# การเปรียบเทียบประสิทธิภาพ HTTP/2 และ HTTP/1.1 กรณีศึกษา : เว็บไซต์ Video-on-Demand (VoD)

เทพนรินทร์ จริงบำรุง[1] ศศิวิมล นนทิสิทธิ์[1] และ กฤษณ์วรา รัตนโอภาส[2*]

*[1] หลักสูตรเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา จังหวัดสงขลา*
*[2] หลักสูตรวิทยาการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา จังหวัดสงขลา*
**Corresponding author: kritwara.ra@skru.ac.th*

**บทคัดย่อ**

*HTTP/2 ได้รับการเผยแพร่พร้อมกับคุณสมบัติที่สำคัญได้แก่ server push และ header Compression สำหรับการบริการสื่อภาพยนตร์ออนไลน์ และมัลติมีเดียแบบออนดีมานด์ มีความแตกต่างจากเว็บไซต์ข้อมูลทั่วไป ที่ต้องการแบนด์วิดท์ในการให้บริการที่สูงตามคุณภาพของวิดีโอ การวิจัยมีชุดทดสอบด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีคุณสมบัติ Intel Core 17 หน่วยความจำ 8 กิกะไบต์ และเครือข่ายความเร็ว 1 Gbps ชุดวิดีโอที่เลือกใช้ทดสอบมี 2 รูปแบบ ได้แก่ ไฟล์วิดีโอ MP4 ความละเอียดที่ 360P และ 1080P โดยเลือกใช้เว็บไซต์แม่แบบสำหรับบริการมัลติมีเดีย Cumuluss clips พบว่าให้ผลลัพธ์กรณี 360P HTTP/2 สามารถรองรับการร้องขอด้วยค่าแบนด์วิดท์ 4 เท่าของ HTTP/1.1 และให้ค่าแบนด์วิดท์ขาออกสูงถึง 4 เท่า ของ HTTP/1.1 โดยกรณี 1080P ค่าแบนด์วิดท์ขาเข้ามีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 พบว่า HTTP/2 ลดค่า แบนด์วิดท์ได้ถึงร้อยละ 5 ของ HTTP/1.1 แต่การใช้ทรัพยากรของเครื่องแม่ข่าย หน่วยประมวลผลกลาง และหน่วยความจำ หลัก HTTP/2 และ HTTP/1.1 ใช้งานใกล้เคียงกัน คุณสมบัติ server push สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของแบนด์วิดท์ขาออก ในวิดีโอ 360P อย่างชัดเจน สรุปได้ว่า HTTP/2 มีคุณสมบัติที่สนับสนุนบริการของเว็บไวต์มัลติมิเดียแบบออนดีมานด์*

**คำสำคัญ:** วิดีโอออนดีมานด์, โปรโตคอลเครือข่าย, แม่ข่ายบริการมัลติมีเดีย, อะพาเช่ เว็บเซิร์ฟเวอร์

# Performance Comparison between HTTP/2 and HTTP/1.1 case study : Video-on-Demand (VoD) Website

Thepnarin Jringbamrung[1], Sasiwimol Nontisit[1] and Kritwara Rattanaopas[2*]

[1] *Information Technology Program, Songkhla Rajabhat University, Songkhla*
[2] *Computer Science Program, Songkhla Rajabhat University, Songkhla*
**Corresponding author: kritwara.ra@skru.ac.th*

## Abstract

*The HTTP/2 protocol proposes with new feature includes server push and header compression. The media streaming workload on the video-on-demand website has more different than the normal web workload. The video server can produce the largest bandwidth up to the video size. The testbed hardware includes Intel core i7, 8 GB RAM and 1 Gbps. The video of experiments uses the two types of MP4 video including 360P and 1080P by using the Cumulus clips website. In 360P video results, HTTP/2 inbound bandwidth results are more than 2 fold of HTTP/1.1. HTTP/2 outbound bandwidth results are more than 3 fold of HTTP/1.1. In 1080P video inbound bandwidth results, the p-value is less than 0.05 that there's different performance between HTTP/2 and HTTP/1.1. The inbound network bandwidth results show that the header compression of HTTP/2 can decrease request size 5% of HTTP/1.1. In CPU and memory performance, HTTP/2 uses a similar resource with HTTP/1.1. The server push can increase performance in outbound bandwidth in 360P video. Concluding, new HTTP/2's features can increase inbound bandwidth in the case of a video-on-demand website.*

