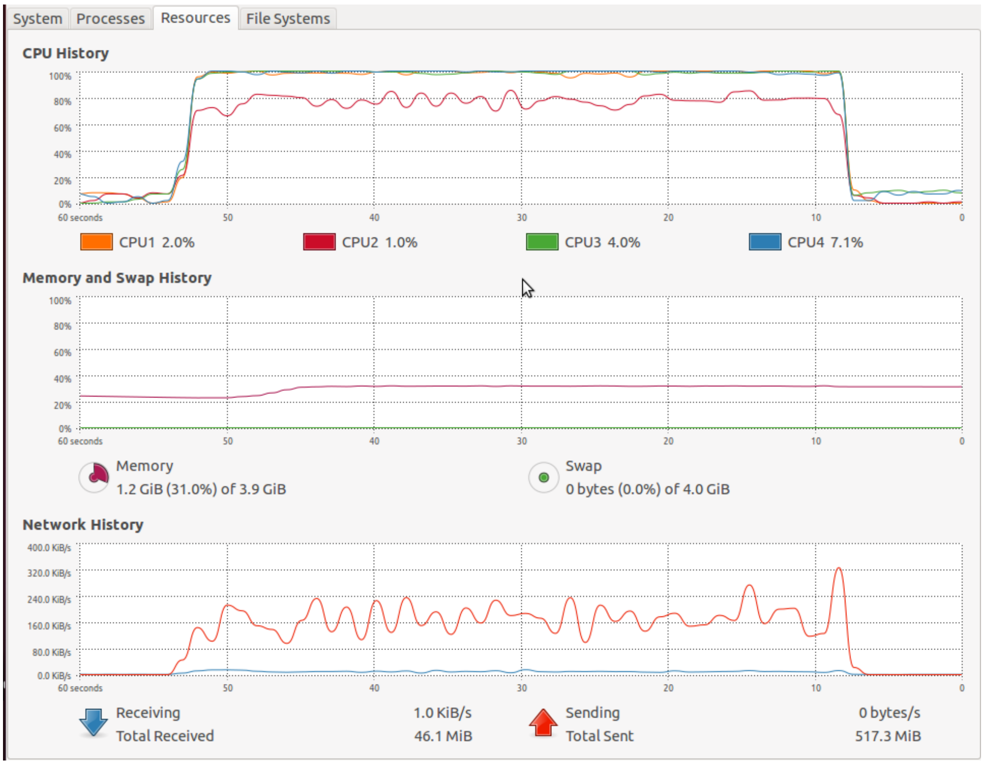
รูปที่ 4.71 ผลการทดลองแบบที่ 2 : จำลอง 40 Connection บน Virtual hardware



รูปที่ 4.72 ผลการทดลองแบบที่ 2 : จำลอง 60 Connection บน Virtual hardware



รูปที่ 4.73 ผลการทดลองแบบที่ 2 : จำลอง 80 Connection บน Virtual hardware



รูปที่ 4.74 ผลการทดลองแบบที่ 2 : จำลอง 100 Connection บน Virtual hardware

4.4.2 ประเมินผล

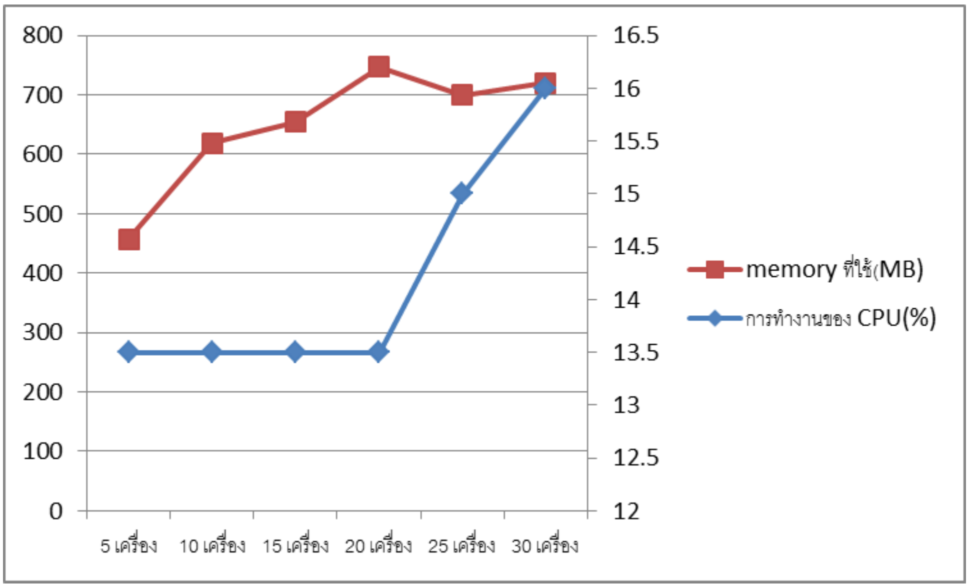
จากผลการทดลองสามารถสรุปให้อยู่ในรูปตารางเพื่อให้สามารถนำมาวิเคราะห์ได้ง่ายขึ้น ดังนี้

ตารางบันทึกผลการทดลองแบบที่ 1 เป็นการทดลองโดยทำการโอนข้อมูลขนาด 2 GB จากเครื่อง client ขึ้นไปเก็บไว้บน Cloud Server ที่ทำงานด้วย Physical hardware โดยวัดการทำงานด้วยโปรแกรม System monitor นำข้อมูลที่สำคัญมาบันทึกได้ ดังนี้

ตารางที่ 4.1 สรุปผลการทดลองแบบที่ 1 ที่บันทึกผลด้วย System Monitor บน Physical hardware

จำนวน Client	% การทำงานของ CPU	Memory ที่ใช้(MB)	Network(Mbps)
5 เครื่อง	ช่วงการทำงาน 5-22%	456.9	เกือบ 100 ตกมาที่ 0 บ้าง
10 เครื่อง	ช่วงการทำงาน 5-22%	618.3	100 ตกมาเล็กน้อยบางช่วง
15 เครื่อง	ช่วงการทำงาน 5-22%	654.4	100
20 เครื่อง	ช่วงการทำงาน 5-22%	746.9	100
25 เครื่อง	ช่วงการทำงาน 8-22%	699.6	100
30 เครื่อง	ช่วงการทำงาน 10-22%	720.5	100

จากข้อมูลในตารางสามารถนำข้อมูลจำนวน Client, % การทำงานของ CPU และ Memory ที่ใช้มา plot กราฟได้ ดังรูป



รูปที่ 4.75 กราฟสรุปผลการทดลองแบบที่ 1 ที่บันทึกผลด้วย System Monitor บน Physical hardware

