

## การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบกักเก็บข้อมูลชั่วคราว แบบภายในและภายนอก สำหรับข้อมูลไอพีทีวี

### A Comparative Study of Efficiency of Internal and External Content Delivery Network System for IPTV Traffic

วิษณุ เฟ่งพิศ<sup>1\*</sup> และ วรทรรสน์ มาฆะศิริานนท์<sup>2</sup>

Wissanu Pangpit<sup>1\*</sup> and Woratat Makasiranondh<sup>2</sup>

<sup>1</sup>นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยรังสิต

<sup>2</sup>ผู้อำนวยการหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยรังสิต

<sup>1</sup>Master of Science Program in Information Technology (M.S.IT.) Program, Rangsit University

<sup>2</sup>Director of MSIT Program, College of Information and Communication Technology (Faculty of IT), Rangsit University

\*Corresponding author, Emails: wissanu@outlook.com

#### บทคัดย่อ

งานวิจัยการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพระบบกักเก็บข้อมูลชั่วคราว (CDN) สำหรับบริการไอพีทีวีประเภท VoD ผ่านบรอดแบนด์อินเทอร์เน็ตสำหรับบ้านเรือน ลักษณะการส่งสื่อสัญญาณข้อมูล ไอพีทีวี ผู้ใช้บริการต้องมีอินเทอร์เน็ตที่ได้คุณภาพ และความเร็วสูงเพื่อแสดงผลภาพและเสียงที่คมชัด ผู้ให้บริการต้องกระจายระบบกักเก็บข้อมูลชั่วคราวให้ทั่วถึงพื้นที่ให้บริการ จัดดูประสงค์ของงานวิจัยเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ และเสถียรภาพการแสดงผลภาพและเสียง ลดปริมาณแบนด์วิดท์อินเทอร์เน็ตภายนอกขณะรับชมไอพีทีวี ที่ส่งผลกระทบต่อการใช้บริการอื่นๆ บนอินเทอร์เน็ตโดยศึกษาและพัฒนาระบบกักเก็บข้อมูลชั่วคราวบนอุปกรณ์สมรรถนะสูงติดตั้งในบ้านเรือนเชื่อมต่อกับระบบกักเก็บข้อมูลชั่วคราวภายนอกของผู้ให้บริการ แสดงผลข้อมูลไอพีทีวีที่ความละเอียด HD720p (1280x720) ความยาว 1 ชั่วโมงด้วยอินเทอร์เน็ต ADSL 6 Mbps เก็บสถิติข้อมูลภาพและเสียงด้วยซอฟต์แวร์ VLC เก็บข้อมูลปริมาณแบนด์วิดท์ภายในและภายนอกด้วยเครื่องมือ Wireshark และ iPerf นำมาสร้างกราฟข้อมูลเปรียบเทียบประสิทธิภาพเมื่อใช้ระบบกักเก็บข้อมูลชั่วคราวภายนอกแบบเดียว กับใช้ระบบกักเก็บข้อมูลชั่วคราวภายในมาช่วยทำงาน ผลการวิจัยระบบสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการแสดงผลภาพและเสียงดีขึ้น สถิติข้อมูลเมื่อแสดงผลจบ 1 ชั่วโมง การดึงข้อมูลเพื่อแสดงผลจากเดิม 92,252 buffers เป็น 158,494 buffers เพิ่มขึ้น 71% ข้อมูลภาพจาก 64,517 frames เป็น 88,211 frames เพิ่มขึ้น 36% การสูญหายของข้อมูลเสียงจาก 27 buffers เป็น 0 buffers และข้อมูลภาพจาก 144 frames เป็น 0 frames ปริมาณแบนด์วิดท์ขณะแสดงผลแบนด์วิดท์ภายนอกเฉลี่ยที่ 3.75 Mbps แบนด์วิดท์ภายในเฉลี่ยที่ 67 Mbps งานวิจัยนี้สามารถพัฒนาให้รองรับการแสดงผลความละเอียดที่สูงขึ้น พัฒนาให้รองรับบริการ ไอพีทีวีประเภท Live Streaming และ Time Shift เพื่อดูรายการย้อนหลัง

คำสำคัญ: ไอพีทีวี บรอดแบนด์อินเทอร์เน็ต ระบบกักเก็บข้อมูลชั่วคราว แบนด์วิดท์

## Abstract

This study investigates and compares the efficiency of Content Delivery Network (CDN) for the Internet Protocol Television (IPTV), a type of Video-on-Demand (VoD) via the household broadband Internet. To send out IPTV signal, service providers need to provide quality and stable Internet to achieve a good quality stream. Also, they should be able to distribute sufficient CDN throughout the service areas. Thus, this research aims to increase the efficiency and stability of the stream and to decrease the internet bandwidth that might affect other services in the Internet while watching IPTV. The system was constructed by developing the CDN on an embedded device installed in a house and connected to the public CDN from the service provider. The IPTV data were displayed with a high definition (HD) of 720p (1280x720) lasting an hour and using 6 Mbps Asymmetric Digital Subscribers Line (ADSL). The stream statistics were collected by using Video Lan Client (VLC) software. The private and public network traffics were investigated using Wireshark and iPerf. Then, the data were plot on a graph comparing the efficiency when only public CDN was employed and when both private and public were working together. The research result indicated that the system improved the efficiency of the stream. That is, the audio streaming that firstly made 92,252 buffers rose to 158,494 buffers or 71% improved. Video streaming increased from 64,517 frames to 88,211 frames or 36%. The loss of audio and video data decreased from 27 buffers to 0 buffer and from 144 frames to 0 frame, respectively. Real-time traffic streams measured from outside and inside the house were approximately 3.75 Mbps and 67 Mbps, respectively. In brief, the investigation was developed to support a higher quality display, a live streaming IPTV service, and Time Shift function.

