



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (วิทยาการคอมพิวเตอร์)

ปริญญา

วิทยาการคอมพิวเตอร์

วิทยาการคอมพิวเตอร์

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การศึกษาการเปรียบเทียบประสิทธิภาพและคุณลักษณะของ โปรแกรมประยุกต์ประเภท
Live Streaming IPTV

A Case Study of Comparison Performance and Characteristic of Live Streaming IPTV
Applications

นามผู้วิจัย นายวิวัฒน์ มงคลนวลเสถียร

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุพุมล กิตติสิน, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศิริกร จันทร์นวล, M.S.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญญา ชีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

สิงสีทงี่ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

กรณีศึกษาการเปรียบเทียบประสิทธิภาพและคุณลักษณะของโปรแกรมประยุกต์ประเภท

Live Streaming IPTV

A Case Study of Comparison Performance and Characteristic of Live Streaming IPTV
Applications

โดย

นายวิทวัส มงคลนวเสถียร

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาการคอมพิวเตอร์)

พ.ศ. 2557

วิวัฒน์ มงคลนวเสถียร 2557: กรณีศึกษาการเปรียบเทียบประสิทธิภาพและคุณลักษณะ
ของโปรแกรมประยุกต์ประเภท Live Streaming IPTV ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
(วิทยาการคอมพิวเตอร์) สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุขุมล กิตติสิน, Ph.D. 57 หน้า

โปรแกรมประยุกต์เพียร์ทูเพียร์ประเภท Live Streaming เป็นที่นิยมแพร่หลายมากขึ้นใน
ปัจจุบัน ผู้ใช้สามารถรับชมรายการโทรทัศน์ที่หลากหลายจากประเทศต่างๆทั่วโลกผ่านเครือข่าย
อินเทอร์เน็ต อีกทั้งแนวโน้มผู้บริโภคเปลี่ยนไปจากเดิมที่ผู้บริโภคเป็นเพียงผู้รับข่าวสารเพียงทาง
เดียว เป็นผู้ที่สามารถกระจายข่าวสาร ข้อมูลของตนเองไปยังผู้อื่นได้อีกด้วย แต่โปรแกรมประยุกต์
เหล่านี้ส่วนใหญ่เป็นโปรแกรมเชิงพาณิชย์ ซึ่งใช้งานโพรโทคอลแบบปิด (proprietary protocols)

ดังนั้นงานวิจัยฉบับนี้ได้ทำการศึกษา วิเคราะห์ ประสิทธิภาพและคุณลักษณะจากการ
ทำงานของโปรแกรมประยุกต์เพียร์ทูเพียร์ประเภท Live Streaming โดยใช้โปรแกรมประยุกต์
Sopcast, PPTV และ TVUPlay ซึ่งเป็นโปรแกรมรหัสปิดเป็นกรณีศึกษา โดยเปรียบเทียบกับ
โปรแกรมเพียร์ทูเพียร์ประเภท live-streaming อย่าง Goalbit ซึ่งเป็นโปรแกรมรหัสเปิด ผลจากการ
ทดลองช่วยให้เข้าใจประสิทธิภาพและคุณลักษณะโปรแกรมประยุกต์ประเภท Live Streaming
มากยิ่งขึ้น

ลายมือชื่อนิสิต

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

Wittawat Mongkonnawasatian 2014: A Case Study of Comparison Performance and Characteristic of Live Streaming IPTV Applications. Master of Science (Computer Science), Major Field: Computer Science, Department of Computer Science. Thesis Advisor: Assistant Professor Sukumal Kitisin, Ph.D. 57 pages.

Nowadays, P2P live-streaming applications are becoming very popular. People can watch varieties of TV channels via many different IPTV applications over the Internet. End users' behaviors have changed and they too can be one of the broadcasters. Many P2P live-streaming applications were developed based on proprietary protocols of the owners.

In this paper, experiments are done on commercial IPTV applications -- Sopcast, PPTV, TVUPlay live-streaming applications and Goalbit, an Open Source application in order to study their performance. The result shows their performance and characteristics of those applications.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร.สุขุมาล กิตติสินประธานกรรมการที่ปรึกษา ที่ได้ให้คำปรึกษาในด้านการเรียน การค้นคว้าวิจัย ชี้แนะแนวทางแก้ไขปัญหา และตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์จนกระทั่งเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ ที่ได้สนับสนุนด้านอุปกรณ์ และสถานที่ตลอดระยะเวลาในการทำวิทยานิพนธ์

ด้วยความดีหรือประโยชน์อันใดเนื่องจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ขอมอบแด่ คุณพ่อไฟ คุณแม่ ประจัน และครอบครัวมงคลนวลเสถียร ที่ได้อบรมและให้กำลังใจผู้วิจัยมาตลอดในทุกเรื่อง

วิทวัส มงคลนวลเสถียร

กรกฎาคม 2557

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(3)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	23
อุปกรณ์	23
วิธีการ	24
ผลและวิจารณ์	26
ผล	26
วิจารณ์	45
สรุปและข้อเสนอแนะ	46
สรุป	46
ข้อเสนอแนะ	47
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	48
ภาคผนวก	50
ประวัติการศึกษา และการทำงาน	57

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1 ชุดข้อมูลที่ใช้ในการทดลองของโปรแกรมประยุกต์ Sopcast และ PPTV	26
2 ประเภทโพรโทคอลของโปรแกรมประยุกต์ Sopcast และ PPTV	27
3 ขนาดของแพ็กเก็ตของโปรแกรมประยุกต์ Sopcast	27
4 ขนาดของแพ็กเก็ตของโปรแกรมประยุกต์ PPTV	28
5 ร้อยละข้อมูลควบคุมระหว่างโปรแกรมประยุกต์ Sopcast และ PPTV	29
6 ข้อมูล Throughput ของโปรแกรมประยุกต์ Sopcast และ PPTV	29
7 ข้อมูลจำนวนเพียร์เพื่อนบ้านของโปรแกรมประยุกต์ Sopcast และ PPTV	31
8 ข้อมูลเวลาที่ใช้ในระบบของโปรแกรมประยุกต์ Sopcast และ PPTV	31
9 ชุดข้อมูลที่ใช้ในการทดลองของโปรแกรมประยุกต์ TVUPlayer	32
10 ประเภทโพรโทคอลของโปรแกรมประยุกต์ TVUPlayer	33
11 ขนาดของแพ็กเก็ตของโปรแกรมประยุกต์ TVUPlayer ครั้งที่ 1	33
12 ขนาดของแพ็กเก็ตของโปรแกรมประยุกต์ TVUPlayer ครั้งที่ 2	34
13 ขนาดของแพ็กเก็ตของโปรแกรมประยุกต์ TVUPlayer ครั้งที่ 3	34
14 ร้อยละข้อมูลควบคุมโปรแกรมประยุกต์ TVUPlayer	35
15 ข้อมูล Throughput ของโปรแกรมประยุกต์ TVUPlayer	36
16 ข้อมูลจำนวนเพียร์เพื่อนบ้านของโปรแกรมประยุกต์ TVUPlayer	38
17 เวลาที่ใช้ในระบบของโปรแกรมประยุกต์ TVUPlayer	38
18 ชุดข้อมูลที่ใช้ในการทดลองของโปรแกรมประยุกต์ Goalbit	39
19 ขนาดของแพ็กเก็ตของโปรแกรมประยุกต์ Goalbit ครั้งที่ 1	39
20 ขนาดของแพ็กเก็ตของโปรแกรมประยุกต์ Goalbit ครั้งที่ 2	40
21 ขนาดของแพ็กเก็ตของโปรแกรมประยุกต์ Goalbit ครั้งที่ 3	40
22 ร้อยละข้อมูลควบคุมโปรแกรมประยุกต์ Goalbit	41
23 ข้อมูล Throughput ของโปรแกรมประยุกต์ Goalbit	42
24 ข้อมูลจำนวนเพียร์เพื่อนบ้านของโปรแกรมประยุกต์ Goalbit	44
25 เวลาที่ใช้ในระบบของโปรแกรมประยุกต์ Goalbit	44

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	สถาปัตยกรรมแบบ ไคลเอนต์/เซิร์ฟเวอร์	4
2	สถาปัตยกรรมแบบ เพียร์ทูเพียร์	5
3	โครงสร้างแบบต้นไม้	6
4	โครงสร้างแบบตาข่ายร่างแห	7
5	วิธีการ Push	8
6	วิธีการ Pull	8
7	วิธีการ Push และ Pull	9
8	การทำงานของ Native IP Multicast	10
9	เทคนิค Hierarchical Overlay	11
10	องค์ประกอบของระบบ PPTV	12
11	องค์ประกอบของระบบ Sopcast	14
12	องค์ประกอบของระบบ Goalbit	15
13	การแลกเปลี่ยนข้อมูลวิดิทัศน์ระหว่างเพียร์	18
14	ผลการค้นหาโปรแกรมประยุกต์ประเภท Live Streaming	19
15	Throughput ของโปรแกรมประยุกต์ Sopcast	30
16	Throughput ของโปรแกรมประยุกต์ PPTV	30
17	Throughput ของโปรแกรมประยุกต์ TVUPlayer ครั้งที่ 1	36
18	Throughput ของโปรแกรมประยุกต์ TVUPlayer ครั้งที่ 2	37
19	Throughput ของโปรแกรมประยุกต์ TVUPlayer ครั้งที่ 3	37
20	Throughput ของโปรแกรมประยุกต์ Goalbit ครั้งที่ 1	42
21	Throughput ของโปรแกรมประยุกต์ Goalbit ครั้งที่ 2	43
22	Throughput ของโปรแกรมประยุกต์ Goalbit ครั้งที่ 3	43

กรณีศึกษาการเปรียบเทียบประสิทธิภาพและคุณลักษณะของโปรแกรมประยุกต์ประเภท Live Streaming IPTV

A Case Study of Comparison Performance and Characteristic of Live Streaming IPTV Applications

คำนำ

ในโลกปัจจุบันกล่าวได้ว่า การสื่อสารเป็นสิ่งที่ไร้พรมแดน เนื่องจากไม่ว่าจะอยู่ที่ใดก็สามารถสื่อสารระหว่างกันหรือสามารถรับข่าวสารได้ผ่านทางสื่อต่างๆ เช่น โทรศัพท์ โทรทัศน์ วิทยุ อินเทอร์เน็ต ซึ่งนับได้ว่าในยุคปัจจุบันข่าวสารมีบทบาทเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้