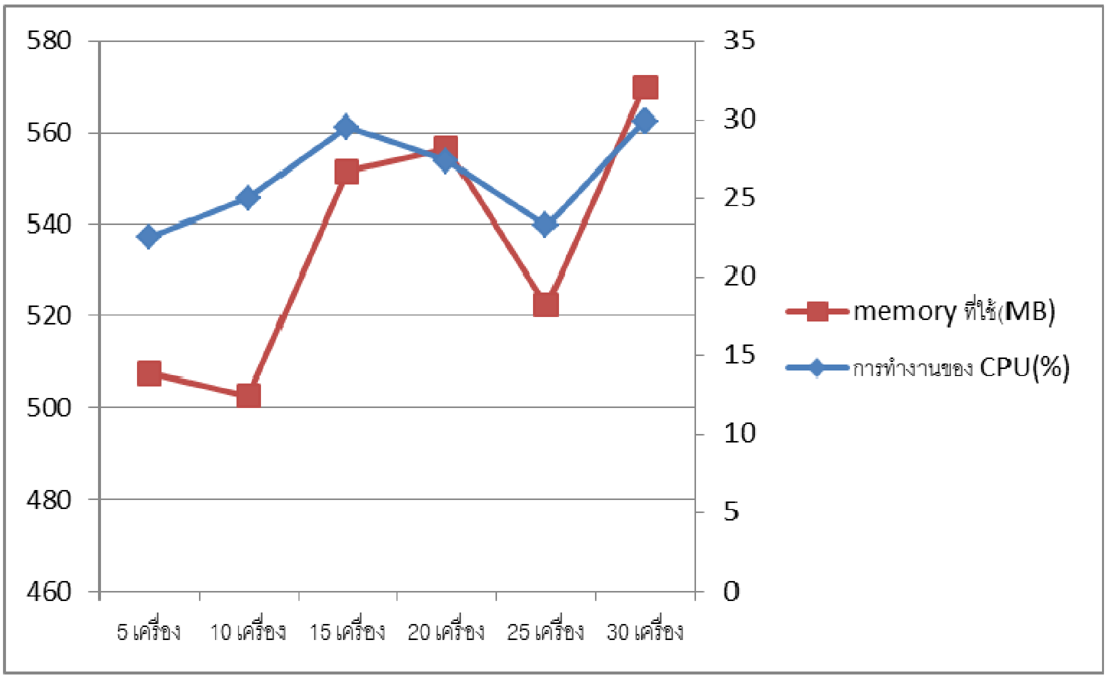
ผลการทดลองแบบที่ 1 จากการทดลองบน Physical hardware โดยบันทึกผลด้วย System Monitor และดูข้อมูลจากตารางที่ 4.1 และกราฟในรูปที่ 4.75 เมื่อดูการทำงานของ CPU จะเห็นว่าจะมีการใช้การทำงานค่อนข้างน้อยคือ มีการทำงานที่มีความแกว่ง เมื่อมีเครื่อง Client จำนวน 5-20 เครื่องมีการใช้งาน CPU ใกล้เคียงกันคือมีการทำงานแกว่งอยู่ที่ 5-22% และเมื่อมีการเชื่อมต่อจาก Client เป็น 25 และ 30 เครื่อง CPU จะมีการทำงานขยับสูงขึ้นเป็น 8-22% และ 10-22% ตามลำดับ ในส่วนของการใช้งาน Memory เมื่อดูตารางบันทึกข้อมูลการใช้งานจะสังเกตเห็นว่ามีแนวโน้มการใช้งานเพิ่มสูงขึ้นตามปริมาณของจำนวนเครื่อง Client ที่ทำการเชื่อมต่อใช้งานกับ Server โดยมีการใช้งาน Memory ต่ำที่สุดอยู่ที่ 456.9 MB เมื่อมีการเชื่อมต่อจากเครื่อง Client จำนวน 5 เครื่อง และจะมีการใช้งานเพิ่มมากขึ้นเรื่อยจนกระทั่งมีการเชื่อมต่อด้วย Client จำนวน 30 เครื่องจะมีการใช้งาน Memory อยู่ที่ประมาณ 720 MB แต่ในการทดลองในขณะที่มี Client เชื่อมต่อจำนวน 20 เครื่องได้มีการใช้งาน Memory สูงที่สุดถึง 746.9 MB ซึ่งอาจจะเป็นสาเหตุมาจากมี Process การทำงานอย่างอื่นอยู่ด้วยจึงทำให้มีการใช้งาน Memory สูงกว่าปกติ สุดท้ายเมื่อดูการทำงานของ Network จะเห็นว่ามีการทำงานอยู่ที่ 100 Mbps ซึ่งเป็นข้อจำกัดของโครงสร้างของระบบเครือข่ายที่ติดตั้ง Network Switch ที่รองรับ Bandwidth ได้เพียง 100 Mbps แต่เมื่อดูความต่อเนื่องของการทำงานในส่วนของเครือข่าย เมื่อมีการ Connect จากเครื่อง Client จำนวน 5 เครื่องจะมีการใช้งาน 100 Mbps แต่มีบางช่วงของการใช้งานระบบเครือข่ายตกมา 0 Mbps จากนั้นเมื่อมีการนำเครื่อง Client มาเชื่อมต่อจำนวน 10 เครื่อง จะมีการทำงาน 100 Mbps แต่มีบางช่วงของการใช้งานการทำงานของ Network ตกลงมาบ้างเล็กน้อย และเมื่อมีการใช้งานพร้อมๆกันตั้งแต่ 15 – 30 เครื่อง ระบบเครือข่ายจะมีการทำงานที่ 100 Mbps ตลอดเวลา ดังนั้นจะเห็นแนวโน้มการใช้งาน Network มากขึ้นเมื่อมีจำนวน Client สูงขึ้น

ตารางบันทึกผลการทดลองแบบที่ 1 เป็นการทดลองโดยทำการโอนข้อมูลขนาด 2 GB จากเครื่อง Client ขึ้นไปเก็บไว้บน Cloud Server ที่ทำงานด้วย Virtual hardware โดยวัดการทำงานด้วยโปรแกรม System monitor นำข้อมูลที่สำคัญมาบันทึกได้ ดังนี้

ตารางที่ 4.2 สรุปผลการทดลองแบบที่ 1 ที่บันทึกผลด้วย System Monitor บน Virtual hardware

จำนวน Client	% การทำงานของ CPU	Memory ที่ใช้(MB)	Network(Mbps)
5 เครื่อง	ช่วงการทำงาน 15-30%	507.6	100 ตกมาที่ 0 บ้าง
10 เครื่อง	ช่วงการทำงาน 12-38%	502.6	100 ตกมาที่ 0 บ้าง
15 เครื่อง	ช่วงการทำงาน 30-42% 3 Core ประมาณ 10% 1 Core	551.5	100 ตกมาที่ 35 บ้าง
20 เครื่อง	ช่วงการทำงาน 25-40% 3 Core ประมาณ 12% 1 Core	556.5	100 ตกมาที่ 25 บ้าง
25 เครื่อง	ช่วงการทำงาน 22-32% 3 Core ประมาณ 12% 1 Core	522.2	100 ตกมาเล็กน้อยในบางช่วง
30 เครื่อง	ช่วงการทำงาน 28-45% 3 Core ประมาณ 10% 1 Core	569.9	100 ตกมาเล็กน้อยในบางช่วง

จากข้อมูลในตารางสามารถนำข้อมูลจำนวน Client, % การทำงานของ CPU และ Memory ที่ใช้มา plot กราฟได้ ดังรูป



รูปที่ 4.76 กราฟสรุปผลการทดลองแบบที่ 1 ที่บันทึกผลด้วย System Monitor บน Virtual hardware