*Keyword: IPTV, broadband internet, content delivery network, bandwidth*

## 1. บทนำ

เทคโนโลยีของการแพร่สื่อโทรทัศน์ที่น่าจับตามองอย่าง IPTV (Internet Protocol Television) คือรูปแบบการรับชมโทรทัศน์ผ่าน การแพร่สื่อสัญญาณบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ซึ่งจะเป็นรูปแบบการให้บริการที่ทรงอิทธิพลอย่างมากในยุคหน้าบนบรอดแบนด์อินเทอร์เน็ต (Yang Xiao, 2007) (Bhuvaneshwari, 2013) เพราะมีความหลากหลายและยืดหยุ่นในการทำงานโดยประกอบไปด้วยรูปแบบการให้บริการ 3 อย่างหลักๆคือ 1) Video on-Demand (VoD) สามารถเลือกดูเจาะจงรายการหรือภาพยนตร์เรื่องโปรดที่ต้องการได้ตลอดเวลา 2) Time-shift สามารถเลือกรับชมรายการย้อนหลังจากผู้ให้บริการ หรือเก็บบันทึกรายการโปรดไว้ดูย้อนหลังได้ 3) Live Streaming สามารถรองรับการรับชมรายการถ่ายทอดสด หรือให้บริการแบบอินเตอร์แอคทีฟทีวี ทำให้ผู้ใช้บริการสามารถตอบโต้กับผู้ให้บริการได้ ขณะชมรายการ กดซื้อสินค้าจากทีวีขณะกำลังเล่นโฆษณาสินค้าแบบเรียลไทม์จึงเป็นที่นิยมมากปัจจุบัน (Cesar, 2009) (Chin-Ho Lee, 2011) ส่วนผู้ให้บริการก็ปรับเปลี่ยนโครงข่ายและรูปแบบการให้บริการ เมื่อรับข้อมูลผ่านแหล่งข้อมูลจากสัญญาณดาวเทียม ลัดไลน์และแหล่งข้อมูลอื่นๆ นำเข้าอุปกรณ์แปลงสัญญาณ (Encoder) แปลงเป็นฟอร์แมตที่

ต้องการ ส่งให้เครื่องแม่ข่ายสตรีมมิ่งเพื่อจัดการข้อมูลแล้วกระจายไปยังเครื่องแม่ข่าย CDN (Content Delivery Network) ในพื้นที่บริการ

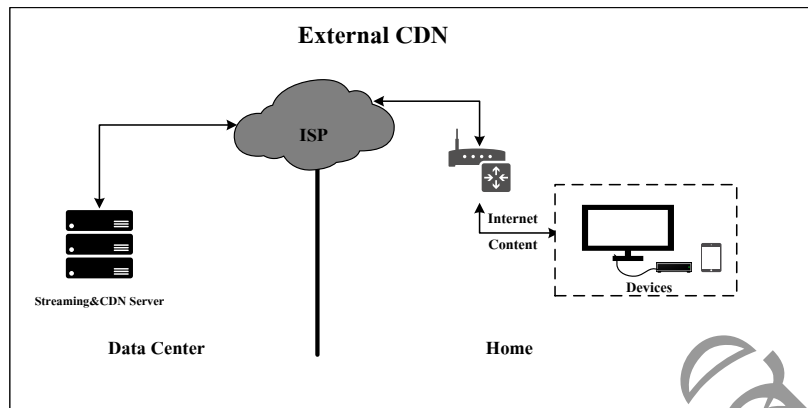
งานวิจัยนี้จะมุ่งไปที่บริการไอพีทีวีประเภท VoD ความละเอียด HD720p ผ่านบรอดแบนด์อินเทอร์เน็ตในบ้านเรือน (Shihab, 2007) ซึ่งมักจะเจอปัญหาความเสถียรของอินเทอร์เน็ตที่ไม่คงที่ (Kim, 2003) เมื่อมีการใช้งานที่หนาแน่นส่งผลให้การรับชมบริการไอพีทีวีขาดเสถียรภาพ เกิดอาการกระตุกของสัญญาณภาพและเสียงจนได้รับคุณภาพในการแสดงผลที่แย่ และเกิดการสูญเสียแบนด์วิดท์ภายนอกที่ค่อนข้างสูงขณะใช้บริการไอพีทีวี ส่งผลกระทบกับการใช้บริการอื่นผ่านเครือข่ายบรอดแบนด์อินเทอร์เน็ต ส่วนผู้ให้บริการต้องกระจายเครื่องแม่ข่าย CDN ให้ทั่วถึงพื้นที่บริการ (Cnet News, 2014) อย่างกรณีตัวอย่างความขัดแย้งระหว่างผู้บริการไอพีทีวี Netflix กับผู้ให้บริการอินเทอร์เน็ต Verizon ที่มีการจำกัดความเร็วในการเข้าถึงบริการเนื่องจากการให้บริการไอพีทีวีที่มีผลกระทบต่อเครือข่ายและทางผู้ให้บริการให้ความเห็นว่าไม่ใช่หน้าที่ของผู้ให้บริการอินเทอร์เน็ต ที่จะต้องอัพเกรดเครือข่ายทั้งหมดเพื่อให้บริการเพียงไม่กี่บริการของผู้ให้บริการไม่กี่ราย (เช่น Netflix) ผู้วิจัยจึงพัฒนาระบบเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและเสถียรภาพให้การแสดงผลภาพและเสียง ลดปริมาณการใช้แบนด์วิดท์อินเทอร์เน็ตภายนอกขณะรับชมไอพีทีวี และใช้อุปกรณ์ประเภทสมองกลฝังตัวที่มีขนาดเล็กราคาไม่สูงมากมาพัฒนาระบบ