**Keywords:** Video on demand (VOD), network protocol, video server, Apache HTTP Server

## 1. บทนำ

โปรโตคอล HTTP/2 เป็นรุ่นล่าสุดของ Hypertext Transfer Protocol พัฒนาต่อมาจาก HTTP/1.1 ซึ่งประสิทธิภาพที่เพิ่มขึ้น สามารถลดเวลาในการอัปโหลดและทำให้การสื่อสารระหว่างเครื่องแม่ข่าย และเบราว์เซอร์รองรับปริมาณข้อมูลได้เพิ่มมากขึ้น และรองรับการทำงานแบบ Real-Time ซึ่งเบราว์เซอร์ในปัจจุบันได้รับการพัฒนาให้รองรับ HTTP/2 โดยในมุมมองของผู้ใช้งานอาจไม่เห็นถึงความแตกต่าง ซึ่งความสามารถใหม่หลายอย่างเสริมให้การส่งข้อมูลมีประสิทธิภาพที่สูงขึ้น สำหรับผู้ให้บริการเว็บไซต์ และไม่มีผลกระทบกับการออกแบบโปรแกรม รวมถึงผู้ใช้งานไม่จำเป็นต้องมีการปรับเปลี่ยน หรือต้องเสริมอุปกรณ์พิเศษในการขอใช้บริการแต่อย่างใด

โปรโตคอล HTTP/1.1 และ HTTP/2 ด้วยบริการมัลติมีเดีย เพื่อการเปรียบเทียบประสิทธิภาพที่แตกต่างจากเว็ปไซต์ปกติที่เป็นภาพนิ่ง ไม่มีการเคลื่อนไหวไม่มีเสียง ด้วยคุณสมบัติที่แตกต่างในการรับส่งข้อมูลระหว่าง HTTP/1.1 และ HTTP/2 เมื่อ HTTP/1.1 เครื่องลูกข่ายต้องการร้องขอข้อมูล (Request) ไปยังเครื่องแม่ข่าย และตอบกลับการส่งข้อมูล (Response) มายังเครื่องลูกข่าย แต่ปัญหาคือ การขอและส่งข้อมูลแต่ล่ะครั้งจะต้องรอการร้องขอข้อมูล และการตอบกลับ ครั้งแรกก่อนเสมอถึงจะสามารถส่งการร้องขอครั้งต่อไปได้ ส่วน HTTP/2 ไม่ต้องรอให้การตอบกลับในครั้งแรกเสร็จสมบูรณ์ เครื่องลูกข่ายสามารถส่งการร้องขอ ไปยังเครื่องแม่ข่ายได้ทันที และการร้องขอแต่ละครั้ง เครื่องแม่ข่ายสามารถมีการตอบกลับมายังเครื่องลูกข่ายได้หลายชุดพร้อมกัน

บริการมัลติมีเดียนิยมใช้ในปัจจุบัน ได้แก่ Youtube Netflix sanook และ ESPN+ มีผู้ทำการศึกษาพฤติกรรมของภาระงานสำหรับบริการมัลติมีเดีย (Möbius et al.,2014) ศึกษาสถิติพร้อมเปรียบจำนวนชุดวิดีโอ 100 , 200 และ 300 ชุด โดยแยกเวลาของการให้บริการ http เป็นส่วนของ wait time และ download time ส่วนที่ 2 ทำการเปรียบเทียบ Request