ผลการทดลองแบบที่ 1 จากการทดลองบน Virtual hardware โดยบันทึกผลด้วย System Monitor และดูข้อมูลจากตารางที่ 4.2 และกราฟในรูปที่ 4.76 เมื่อดูการทำงานของ CPU จะเห็นว่าจะมีการใช้การทำงานค่อนข้างน้อยถึงปานกลาง คือ มีการทำงานที่มีความแกว่งอยู่ในช่วงตั้งแต่ 15-30% เมื่อมีเครื่อง Client จำนวน 5 เครื่อง จนถึง 28-45% เมื่อมีเครื่อง Client จำนวน 30 เครื่อง ซึ่งมีแนวโน้มสูงขึ้นตามจำนวนเครื่อง Client ที่มีการเชื่อมต่อ แต่จำนวนเครื่อง Client ตั้งแต่ 15 เครื่อง จนถึง 30 เครื่อง จะเห็นได้ชัดว่าการทำงานของ CPU จากทั้งหมด 4 Core จะมีการทำงานที่เท่าๆ กัน จำนวน 3 Core และจะมี 1 Core ที่มีการทำงานต่ำกว่า Core อื่นๆ โดยมีค่าการทำงานอยู่ประมาณ 10 – 12% ซึ่งน่าจะเป็นผลจากการจัดสรรแบ่งการทำงานให้กับ CPU แต่ละตัวของโปรแกรม Oracle VirtualBox ยังทำได้ไม่ดีนัก เมื่อเทียบกับการทำงานของ CPU ที่ทำงานบน Physical hardware แล้วจะพบว่า ค่าเฉลี่ยการทำงานของ CPU ที่ทำงานบน Physical hardware มีการทำงานต่ำกว่าการทำงานของ CPU บน Virtual hardware จากนั้นเมื่อพิจารณาทำงานในส่วนของการใช้งาน Memory บน Virtual hardware เมื่อดูตารางบันทึกข้อมูลการใช้งานจะสังเกตเห็นว่ามีแนวโน้มการใช้งานเพิ่มสูงขึ้นตามปริมาณของจำนวนเครื่อง Client ที่ทำการเชื่อมต่อใช้งานกับ Server โดยมีการใช้งาน Memory ต่ำที่สุดอยู่ที่ 502.6 MB เมื่อมีการเชื่อมต่อจากเครื่อง Client จำนวน 10 เครื่อง และจะมีการใช้งานเพิ่มมากขึ้นเรื่อยจนกระทั่งมีการเชื่อมต่อด้วย Client จำนวน 30 เครื่องจะมีการใช้งาน Memory อยู่ที่ประมาณ 569.9 MB ซึ่งต่างกันไม่มาก และเมื่อเทียบกับการทำงานของ Memory ที่ทำงานบน Physical hardware แล้วปรากฏว่าเมื่อมีการใช้งานของเครื่อง Client จำนวน 5 เครื่องบน Physical hardware จะใช้งาน Memory น้อยกว่าการทำงานบน Virtual hardware แต่เมื่อมีจำนวนเครื่อง Client เพิ่มขึ้น Physical hardware จะมีการใช้ Memory เพิ่มขึ้นมากกว่าการทำงานบน Virtual hardware และเมื่อดูการทำงานของ Network จะเห็นว่ามีการทำงานอยู่ที่ 100 Mbps ซึ่งเป็นข้อจำกัดของโครงสร้างของระบบเครือข่ายที่ติดตั้ง Network Switch ที่รองรับ Bandwidth ได้เพียง 100 Mbps เช่นกัน แต่เมื่อดูความต่อเนื่องของการทำงานในส่วนของเครือข่าย เมื่อมีการ Connect จากเครื่อง Client จำนวน 5 เครื่องและ 10 เครื่องจะมีการใช้งาน 100 Mbps แต่มีบางช่วงของการใช้งานระบบเครือข่ายมีค่าเฉลี่ยตกมาที่ 0 Mbps จากนั้นเมื่อมีการนำเครื่อง Client มาเชื่อมต่อจำนวน 15 เครื่อง จะมีการทำงาน 100 Mbps แต่มีบางช่วงของการใช้งานระบบเครือข่ายมีค่าเฉลี่ยตกมาที่ 35 Mbps เมื่อ Client มีจำนวน 20 เครื่อง มีการทำงานที่ 100 Mbps และจะมีบางช่วงของการใช้งานระบบเครือข่ายมีค่าเฉลี่ยตกมาที่ 25 Mbps และเมื่อมีการใช้งานพร้อมๆกันตั้งแต่ 25 – 30 เครื่อง ระบบเครือข่ายจะมีการทำงานที่ 100 Mbps และจะมีบางช่วงของการใช้งานระบบเครือข่ายมีค่าเฉลี่ยตกลงมาเล็กน้อย เมื่อเปรียบเทียบการทำงานด้าน Network ของ Hardware ทั้ง 2 แบบ จะเห็นว่าการทำงานด้าน Network ของ Physical hardware

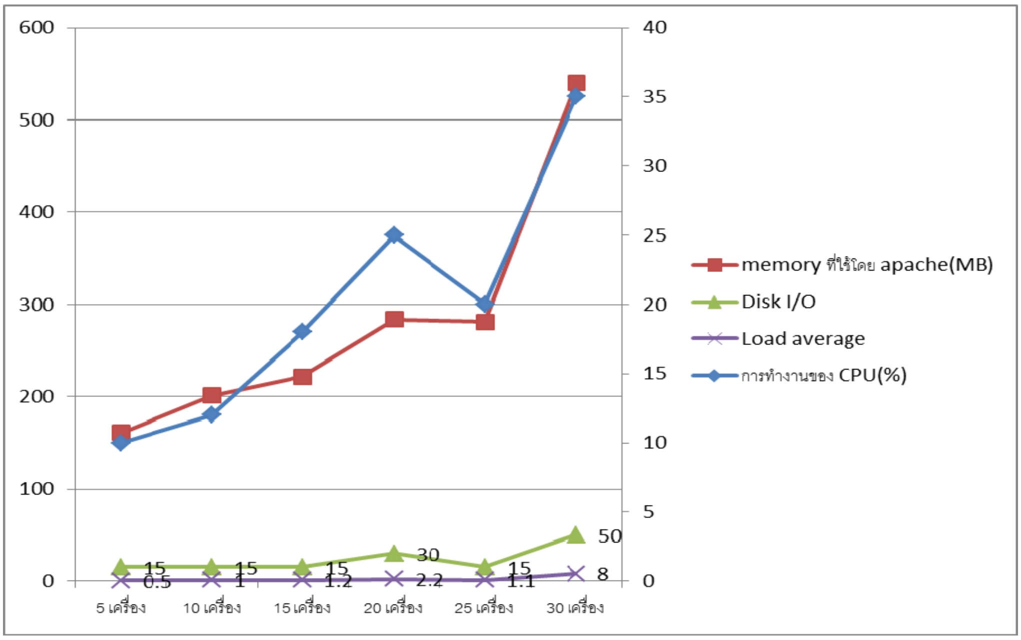
มีการทำงานที่มีความต่อเนื่องมากกว่า Virtual hardware โดยสังเกตได้จากเมื่อมีจำนวนเครื่อง Client จำนวนมาก Network จะทำงานอย่างต่อเนื่องค่าเฉลี่ย Bandwidth ของ Network ไม่ตกลงมา

ตารางบันทึกผลการทดลองแบบที่ 1 เป็นการทดลองโดยทำการโอนข้อมูลขนาด 2 GB จากเครื่อง Client ขึ้นไปเก็บไว้บน Cloud Server ที่ทำงานด้วย Physical hardware โดยวัดการทำงานด้วยโปรแกรม New relic นำข้อมูลที่สำคัญมาบันทึกได้ ดังนี้

ตารางที่ 4.3 สรุปผลการทดลองแบบที่ 1 ที่บันทึกผลด้วย New Relic บน Physical hardware

จำนวน Client	% การทำงานของ CPU	Memory ที่ใช้โดย Apache(MB)	Disk I/O	Load average
5 เครื่อง	10	161	15	0.5
10 เครื่อง	12	201	15	1
15 เครื่อง	18	222	15	1.2
20 เครื่อง	25	284	30	2.2
25 เครื่อง	20	281	15	1.1
30 เครื่อง	35	540	50	8

จากข้อมูลในตารางสามารถนำข้อมูลมา plot กราฟได้ ดังรูป



รูปที่ 4.77 กราฟสรุปผลการทดลองแบบที่ 1 ที่บันทึกผลด้วย New Relic บน Physical hardware