นอกจากการที่เป็นผู้รับข่าวสารแล้ว ปัจจุบันผู้คนส่วนใหญ่นิยมที่จะเป็นผู้กระจายข่าวสารเหล่านั้นเองด้วย ตัวอย่างเช่น หากต้องการที่เผยแพร่การประชุม สัมมนาในโอกาสสำคัญต่างๆ ให้ผู้อื่นสามารถรับชมได้ หรือต้องการเผยแพร่ผลงานการแสดงของตนเองโดยนำข้อมูลวิดีโอที่บันทึกนั้นอัปโหลดผ่านโปรแกรมประยุกต์บนเว็บไซต์ แล้วกระจายต่อให้ผู้อื่นที่เข้ามาภายในเว็บไซต์เหล่านั้นสามารถรับชมได้ ถือว่าเป็นการกระจายข้อมูลข่าวสารผ่านสื่อเสรี เช่น www.youtube.com หรือ www.voicetv.com เป็นต้น

การเลือกชมรายการโทรทัศน์นั้นผู้ชมสามารถเลือกได้หลายวิธี ไม่ว่าจะเป็นการรับชมโดยการรับสัญญาณโทรทัศน์ผ่านตัวรับสัญญาณ (set-top-box) จากผู้ให้บริการสัญญาณ หรือวิธีการรับชมรายการโทรทัศน์ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตที่เรียกว่าโปรแกรมประยุกต์ประเภท Live streaming หรือ Internet Protocol Television (IPTV) ใช้งานบนเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล

IPTV เป็นเทคโนโลยีใหม่ในการสื่อสารแบบการกระจายข้อมูลสัญญาณภาพโทรทัศน์ผ่านอินเทอร์เน็ตโดยใช้ไอพีโพรโทคอล (IP protocol) โดยมีโครงสร้างการกระจายข้อมูลที่แตกต่างกัน คือ 1) การกระจายข้อมูลประเภท Native IP Multicast ที่กระจายข้อมูลจากผู้ใช้นึงคนไปยังผู้ใช้หลายคน 2) การกระจายข้อมูลประเภท Application Layer Infrastructure Overlay ที่มีลักษณะคล้ายกับ Content Delivery Network (CDN) มีการกระจายข้อมูลที่เครื่องแม่ข่ายต่างๆ ผู้ใช้จะสามารถรับ

ข้อมูลที่เครื่องแม่ข่ายที่ใกล้ผู้ชมมากที่สุด 3) การกระจายข้อมูลประเภท Mesh-Pull ใช้งานบนสถาปัตยกรรมพีอีร์เริ่มต้นพีอีร์รับข้อมูลจากเครื่องแม่ข่าย แล้วกระจายข้อมูลนั้นไปยังพีอีร์อื่นๆ โดยที่พีอีร์นั้นเป็นได้ทั้งลูกข่ายและแม่ข่ายได้ในเวลาเดียวกันเปรียบเสมือนการกระจายแบบดาข่ายร่างแห โดยการกระจายข้อมูลประเภทนี้ถูกนิยมนำมาใช้ในการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ที่มีการใช้งานอย่างแพร่หลาย

โปรแกรมประยุกต์ประเภท Live streaming หรือ Internet Protocol Television นั้นมีการพัฒนาขึ้นหลายชนิด เช่น Hei *et al.* (2006a) ปี พ.ศ.2547 โปรแกรม PPLive พัฒนาขึ้นโดยกลุ่มนักศึกษาของ Huazhong University of Science and Technology ประเทศจีน Sentinelli *et al.* (2007) ปีพ.ศ. 2548 โปรแกรม Sopcast พัฒนาขึ้นโดยนักศึกษามหาวิทยาลัย Fudan ประเทศจีน TVU Network Corporation (2012) ปี พ.ศ.2551 โปรแกรม TVUPlayer ที่เป็นโปรแกรมเชิงพาณิชย์พัฒนาขึ้นโดยบริษัท TVU Network Corporation ประเทศสหรัฐอเมริกา และ Bertinat *et al.* (2009) ในปี พ.ศ.2552 โปรแกรม GoalBit ซึ่งเป็นโปรแกรมหรือซอฟต์แวร์รหัสเปิด (Open Source Software) พัฒนาขึ้นโดยนักวิจัยจาก Universidad de la Republica ประเทศอุรุกวัย เป็นต้น โดยผู้ชมสามารถรับชมรายการโทรทัศน์ผ่านโปรแกรมที่ใช้แสดงผลข้อมูลสัญญาณภาพโทรทัศน์ เช่น โปรแกรม Windows Media Player การรับชมรายการโทรทัศน์ผ่านโปรแกรมประยุกต์บนเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลนี้ได้รับความนิยมทั้งทวีปอเมริกา ทวีปยุโรป และทวีปเอเชียโดยเฉพาะในประเทศจีน จากการสำรวจสถิติการใช้งานโปรแกรมประยุกต์ด้าน IPTV หรือ Live Streaming ที่ชื่อ PPLive พบว่า ช่วงเทศกาลปีใหม่ในปี 2006 ของประเทศจีนนั้นมีผู้ใช้งานโปรแกรมประยุกต์ PPLive ที่รับชมช่องสัญญาณโทรทัศน์เดียวกันพร้อมกันมากถึงสองแสนคน (Hei *et al.*, 2006a)

จากการที่กล่าวมาตอนต้น เนื่องจากปัจจุบันแนวโน้มการกระจายข้อมูลข่าวสารได้เปลี่ยนแปลงไปจากเดิมที่ผู้คนส่วนใหญ่จะเป็นเพียงเฉพาะผู้ที่ได้รับข้อมูลเท่านั้น แต่ปัจจุบันคนมีความต้องการที่จะกระจายข้อมูล ข่าวสารของตัวเองออกไปสู่สาธารณะมากขึ้น แนวโน้มในอนาคตคาดว่าทุกคนอาจจะใช้ช่องทางของสื่อเสรีอย่างโปรแกรมประยุกต์ประเภท Live Streaming หรือ IPTV เพื่อเป็นสื่อที่จะสามารถกระจายข้อมูล ข่าวสาร ทั้งสาระ และบันเทิงได้อย่างเสรีมากยิ่งขึ้น แต่เนื่องจากส่วนใหญ่เป็นโปรแกรมเชิงพาณิชย์ ทำให้ไม่สามารถทราบโครงสร้าง กระบวนการทำงานได้ เพื่อความเข้าใจโครงสร้าง กระบวนการทำงาน จึงควรศึกษากระบวนการทำงาน ประสิทธิภาพ คุณลักษณะและผลกระทบที่มีต่อเครือข่ายของโปรแกรมประยุกต์ประเภท Live Streaming เหล่านี้

วัตถุประสงค์

เพื่อแสดงถึงประสิทธิภาพ กระบวนการทำงาน และคุณลักษณะของโปรแกรมประยุกต์ประเภท Live streaming หรือ Internet Protocol Television โดยเปรียบเทียบโปรแกรมประยุกต์ที่ใช้ในเชิงพาณิชย์ที่เป็นรหัสปิดและโปรแกรมประยุกต์หรือซอฟต์แวร์รหัสเปิด

ประโยชน์ที่ได้รับ

สามารถเข้าใจถึงโครงสร้าง กระบวนการทำงาน และประสิทธิภาพของโปรแกรมประยุกต์ประเภท Live Streaming รหัสปิด (proprietary) และรหัสเปิด (Open Source Software)

ขอบเขตและข้อจำกัด

1. ศึกษาและรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับโปรแกรมประเภท Live Streaming หรือ Internet Protocol Television (IPTV)
2. ศึกษาและรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับมาตรวัดที่ใช้ในการวัดและประเมินประสิทธิภาพโปรแกรมประเภท Live streaming หรือ Internet Protocol Television (IPTV)
3. แสดงประสิทธิภาพและคุณลักษณะของโปรแกรมประเภท Live Streaming หรือ Internet Protocol Television (IPTV)

การตรวจเอกสาร

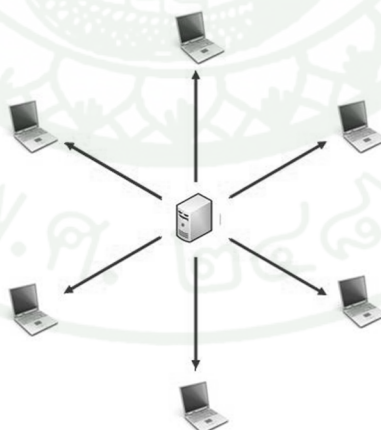
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องประกอบด้วย สถาปัตยกรรมโครงสร้างการเชื่อมต่อ โปรโตคอล เทคนิค ที่ใช้งานและองค์ประกอบของโปรแกรมประยุกต์ประเภท Live Streaming IPTV

1. สถาปัตยกรรมของโปรแกรมประยุกต์

1.1 สถาปัตยกรรมแบบ ไคลเอนต์/เซิร์ฟเวอร์

โครงสร้างของสถาปัตยกรรมแบบ ไคลเอนต์/เซิร์ฟเวอร์ เป็นลักษณะการกระจาย ข้อมูลจากศูนย์กลางมีการส่งข้อมูลระหว่างต้นทางและปลายทางแบบหนึ่งต่อหนึ่ง โดยไคลเอนต์ ทำหน้าที่ร้องขอข้อมูลและเซิร์ฟเวอร์ทำการให้บริการข้อมูล จากภาพที่ 1 เห็นได้ว่าต้องมีเพียร์ ศูนย์กลางให้บริการ หากมีไคลเอนต์ร้องขอข้อมูลเป็นจำนวนมาก อาจเกิดความคับคั่งของการ รับส่งข้อมูลในแบนด์วิดท์นำไปสู่ปัญหาคอขวด หรือหากเซิร์ฟเวอร์เสียหายไม่สามารถให้บริการได้ ไคลเอนต์ก็ไม่สามารถใช้งานได้เช่นกัน ซึ่งเป็นข้อจำกัดของสถาปัตยกรรมแบบ ไคลเอนต์/เซิร์ฟเวอร์