## 2. วัตถุประสงค์

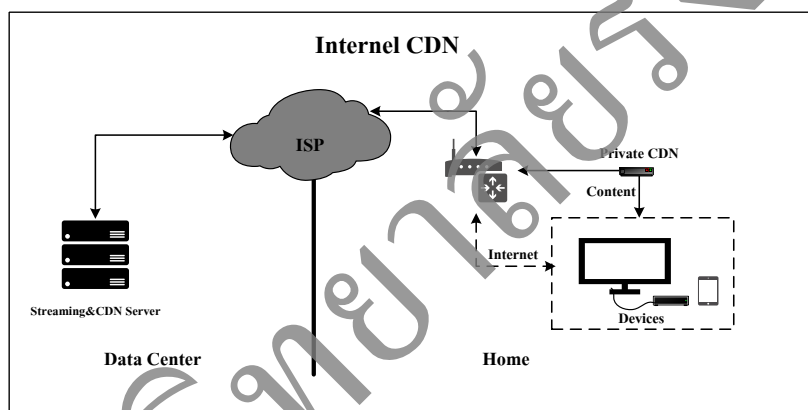
1. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบกักเก็บข้อมูลชั่วคราวแบบภายในและภายนอก สำหรับข้อมูลไอพีทีวี

## 3. อุปกรณ์และวิธีการ / วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาค้นคว้าในงานวิจัยนี้ จะเป็นการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบกักเก็บข้อมูลของบริการไอพีทีวีประเภท VoD ความละเอียด HD720p วิดีโอบีทเรต 2,962,000 bit/s เข้ารหัสวีดีโอแบบ H264 - MPEG-4 AVC ผ่านเครือข่ายบรอดแบนด์อินเทอร์เน็ตในบ้านเรือน โดยจะจำลอง ระบบกักเก็บข้อมูลชั่วคราวแบบภายในบนอุปกรณ์สมองกลฝังตัว (Embedded system) (Birish Birajdar, 2014) (Weikai Xie, 2012) ตามรูปที่ 2 นำมาถ่วงน้ำหนักการบริการไอพีทีวีรูปแบบเดิมตามรูปที่ 1 ที่มีการดึงข้อมูลจากระบบกักเก็บข้อมูลชั่วคราวแบบภายนอกมาแสดงผลบนอุปกรณ์ที่กำหนด ใช้เครื่องมือประเภทซอฟต์แวร์ที่ทำหน้าที่ตรวจวัดประสิทธิภาพ (Zangrilli, 2004) ในส่วนต่างๆ การศึกษาค้นคว้าเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบกักเก็บข้อมูลชั่วคราว โดยจำลองระบบในบ้านเรือนแล้วนำไปเชื่อมต่อกับระบบบริการไอพีทีวีที่ให้บริการจริง ติดตั้งอยู่ที่ CAT IDC โดยมีเครื่องแม่ข่าย CDN ที่ทำหน้าที่เป็นระบบกักเก็บข้อมูลภายนอกจำนวน 1 เครื่อง และเครื่องแม่ข่ายสตรีมมิ่งจำนวน 1 เครื่อง



รูปที่ 1 โครงสร้างของระบบกักเก็บข้อมูลชั่วคราวแบบภายนอก



รูปที่ 2 โครงสร้างของระบบกักเก็บข้อมูลชั่วคราวแบบภายใน

### 3.1 แหล่งข้อมูลและกลุ่มตัวอย่างข้อมูล

3.1.1 ระบบกักเก็บข้อมูลชั่วคราวแบบภายใน ดำเนินการจำลองในบ้านของผู้วิจัยซึ่งใช้ระบบอินเทอร์เน็ต ADSL ความเร็ว 6 Mbps

3.1.2 ระบบกักเก็บข้อมูลชั่วคราวแบบภายนอก เป็นระบบไอพีทีวีที่ให้บริการจริงในปัจจุบันติดตั้งอยู่ที่ CAT IDC โดยมีระบบกักเก็บข้อมูลชั่วคราวแบบภายนอก และระบบเครื่องแม่ข่ายสตรีมมิ่ง จำนวนอย่างละ 1 เครื่อง

3.1.3 สื่อข้อมูลไอพีทีวีประเภท VoD ที่ความละเอียด 720p (1280x720) วิดีโอบิตเรต 2962000 bit/s เข้ารหัสวิดีโอแบบ H264 - MPEG-4 AVC ฟอรัมไฟล์ M3U8

### 3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าระบบ

3.2.1 โปรแกรมเว็บเซิร์ฟเวอร์ Nginx เวอร์ชัน 1.7.9 ดำเนินการคอมไพล์บนอุปกรณ์สมรรถนะสูงเพิ่มและปรับเปลี่ยนตั้งค่าการทำงานให้เป็นระบบกักเก็บข้อมูลชั่วคราวแบบภายใน สำหรับรองรับบริการไอพีทีวีประเภท VoD