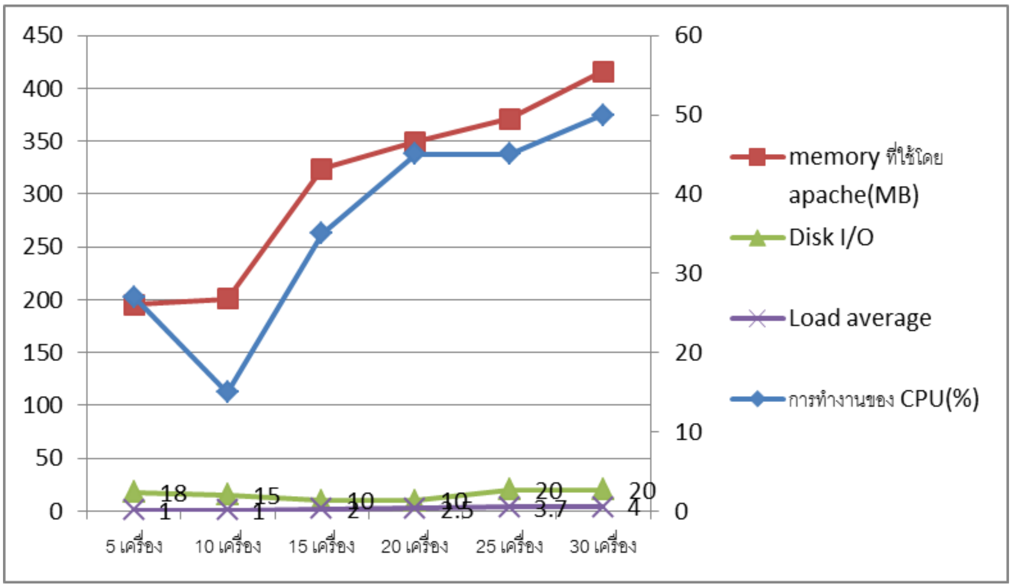
ผลการทดลองแบบที่ 1 จากการทดลองบน Physical hardware โดยบันทึกผลด้วย New Relic และดูข้อมูลจากตารางที่ 4.3 และกราฟในรูปที่ 4.77 การบันทึกการทำงานด้วยโปรแกรม New Relic แตกต่างจากการบันทึกค่าด้วย System Monitor ตรงที่ System Monitor สามารถติดตามผลได้เพียงช่วงเวลาสั้นๆคือภายในช่วงเวลา 1 นาที แต่ New Relic สามารถติดตามบันทึกผลได้ในช่วงเวลา 30 นาที จึงสามารถดูการทำงานของ Server ได้ในค่าเฉลี่ยหรือในภาพรวมของการทำงานได้ดีกว่า จากผลการทดลองเมื่อดูการทำงานของ CPU ค่าเฉลี่ยต่ำสุดอยู่ในช่วง 10% เมื่อมีเครื่อง Client จำนวน 5 เครื่อง และมีค่าเฉลี่ยสูงสุดอยู่ที่ 35% เมื่อมีเครื่อง Client จำนวน 30 เครื่อง โดยมีแนวโน้มมีการทำงานของ CPU สูงขึ้นเมื่อมีจำนวน Client มากขึ้น เมื่อดูการใช้งาน Memory ที่มีการใช้โดยโปรแกรม Apache โดยเมื่อมี Client จำนวน 5 เครื่อง มีการใช้ Memory ขนาด 161 MB และจะมีการใช้งาน Memory ขนาด 540 MB เมื่อมี Client จำนวน 30 เครื่อง โดยมีแนวโน้มการใช้ Memory ในขนาดที่มากขึ้นเมื่อมีจำนวน Client มากขึ้น การใช้งาน Disk I/O จะมีการทำงานอยู่ในช่วง 15 – 50% เมื่อมี Client จำนวน 5, 10, 15 และ 25 เครื่อง มีการใช้งานเฉลี่ยใกล้เคียงกันที่ประมาณ 15% และมีการทำงานสูงที่สุด 50% เมื่อมี Client จำนวน 30 เครื่อง แต่เมื่อย้อนกลับไปดูผลการบันทึกจากโปรแกรมโดยตรงจะเห็นว่า Disk I/O จะมีการทำงาน 100% เป็นบางช่วงอันเนื่องมาจากเมื่อมีการ Transfer file ครบ 100% แล้วจะมีกระบวนการนำชิ้นส่วนต่างๆ ของ files ที่มารวมเป็นไฟล์เดียวกันจึงมีการอ่านและเขียนบน Hard disk ทำให้มีการทำงาน 100% แต่เมื่อดูในภาพรวมแล้วก็ยังมีแนวโน้มมีการทำงานสูงขึ้นตามจำนวน Client ที่มากขึ้นเช่นกัน สุดท้ายเป็นการดู Load average ซึ่งมีการทำงานค่อนข้างต่ำ คือเมื่อ Client จำนวน 5 เครื่อง มี Load average ประมาณ 0.5% และมีการทำงานมากขึ้นตามจำนวน Client ที่มากขึ้น โดยมีการทำงานมากที่สุด 8% เมื่อมี Client จำนวน 30 เครื่อง ในภาพรวมจะเห็นว่าเมื่อมีจำนวน Client มากขึ้น Server ก็จะทำงานหนักขึ้น

ตารางบันทึกผลการทดลองแบบที่ 1 เป็นการทดลองโดยทำการโอนข้อมูลขนาด 2 GB จากเครื่อง client ขึ้นไปเก็บไว้บน Cloud Server ที่ทำงานด้วย Virtual hardware โดยวัดการทำงานด้วยโปรแกรม New relic นำข้อมูลที่สำคัญมาบันทึกได้ ดังนี้

ตารางที่ 4.4 สรุปผลการทดลองแบบที่ 1 ที่บันทึกผลด้วย New Relic บน Virtual hardware

จำนวน Client	**% การทำงานของ CPU**	**Memory ที่ใช้โดย Apache(MB)**	**Disk I/O**	**Load average**
5 เครื่อง	27	195	18	1
10 เครื่อง	15	201	15	1
15 เครื่อง	35	324	10	2
20 เครื่อง	45	349	10	2.5
25 เครื่อง	45	371	20	3.7
30 เครื่อง	50	416	20	4

จากข้อมูลในตารางสามารถนำข้อมูลมา plot กราฟได้ ดังรูป



รูปที่ 4.78 กราฟสรุปผลการทดลองแบบที่ 1 ที่บันทึกผลด้วย New Relic บน Virtual hardware

ผลการทดลองแบบที่ 1 จากการทดลองบน Virtual hardware โดยบันทึกผลด้วย New Relic และดูข้อมูลจากตารางที่ 4.4 และกราฟในรูปที่ 4.78 การทำงานของ CPU ค่าเฉลี่ยต่ำสุดอยู่ในช่วง 15% เมื่อมีเครื่อง Client จำนวน 10 เครื่อง และมีค่าเฉลี่ยสูงสุด 50% เมื่อมีเครื่อง Client จำนวน 30 เครื่อง โดยมีแนวโน้มมีการทำงานของ CPU สูงขึ้นเมื่อมีจำนวน Client มากขึ้น เมื่อเปรียบเทียบการทำงานระหว่าง Physical hardware และ Virtual hardware จะสังเกตเห็นว่า