ภาพที่ 1 สถาปัตยกรรมแบบ ไคลเอนต์/เซิร์ฟเวอร์

1.2 สถาปัตยกรรมแบบเพียร์ทูเพียร์

โครงสร้างของสถาปัตยกรรมแบบเพียร์ทูเพียร์ เป็นลักษณะการกระจายข้อมูลที่ไม่ได้มีเพียร์ใดเป็นศูนย์กลางอย่างสถาปัตยกรรมแบบ ไคลแอนท์/เซิร์ฟเวอร์ โดยแต่ละเพียร์สามารถที่จะเป็นไคลแอนท์หรือเซิร์ฟเวอร์ได้ในเวลาเดียวกัน จากภาพที่ 2 ทุกเพียร์สามารถรับส่งข้อมูลได้จากเพียร์อื่นมากกว่าหนึ่งเพียร์ ซึ่งทิศทางการกระจายข้อมูลไม่ได้มาจากศูนย์กลาง เมื่อเพียร์หนึ่งเพียร์ใดไม่สามารถใช้งานได้ เพียร์ที่เหลือก็ยังสามารถที่ทำงานได้โดยการรับส่งข้อมูลมาจากเพียร์อื่นๆ จึงกล่าวได้ว่าสถาปัตยกรรมแบบเพียร์ทูเพียร์สามารถแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นกับสถาปัตยกรรมแบบไคลแอนท์/เซิร์ฟเวอร์ ได้ เช่น ลดภาระการทำงานของเครื่องเซิร์ฟเวอร์เนื่องปัญหาการคับคั่งของการส่งข้อมูลในเครือข่าย เลี่ยงปัญหาการขาด และปัญหาการจัดสรรแบนด์วิดท์ได้



ภาพที่ 2 สถาปัตยกรรมแบบเพียร์ทูเพียร์

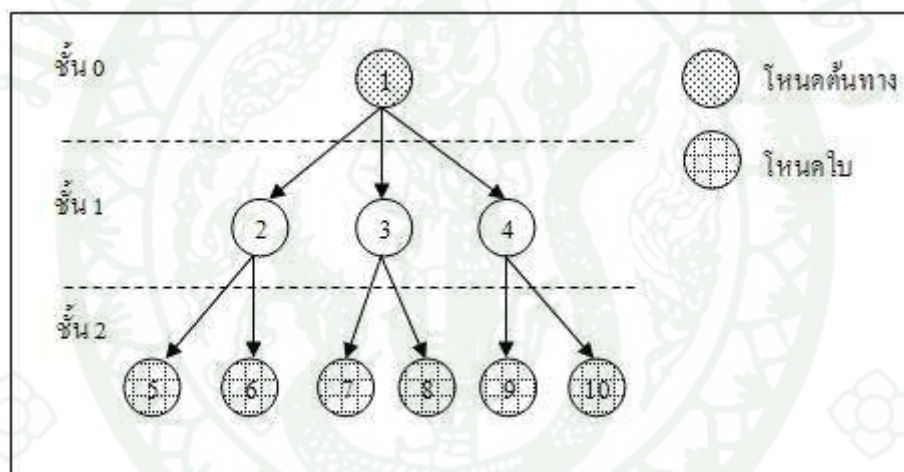
2. โครงสร้างการเชื่อมต่อของโปรแกรมประยุกต์เพียร์ทูเพียร์ประเภท Live Streaming

โปรแกรมประยุกต์เพียร์ทูเพียร์ประเภท Live Streaming มีความต้องการในการร้องขอข้อมูลในเวลาจริงและต้องการแบนด์วิดท์สูง เนื่องจากการส่งข้อมูลแบบมัลติมีเดีย กล่าวคือมีทั้งภาพและเสียง จึงทำให้ลักษณะแตกต่างจากโปรแกรมประยุกต์เพียร์ทูเพียร์ประเภทอื่น เช่น โปรแกรมประยุกต์ BitTorrent ที่มีการแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างเพียร์กันเป็นจำนวนมากแต่ไม่ได้มีเวลาเป็นข้อจำกัด (Shahzad *et al.*, 2006) ซึ่งโปรแกรมประเภท Live Streaming นั้นนอกจากมีข้อจำกัดของระยะเวลาของข้อมูลวิดีโอแล้ว ยังจะต้องมีการแสดงผลข้อมูลวิดีโอได้อย่างต่อเนื่องเมื่อข้อมูลที่ได้รับสูญหายหรือมาถึงล่าช้ากว่าระยะเวลาที่กำหนด

หลักสำคัญของโปรแกรมประเภท Live Streaming นอกจากที่กล่าวมาแล้วควรจะมีการจัดการรับส่งข้อมูลระหว่างเพียร์ให้มีประสิทธิภาพ เพื่อให้สามารถแสดงผลข้อมูลวิดีโอได้ดียิ่งขึ้น โดยสามารถแบ่งกระบวนการส่งข้อมูลแบบ Overlay Content Delivery ได้เป็น 2 ประเภท

2.1 การเชื่อมต่อแบบโครงสร้างต้นไม้ (Tree based)

การเชื่อมต่อแบบโครงสร้างต้นไม้ เริ่มต้นส่งข้อมูลจากต้นทางตามลักษณะโครงสร้างที่เชื่อมต่อ แต่ละโหนดรับข้อมูลมาจากโหนดพ่อแม่ แล้วส่งข้อมูลไปยังโหนดลูก โดยที่เพียร์จะถูกแบ่งออกเป็นชั้น เริ่มจากสมาชิกของชั้นลำดับที่ 0 เป็นลำดับเริ่มต้น แล้วถูกแบ่งย่อยตามกลุ่มของตำแหน่งเครือข่ายจะมีเพียร์ในกลุ่มที่ถูกเลือกให้เป็นสมาชิกของกลุ่มที่อยู่ในชั้นลำดับถัดไปดังภาพที่ 3

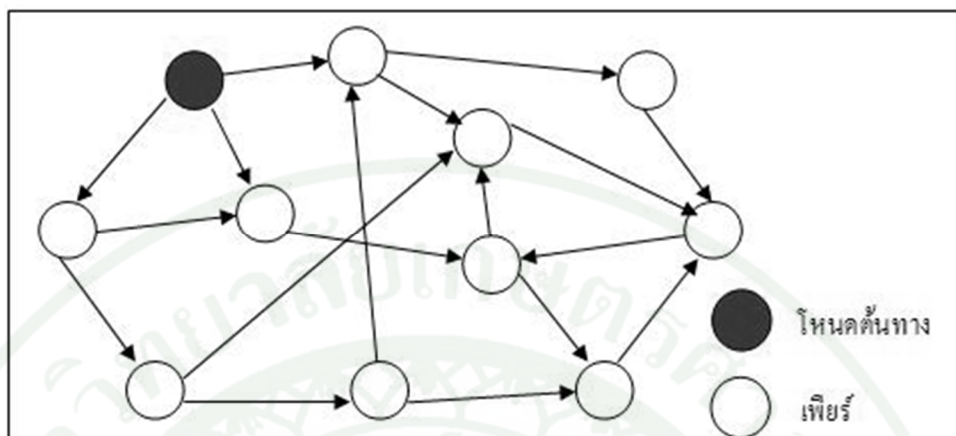


ภาพที่ 3 โครงสร้างแบบต้นไม้

ที่มา : Tanenbaum (2003)

ตามรูปแบบโครงสร้างแบบต้นไม้ นั้นมีทิศทางการรับส่งข้อมูลเริ่มจากโหนดพ่อแม่สู่โหนดลูกเพียงทิศทางเดียว หากโหนดพ่อแม่ไม่สามารถส่งข้อมูลหรือหยุดเชื่อมต่อจากโครงสร้างต้นไม้ทำให้โหนดลูกที่อยู่ปลายทางไม่สามารถรับข้อมูลได้

2.2 การเชื่อมต่อแบบ โครงดาข่ายร่างแห (Mesh based)



ภาพที่ 4 โครงสร้างแบบดาข่ายร่างแห

ที่มา : Tanenbuam (2003)

การพัฒนาการกระจายข้อมูลให้มีความเสถียรมากยิ่งขึ้นจึงมีการเสนอโครงสร้างการกระจายข้อมูลแบบดาข่ายร่างแหขึ้น โดยเพียร์ในโครงสร้างนี้สามารถเลือกและรับข้อมูลจากหลายๆ เพียร์และจากหลายๆกลุ่มได้ในเวลาเดียวกัน จากภาพที่ 4 แสดงให้เห็นว่า เริ่มต้นจะกระจายข้อมูลจากเพียร์ต้นทางที่มีข้อมูล จากนั้นข้อมูลจะถูกกระจายต่อไปยังเพียร์ต่างๆ ซึ่งรูปแบบของโครงสร้างจะไม่ถูกกำหนดแต่จะเปลี่ยนแปลงตามลักษณะของ Overlay Network ลักษณะโครงสร้างแบบดาข่ายร่างแหนี้มีส่วนสำคัญสองส่วนคือ กระบวนการเลือกกลุ่มของเพียร์ที่มีข้อมูลที่เหมาะสมและกระบวนการจัดการการส่งข้อมูลไปยังเพียร์ที่แตกต่างกัน

3. โพรโทคอลที่ใช้ในการติดต่อระหว่างเพียร์

การติดต่อระหว่างเพียร์ที่ใช้งานโปรแกรมประยุกต์ประเภท Live Streaming จะมีโพรโทคอลที่ใช้เรียกว่า Gossip Protocol (Hei *et al.*, 2007) ใช้ในการเผยแพร่ข้อมูล โดยแต่ละเพียร์จะกระจายข้อมูลของตนเองว่ามีข้อมูลใดให้กับเพียร์อื่นๆ หากเพียร์ใดสนใจข้อมูลก็สามารถเชื่อมต่อมายัง

เพียร์นั้นแล้วร้องขอข้อมูลได้จากกระบวนการกระจายข้อความเพื่อบอกข้อมูลที่เพียร์มีอยู่ดังภาพที่ 5 สามารถทำให้แบ่งเพียร์ได้ออกเป็น 3 กลุ่ม คือ

1. Susceptible peer: เพียร์ที่ไม่ทราบข้อมูลในข้อความแต่กลับได้รับข้อความนั้น
2. Infected peer: เพียร์ที่ได้รับข้อความและส่งข้อความนั้นกระจายต่อไปยังเพียร์อื่น
3. Removed peer: เพียร์ที่ได้รับข้อความแต่ไม่มีการส่งข้อความนั้นกระจายต่อ

แบบจำลองการกระจายข้อความของ Gossip Protocol นี้สามารถแบ่งได้เป็น 3 ประเภทดังนี้

1) แบบจำลอง Push

เมื่อเพียร์ ก เลือกที่จะสื่อสารกับเพียร์ ข และส่งข้อมูลของที่ ก มีอยู่ให้กับ ข ในลักษณะนี้เพียร์ที่เป็น Infective จะเป็นผู้เริ่มต้นการสื่อสารดังภาพที่ 5