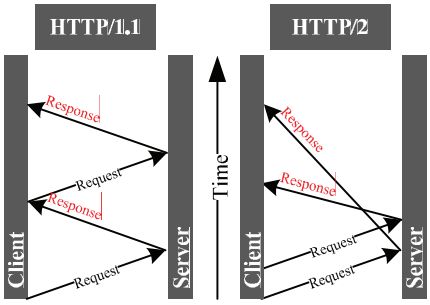
size กับ Video size เพื่อศึกษารูปแบบ และปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการบริการของเครื่องแม่ข่าย แต่สำหรับ HTTP/2 ที่นำมาทดสอบเปรียบเทียบประสิทธิภาพ หาความแตกต่างระหว่างสองโปรโตคอลซึ่งวิดีโอ ที่จะนำมาทดสอบผ่านเว็บบริการมัลติมีเดียจะมีความละเอียดตั้งแต่ 360P และ 1080P เพื่อศึกษาการใช้งานทรัพยากรของ Server ได้แก่ หน่วยประมวลผลกลาง หน่วยความจำหลัก และ แบนด์วิดท์เครือข่าย สำหรับทั้งสองโปรโตคอล ด้วยเว็บไซต์สำเร็จรูป CumulusClips และไฟล์วิดีโอ MP4

## 2. ทบทวนวรรณกรรม

เพื่อเป็นพื้นฐานในการอธิบายก่อนเข้าสู่การออกแบบและทดสอบไฟล์มัลติมีเดียผ่านเว็บไซต์ เปรียบเทียบระหว่าง HTTP/1.1 และ HTTP/2 ขอกล่าวถึง HTTP/2 และ เว็บไซต์ Cumulusclips ในส่วนนี้

### 2.1 โพรโทคอล HTTP/2

โพรโทคอล HTTP/2 (Jari Arkko,2015) ถูกพัฒนาโดย Internet Engineering Task Force (IETF) และโปรแกรม Firefox, Chrome, Twitter, Microsoft, Curl และ Akamai ให้การสนับสนุนในการพัฒนาโปรแกรมในส่วนของผู้ใช้เพื่อรองรับบริการ มีการกำหนดรูปแบบการสื่อสารแตกต่างจากเดิมด้วยการแยกการสื่อสารพร้อมๆ กันในลักษณะขนานกัน ตามภาพที่1




**ภาพที่ 1 เปรียบเทียบการสื่อสารระหว่างโพรโทคอล HTTP/1.1และHTTP/2** (Jari Arkko,2015)

การทำงานของ HTTP/2 ลดข้อจำกัดที่เกิดขึ้นของ HTTP/1.1 ในขั้นตอนการรอการยืนยันการส่ง ที่ถือเป็นความท้าทายในการนำไปใช้ พร้อมกับคุณสมบัติอื่นๆ ที่ผู้พัฒนาได้เสนอ HTTP/2 ไว้ดังนี้

2.2.1 Binary Protocol เสริมประสิทธิภาพจากวิธีการหนึ่งข้อความหรือชุดข้อมูลต่อหนึ่งเส้นทางการส่ง โดยไม่มีในโพรโทคอล HTTP/1.1 เพื่อช่วยในขั้นตอนการรับส่งข้อมูลระหว่าง เครื่องลูกข่าย กับ เครื่องแม่ข่าย

2.1.2 Header Compression หรือ HPACK header compression คือการบีบอัดข้อมูลส่วนหัว ที่อาจมีขนาดใหญ่กว่าชุดข้อมูล

2.1.3 Multiplexing ที่กำหนดให้ เครื่องลูกข่าย บริการเว็บร้องขอพร้อมกัน (Multiple requests) การเชื่อมต่อในชุดเดียวกัน แยกส่งโดยไม่ต้องรอการตอบกลับแบบโพรโทคอล HTTP/1.1

2.1.4 Server Push เป็นขั้นตอนที่เครื่องแม่ข่ายใช้แคชแทนการส่งซ้ำ สำหรับการให้บริการเครื่องลูกข่ายในการวิจัย Huysegems, R. (Huysegems et al., 2015: 541) ทำการศึกษาลักษณะเดียวกัน และให้ข้อสังเกตของ คุณสมบัติที่สำคัญของ HTTP/2 กับบริการมัลติมีเดีย ได้แก่ Server Push และ Multiplexing แต่เลือกใช้ไฟล์วิดีโอในรูปแบบ MPEG แบบเก่า