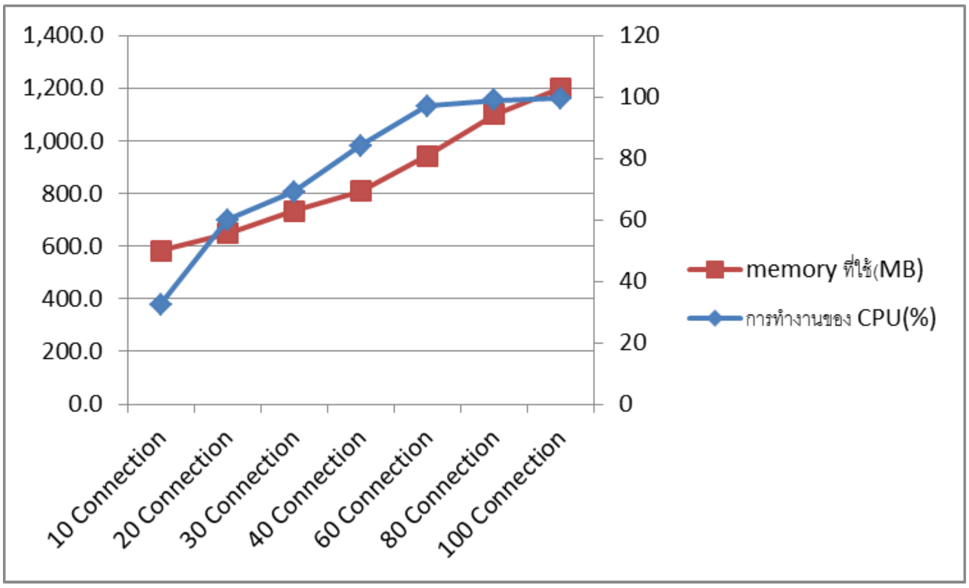
CPU ของ Virtual hardware มีการทำงานหนักกว่าเมื่อมีจำนวนเครื่อง Client เท่ากัน แต่มีแนวโน้มการทำงาน CPU ทำงานหนักขึ้นเมื่อมี Client มากขึ้นเช่นกัน ส่วนการใช้งาน Memory ที่มีการใช้โดยโปรแกรม Apache โดยเมื่อมี Client จำนวน 5 เครื่อง มีการใช้ Memory ต่ำที่สุดขนาด 195 MB และจะมีการใช้งาน Memory มากที่สุดขนาด 416 MB เมื่อมี Client จำนวน 30 เครื่อง โดยมีแนวโน้มการใช้ Memory ในขนาดที่มากขึ้นเมื่อมีจำนวน Client มากขึ้น เมื่อทำการเปรียบเทียบกับ Physical hardware และ Virtual hardware เมื่อ Client มีจำนวน 5 เครื่อง Physical hardware จะใช้ Memory น้อยกว่า และมีการใช้งาน Memory เท่ากันเมื่อมี Client จำนวน 10 เครื่อง และเมื่อมี Client จำนวนมากขึ้น Physical hardware จะมีการใช้ Memory มากขึ้นในอัตราที่สูงกว่า Virtual hardware ด้านการใช้งาน Disk I/O จะมีการทำงานอยู่ในช่วง 10 – 20% เมื่อมี Client จำนวน 15 และ 20 เครื่อง มีการทำงานเฉลี่ย 10% และมีการทำงานสูงที่สุด 20% เมื่อมี Client จำนวน 25 และ 30 เครื่อง เมื่อพิจารณาในการทำงานของ Disk I/O มีข้อสังเกตคือ ค่าเฉลี่ยที่ต่ำที่สุดไม่ได้อยู่บนการทำงานที่มี Client จำนวนน้อยที่สุด ดังนั้นในส่วนของการใช้งาน Disk I/O จึงไม่สามารถนำมาเปรียบเทียบได้ สุดท้ายเป็นการดู Load average ซึ่งมีการทำงานค่อนข้างต่ำเช่นเดียวกับการทำงานบน Physical hardware คือ เมื่อ Client จำนวน 5 และ 10 เครื่อง มี Load average ประมาณ 1% และมีการทำงานมากขึ้นตามจำนวน Client ที่มากขึ้น โดยมีการทำงานมากที่สุด 4% เมื่อมี Client จำนวน 30 เครื่อง ในภาพรวมจะเห็นว่าเมื่อมีจำนวน Client มากขึ้น Server ก็จะทำงานหนักขึ้น เมื่อทำการเปรียบเทียบระหว่าง Physical hardware และ Virtual hardware จะสังเกตว่าเป็นไปในลักษณะเดียวกันกับการใช้งาน Memory คือ การทำงานบน Physical hardware จะมี Load average เมื่อมี Client จำนวนน้อยจะมี Load average ต่ำกว่าแต่จะมีอัตราการเพิ่มขึ้นของ Physical hardware สูงกว่า Virtual hardware โดยจะมี Load average สูงกว่าเมื่อมี Client จำนวนมากขึ้น

ตารางบันทึกผลการทดลองแบบที่ 2 การทดลองโดยทำการจำลองสร้าง Connection ด้วยโปรแกรม Apache JMeter ในจำนวน Connection ที่แตกต่างกัน ที่ทำงานด้วย Physical hardware โดยวัดการทำงานด้วยโปรแกรม System monitor ดังนี้

ตารางที่ 4.5 สรุปผลการทดลองแบบที่ 2 ที่บันทึกผลด้วย System Monitor บน Physical hardware

จำนวน Connection	**% การทำงานของ CPU**	**Memory ที่ใช้(MB)**	**Network(Kbps)**
10 Connection	32.5	581.6	49
20 Connection	60	648.7	121.5
30 Connection	69	732.9	157.5
40 Connection	84	808.5	182.5
60 Connection	97	943	230
80 Connection	99	1,100	245
100 Connection	99.5	1,200	270

จากข้อมูลในตารางสามารถนำข้อมูลจำนวน Connection, % การทำงานของ CPU และ Memory ที่ใช้มา plot กราฟได้ ดังรูป



รูปที่ 4.79 กราฟสรุปผลการทดลองแบบที่ 2 ที่บันทึกผลด้วย System monitor บน Physical hardware

ผลการทดลองแบบที่ 2 จากการทดลองบน Physical hardware โดยบันทึกผลด้วย System Monitor และดูข้อมูลจากตารางที่ 4.5 และกราฟในรูปที่ 4.79 จากการใช้โปรแกรม Apache JMeter จำลอง Connection เพื่อดูการทำงานของ Server ว่าจะสามารถรองรับการเชื่อมต่อได้

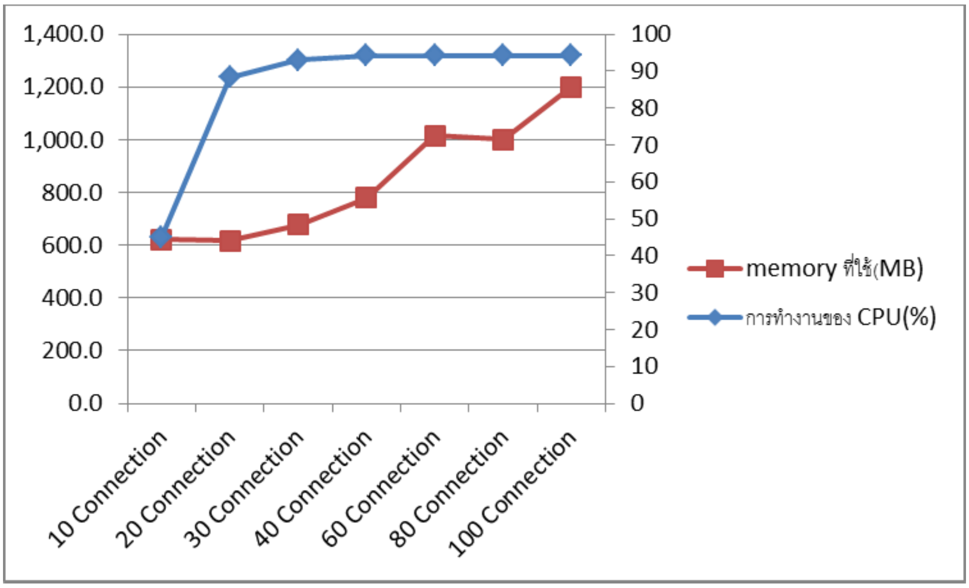
มากน้อยเพียงใดและ Server จะมีการทำงานอย่างไร โดยทำการทดลองสร้าง Connection ในจำนวนต่างๆ อย่างต่อเนื่องเป็นเวลาประมาณ 50 วินาที เพื่อให้สามารถเห็นการเปลี่ยนแปลงการทำงานของ Server ได้ตั้งแต่ก่อนสร้าง Connection, ระหว่างทำการสร้าง Connection และเมื่อหยุดการสร้าง Connection การทดลองนี้จึงใช้การวัดผลการทำงานของ Server ด้วย โปรแกรม System Monitor เพียงโปรแกรมเดียว ผลการทดลองของ Physical hardware เมื่อมีการจำลอง Connection จำนวน 10 Connection จะส่งผลให้ CPU มีการทำงานประมาณ 32.5% และเมื่อเพิ่มจำนวน Connection มากขึ้นจะส่งผลให้ CPU ทำงาหนักมากขึ้นเรื่อย จนกระทั่งมีการสร้าง Conection จำนวน 60 Connection จะทำให้ CPU ทำงานมากถึง 97% จากนั้น เมื่อมีการเพิ่มจำนวน Connection มากขึ้นไปอีกเป็น 80 และ 100 Connection จะทำให้ CPU ทำงานมากขึ้นอีกเพียงเล็กน้อย คือทำงาน 99% และ 99.5% แสดงให้เห็นว่า CPU ไม่สามารถรองรับ Connection เพิ่มขึ้นได้อีกถึงแม้ว่าจะเพิ่มจำนวน Connection ขึ้นไปอีกก็ไม่สามารถรองรับหรือตอบสนองได้ทั้งหมด โดยในทางปฏิบัติแล้วเมื่อมี Request มาจากเครื่องลูกข่ายแล้วมักจะต้องมีการ Process ให้กับแต่ละ Connection อีกด้วยซึ่งแต่ละ Process จะทำให้ CPU ทำงานมากขึ้นจำนวนหนึ่งซึ่งแล้วแต่งานว่าจะต้องใช้การทำงานของ CPU ปริมาณใด ดังนั้นถึงแม้ว่าการทดลองจะสามารถรองรับ Connection ได้เกือบ 60 Connection แต่ในการนำไปให้บริการจริงไม่น่าจะรองรับ Request ของ Connection เหล่านั้นได้ทั้งหมด ต่อมาเมื่อพิจารณาในส่วนของ Memory จะมีการใช้งาน 581.6 MB เมื่อมีจำนวน 10 Connection และจะมีการใช้งานมากขึ้นตามจำนวน Connection ที่เพิ่มมากขึ้น โดยจะมีการใช้งาน 1,200 MB เมื่อมีจำนวน 100 Connection เมื่อพิจารณาจาก Memory ของระบบมีขนาด 4 GB ระบบจึงยังคงรองรับได้ สุดท้าย เมื่อดูปริมาณการใช้งาน Network จะเห็นว่ามีปริมาณการใช้งานเพียงเล็กน้อยโดยจะมี Traffic เพิ่มขึ้นตามปริมาณ Connection คือ มีปริมาณ Traffic 49 Kbps เมื่อมีจำนวน 10 Connection และสูงขึ้นจนถึง 270 Kbps เมื่อมีจำนวน 100 Connection แสดงให้เห็นว่าการทดลองนี้ Traffic ที่มีการจำลองขึ้นจาก Apache JMeter มีปริมาณเพียงเล็กน้อยและเป็น Request ที่ไม่ต้องการให้ Server ส่ง Data กลับไปให้เพียงแต่ต้องการให้ Server ดำเนินการบางอย่างเท่านั้นจึงไม่สร้าง Traffic ขึ้นมาในระบบ