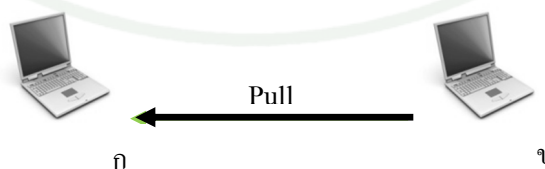


ภาพที่ 5 วิธีการ Push

ที่มา : Tanenbaum (2003)

2) แบบจำลอง Pull

เมื่อเพียร์ ก เลือกสื่อสารกับเพียร์ ข และถามข้อมูลที่เพียร์ ข มีอยู่ ในลักษณะนี้เพียร์ที่เป็น Susceptible จะเป็นผู้เริ่มต้นการสื่อสารดังภาพที่ 6

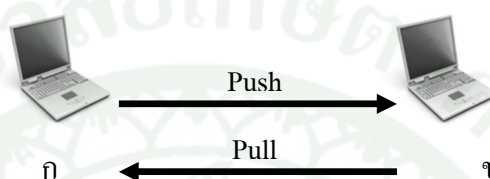


ภาพที่ 6 วิธีการ Pull

ที่มา : Tanenbaum (2003)

3) แบบจำลอง Push และ Pull

เมื่อเพียร์ ก เลือกสื่อสารกับเพียร์ ข เพียร์ ก ส่งข้อมูลของที่ ก มีอยู่ให้กับ ข ในขณะเดียวกันก็จะถามข้อมูลที่เพียร์ ข มีอยู่ ในลักษณะนี้เพียร์ที่เป็น Susceptible และ Infective จะเป็นผู้เริ่มต้นการสื่อสารพร้อมกันดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 วิธีการ Push และ Pull

ที่มา : Tanenbuam (2003)

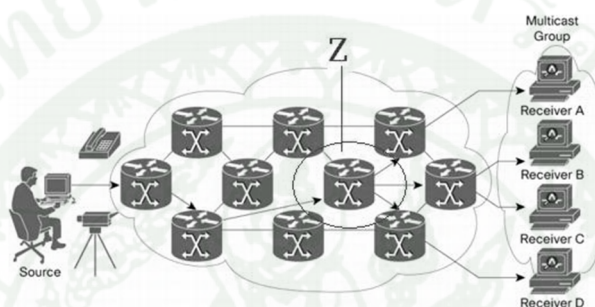
4. เทคนิคที่ใช้ในโปรแกรมประยุกต์ประเภท Live Streaming IPTV

Internet Protocol Television (IPTV) เป็นเทคโนโลยีเพื่อใช้ในการกระจายสัญญาณภาพโทรทัศน์และข้อมูลสัญญาณภาพโทรทัศน์จากเครื่องแม่ข่าย ผ่านอินเทอร์เน็ตโดยใช้ไอพีโพรโทคอล (IP protocol) ปัจจุบันมีผู้พัฒนาโปรแกรมประยุกต์หลายชนิดเพื่อทำการส่งรายการโทรทัศน์ผ่านอินเทอร์เน็ต โดยแต่ละโปรแกรมประยุกต์ก็มีการใช้เทคนิคและขั้นตอนวิธีที่แตกต่างกันในการจัดการ ซึ่งผู้รับชมสามารถรับชมรายการโทรทัศน์ผ่านโปรแกรมที่ใช้แสดงผลข้อมูลสัญญาณภาพโทรทัศน์ เช่น โปรแกรม Windows Media Player เป็นต้น แบ่งออกเป็น 4 ประเภทดังนี้

4.1 ประเภท Native IP Multicast

Native IP Multicast เป็นการกระจายข้อมูลสัญญาณภาพโทรทัศน์จากผู้ส่งหนึ่งเครื่องไปยังกลุ่มผู้รับหลายเครื่องที่อยู่กลุ่มเดียวกันกับผู้ส่ง ซึ่งจะแตกต่างกับการส่งแบบ broadcast ที่เป็นการส่งแบบกระจายให้ทุกเครื่องในเครือข่าย แม้ว่าเครื่องที่ได้รับจะไม่ต้องขอข้อมูลนั้นก็ตาม ทำให้สิ้นเปลืองแบนด์วิดท์ของเครือข่าย และแตกต่างจากแบบการส่งแบบ unicast ที่เป็นการส่งข้อมูลจากเครื่องผู้ส่งไปยังเครื่องผู้รับแบบหนึ่งต่อหนึ่ง ดังนั้น ถ้ามีเครื่องผู้รับชมเป็นจำนวน N คน ผู้ส่ง

จะต้องส่งข้อมูลจำนวน N ชุด ทำให้เครื่องผู้ส่งต้องทำงานหนักอีกทั้งยังเปลืองแบนด์วิดท์เครือข่ายจากการที่ต้องส่งข้อมูลหลายครั้ง จากปัญหาดังกล่าวจึงมีการนำเทคนิค IP multicast มาประยุกต์ใช้งานกับเทคโนโลยี IPTV ซึ่งเทคนิค IP multicast คือการที่เราเตอร์ได้รับข้อมูลมาจากเครื่องแม่ข่ายแล้วทำการสำเนาข้อมูลนั้นและส่งไปยังเราเตอร์ตัวต่อไปที่แจ้งว่ามีสมาชิกอยู่ปลายทาง ดังนั้นการใช้ IP multicast จะเป็นการประหยัดแบนด์วิดท์ของเครือข่ายส่วนกลาง เนื่องจากส่งข้อมูลเพียงชุดเดียว ให้ผู้รับชมกลุ่มเดียวกัน โดยผู้ส่งไม่จำเป็นต้องรู้ว่าสมาชิกในกลุ่มมีใครบ้าง แต่ต้องรู้ว่าตนเองเป็นสมาชิกของกลุ่มใดโดยเราเตอร์จะทำการจัดส่งไปยังกลุ่มดังกล่าวที่ 8



ภาพที่ 8 การทำงานของ Native IP Multicast

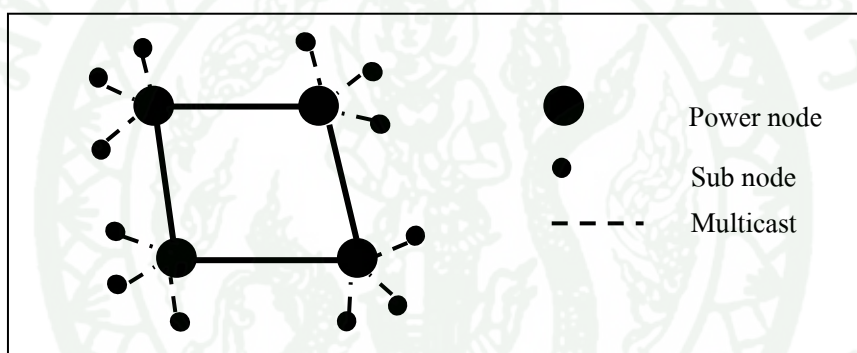
ภาพที่ 8 แสดงการส่งข้อมูลวิดีโอจากต้นทางไปยังผู้รับ A B C และ D ที่อยู่กลุ่ม multicast เดียวกัน ผู้ส่งจะส่งข้อมูลออกไปเพียงชุดเดียวไปที่เราเตอร์ Z จากนั้น เราเตอร์ Z ทำสำเนาข้อมูลเพื่อแจกให้แก่เราเตอร์ ที่ผู้รับ A B C และ D เชื่อมต่ออยู่

4.2 ประเภท Application Layer Infrastructure Overlay

วิธีการนี้ยังใช้สถาปัตยกรรมซอฟต์แวร์แบบ ไคลเอนต์/เซิร์ฟเวอร์ และใช้เทคนิคที่คล้ายคลึงกับเทคนิค Content Delivery Network (CDN) ตัวอย่างเช่น YouTube เป็นเว็บไซต์ที่ให้บริการข้อมูลวิดีโอ ผู้ใช้สามารถรับชมและถ่ายทอดข้อมูลวิดีโอของตนเองได้ การทำงานของเทคนิคนี้จะใช้การเก็บข้อมูลไว้บนเครื่องเซิร์ฟเวอร์ที่กระจายกันอยู่ทั่วโลก เมื่อไคลเอนต์ร้องขอข้อมูลไปยังเซิร์ฟเวอร์หลัก การร้องขอนั้นจะถูก Re-Direct ไปยังเครื่องเซิร์ฟเวอร์ในระบบ CDN ที่อยู่ใกล้ที่สุด ทำให้ไคลเอนต์ได้รับข้อมูลอย่างรวดเร็ว และลดภาระงานให้กับเซิร์ฟเวอร์หลักได้ (Tanenbaum, 2003)

4.3 ประเภท Hierarchical Overlay

เป็นเทคนิคการรวมกันระหว่างสถาปัตยกรรมเพียร์ทูเพียร์กับวิธีการส่งข้อมูลแบบ multicast กล่าวคือ การสื่อสารระหว่างผู้ส่งคนเดียวกับผู้รับหลายคนบนเครือข่าย เทคนิคนี้ใช้เพื่อลดความคับคั่งของเครือข่าย โดยผู้รับนั้นต้องการข้อมูลจากแหล่งข้อมูลเดียวกันในเวลาพร้อมกัน โดยผู้ส่งสามารถส่งข้อมูลฉบับเดียวไปยังหลายผู้รับได้ ซึ่งใช้ลำดับของการแจกจ่ายข้อมูลที่เหมาะสม โดยในการแจกจ่ายนั้นแต่ละเพียร์เป็นส่วนหนึ่งในขอบเขตของการส่งข้อมูลในกลุ่ม multicast แต่บางเพียร์ที่ไม่อยู่ในขอบเขตของการส่งข้อมูลในกลุ่ม multicast จะได้รับข้อมูลอัปเดตจากเพียร์ที่อยู่นอกกลุ่มที่สามารถกระจายข้อมูลข้ามกลุ่มทั้งหมดได้ ดังนั้นจึงสามารถกระจายข้อมูลสัญญาณภาพได้ทุกโหนด