### 2.2 เว็บไซต์ Cumulusclips

Cumulusclips (CumulusClips.org, 2014) เป็น Content Management System (CMS) สำหรับบริการServe มัลติมีเดียโดยมี Youtube เป็นต้นแบบ เพื่อไว้ให้บริการมัลติมีเดียให้กับผู้ใช้ ที่มีระบบ Back office เช่นเดียวกับ Content Management System อื่นๆ ได้แก่ Wordpress และ Jumlar เป็นต้น

**ภาพที่ 3** หน้าเว็บไซต์บริการ VoD ของ Cumulusclip ที่ติดตั้งเพื่อการทดสอบ

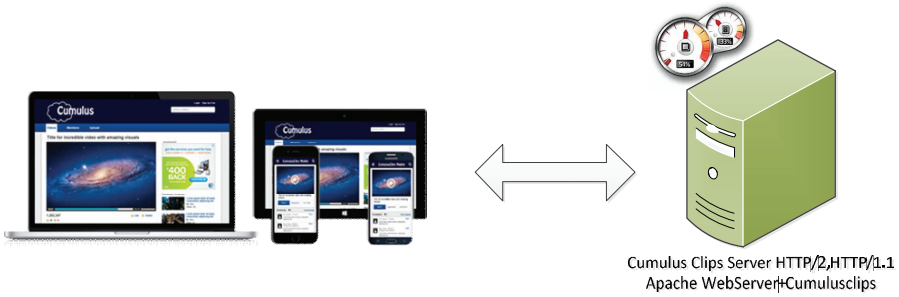
โครงสร้างหน้าเว็บบริการมัลติมีเดียของเว็บไซต์ Cumulusclips มีรายการหลักแยกตามหมวดหมู่วิดีโอ ที่สามารถเลือกโดยผู้ใช้งาน และมีระบบสมาชิก และการอัปโหลด กรณีมีการนำวิดีโอใหม่ พร้อมการให้คะแนนความชอบ สำหรับเครื่องมือในการเล่นไฟล์วิดีโอด้วยโปรแกรม JW player รองรับไฟล์ประเภท MP4

## 3. วิธีการศึกษา

การทดสอบคุณสมบัติของ HTTP/2 โดยนำเสนอผลการใช้แบนด์วิดท์ หน่วยความจำหลัก และ หน่วยประมวลผลกลาง ซึ่งเก็บข้อมูลผ่าน php script และบันทึกไว้ใน ฐานข้อมูล MySQL และกล่าวถึงการออกแบบโครงสร้างทดสอบ และการออกแบบการทดสอบ

### 3.1 โครงสร้างสำหรับการทดสอบ

ผู้วิจัยใช้เครื่องแม่ข่าย หลัก Intel i7 หน่วยความจำ 4 GB ที่มีการติดตั้งระบบปฏิบัติการ CentOS 7.4 แบบ 64 bits ติดตั้งเว็บไซต์ Cumulusclips ร่วมกับเครื่องแม่ข่าย Apache Web ตาม Figure 2




**ภาพที่ 3** โครงสร้างการติดตั้งและทดสอบประสิทธิภาพ

โครงสร้างในการทดสอบ มีการติดตั้งชุดไฟล์วิดีโอความละเอียด 360P และ 1080P ประเภทละ 3 ไฟล์ เพื่อนำมาทดสอบโดยกำหนดให้ใช้งานผ่านโปรแกรม Chrome Browser ในเครื่องลูกข่าย จำนวน 20 เครื่อง ที่มีคุณสมบัติ Intel i5 หน่วยความจำ 4 GB โดยเชื่อมต่อเครือข่ายภายใน (intranet) ที่ความเร็ว 1 Gbps