ตารางบันทึกผลการทดลองแบบที่ 2 การทดลองโดยทำการจำลองสร้าง Connection ด้วยโปรแกรม Apache JMeter ในจำนวน Connection ที่แตกต่างกัน ที่ทำงานด้วย Virtual hardware โดยวัดการทำงานด้วยโปรแกรม System monitor ดังนี้

ตารางที่ 4.6 สรุปผลการทดลองแบบที่ 2 ที่บันทึกผลด้วย System Monitor บน Virtual hardware

จำนวน Connection	**% การทำงานของ CPU**	**Memory ที่ใช้(MB)**	**Network(Kbps)**
10 Connection	45	621.6	95
20 Connection	88.25	616.6	165
30 Connection	93	677.1	180
40 Connection	94.25	778.7	180
60 Connection	94.25	1,015.1	170
80 Connection	94.25	1,000	200
100 Connection	94.25	1,200	190

จากข้อมูลในตารางสามารถนำข้อมูลจำนวน Connection, % การทำงานของ CPU และ Memory ที่ใช้มา plot กราฟได้ ดังรูป



รูปที่ 4.80 กราฟสรุปผลการทดลองแบบที่ 2 ที่บันทึกผลด้วย System monitor บน Virtual hardware

ผลการทดลองแบบที่ 2 จากการทดลองบน Virtual hardware โดยบันทึกผลด้วย System Monitor และดูข้อมูลจากตารางที่ 4.6 และกราฟในรูปที่ 4.80 แสดงให้เห็นถึงการทำงานของ CPU ของระบบเมื่อมีจำนวน 10 Connection จะส่งผลให้ CPU ทำงาน 45% เมื่อมีจำนวน Connection เพิ่มขึ้นเป็น 20 และ 30 Connection จะทำให้ CPU ทำงาน 88.25% และ 93% ตามลำดับ

และตั้งแต่ 40 Connection ขึ้นไป จะทำให้ CPU ทำงาน 94.25% ดังนั้น จากผลการทดลองนี้ Virtual hardware สามารถรองรับได้ไม่ถึง 30 Connection ที่ CPU ทำงาน 94.25% เมื่อนำมาเทียบกับ Physical hardware สามารถพิจารณาได้ถึงศักยภาพของ Physical hardware มีศักยภาพสูงกว่า Virtual hardware เพราะสามารถรองรับได้มากกว่า 40 Connection โดยที่ CPU ทำงาน 84% ใน Spec ที่ใกล้เคียงกัน เมื่อดูในส่วนของ Memory จะมีการใช้งาน Memory 621.6 MB เมื่อมีจำนวน 10 Connection และจะเพิ่มขึ้นตามจำนวน Connection ที่เพิ่มขึ้น โดยใช้ 1,200 MB เมื่อมีจำนวน 100 Connection เมื่อเปรียบเทียบกับการทำงานของ Physical hardware จะไม่แตกต่างกันมากนัก โดยเมื่อมีจำนวน 10 Connection นั้น Physical hardware ใช้ 581.6 MB ซึ่งใช้น้อยกว่า Virtual hardware 40 MB แต่ Hardware จริงจะมีอัตราการใช้งานที่สูงขึ้นมากกว่า Virtual hardware เล็กน้อย โดยเมื่อมีจำนวน 100 Connection จะใช้ 1,200 MB เท่ากัน ส่วนในด้าน Network เมื่อมีจำนวน 10 Connection จะใช้ 95 Kbps โดยจะเพิ่มขึ้นตามจำนวน Connection เมื่อมีจำนวน 100 Connection จะใช้ 190 Kbps แต่จะมีการใช้งานสูงสุดเมื่อมีจำนวน 80 Connection อาจจะเกิดจากมี Process อื่นที่ไม่ใช่ Apache JMeter ใช้งาน Network ในขณะนั้นด้วย เมื่อเทียบกับ Physical hardware เมื่อจำนวน 10 Connection จะใช้งานด้าน Network 49 Kbps ซึ่งน้อยกว่า Virtual hardware แต่จะมีอัตราการเพิ่มขึ้นสูงกว่า เมื่อมีจำนวน 100 Connection การทำงานด้าน Network ของ Physical hardware จะมีการทำงานสูงกว่าเป็นไปในลักษณะเดียวกันกับ Memory

4.5 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองที่ 1 เป็นการทดลองโดยสร้างสถานการณ์จำลองการ Transfer Files ขนาด 2 GB ซึ่งเป็นไฟล์ขนาดใหญ่กว่าไฟล์ที่เป็นการใช้ในการทำงานในสถานการณ์การทำงานปกติ และเป็นไฟล์ขนาดสูงสุดที่ Apache web service ที่ทำงานบน CPU ขนาด 32 Bit สามารถรองรับได้ ทั้งนี้เพื่อให้มีช่วงเวลาในการ Transfer files นานพอที่จะทำให้ Server ต้องมีการทำงานรองรับกับจำนวน Clients จำนวนหลายๆ เครื่องในเวลาเดียวกัน เพราะถ้าหากเป็นไฟล์ขนาดเล็กจะมีการ Transfer file เพียงเวลาสั้นๆ Server อาจจะทำการ Transfer file ที่ทำการส่งข้อมูลในเครื่อง Client ลำดับแรกๆ เสร็จสิ้นก่อนที่เครื่อง Client ลำดับท้ายๆ จะทำการส่ง Request ออกไป จะทำให้ไม่สามารถดูพฤติกรรมของ Server ที่จะต้องตอบสนองความต้องการของ Client ได้ครบตามจำนวนที่กำหนดไว้ตามสถานการณ์ของการวิจัยนี้ได้ จากผลการทดลองที่ทำการวัดผลจากโปรแกรมที่แตกต่างกัน 2 โปรแกรมอาจจะวัดค่าที่ได้แตกต่างกันบ้างเนื่องจากโปรแกรม System monitor สามารถดูผลได้ในช่วงเวลาสั้นๆ ประมาณ 1 นาทีหากบันทึกผลในห้วงเวลาที่ไม่เหมาะสมก็อาจจะทำให้การวิเคราะห์มีความแม่นยำน้อย แต่โปรแกรม New Relic สามารถวัดและดูผลได้