3.2.2 โปรแกรมมีเดียเพลย์เยอร์ VLC ใช้สำหรับแสดงผลภาพและเสียงบริการไอพีทีวี

3.2.3 ระบบปฏิบัติการ Linux CentOS และ RASPBIAN ใช้ติดตั้งโปรแกรมสตรีมมิ่ง ระบบกักเก็บข้อมูลแบบชั่วคราวแบบภายนอกและภายใน

3.2.4 โปรแกรม Microsoft Smooth Streaming ใช้สตรีมมิ่ง VoD สำหรับบริการไอพีทีวี

3.2.5 เครื่องแม่ข่ายสตรีมมิ่ง เครื่องแม่ข่าย CDN

3.2.6 โปรแกรมตรวจวัดประสิทธิภาพเครือข่าย Wireshark, iPerf

3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

3.3.1 โปรแกรมมีเดียเพลย์เยอร์ VLC ใช้ฟังก์ชันในการแสดงผลข้อมูลสถิติเรียลไทม์ภาพและเสียงจัดเก็บทุกๆ 5 นาทีเป็นเวลา 1 ชั่วโมงต่อรอบการทดสอบ และเก็บภาพตัวอย่างเพื่อไปตรวจสอบคุณภาพ

3.3.2 โปรแกรมตรวจวัดประสิทธิภาพเครือข่าย Wireshark, iPerf ให้ตรวจสอบการใช้ปริมาณแบนด์วิดท์และปริมาณการรับส่งแพคเกจข้อมูลในเครือข่ายขณะดำเนินการทดสอบ

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.4.1 วิเคราะห์ปริมาณแบนด์วิดท์ก่อนและในขณะที่แสดงผลไอพีทีวีประเภท VoD นำมาเปรียบประสิทธิภาพปริมาณแบนด์วิดท์ระหว่างระบบกักเก็บข้อมูลชั่วคราวแบบภายใน กับระบบกักเก็บข้อมูลชั่วคราวแบบภายนอก

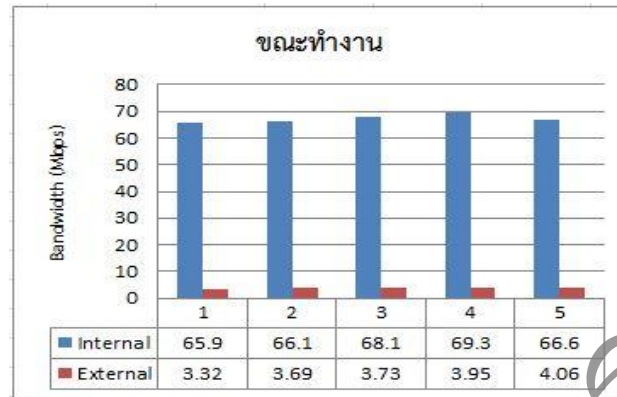
3.4.2 วิเคราะห์ข้อมูลภาพและเสียงในขณะที่แสดงผลไอพีทีวีประเภท VoD นำมาเปรียบประสิทธิภาพของข้อมูลภาพและเสียงระหว่างระบบกักเก็บข้อมูลชั่วคราวแบบภายใน กับระบบกักเก็บข้อมูลชั่วคราวแบบภายนอก

#### 4. ผลการวิจัย

4.1 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพปริมาณแบนด์วิดท์บรอดแบนด์อินเทอร์เน็ตจำนวน 5 รอบในแต่ละการทดสอบ ผลลัพธ์ปริมาณค่าเฉลี่ยแบนด์วิดท์ก่อนแสดงผลบริการไอพีทีวีแบนด์วิดท์ภายในวัดได้ 87.5 Mbps แบนด์วิดท์ภายนอกวัดได้ 4.9 Mbps ผลลัพธ์ปริมาณค่าเฉลี่ยแบนด์วิดท์ในขณะที่แสดงผลบริการไอพีทีวีประเภท VoD แบนด์วิดท์ภายในวัดได้ 67.2 Mbps แบนด์วิดท์ภายนอกวัดได้ 3.75 Mbps จากกราฟแสดงให้เห็นว่าปริมาณแบนด์วิดท์ภายในที่มีประมาณมากกว่าหลายเท่า ซึ่งสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการแสดงผลได้ดีกว่า