### 3.2 รูปแบบและการทดสอบ

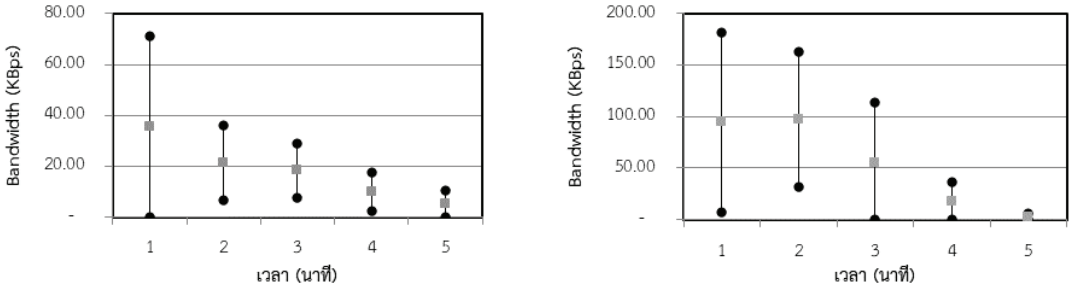
การทดสอบเลือกใช้ไฟล์วิดีโอที่มีระดับความละเอียด 360P และ 1080P ประเภทละ 3 ไฟล์ ที่เปิดผ่านโปรแกรม Chrome Browser แบบไม่ระบุตัวตน และกำหนดให้ไม่มีการใช้งานแคช จำนวน 20 เครื่องที่มีการเชื่อมต่อเครือข่ายความเร็ว 1 Gbps ทดสอบต่อเนื่องแบบกำหนดเวลา สำหรับไฟล์ 360P เวลาไม่เกิน 4 นาที สำหรับไฟล์ 1080P เป็นภาพยนตร์ โดยกำหนดการเปิดต่อเนื่อง 15 นาที และปิดโปรแกรม Chrome Browser โดยวัดการใช้เครือข่าย หน่วยความจำ และ หน่วยประมวลผลกลาง

**4. ผลการศึกษาและการวิจารณ์**

การกำหนดชุดทดสอบแยกตามประเภทไฟล์ 360P และ 1080P ซึ่งนำเสนอประสิทธิภาพการใช้เครือข่าย สำหรับการใช้งานหน่วยความจำหลัก พบว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลง โดยอยู่ที่ร้อยละ 30 ของปริมาณหน่วยความจำ เช่นเดียวกับการใช่หน่วยประมวลผลกลางซึ่งการสลับการใช้งานแต่ไม่เกินร้อยละ 10 ทั้งสองโพรโทคอล HTTP/1.1 และ HTTP/2 สำหรับแบนด์วิดท์มีความแตกต่าง และนำค่าแบนด์วิดท์ขาเข้า และขาออก เพื่อนำไปคำนวณทางสถิติที่นัยสำคัญน้อยกว่า 0.05 กับโปรแกรม R

**4.1 ประสิทธิภาพของบริการไฟล์วิดีโอ 360P**

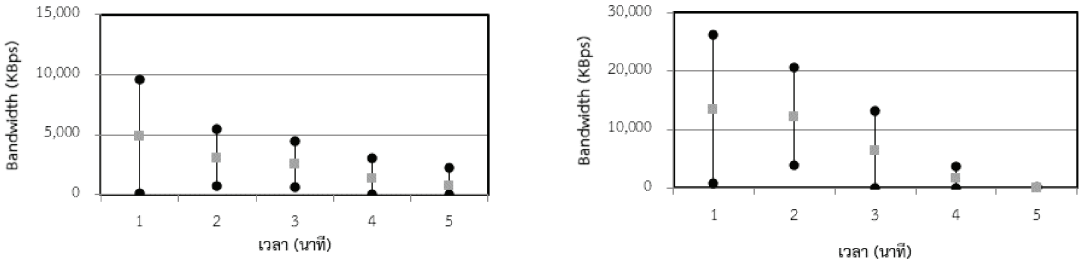
การพิสูจน์ทางสถิติที่นัยสำคัญที่ระดับ 0.05 (P<0.05) ของแบนด์วิดท์ขาเข้า และ ขาออกด้วย สำหรับข้อมูลแบนด์วิดท์ขาเข้า ให้ค่า p-value ที่ 0.077 มากกว่า 0.05 ซึ่ง HTTP/1.1 และ HTTP/2 ไม่มีความแตกต่างที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.5 สำหรับ Figure 4