ภาพที่ 9 ประเภท Hierarchical Overlay

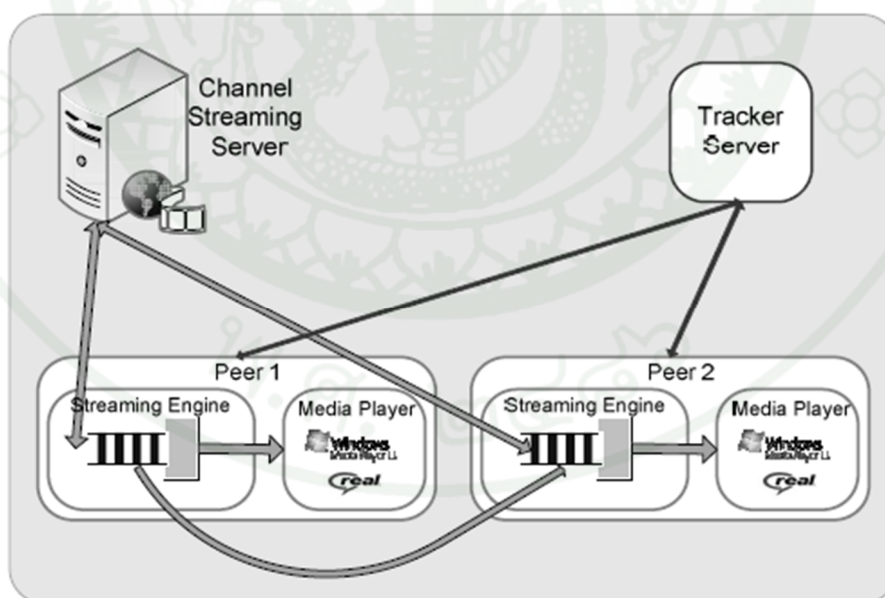
ที่มา : Kurose and Ross (2008)

ภาพที่ 9 แสดงลักษณะการเชื่อมต่อของโหนดสองประเภทคือ Power node เป็นโหนดที่มีอัตราการอัปเดตความถี่สูงกว่าโหนดอื่นในกลุ่มและ Sub node หรือโหนดลูก โดยการเชื่อมต่อระหว่าง Power node เป็นแบบเพียร์ทูเพียร์และการเชื่อมต่อระหว่าง Power node กับโหนดลูกในกลุ่มนั้นเป็นการเชื่อมต่อแบบ multicast

5. องค์ประกอบโปรแกรมประยุกต์ประเภท Live Streaming

5.1 โปรแกรมประยุกต์ PPTV

PPTV เป็นโปรแกรมประยุกต์เพียร์ทูเพียร์ประเภท Live Streaming พัฒนาขึ้นครั้งแรกภายใต้ชื่อ PPLive เมื่อปี พ.ศ. 2547 โดยกลุ่มนักศึกษาของ Huazhong University of Science and Technology ในประเทศจีน ต่อมาปี พ.ศ. 2551 กลายเป็นซอฟต์แวร์เชิงพาณิชย์โดยบริษัท PPLive Inc. และเปลี่ยนชื่อเป็น PPTV ภายใต้บริษัท Synacast ซึ่งได้รับใบอนุญาตในการเผยแพร่ช่องรายการโทรทัศน์จากรัฐบาลประเทศจีน สิ่งที่ทำให้ PPTV ได้รับความนิยมทั่วโลก คือระบบการโฆษณาและการตลาดที่เข้าถึงเป้าหมายกลุ่มลูกค้าและการทำเว็บไซต์ที่ดีเป็นที่น่าสนใจให้แก่ผู้โฆษณาพันธมิตรโฆษณาปัจจุบัน ได้แก่ Sony, Nokia, PEPSI, China Mobile, Estee Lauder และ Pizza Hut (PPTV Inc., 2013) ปัจจุบันมีผู้ใช้งานมากกว่า 3 ล้านคนที่รับชมช่องรายการ ซึ่งมีเนื้อหาช่องรายการโทรทัศน์มากกว่า 600 ช่อง แม้ว่าโปรแกรมประยุกต์ PPTV เป็นระบบเชิงพาณิชย์ที่มีลิขสิทธิ์ไม่เปิดเผยซอร์สโค้ด (source code) ข้อกำหนดโคโพรโทคอลและสถาปัตยกรรม แต่ก็มีนักวิจัยศึกษาและรวบรวมข้อมูลโดยการใช้วิธี Passive sniffer และวิเคราะห์กระบวนการทำงานของระบบดังกล่าว (Ali *et al.*, 2006) (Hei *et al.*, 2007a, 2007b, 2007c)



ภาพที่ 10 องค์ประกอบของระบบ PPTV

ที่มา : Hei *et al.*, (2007)

ภาพที่ 10 แสดงองค์ประกอบของระบบ PPTV มีรายละเอียดดังนี้

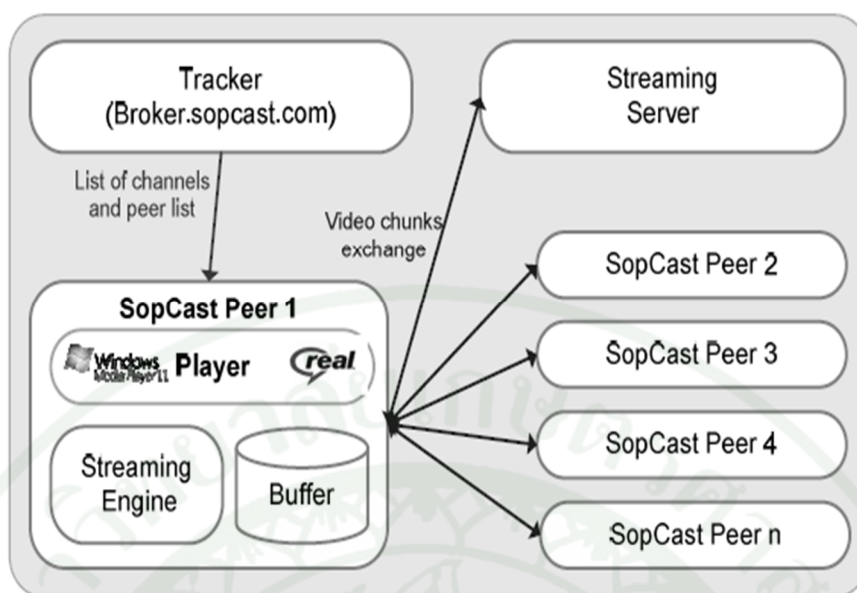
เพียร์ เมื่อผู้ใช้งานเข้าสู่ระบบ ผู้ใช้งาน 1 เครื่อง คือ 1 เพียร์ ซึ่งภายในเพียร์ประกอบด้วย Streaming Engine และ Media Player โดยที่ Streaming Engine ทำหน้าที่ดาวน์โหลดข้อมูลวิดีโอจากเครือข่ายเก็บในหน่วยความจำภายใน Streaming Engine จากนั้น Media Player จะดาวน์โหลดข้อมูลวิดีโอจากหน่วยความจำใน Streaming Engine ไปเก็บในหน่วยความจำใน Media Player เพื่อแสดงผล

Channel Stream Server เป็นแหล่งข้อมูลวิดีโอปฐมภูมิ ทำหน้าที่ตัดแบ่งข้อมูลวิดีโอเป็นก้อนข้อมูลที่มีขนาดเล็กลง (chunk) เพื่อให้เพียร์มาดึงข้อมูลกระจายในเครือข่าย

Tracker Server เป็นศูนย์รวมข้อมูลเริ่มต้น โดยเมื่อเพียร์เริ่มต้นใช้งานเข้าสู่ระบบจะต้องร้องขอข้อมูลที่ Tracker Server ก่อน ซึ่งข้อมูลที่ Tracker Server ให้บริการประกอบด้วย ข้อมูลของช่องรายการที่เพียร์ที่ต้องรับชม (Channel) ข้อมูลเพียร์ที่รับชมช่องรายการเดียวกัน (ไอพีแอดเดรส และ พอร์ต) และสถานะของก้อนข้อมูลวิดีโอในแต่ละเพียร์ที่อยู่ในเครือข่ายที่มีการดาวน์โหลด

5.2 โปรแกรมประยุกต์ Sopcast

Sopcast เริ่มต้นพัฒนาจากโครงการของนักศึกษาในมหาวิทยาลัย Fudan ในประเทศจีน เมื่อปี พ.ศ. 2547 แต่ปัจจุบัน โปรแกรมประยุกต์นี้นำมาพัฒนาต่อยอดในเชิงพาณิชย์โดยบริษัท Sopcast และมีจำนวนผู้ใช้งานมากกว่าล้านคน Sopcast เป็นระบบเพียร์ทูเพียร์ที่มีจากถ่ายทอดโดยตรง การสื่อสารโพรโทคอลหลักพัฒนาโดยทีมงานของ Sopcast ซึ่งสังเกตจาก URL ที่ใช้ในระบบจะใช้ชื่อ sop:// นอกจากจะรับชมรายการตามที่ผู้ใช้งานต้องการแล้ว Sopcast ยังออกแบบให้ผู้ใช้สามารถที่จะถ่ายทอดวิดีโอเป็นช่องสัญญาณตนเองได้อีกด้วย



ภาพที่ 11 องค์ประกอบของระบบ Sopcast

ที่มา : shahzad *et al.*, (2006)