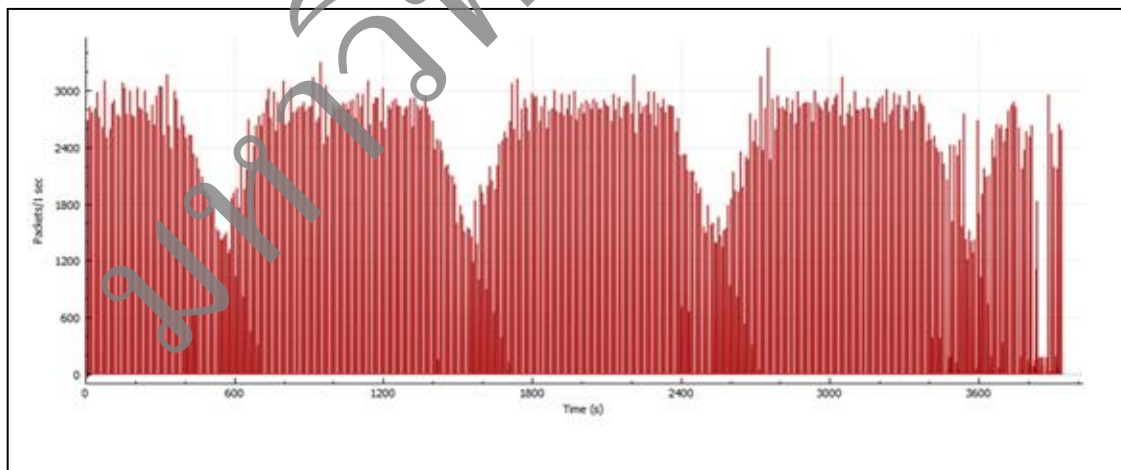


รูปที่ 3 กราฟปริมาณแบนด์วิดท์ภายนอกและภายในก่อนแสดงผลไอพีทีวี

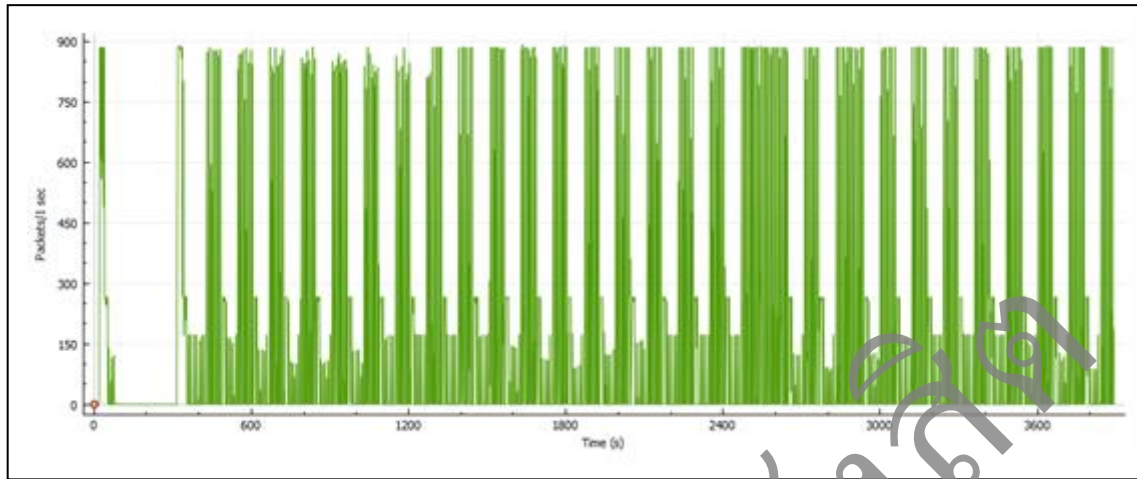


รูปที่ 4 กราฟปริมาณแบนด์วิดท์ภายนอกและภายในขณะแสดงผลไอพีทีวี

4.2 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพปริมาณการรับส่งแพคเกจข้อมูลระหว่างอุปกรณ์แสดงผล กับระบบกักเก็บข้อมูลชั่วคราวแบบภายในและภายนอก ความสม่ำเสมอของลูกคลื่นบนกราฟของระบบกักเก็บข้อมูลชั่วคราวแบบภายใน บ่งบอกถึงความคงที่และความมีเสถียรภาพในการรับส่งข้อมูลที่ดีว่า ส่งผลให้การแสดงผลภาพและเสียงของบริการไอพีทีวีที่ผ่านระบบกักเก็บข้อมูลภายในได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยระยะเวลาการทดสอบ 1 ชั่วโมงระบบกักเก็บข้อมูลภายใน สามารถรับแพคเกจได้ปริมาณสูงสุดเกิน 3000 Packets/1 Sec ส่วนระบบกักเก็บข้อมูลภายนอก สามารถรับแพคเกจได้ปริมาณสูงสุดไม่เกิน 900 Packets/1 Sec