ก) HTTP/1.1 ข) HTTP/2

**ภาพที่ 4** ปริมาณการแบนด์วิดท์ขาเข้าเครื่องแม่ข่าย

โดยค่าแบนด์วิดท์ขาเข้าของ HTTP/2 มีค่าสูงกว่าในช่วงนาทีที่ 1 และ 2 มีค่าสูงกว่า 2 เท่า และเมื่อใกล้จบวิดีโอ ในนาทีที่ 4 พบว่าข้อมูลขาเข้าลดลง ซึ่งเห็นได้ว่าการส่งข้อมูลด้วยคุณสมบัติ Multiplexing ของโพรโทคอล HTTP/2 อย่างชัดเจน และทำให้แบนด์วิดท์ขาออกมีปริมาณที่สูงกว่าตามภาพที่ 5



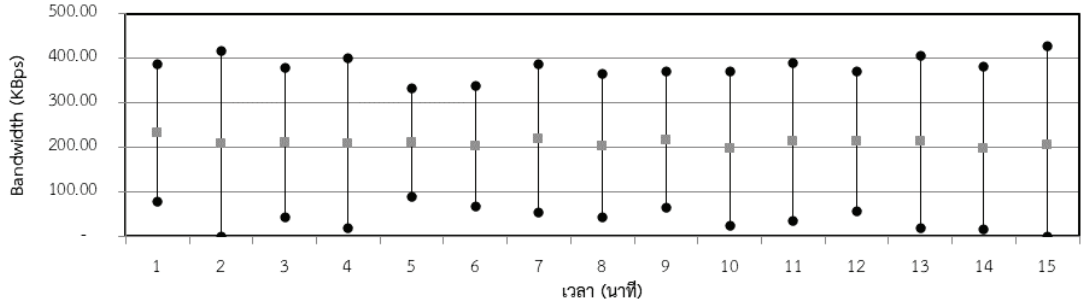

ก) HTTP/1.1 ข) HTTP/2

**ภาพที่ 5** ปริมาณการแบนด์วิดท์ขาออกเครื่องแม่ข่าย

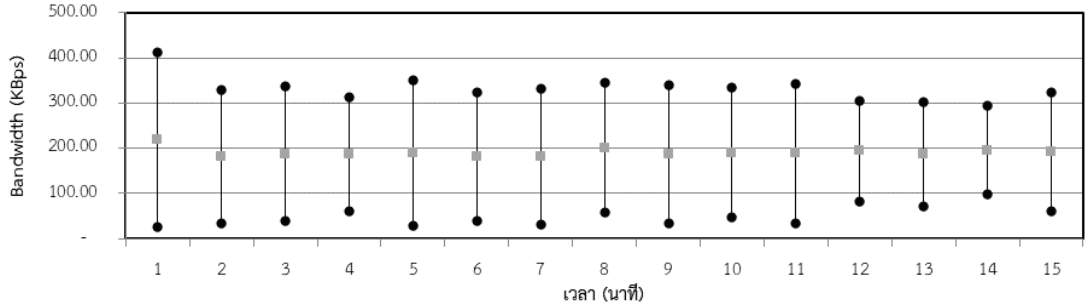
จากภาพที่ 5 สืบเนื่องด้วยคุณสมบัติของ HTTP/2 ในด้าน Multiplexing ทำให้ค่าแบนด์วิดท์ขาออกเฉลี่ยอยู่ที่ 13,525.8 Kbps ซึ่ง HTTP/1.1 ได้ค่าเฉลี่ยเพียง 4,853 Kbps และสามารถส่งข้อมูลได้เสร็จรวดเร็วกว่า HTTP/1.1 อย่างชัดเจนในนาทีที่ 4 โดยทางสถิติมีค่าไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.5 มีค่า p-value= 0.10

**4.2 ประสิทธิภาพของบริการไฟล์วิดีโอ 1080 P**

ประสิทธิภาพของไฟล์วิดีโอขนาดใหญ่ที่มีความละเอียด 1080P จำนวน 3 ไฟล์เปิดสลับกันไปผ่านโปรแกรม Chrome Browser กำหนดการเปิดในช่วง 1- 10 นาที ให้ค่าหน่วยความจำคงที่ไม่แตกต่างกันที่ร้อยละ 30 และหน่วยประมวลผลกลางสลับไปใน 4 แกนหลักไม่เกินร้อยละ 10 สำหรับผลประสิทธิภาพแบนด์วิดท์ แยกตามข้อมูลขาเข้า และ ขาออก โดยนำไปพิจารณาความแตกต่างทางสถิติ สำหรับค่าแบนด์วิดท์ขาเข้าระหว่าง HTTP/1.1 และ HTTP/2 มีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ด้วยค่า p-value = 3.6 x 10-6 ในภาพที่ 6