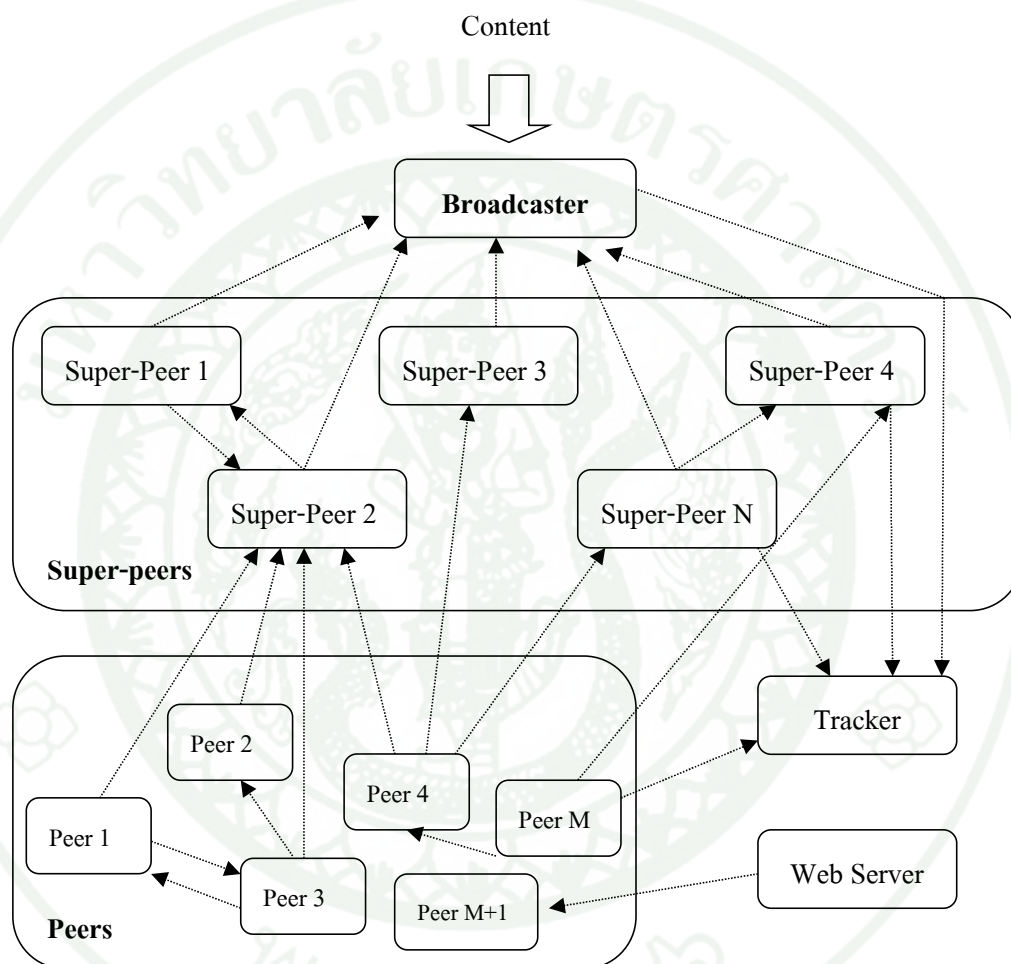
ภาพที่ 11 แสดงองค์ประกอบของระบบ Sopcast มีรายละเอียดสถาปัตยกรรมคล้ายกับโปรแกรมประยุกต์ PPTV ประกอบด้วยดังนี้ 1) เพียร์ Sopcast ซึ่งภายในประกอบด้วย Streaming Engine หน่วยความจำ (Buffer) และ Media Player 2) Streaming Server ทำหน้าที่แปลงข้อมูลวีดิทัศน์เป็นก้อนข้อมูลขนาดเล็กที่มีขนาดเท่ากัน เพื่อให้เพียร์ในระบบสามารถดึงข้อมูลวีดิทัศน์ได้ 3) Tracker Server ทำหน้าที่บริการข้อมูลช่องสัญญาณรายการ ข้อมูลเพียร์ และข้อมูลก่อนวีดิทัศน์ของเพียร์อื่นที่มีในระบบ

5.3 โปรแกรมประยุกต์ TVUPlay

โปรแกรม TVUPlayer ถูกพัฒนาโดยบริษัท TVU Networks Corporation ในประเทศสหรัฐอเมริกา ในปี ค.ศ. 2008 ให้บริการด้านการถ่ายทอดสัญญาณโทรทัศน์ช่องรายการต่างๆ ทั่วโลกกว่า 200 ช่อง ซึ่งใช้โปรโตคอล UDP ในการทำงานเช่นเดียวกับโปรแกรมประยุกต์ PPTV และ Sopcast โดยปัจจุบันโปรแกรมประยุกต์ TVUPlayer ยุติการพัฒนาและการให้บริการด้านการถ่ายทอดสัญญาณประเภทเพียร์ทูเพียร์ไปแล้ว และบริษัท TVU Networks Corporation สร้างผลิตภัณฑ์ใหม่เป็นอุปกรณ์ในการถ่ายทอดสัญญาณแทน

5.4 โปรแกรมประยุกต์ Goalbit

Goalbit เป็นโปรแกรมประยุกต์ประเภท Live Streaming ที่เป็นโปรแกรมหรือซอฟต์แวร์รหัสเปิด (Open Source Software) พัฒนาโดยกลุ่มนักวิจัยจาก Universidad de la Republica ประเทศอุรุกวัย ในปี พ.ศ. 2552 ซึ่งพัฒนาจากโปรแกรมประยุกต์ Bit-Torrent (Bertinat *et al.*, 2009)



ภาพที่ 12 องค์ประกอบของระบบ Goalbit

ที่มา : Bertinat *et al.* (2009)

ภาพที่ 12 แสดงองค์ประกอบของระบบ Goalbit มีรายละเอียดดังนี้

เพียร์ Broadcaster ทำหน้าที่แปลงข้อมูลวิดีโอที่รับจากแหล่งข้อมูลปฐมภูมิ (ข้อมูลวิดีโออาจเป็นสัญญาณแอนะล็อก หรือสัญญาณดิจิทัลจากอินเทอร์เน็ต หรือไฟล์วิดีโอ) เป็นก้อน

ข้อมูลที่มีขนาดเล็กลงให้เท่ากันเพื่อใช้กระจายให้เพียร์ในระบบ หากเพียร์ Broadcaster ออกจากระบบหรือไม่สามารถใช้งานได้ส่งผลกระทบทุกเพียร์ในระบบไม่สามารถใช้งานได้เช่นกัน

Super Peer เป็นเพียร์ที่มีค่าความจุการอัปโหลดสูง ทำหน้าที่รับก่อนข้อมูลจากเพียร์ Broadcaster แล้วกระจายข้อมูลระหว่าง Super Peer และเพียร์ทั่วไป

เพียร์ทั่วไป หมายถึงเพียร์ที่มีเชื่อมต่อเข้าสู่ระบบเพียงเพื่อรับชมช่องรายการเป็นช่วงเวลา แล้วเมื่อผู้ใช้เลิกใช้งานก็จะออกจากระบบไป

Tracker Server ทำหน้าที่บริการข้อมูลแก่เพียร์ เมื่อมีเพียร์ใหม่เข้าสู่ระบบจะต้องลงทะเบียนกับ Tracker server จากนั้นเพียร์จะได้รับรายชื่อเพียร์ที่รับชมช่องรายการเดียวกันเพื่อเชื่อมต่อ

การสื่อสารระหว่างเพียร์ในระบบแบ่งออก 2 ประเภทได้แก่การสื่อสารเพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลของเพียร์และการสื่อสารเพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลวิทัศน์โดยการสื่อสารเพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลของเพียร์เป็นการสื่อสารเพื่อเชื่อมต่อระหว่างเพียร์ โดยประกอบด้วย 5 ประเภทข้อความดังนี้

1. ข้อความ Handshake เป็นข้อความที่ใช้เริ่มต้นการสื่อสารระหว่างเพียร์ โดยเพียร์จะส่งข้อความ Handshake ไปยังเพียร์ใหม่เพื่อสร้างการเชื่อมต่อ

2. ข้อความ Bitfield เป็นข้อความแสดงชั้นข้อมูลของเพียร์ โดยเพียร์จะส่งข้อความหลังจากกระบวนการส่งข้อความ Handshake เพื่อแจ้งให้เพียร์ที่เชื่อมต่อทราบชั้นข้อมูลอยู่ใน Sliding Window

3 ข้อความ Have เป็นข้อความแสดงชั้นข้อมูลที่เพียร์ได้รับ โดยเพียร์ได้รับชั้นข้อมูลใหม่ เพียร์จะต้องส่งข้อความ Have ไปยังเพียร์ที่เชื่อมต่อ

4. ข้อความ Window Update เป็นข้อความแสดงเมื่อ Sliding Window ของเพียร์เปลี่ยน โดยเพียร์ที่ได้รับข้อความ window Update นี้จะต้องตอบกลับด้วยข้อความ Bitfield

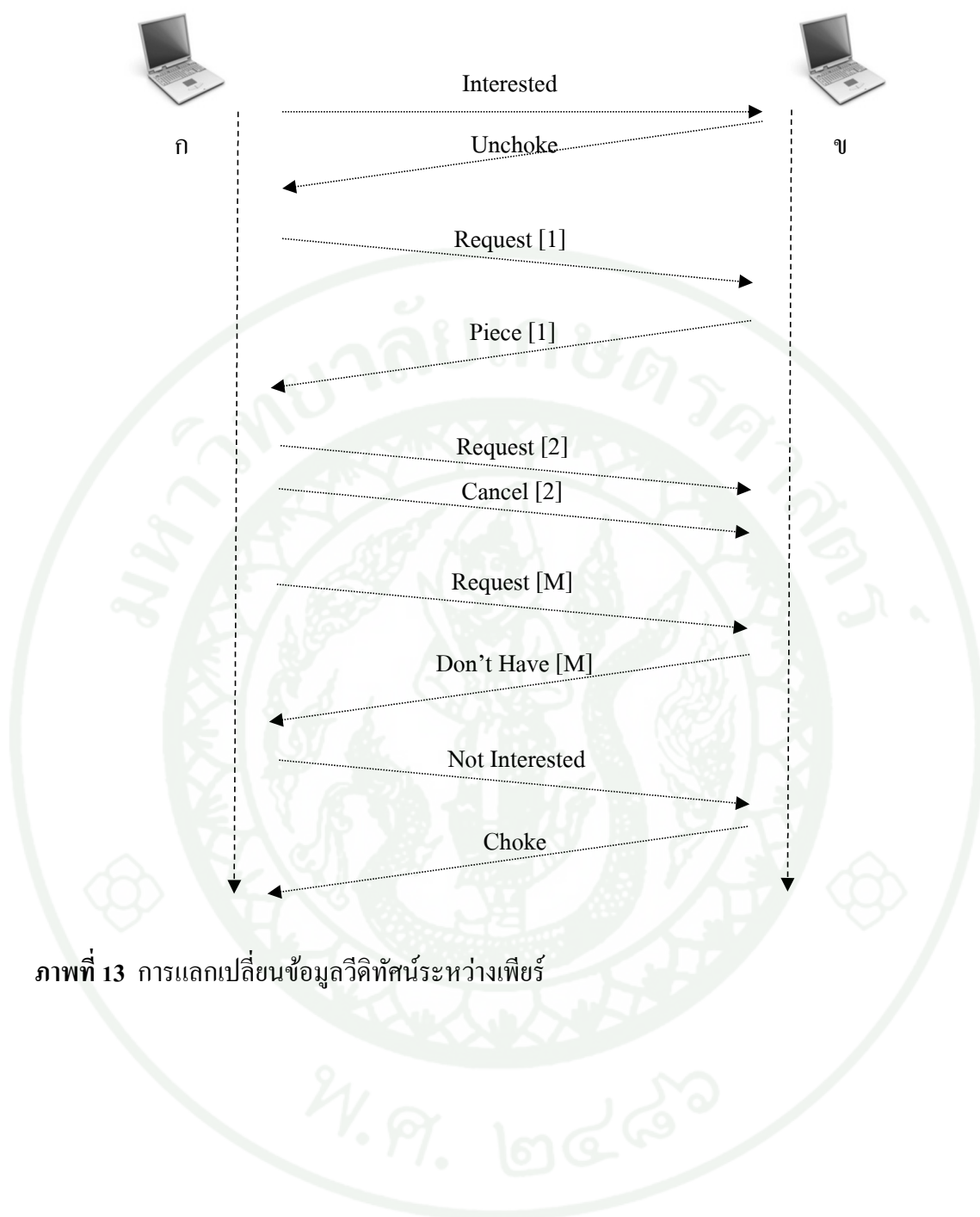
5. ข้อความ Keep-alive เป็นข้อความที่เพียร์ใช้ตรวจสอบการมีอยู่ในระบบของเพียร์เพื่อนบ้านที่เชื่อมต่อ หากไม่มีการเชื่อมต่อระหว่างเพียร์มากกว่า 2 นาทีจะต้องมีการส่งข้อความ Keep-alive ตรวจสอบสถานะของเพียร์