รูปที่ 5 กราฟปริมาณการรับส่งแพคเกจข้อมูลจากระบบกักเก็บชั่วคราวแบบภายใน

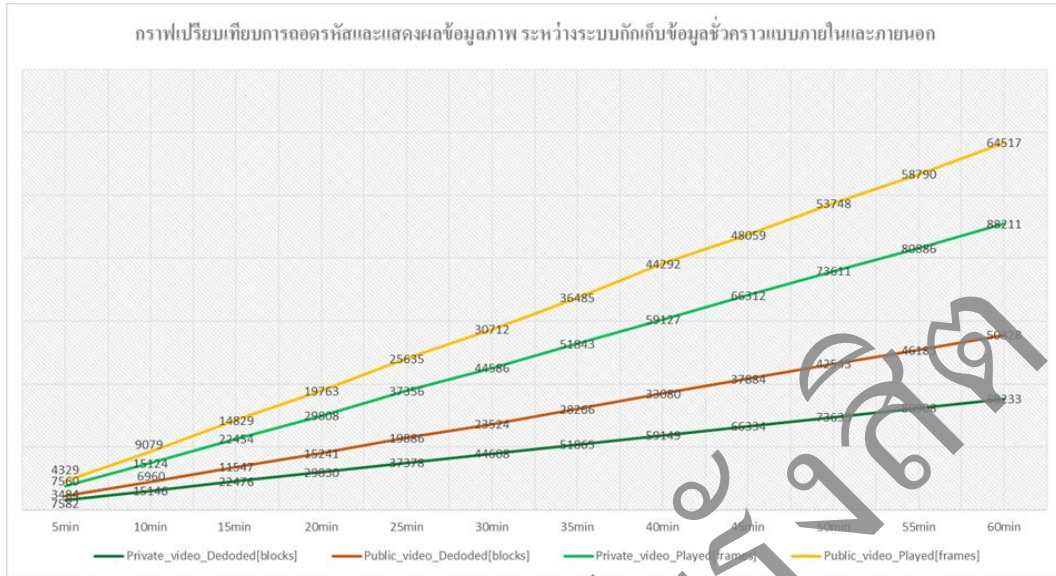


รูปที่ 6 กราฟปริมาณการรับส่งแพคเกจข้อมูลจากระบบกักเก็บชั่วคราวแบบภายนอก

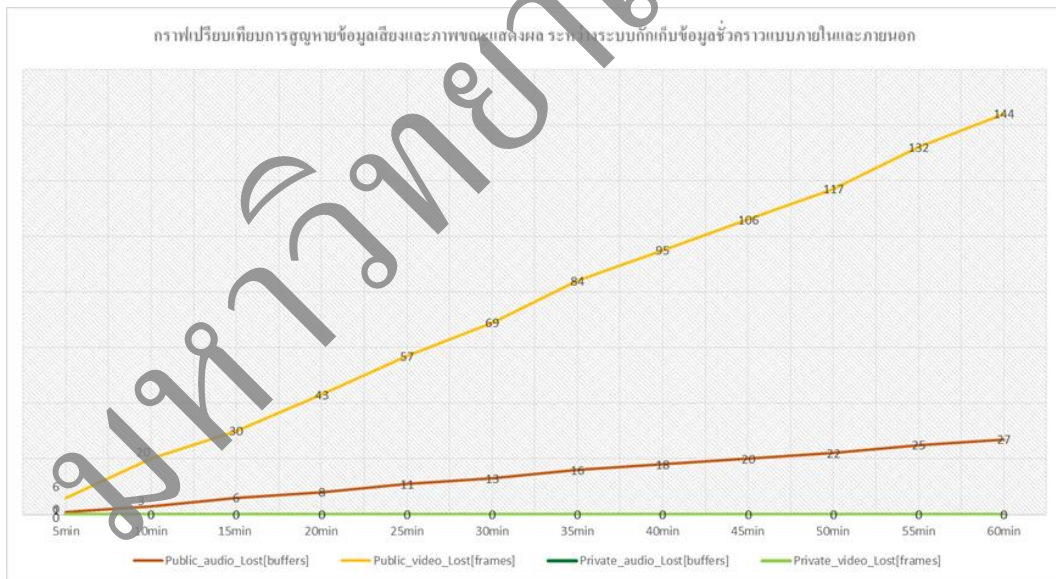
4.3 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในด้านคุณภาพของการแสดงผลภาพและเสียง และการสูญเสียข้อมูลระหว่างระบบกักเก็บข้อมูลชั่วคราวแบบภายในและภายนอก โดยอัตราการดึงข้อมูลเพื่อแสดงผลเสียงจากเดิม 92,252 buffers เป็น 158,494 buffers เพิ่มขึ้น 71% ข้อมูลภาพจาก 64,517 frames เป็น 88,211 frames เพิ่มขึ้น 36% การสูญหายของข้อมูลเสียงจาก 27 buffers เป็น 0 buffers และข้อมูลภาพจาก 144 frames เป็น 0 frames และระบบกักเก็บข้อมูลชั่วคราวแบบภายนอกจะแสดงผลภาพและเสียงครบทุก และที่คิดเขียนตามรูปที่ 10 เมื่อมีปริมาณแบนด์วิดท์ไม่เพียงพอ



รูปที่ 7 กราฟเปรียบเทียบการแสดงผลเสียงระหว่างระบบกักเก็บชั่วคราวแบบภายในและภายนอก



รูปที่ 8 กราฟเปรียบเทียบการแสดงผลภาพระหว่างระบบกักเก็บชั่วคราวแบบภายในและภายนอก



รูปที่ 9 กราฟเปรียบเทียบการสูญหายของภาพและเสียงระหว่างระบบกักเก็บข้อมูลชั่วคราวแบบภายในและภายนอก





รูปที่ 10. การแสดงภาพที่เสียหายขณะใช้ระบบกักเก็บข้อมูลชั่วคราวแบบภายนอก (ซ้ายมือ)

## 5. การอภิปรายผล

จากการศึกษาและพัฒนาระบบกักเก็บข้อมูลชั่วคราวแบบภายในบนอุปกรณ์สมองกลฝังตัว ผ่านบรอดแบนด์อินเทอร์เน็ตในบ้านเรือน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและเสถียรภาพ ลดการสูญหายของข้อมูลภาพและเสียง ลดผลกระทบต่อการใช้บริการอินเทอร์เน็ตอื่นๆ ขณะแสดงผลบริการ ไอพีทีวีประเภท VoD ความละเอียด HD720p