ในช่วงเวลาที่ยาวกว่าจึงสามารถมองเห็นเป็นภาพรวมได้ดีกว่า แต่เมื่อนำผลการบันทึกจากตารางเขียนเป็นกราฟก็จะเห็นว่ามีผลที่ได้แสดงเป็นไปในแนวทางเดียวกัน การทดลองที่ 1 นี้เมื่อดูจากค่าที่ได้จากโปรแกรม New Relic แสดงให้เห็นว่า CPU ของ Physical hardware มีการใช้งานต่ำสุดที่ 10% และใช้งานสูงสุดเพียง 35% และ CPU ของ Virtual hardware มีการใช้งานต่ำสุดที่ 15% และใช้งานสูงสุดเพียง 50% ซึ่งบ่งชี้ว่าในทรัพยากรที่ใกล้เคียงกัน Physical hardware จะมีศักยภาพสูงกว่า Virtual hardware แต่ในโครงสร้างพื้นฐานของระบบนี้ทั้ง Physical hardware และ Virtual hardware สามารถรองรับการทำงานได้ ในส่วนของ Memory ที่มีการใช้งาน Physical hardware มีการใช้งานต่ำสุดที่ 456.9 MB และใช้งานสูงสุดเพียง 720.5 MB และ Virtual hardware มีการใช้งานต่ำสุดที่ 502.6 MB และใช้งานสูงสุดเพียง 569.9 MB โดย Server ที่เป็น Physical hardware เมื่อมีจำนวน Client จำนวนน้อยจะใช้ Memory น้อยกว่าแต่จะมีอัตราการใช้งานเพิ่มขึ้นที่สูงกว่าและจะใช้งานมากกว่าเมื่อมีจำนวน Client เพิ่มขึ้นโดยพฤติกรรมในลักษณะของการใช้งาน Memory ของระบบนี้ยังไม่สามารถวิเคราะห์ได้ว่าเกิดจากสาเหตุใด แต่ทั้ง Physical hardware และ Virtual hardware นี้ขนาดของ Memory ที่ติดตั้งสามารถรองรับการทำงานของโครงสร้างนี้ได้ ในส่วนของ Network ทั้ง Physical hardware และ Virtual hardware จะเห็นว่าเมื่อมีจำนวน Client ยังไม่มากนักปริมาณ traffic ที่ผ่าน Network card จะมีลักษณะตกลงเป็นห้วงๆ และเมื่อมีจำนวน Client เพิ่มขึ้นจะพบว่าบน Physical hardware จะมี traffic จะเกิดขึ้นตลอดเวลา แต่บน Virtual hardware ยังคงมีการตกลงมาบ้างในบางช่วงเวลา แสดงให้เห็นว่า Physical hardware มีประสิทธิภาพทางด้าน Network สูงกว่า Virtual hardware ซึ่งในการทดลองบนโครงสร้างทางด้าน Network นี้มีผลจากข้อจำกัดทางด้านระบบเครือข่ายซึ่งมี speed 10/100 Mbps ที่ทำให้การทดลองนี้ถึงแม้ว่าได้ใช้ Client จำนวน 30 เครื่องก็ยังใช้การทำงานของ CPU ไม่ถึง 50% และ Memory สูงสุดไม่ถึง 1 GB บน Hardware ทั้ง 2 แบบ ซึ่งเกิดจากคอขวดของระบบอันเกิดจากการทำงานของ Network card ของเครื่อง Server และ เครื่อง Client มี Speed การรับส่งข้อมูลได้ถึง 1,000 Mbps แต่ระบบ Network ที่อยู่ตรงกลางระหว่างเครื่อง Server และ เครื่อง Client สามารถรับส่งข้อมูลได้เพียง 10 Mbps จึงเกิดปัญหาคอขวด ดังกล่าวจึงส่งผลถึงการทำงานของ Server ทั้ง 2 แบบให้ทำงานได้ไม่เต็มที่อีกด้วย แต่หาก infrastructure ของระบบสามารถรับส่งข้อมูลได้ 1000 Mbps จะช่วยให้การ transfer file ระหว่าง server และ client ได้ดีขึ้นแต่จะส่งผลถึงการทำงานของ CPU, Memory และ Hard disk ให้ทำงานมากขึ้นด้วยอันเกิดจากการทำงานกับปริมาณข้อมูลที่ต้องมีการ transfer ระหว่าง Server และ Client ที่มีความเร็วสูงขึ้นและมีปริมาณของการรับส่งข้อมูลเพิ่มมากขึ้นเป็น 10 เท่า ในส่วนของ Disk I/O เป็นการอ่านและเขียนข้อมูลลง Hard disk เมื่อดูผลจากตารางแสดงให้เห็นว่า Physical hardware อยู่ระหว่าง 15-50% ส่วน Virtual hardware อยู่ระหว่าง 10-20% เป็นการแสดงให้เห็นว่าการทำงาน

ของ Physical hardware มีการทำงานมากกว่าจึงต้องมีการรับส่งข้อมูลกับ Hard disk มากกว่า และช่วงที่มีการทำงานที่สูงอาจเกิดจากการส่งข้อมูลจาก Client มาเก็บที่ Server เรียบร้อยแล้วจึงทำให้มีการนำชิ้นส่วนของ file ที่มีการรับส่งในแต่ละชิ้นมาประกอบเป็น file เดียวกันจึงทำให้มีการอ่านและเขียนเป็นปริมาณสูงตามผลที่ได้จากตาราง สุดท้ายในส่วนของ Load average เครื่อง Server ที่เป็น Physical hardware มีการทำงานอยู่ระหว่าง 0.5-8% และ Virtual hardware มีการทำงานอยู่ระหว่าง 1-4% เมื่อดูจากตารางสรุปผล จะเห็นว่ามีค่า Load average ใกล้เคียงกันแต่มีค่าสุดท้ายที่ Physical hardware มีค่าสูงกว่าโดยน่าจะมีผลจากค่าที่บันทึกเป็นช่วงการทำงานระหว่างการที่ Transfer file เรียบร้อยและอยู่ระหว่างการรวมไฟล์ให้เป็นไฟล์เดียวกันจึงทำให้มีค่าสูงแตกต่างจากค่าอื่นๆ แต่อย่างไรก็ตามยังเป็นค่าที่น้อยมาก ดังนั้น Server ทั้ง Physical hardware และ Virtual hardware สามารถรองรับการทำงานตามโครงสร้างพื้นฐานนี้ได้

จากผลการทดลองที่ 2 เป็นการจำลองสร้าง Connection ในปริมาณต่างๆ ตั้งแต่ 10 จนถึง 100 Connection ซึ่งในผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า Physical hardware สามารถรองรับได้ จำนวนประมาณ 60 Connection โดย CPU มีการทำงาน 97% แต่ Virtual hardware สามารถรองรับได้จำนวนประมาณ 30 Connection โดย CPU มีการทำงาน 93% โดยหากเพิ่มจำนวน Connection เพิ่มขึ้นอีก CPU ก็จะมีการทำงานเพิ่มขึ้นอีกเพียงเล็กน้อยเนื่องจากไม่สามารถรองรับการทำงานเพิ่มได้อีก แสดงให้เห็นว่า Physical hardware มีศักยภาพในการรองรับ Connection สูงกว่า Virtual hardware เมื่อดูในส่วนของ Memory ในส่วนของ Physical hardware มีการใช้งานต่ำสุดที่ 581.6 MB และใช้งานสูงสุดเพียง 1,200 MB และ Virtual hardware มีการใช้งานต่ำสุดที่ 616.6 MB และใช้งานสูงสุดเพียง 1,200 MB โดย Server ทั้ง 2 แบบมีการใช้ Memory ใกล้เคียงกันและ Memory ที่ติดตั้งสามารถรองรับการทำงานได้ สุดท้ายในด้าน Network จากตารางแสดงให้เห็นว่า Server ทั้ง 2 แบบมีการใช้งาน Network เพียงเล็กน้อยโดย Physical hardware ใช้สูงสุดเพียง 270 Kbps และ Virtual hardware ใช้สูงสุดเพียง 200 Kbps เท่านั้น เนื่องจากการจำลองสร้าง Connection เพื่อให้ Server ทำงานบางอย่างแต่ไม่มีการส่งข้อมูลกลับจึงไม่สร้างผลกระทบต่อระบบ Network มากนักในการทดลองนี้