การสื่อสารเพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลวิดิทัศน์การสื่อสารประเภทนี้ถูกใช้หลังจากที่มีการเชื่อมต่อระหว่างเพียร์แล้ว ประกอบด้วยดังนี้

ข้อความ Interested	เป็นข้อความแสดงความสนใจเพียร์
ข้อความ Not Interested	เป็นข้อความแสดงความไม่สนใจเพียร์
ข้อความ Unchoke	เป็นข้อความอนุญาตให้ดาวน์โหลด
ข้อความ Choke	เป็นข้อความไม่อนุญาตให้ดาวน์โหลด
ข้อความ Request	เป็นข้อความร้องขอดาวน์โหลดชิ้นของก้อนข้อมูล
ข้อความ Cancel	เป็นข้อความร้องขอยกเลิกดาวน์โหลดชิ้นของก้อน
ข้อความ Piece	เป็นข้อความที่ส่งชิ้นของก้อนข้อมูล
ข้อความ Don't have	เป็นข้อความแจ้งผู้ส่งว่าชิ้นข้อมูลที่ร้องขอยังไม่มีการสร้างขึ้น

การแลกเปลี่ยนข้อมูลวิดิทัศน์ระหว่างเพียร์ต้องใช้ข้อความในการสื่อสารดังนี้

เมื่อเพียร์ ก ต้องการดาวน์โหลดข้อมูลวิดิทัศน์จากเพียร์ ข ดังนั้น เพียร์ ก ต้องส่ง ข้อความ Interested ไปยังเพียร์ ข หากเพียร์ ข อนุญาตให้ดาวน์โหลด เพียร์ ข ต้องส่งข้อความ Unchoke กลับไปยังเพียร์ ก เมื่อเพียร์ ก ได้รับอนุญาตให้ดาวน์โหลดแล้ว เพียร์ ก จะส่งข้อความ Request เพื่อร้องขอชิ้นข้อมูลตามหมายเลขที่ต้องการ เพียร์ ข จะส่งชิ้นข้อมูลตามหมายเลขที่เพียร์ ก ร้องขอด้วยข้อความ Piece บางครั้งเพียร์สามารถยกเลิกการร้องขอชิ้นข้อมูลได้ โดยใช้ข้อความ Cancel กรณีที่เพียร์ ก ร้องขอชิ้นข้อมูลที่ยังไม่มีการสร้างในระบบ (อาจจะเกิดกับเพียร์ super ที่มีอัตราดาวน์โหลดเร็วกว่า) เพียร์ ข จะตอบกลับด้วยข้อความ Don't Have เพื่อแจ้งว่าไม่มีชิ้นข้อมูลดังกล่าว และเมื่อเพียร์ ก ต้องการหยุดดาวน์โหลดจากเพียร์ ข เพียร์ จะส่งข้อความ Not Interested แล้ว เพียร์ ข ตอบกลับด้วยข้อความ Choke ดังภาพที่ 13

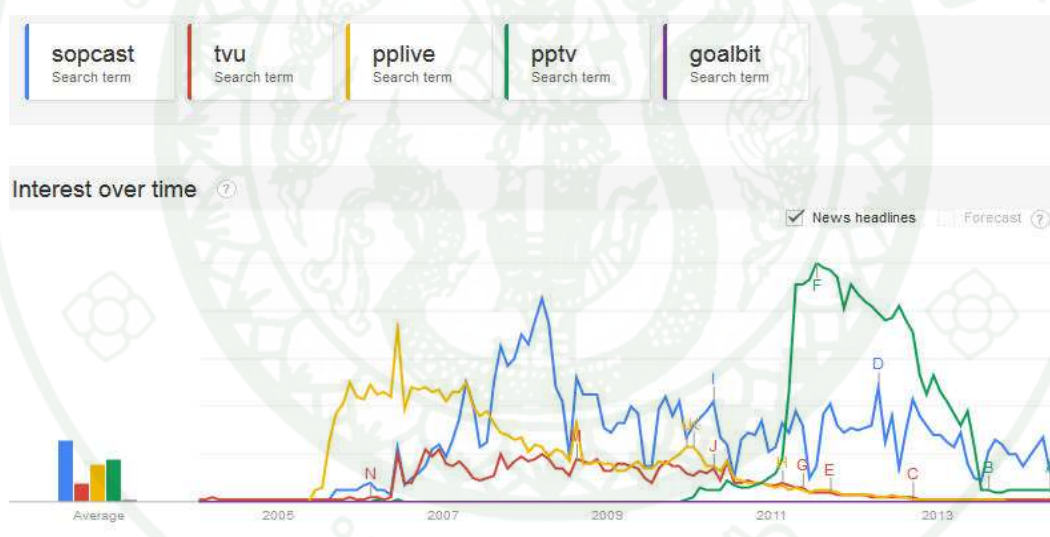


ภาพที่ 13 การแลกเปลี่ยนข้อมูลวิธีทศน์ระหว่างเพียร์

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการศึกษาการโครงสร้าง กระบวนการทำงาน ประสิทธิภาพของโปรแกรมประยุกต์ประเภท Live Streaming หรือ Internet Protocol Television (IPTV) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

โปรแกรมประยุกต์ประเภท Live Streaming IPTV นับเป็นที่นิยมมากขึ้นในช่วงของปี พ.ศ. 2548 เป็นต้นมา จากข้อมูลจากการค้นหาเกี่ยวกับโปรแกรมประยุกต์เหล่านี้ในเว็บไซต์ search engine เช่น www.google.com/trends ดังภาพที่ 14 พบว่าโปรแกรมประเภท Live Streaming IPTV นี้เริ่มเป็นที่นิยมอย่างแพร่หลาย แต่เนื่องจากโปรแกรมประยุกต์ประเภท Live Streaming IPTV นี้เป็นโปรแกรมในเชิงพาณิชย์ ไม่มีการเปิดเผยโครงสร้าง กระบวนการทำงาน จึงไม่ทราบลักษณะของโปรแกรม ตลอดจนผลกระทบเครือข่ายได้ ส่งผลให้มีงานวิจัยเกี่ยวกับโปรแกรมประยุกต์ประเภท Live Streaming IPTV เกิดขึ้น



ภาพที่ 14 ผลการค้นหาโปรแกรมประยุกต์ประเภท Live Streaming

ที่มา : <http://www.google.com/trends> (2014)

งานวิจัยของ Silverston และ Fourmaux (2006) การทดลองนี้จะเน้นการวัดประสิทธิภาพที่เกิดจากการใช้งานโปรแกรม Live Streaming IPTV โดยใช้ TVAnts ซึ่งเป็นโปรแกรมหนึ่งที่น่าสนใจ การทดลองจะแบ่งโหนดออกเป็นสองกลุ่ม คือ กลุ่มของโหนดเชื่อมต่อที่เครือข่ายของมหาวิทยาลัยที่มีการเร็ว 100 เมกะบิตต่อวินาที และกลุ่มโหนดที่เชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตที่บ้านพักอาศัย เป็น ADSL

มีความเร็วที่ 20 เมกะบิตต่อวินาที หรือ 512 กิโลบิตต่อวินาที การทดลองนี้ทุกโหนดเปิดช่อง CCTV5 ในระหว่างการแข่งขันนั้น แต่ละโหนดจะใช้งานโปรแกรม TVAnts แล้วใช้โปรแกรม tcpdump ในการเก็บข้อมูลแพ็กเก็ตแล้ววิเคราะห์รูปแบบการจราจรบนเครือข่าย เพื่อการศึกษากระบวนการทำงานโดยใช้ข้อมูลการถ่ายทอดสดการแข่งขันฟุตบอล FIFA World Cup 2006 ซึ่งสามารถแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของแอปพลิเคชันเมื่อมีจำนวนผู้ชมจำนวนมากได้

ต่อมาในงานวิจัยของ Conner *et al.* (2006) เสนอแนวความคิดในการป้องกันการโจมตีของโปรแกรมประยุกต์ Live Streaming โดยใช้แนวความคิดหลักของ Oversight Protocol นี่คือการป้องกันการถูกโจมตี โดยการใช้เซตของโหนดที่เชื่อถือได้ ทำหน้าที่เป็น Super Node ที่เก็บข้อมูลคาวน์โหนดและอัปโหนดของโหนดลูกที่เชื่อมต่ออยู่ โหนดที่เชื่อถือได้ที่เก็บข้อมูลนี้จะป้อน Oversight Node ที่เหลือจะเป็นโหนดทั่วไป หลักการของ Oversight Protocol จะให้โหนดทั่วไปรู้หมายเลขไอพีแอดเดรสของ Oversight Node เมื่อเพียร์ทั่วไปนั้นถูกร้องขอให้มีการส่งข้อมูลจะมีกระบวนการตรวจสอบข้อมูลอัตราการคาวน์โหนดของเพียร์ที่ร้องขอกับ Oversight Node หากมีอัตราที่สูงเกินกว่ากำหนดแล้วนั้น เพียร์ผู้ส่งจะปฏิเสธการส่งไปยังเพียร์ที่ร้องขอทันที กล่าวได้ว่า Oversight Node เป็นโหนดที่ใช้ตรวจสอบการคาวน์โหนดของโหนดลูกนั่นเอง