ผลลัพธ์เมื่อเปรียบเทียบการใช้บริการไอพีทีวีประเภท VoD ระหว่างใช้งานผ่านระบบเดิมผ่านระบบกักเก็บข้อมูลชั่วคราวแบบภายนอก กับระบบกักเก็บข้อมูลชั่วคราวแบบภายในเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ พบว่าสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการแสดงผล ข้อมูลภาพวีดีโอมีอัตราการดึงข้อมูลเพื่อแสดงผลภาพจาก 64,517 frames เป็น 88,211 frames คิดเป็นดีขึ้น 36% ข้อมูลเสียงมีอัตราการดึงข้อมูลเพื่อแสดงผลเสียงจากเดิม 92,252 buffers เป็น 158,494 buffers คิดเป็นดีขึ้น 71% การสูญหายของข้อมูลภาพจาก 144 frames เป็น 0 frames และข้อมูลเสียงจาก 27 buffers เป็น 0 buffers ซึ่งการสูญหายของข้อมูลจะแสดงผลในลักษณะสีที่ผิดเพี้ยนตามรูปภาพที่ 10

ทั้งนี้เนื่องจากคุณลักษณะของระบบกักเก็บข้อมูล จะทำหน้าที่นำข้อมูลที่ใช้ในการแสดงผลภาพและเสียงมากักเก็บไว้ จึงการแสดงผลภาพและเสียงบริการไอพีทีวีประเภท VoD คุณภาพในการแสดงผลขึ้นกับปริมาณแบนด์วิดท์อินเทอร์เน็ตเป็นหลักสำคัญ โดยปริมาณแบนด์วิดท์อินเทอร์เน็ตภายในมีขนาด 100 Mbps ขณะที่อินเทอร์เน็ตฝั่งภายนอกของสถานที่ติดตั้งระบบมีขนาดแค่ 6 Mbps เมื่อมีการดึงข้อมูลภาพและเสียงมาแสดงผลระบบกักเก็บข้อมูลชั่วคราวแบบภายในยอมให้ประสิทธิภาพที่เพิ่มขึ้นและดีกว่าระบบกักเก็บข้อมูลชั่วคราวแบบภายนอก สอดคล้องกับงานวิจัยของ (Schmitt, 2015) ที่นำระบบกักเก็บข้อมูลชั่วคราวแบบภายในมาเพิ่มประสิทธิภาพการใช้เว็บไซต์ โซเชียลมีเดีย ( YouTube, Facebook ) และงานวิจัย (นิรมล ศรี โชติ, 2559) ที่นำระบบกักเก็บข้อมูลชั่วคราวไปติดตั้งบนอุปกรณ์ eNodeB เพื่อลดปริมาณแบนด์วิดท์ในการแสดงผลวีดีโอแคชซึ่งบนโครงข่าย LTE ที่มีข้อมูลในลักษณะของภาพวีดีโอและเสียง ซึ่งระบบกักเก็บข้อมูลสามารถช่วยลดประมาณการใช้แบนด์วิดท์ฝั่งภายนอก และเพิ่ม

ประสิทธิภาพในการแสดงผลเช่นเดียวกัน และ (ITU-T G.1008, 2008) ที่แนะนำปริมาณแบนด์วิดท์ขั้นต่ำที่เหมาะสมต่อการบริการ ไอพีทีวี ความละเอียด HD720p ที่อย่างน้อย 10 Mbps

## 6. บทสรุป

งานวิจัยเรื่องการศึกษเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบกักเก็บข้อมูลชั่วคราวแบบภายในและภายนอก สำหรับข้อมูลไอพีทีวี บริการ ไอพีทีวีเป็นการให้บริการโทรทัศน์อีกรูปแบบที่เป็นอนาคตของบริการโทรทัศน์ในยูท หน้า อาศัยเครือข่ายเน็ตเวิร์กเป็นสื่อในการรับส่งสัญญาณ ให้การแสดงผลที่มีคุณภาพสูงและการบริการที่มีความ ยืดหยุ่นสูง บริการ ไอพีทีวีนั้นจึงจำเป็นต้องใช้เครือข่ายเน็ตเวิร์กที่มีประสิทธิภาพสูง และผู้ให้บริการต้องมีการกระจาย เครื่องแม่ข่าย CDN ที่เป็นระบบกักเก็บข้อมูลชั่วคราวกระจายไปยังพื้นที่บริการ ซึ่งเป็นเรื่องที่ยากลำบากสำหรับผู้ ให้บริการรายย่อย และคุณภาพของอินเทอร์เน็ตอย่าง 3G, LTE และบรอดแบนด์อินเทอร์เน็ต ยังต้องประสิทธิภาพและ ขาดเสถียรภาพ งานวิจัยนี้จึงศึกษาพัฒนาระบบกักเก็บข้อมูลชั่วคราวแบบภายใน เพื่อกักเก็บข้อมูลจากระบบกักเก็บ ข้อมูลชั่วคราวแบบภายนอก สำหรับให้บริการ ไอพีทีวีประเภท VoD ที่ความละเอียด HD720p บนอุปกรณ์สมองกลฝัง ตัว Raspberry Pi ซึ่งมีขนาดเล็กและราคาถูก เมื่อมีระบบกักเก็บข้อมูลชั่วคราวแบบภายในติดตั้งในบ้านเรือน สามารถ เพิ่มประสิทธิภาพและเสถียรภาพในการรับชมบริการ ไอพีทีวีประเภท VoD โดยสามารถแสดงผลข้อมูลภาพและเสียง ได้ในปริมาณที่มากกว่า และไม่มีการสูญหายของข้อมูลภาพและเสียง ไม่มีอาการกระตุก สีเพี้ยน และลดปัญหาการแย่ง แบนด์วิดท์สำหรับการใช้บริการอื่นๆ ผ่านอินเทอร์เน็ตขณะแสดงผลบริการ ไอพีทีวีประเภท VoD แต่ด้วยคุณสมบัติ ของระบบกักเก็บข้อมูลชั่วคราวการเรียกใช้งานจะเป็นตัวกำหนดให้เริ่มกักเก็บข้อมูลจากระบบกักเก็บข้อมูลชั่วคราว ภายนอก เพราะฉะนั้นในการเรียกใช้งานครั้งแรกจะมีการใช้งานแบนด์วิดท์ภายนอก ในปริมาณที่เทียบเท่าการใช้ ระบบกักเก็บข้อมูลชั่วคราวแบบภายนอก ซึ่งระบบจำเป็นต้องมีการพัฒนาความสามารถที่มากกว่านี้ ให้มีระบบบริหาร จัดการเนื้อหาข้อมูล มีแอปพลิเคชันที่สามารถเลือกเนื้อหารายการที่ต้องการรับชม และสั่งให้ดึงข้อมูลจากระบบ ส่วนกลางมาเก็บบนระบบกักเก็บ ข้อมูลชั่วคราวแบบภายในให้อัตโนมัติ สามารถพัฒนาให้รองรับการทำงานอื่นได้เช่น