นอกจากการทดลองทั้ง 2 แบบแล้วผู้วิจัยได้นำระบบ Cloud storage ที่พัฒนาขึ้นทดลองใช้เก็บข้อมูลแผนกซึ่งในการใช้งานจริง ข้อมูลที่มีการจัดเก็บเป็นไฟล์ด้านเอกสารทั่วๆไปมีขนาดเล็กกว่าซึ่งโดยทั่วไปเป็นการทำงานด้วยไฟล์เอกสารจากชุดโปรแกรม Microsoft Office โดยทั่วไปมีขนาดเล็กกว่า 10 MB แต่ผู้วิจัยได้ทำการทดลองใช้งานในไฟล์ขนาดประมาณ 700 MB ซึ่งเท่ากับขนาดบรรจุของแผ่น CD ก็สามารถมีความเร็วในการจัดเก็บน้อยกว่า 15 วินาทีซึ่งเป็นความเร็วในระดับที่เพียงพอต่อการสนับสนุนทำงานได้ ส่วนไฟล์ที่ใช้ในการทดลองที่ 1 ซึ่งมีขนาดประมาณ

2 GB ซึ่งเป็นขนาดสูงสุดที่ CPU ขนาด 32 Bit สามารถรองรับได้ นอกจากปัจจัยด้านขนาดของไฟล์ข้อมูล, โครงสร้างพื้นฐานด้านระบบเครือข่าย และคุณสมบัติของ Server ที่อาจส่งผลในการใช้งานแล้ว พฤติกรรมในการใช้งานจริงการเชื่อมต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์ในแต่ละผู้ใช้งานก็ไม่ได้มีการเชื่อมต่อกับ Server ตลอดเวลา และไม่ได้ทำการเชื่อมต่อกับ Server พร้อมกันทั้งหมดอีกด้วย โดยในการทดลองใช้งานรองรับการปฏิบัติงานจริงนั้นสามารถรองรับการทำงานได้เป็นอย่างดี การ transfer files ระหว่างเครื่อง server กับเครื่อง client ซึ่งอยู่บนเครือข่าย intranet ถึงแม้จะมี bandwidth ในระดับ 10/100 Mbps ก็สามารถ transfer ได้อย่างรวดเร็วกว่าการใช้บริการ cloud storage ของผู้ให้บริการภายนอกที่ต้องมีการเชื่อมต่อออกไปยัง internet ที่จะส่งผลในการ transfer files โดยตรง. Cloud storage ที่พัฒนาขึ้นสามารถ shared ไฟล์ข้อมูลระหว่างกันได้ นอกจากนั้นยังสามารถใช้งานได้จากอุปกรณ์ที่หลากหลายสามารถใช้งานได้จากอุปกรณ์ Smart devices ต่างๆ สามารถ download application ติดตั้งบนอุปกรณ์ที่ทำงานบน OS ได้ 3 ระบบ ได้แก่ windows, android และ iOS ซึ่งเมื่อติดตั้ง Application แล้วจะทำให้สามารถใช้ได้ Cloud storage ได้สะดวกสบายยิ่งขึ้น โดยจะสามารถใช้งานได้ในลักษณะเดียวกันกับ application ของ Dropbox คือจะจำลองให้คอมพิวเตอร์ที่ติดตั้งเหมือนกับมี storage สำหรับทำงานอีก 1 ตัว แต่เนื่องจาก Cloud Storage ที่พัฒนาจาก ownCloud นี้เป็น open source และเป็น freeware จึงยังมีข้อบกพร่องบางประการที่ผู้วิจัยพบ เช่น จะพบปัญหาในเครื่องคอมพิวเตอร์ของผู้ใช้งานบางเครื่องที่ JAVA Script ทำงานผิดพลาดหรือไม่สมบูรณ์ ไม่มีการแสดงผลปุ่มควบคุมการทำงานของโปรแกรม cloud storage ซึ่งทำงานบน browser ส่งผลให้ไม่สามารถใช้งานได้ และอีกปัญหาที่พบคือในการกำหนดสิทธิการเข้าใช้งานพื้นที่ storage ที่ไม่ใช่ขนาดที่เป็นมาตรฐานที่เป็นค่า default ที่มีการกำหนดมากับโปรแกรม เมื่อมีการตั้งค่าในขนาดพื้นที่ในค่าที่แตกต่างออกไปจะมีผลกระทบในการใช้งานสำหรับ user บางคนอาจจะใช้งานไม่ได้บ้าง แต่เมื่อกลับมาใช้ค่าที่ถูกกำหนดมากับโปรแกรมก็จะใช้งานได้เป็นปกติ ในส่วนของการเปลี่ยนแปลงสิทธิพื้นที่การเข้าใช้งานของแต่ละ user สามารถเปลี่ยนแปลงได้ตลอดและ Admin สามารถบริหารการให้บริการ Cloud Storage ได้อย่างง่ายดาย ซึ่งนับว่าเป็นโปรแกรมที่สามารถนำมาใช้สนับสนุนการทำงานขององค์กรขนาดเล็กและขนาดกลาง ที่มีจำนวนบุคลากรไม่มากนักซึ่งจากการตรวจสอบกรมเทคโนโลยีสารสนเทศและอวกาศกลาโหมมีลักษณะงานเป็นการบริการทางด้านเทคนิคให้กับหน่วยขึ้นตรงของกระทรวงกลาโหม ส่วนงานในด้านเอกสารที่มีการโต้ตอบทางหนังสือราชการทั้งภายใน และภายนอกประมาณวันละ 30 เรื่อง โดยมีสูงสุดไม่ถึง 50 เรื่อง และงานอื่นที่จะต้องใช้งานระบบ Cloud storage ไม่มากนัก อีกทั้งในแต่ละงานมีช่วงเวลาในการเข้าใช้งานระบบที่แตกต่างกัน ดังนั้นจึงสามารถใช้ทรัพยากร Hardware ที่มีอยู่พัฒนาระบบ Cloud Storage สนับสนุนการปฏิบัติงานได้

โดยสรุปผลจากการทดลองสามารถนำทรัพยากร Hardware ที่มีอยู่มีความสามารถเพียงพอสำหรับพัฒนาระบบ Cloud Storage ให้บริการภายในองค์กรได้ และเมื่อเปรียบเทียบการใช้ Physical hardware กับ Virtual hardware สำหรับทำ Server ให้บริการ Cloud storage ด้วย spec ที่ใกล้เคียงกันจากผลการทดลองจะเห็นว่า Server ที่ใช้ Physical hardware มีศักยภาพการทำงานสูงกว่าทั้งการทำงานของ CPU ที่สามารถรองรับงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่า และในส่วนของ Network สามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่องกว่า แต่เนื่องจากในปัจจุบันเทคโนโลยีด้าน Hardware มีการพัฒนาไปอย่างมากมีประสิทธิภาพการทำงานที่สูงขึ้นจากแต่ก่อนมากโดยมีราคาที่ถูกลง สำหรับการนำ Server ที่มีประสิทธิภาพสูง 1 เครื่องนำมาจัดสรรทำเป็น Virtual hardware โดยใช้เทคโนโลยี Virtual machine เพื่อจำลองเป็นเครื่องคอมพิวเตอร์หลายๆ เครื่องในการให้บริการที่หลากหลายเพื่อสนับสนุนงานสำหรับองค์กรที่มีขนาดเล็กก็เป็นอีกแนวทางหนึ่งที่จะเป็นการใช้งาน Hardware ได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ และยังเป็นการใช้งบประมาณได้อย่างคุ้มค่า