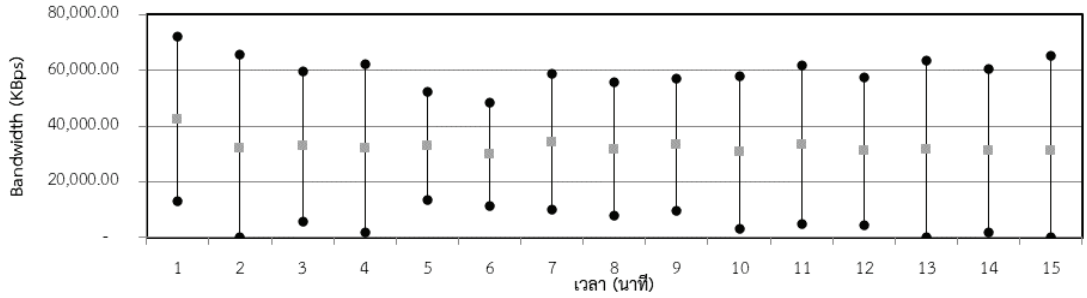

ก) HTTP/1.1



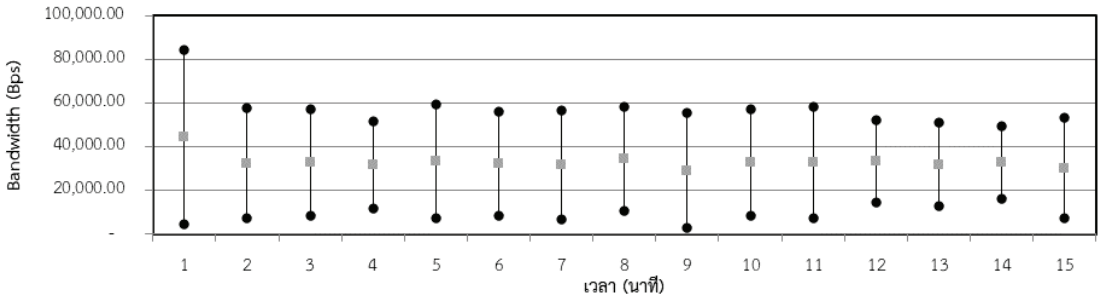

ข) HTTP/2

**ภาพที่ 6** ปริมาณการแบนด์วิดท์ขาเข้าเครื่องแม่ข่าย

จาก**ผิดพลาด! ไม่พบแหล่งการอ้างอิง** ด้วยคุณสมบัติ Header Compression ของ HTTP/2 ทำให้ค่าเฉลี่ยของแบนด์วิดท์ขาเข้า HTTP/2 มีค่าน้อยกว่า HTTP/1.1 ร้อยละ 8 เฉลี่ยทั้ง 10 นาทีในการทดสอบ ทำให้มีการรับส่งข้อมูลได้คุ้มค่ากว่า กรณีภาระงานที่ 20 ลูกข่าย และสำหรับประสิทธิภาพแบนด์วิดท์ขาออก HTTP/1.1 และ HTTP/2 ไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ด้วยค่า p-value = 0.50 ตาม**ผิดพลาด! ไม่พบแหล่งการอ้างอิง**




ก) HTTP/1.1




ข) HTTP/2

**ภาพที่ 1** ปริมาณการแบนด์วิดท์ขาออกเครื่องแม่ข่าย

จากภาพที่ 7 ค่าเฉลี่ยของแบนด์วิดท์ขาออกของขนาดไฟล์ขนาดใหญ่ ที่ระดับความละเอียด 1080P ให้ค่าใกล้เคียงกัน ในตัวอย่าง 42,607.15 Kbps ใน R1.1 และ 44,385.35 Kbps ใน HTTP/2 และให้บริการไม่แตกต่างกันตลอดเวลา 15 นาที