6.1 พัฒนาให้ระบบรองรับการแสดงผลบริการ ไอพีทีวีประเภท VoD ความละเอียด 1080p, 2K, 4K

6.2 พัฒนาให้ระบบรองรับการแสดงผลบริการ ไอพีทีวีประเภท Live Streaming, Time-Shift

6.3 พัฒนาระบบจัดการข้อมูลส่วนกลาง และแอปพลิเคชันที่สามารถเลือกดึงข้อมูลมาเก็บไว้ล่วงหน้า

## 7. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ด้วยความช่วยเหลือของดร.วรทธรศน์ มาณะศิริรานนท์ อาจารย์ที่ปรึกษา งานวิจัย ซึ่งท่านได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆ ที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการทำวิจัย อีกทั้งยังแนะนำการ แก้ปัญหาต่างๆ รูปแบบการเขียนรายงานที่เหมาะสม ขอขอบคุณบริษัท ไอเอ็มจี จำกัดและทีมงาน สำหรับการเอื้อเพื่อ ทรัพยากรเครื่องข่ายและอนุญาตให้เชื่อมต่อระบบกักเก็บข้อมูล CDN และระบบสตรีมมิ่งและคำแนะนำต่างๆ เพื่อใช้ ในการวิจัยพัฒนาระบบ สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณบิดามารดา และครอบครัว ที่คอยสนับสนุนและให้กำลังใจ ตลอดมาผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาและความปรารถนาดีของท่านเป็นอย่างยิ่ง

## 8. เอกสารอ้างอิง

- นิรมล ศรีโชติ และ ธนัญ จารุวิทย์โกวิท. (2559). การประเมินประสิทธิภาพ Video caching แบบรวมศูนย์และแบบกระจายบนโครงข่าย LTE. *การประชุมทางวิชาการระดับประเทศทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ*, 8, 449-453.
- Bhuvaneshwari N. and Aman Aryaputra. (2013). IPTV — The next generation television. *IEEE GCCE*, 509-513.
- Birish Birajdar. (2014). Implementation of Embedded Web Server Based on ARM11 and Linux using Raspberry Pi. *International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE)*, 3(3), 2277-3878.
- Cesar P. and Chorianopoulos K. (2009). The evolution of TV systems, content, and users toward interactivity. *Foundations and Trends in Human-Computer Interaction*, 2(4), 373-395.
- Chin-Ho Lee and Hung-Chang. (2011). Chiu Telco IPTV growth strategy in Taiwan. *13th International Conference on Advanced Communication Technology (ICACT2011)*, 1469-1474.
- Cnet News. (2014). Retrieved March 15, 2017, from <https://www.cnet.com/news/verizon-vs-netflix-whats-this-really-about/>.
- Kim M. and Copeland J. A. (2003). Bandwidth sensitive caching for video streaming application. *IEEE Int. Conf. Communications*, (3), 1557-1562.
- Schmitt P., Raghavendra R., Belding E. (2015). Internet Media Upload Caching for Poorly-Connected Regions. *ACM DEV*, 41-49.
- Shihab E. and Cai L. (2007). IPTV distribution technologies in broadband home networks. *IEEE Conf*, 765-768.
- ITU-T G.1080 (2008, Dec 07). Quality of experience requirements for IPTV services. *International Telecommunications Union*. Retrieved from [https://www.itu.int/rec/dologin\\_pub.asp?lang=e&id=T-REC-G.1080-200812-I!!PDF-E&type=items](https://www.itu.int/rec/dologin_pub.asp?lang=e&id=T-REC-G.1080-200812-I!!PDF-E&type=items)
- Weikai Xie, Yunfei Li, Chenping Lu, and Ruimin Shen. (2012). Optimizing the resource-updating period behavior of HTTP cache servers for better scalability of live HTTP streaming systems. *IEEE International Symposium*, 1(6), 27- 29.
- Yang Xiao, Xiaojiang Du, Jingyuan Zhang, Fei Hu, Sghaier Guizani. (2007). Internet Protocol Television (IPTV): The Killer Application for the Next-Generation Internet. *IEEE Communications Magazine*, 44(11), 126-134.
- Zangrilli. M and Lowekamp B. (2004). Using Passive Traces of Application Traffic in a Network Monitoring System. *IEEE Computer Society*, 77-86.