**5. สรุป**

การออกแบบทดสอบวัดประสิทธิภาพความแตกต่างระหว่าง HTTP/1.1 และ HTTP/2 ด้วยการให้บริการมัลติมีเดียโดยกำหนดการให้บริการผ่านไฟล์วิดีโอแบบ MP4 ที่มีความละเอียด 360P และ 1080P ด้วยคุณสมบัติ Header Compression และ Multiplexing ผ่านทางปริมาณแบนด์วิดท์ขาเข้า และขาออกของเครือข่ายจากเครื่องแม่ข่าย โดยไฟล์ 360P แบนด์วิดท์ขาเข้าให้ผลประสิทธิภาพที่เกิดจาก Multiplexing จึงทำให้มีการร้องขอ HTTP/2 ที่สูงกว่า HTTP/1.1 ถึง 4 เท่าและให้ผลเช่นเดียวกันกับแบนด์วิดท์ขาออกเช่นกัน สำหรับไฟล์ 1080P แสดงประสิทธิภาพของ Header Compression ที่ลดขนาดแบนด์วิดท์ได้อย่างชัดเจน และมีความแตกต่างระหว่าง HTTP/2 และ HTTP/1.1 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ด้วยค่า p-value = $3.6 \times 10^{-6}$ ในปริมาณการใช้หน่วยความจำคงที่ที่ร้อยละ 30 และหน่วยประมวลผลกลางที่ไม่เกินร้อยละ 10 มีการใช้งานคงที่ตลอดการทดสอบ จึงถือว่าไม่มีผลกระทบต่อบริการที่เกี่ยวข้องกับการประมวลผลอย่างชัดเจน โดยการทดสอบของ Huysegems, R. (Huysegems et al., 2015: 541) ด้วยไฟล์วิดีโอ MPEG กับ HTTP/2 ให้ประสิทธิภาพที่ไม่แตกต่าง โดยงานวิจัยนี้ได้พัฒนามาใช้ MP4 ซึ่งได้รับการพัฒนารูปแบบและคุณภาพสำหรับบริการผ่านเว็บไซต์ จึงให้ผลประสิทธิภาพที่ชัดเจน

ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่าประสิทธิภาพการใช้งานเครือข่ายของ HTTP/2 สามารถลดค่าแบนด์วิดท์ขาเข้าอย่างชัดเจนจากคุณสมบัติ Header Compression และเมื่อมีการใช้งานเครือข่ายที่ไฟล์ 360P พบว่าส่งข้อมูลได้รวดเร็วกว่า HTTP/1.1 จากคุณสมบัติ Multiplexing เช่นเดียวกับกรณีของไฟล์ 1080P บริการด้วย HTTP/2 ที่ทำให้มีค่าเบี่ยงเบนของแบนด์วิดท์ขาออกน้อยกว่า HTTP/1.1 จากภาพที่ 2 โดยปัจจุบันเว็บไซต์บริการสื่อมัลติมีเดียออนไลน์ เริ่มให้บริการ HTTP/2 โดยส่วนใหญ่ ได้แก่ Netflix และ Youtube

**6. กิตติกรรมประกาศ**

ขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา สำหรับการสนับสนุนทุนในการนำเสนอและข้อมูลการจัดงานประชุมวิชาการ

**เอกสารอ้างอิง**

CumulusClips.org. (2014). **Free Video CMS**. ค้นเมื่อ 23 เมษายน 2563 จาก http://CumulusClips.org/.

Jari Arkko. (2015). **HTTP/2 Approved**. ค้นเมื่อ 23 เมษายน 2563 จาก https://www.ietf.org/blog/2015/02/http2-approved/

Möbius, C., & Dargie, W. (2014). Statistical Analysis of the Workload of a Video Hosting Server. in **B. Sericola, M. Telek, & G. Horváth, Analytical and Stochastic Modeling Techniques and Applications** , Springer International Publishing. 223–237.

Huysegems, R., Van Der Hooft, J., Bostoen, T., Rondao Alface, P., Petrangeli, S., Wauters, T., & De Turck, F. (2015). HTTP/2-based methods to improve the live experience of adaptive streaming. In **Proceedings of the 23rd ACM international conference on Multimedia** . 541-550.