นอกจากโปรแกรมประยุกต์ TVAnts ยังมีโปรแกรมประยุกต์อื่นที่นิยม คือ โปรแกรมประยุกต์ PPLive ที่พัฒนาโดยกลุ่มนักศึกษา Huazhong University of Science and Technology ในประเทศจีน โดยงานวิจัยของ Hei *et al.* (2007a) ใช้วิธีการ passive sniffing ดักข้อมูลแพ็กเก็ตแล้วนำมาวิเคราะห์เนื่องจากมีผู้นิยมใช้เป็นจำนวนมากแต่ด้วยเป็นโปรแกรมประยุกต์เชิงพาณิชย์ไม่ทราบลักษณะโครงสร้าง กระบวนการทำงาน และผลกระทบต่อเครือข่าย ผู้วิจัยจึงศึกษาโดยใช้วิธีการจับเก็บข้อมูลของแพ็กเก็ตที่มีการรับส่งระหว่างเครือข่ายที่ติดตั้งที่มหาวิทยาลัยและเครือข่ายที่บ้านโดยเลือกชมช่องรายการโทรทัศน์เดียวกัน จากนั้นวิเคราะห์ข้อมูล และสามารถแสดงให้เห็นถึงคุณลักษณะการคาวน์โหนดและอัปโหนด และประสิทธิภาพการแสดงผลวิดีโอทัศน์ ทำให้สามารถเข้าใจกระบวนการทำงานของโปรแกรมประยุกต์ประเภท Live Streaming แบบปิดนี้ได้มากขึ้น หลังจากนั้น Hei *et al.* (2007b) เสนองานวิจัยที่แสดงลักษณะโครงสร้าง กระบวนการทำงานของโปรแกรมประยุกต์ประเภท Live Streaming โดยใช้โปรแกรม PPLive และวัดประสิทธิภาพ เมื่อมีผู้ใช้งานเป็นจำนวนมาก การเก็บข้อมูลทดลองจะใช้ทั้งลักษณะ passive และ active sniffing เก็บข้อมูลจากเพียร์ที่เชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตจากมหาวิทยาลัยและเพียร์ที่เชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตจากบ้าน การทดลองนี้จะแสดงให้เห็นได้ว่า 1) ลักษณะพฤติกรรมของผู้ใช้งานโปรแกรมประยุกต์คล้ายกับ ผู้ใช้งานโทรทัศน์ทั่วไป 2) ระหว่างการใช้งานโปรแกรม เพียร์มีการแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างกัน

เป็นจำนวนมาก 3) กลุ่มของเพียร์หลักที่ทำงานเปรียบเสมือน proxy กระจายข้อมูลวิดีโอให้กับเพียร์อื่น 4) ผู้ใช้งานที่ถูกวัดประสิทธิภาพนั้น ยังคงสามารถใช้งาน PPLive ได้ แม้ว่าการแสดงผลข้อมูลวิดีโอจะมีการขาดหาย จากงานวิจัยนี้แสดงกระบวนการทำงานแต่ละคอมพิวเตอร์ของโปรแกรมประยุกต์ PPLive ทำให้เข้าใจขั้นตอนการทำงานโปรแกรมประยุกต์ประเภท Live Streaming IPTV มากยิ่งขึ้น

ต่อมา Hei *et al.* (2007c) อธิบายลักษณะของโปรแกรมประยุกต์ประเภท Live Streaming ที่ใช้เทคนิค mesh-pull ที่มีอยู่ในปัจจุบัน ให้เห็นถึงโครงสร้างสถาปัตยกรรม การออกแบบแต่ละคอมพิวเตอร์ ซึ่งทางผู้วิจัยเสนอการเพิ่มประสิทธิภาพโดยวิธี Quality of Experience (QoE) กล่าวคือให้มีการแสดงวิดีโอประเภทโฆษณาก่อนที่จะเริ่มแสดงข้อมูลวิดีโอจริงเพื่อสร้างอารมณ์ในการรับชมของผู้ใช้ไม่ให้เกิดความรู้สึกที่ต้องรอนานจนเกินไปในการเริ่มต้นรับชม เนื่องจากการเริ่มต้นการทำงานโปรแกรมจำเป็นต้องใช้ระยะเวลาหนึ่งในการเริ่มต้นดาวน์โหลดข้อมูลวิดีโอ

งานวิจัยของ Sentinelli *et al.* (2007) งานวิจัยนี้แสดงถึงความแตกต่างของโปรแกรมประยุกต์ประเภท Live Streaming โดยศึกษาโปรแกรม SopCast ทดลองโดยการใช้เครื่องหนึ่งเชื่อมต่อเครือข่ายอินเทอร์เน็ต LAN จากมหาวิทยาลัยเชื่อมต่อเครือข่าย Planet Lab (อัตราการอัปโหลด 100 Mbps) และอีกเครื่องหนึ่งเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตจากบ้าน (อัตราการอัปโหลด 400 – 500 Kbps) แล้วใช้งานโปรแกรมประยุกต์ SopCast รับชมช่องสัญญาณโทรทัศน์ แล้วทำการดักจับข้อมูลแพ็กเก็ตเพื่อนำมาวิเคราะห์ศึกษาประสิทธิภาพ ใช้การวิเคราะห์แบบ Passive sniffing และเสนอมาตรวัดประสิทธิภาพได้แก่ ขนาดแพ็กเก็ต ข้อมูลควบคุม (Control Overhead) ขนาดของหน่วยความจำของเพียร์ จำนวนเพียร์เพื่อนบ้านและระยะเวลาเริ่มต้นแสดงผล

งานวิจัยของ Ali *et al.* (2007) ศึกษาการวิเคราะห์ศักยภาพของโปรแกรม Live Streaming IPTV ที่นิยมสองโปรแกรม คือ PPLive และ SopCast โดยการศึกษาวิเคราะห์ระบบการทำงานของโปรแกรม ลักษณะการใช้ทรัพยากรเครือข่าย ความเสถียรของการกระจายข้อมูล ส่งผลถึงการอนุมานการทำงานของโปรแกรมได้สำหรับการทดลองนี้เป็นลักษณะ Passive sniffing ในการทดลองใช้จำนวน 6 เพียร์แล้วดักจับข้อมูลแพ็กเก็ตทำการเก็บข้อมูลเพื่อนำมาวิเคราะห์แล้วสรุปเป็นพฤติกรรมของโปรแกรม ซึ่งพบว่าทั้งสองโปรแกรมประยุกต์ต่างไม่มีนโยบายการจำกัดการอัปโหลด แม้ว่าเพียร์ที่มีการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตสูงให้อัปโหลดที่สูง แต่อัตราการดาวน์โหลดคงที่ไม่สูงตามไปด้วย และการกระจายข้อมูลของโปรแกรมประยุกต์มีปัญหาเกี่ยวกับ NAT โดยเพียร์ที่อยู่หลัง

NAT ไม่สามารถจะอัปโหลดข้อมูลต่อให้เพียร์อื่นได้ อีกทั้งไม่มีการเข้ารหัสมีการทำงานของโปรโตคอล จึงเป็นข้อจำกัดในเรื่องความปลอดภัยด้วย

งานวิจัยของ Dhungel *et al.* (2007) แสดงการศึกษาในสองด้าน คือ การโจมตีการส่งข้อมูล วิถีทัศน์ในโปรแกรมประยุกต์ประเภท Live streaming โดยใช้โปรแกรม PPLive ทดลองโจมตีด้วยวิธี Denial of Service (DoS) และเสนอแนวทางการป้องกันการถูกโจมตีพร้อมประเมินประสิทธิภาพของแต่ละแนวทาง ได้แก่ 1) การตรวจสอบบัญชีรายชื่อ (blacklist) 2) การเข้ารหัสข้อมูลที่ใช้ติดต่อระหว่างเพียร์ 3) การตรวจสอบการส่งข้อมูลด้วยฟังก์ชันแฮช 4) การใช้ Digital Signature ระบุตัวตนแต่ละก้อนข้อมูล จากการศึกษาพบว่า การโจมตีด้วยวิธี DoS นั้น เริ่มต้นสร้างก้อนข้อมูลปลอมแล้วหลอกต่อให้เพียร์ดึงก้อนข้อมูลนั้นเพื่อที่จะแพร่กระจายต่อไปยังกลุ่มเพียร์ที่ต้องการข้อมูลเดียวกัน เมื่อจำนวนก้อนข้อมูลมีปริมาณมากขึ้น ทำให้ประสิทธิภาพของโปรแกรมประยุกต์ PPLive ลดลง จนไม่สามารถรับชมวิถีทัศน์ได้แล้วส่งผลกระทบไปยังกลุ่มเพียร์ที่เชื่อมต่อไม่สามารถรับชมได้เช่นเดียวกัน ไม่เพียงกระทบต่อเพียร์เดียวแต่ก่อเกิดความเสียหายเป็นวงกว้าง และแนวทางที่เสนอการป้องกันการถูกโจมตีก็ยังมีข้อจำกัด เช่น การเข้ารหัสข้อมูลจำเป็นต้องใช้กุญแจเข้ารหัสทุกการเชื่อมต่อของเพียร์ ซึ่งในโปรแกรมประยุกต์เพียร์ทูลเพียร์ เพียร์จะมีการเชื่อมต่อระหว่างเพียร์จำนวนมาก การสร้างกุญแจเข้ารหัสระหว่างเพียร์อาจเป็นไปได้ยาก โดยเฉพาะอุปกรณ์ประเภท PDA เป็นต้น

จากที่กล่าวข้างต้นส่วนใหญ่งานวิจัยจะเน้นการศึกษาโครงสร้าง กระบวนการทำงาน วัดประสิทธิภาพ และผลกระทบที่มีต่อเครือข่ายทั้งสิ้น จนมีกลุ่มนักวิจัยพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ประเภท Live Streaming IPTV ที่เป็นโปรแกรมโอเพนซอร์สขึ้นมา เรียกว่า โปรแกรม GoalBit งานวิจัยของ Bertinat *et al.* (2009) แสดงลักษณะโครงสร้าง สถาปัตยกรรม กระบวนการทำงาน และการวัดประสิทธิภาพของโปรแกรมประยุกต์ประเภท Live Streaming IPTV ที่เป็นโปรแกรมเชิงโอเพนซอร์สโดยการทดลองนี้เป็นการทดลองในระบบปิด กำหนดให้มีเพียร์แพร่สัญญาณจำนวน 6 เพียร์ Super Peer จำนวน 6 เพียร์ และมีเพียร์ทั่วไปในการทดลองอีก 60 เพียร์ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า โปรแกรมประยุกต์ที่เป็นเพียร์ทูลเพียร์ประหยัดแบนด์วิดท์กว่า ไคลแอนท์/เซิร์ฟเวอร์ กว่าร้อยละ 90

อุปกรณ์และวิธีการ

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการแสดงผลการศึกษาประสิทธิภาพและคุณลักษณะการทำงานของโปรแกรมประยุกต์ประเภท Live Streaming IPTV โดยเลือกใช้โปรแกรมประยุกต์ที่เป็นที่นิยมที่มีจำนวนผู้รับชมมากกว่าหนึ่งแสนคนพร้อมกัน (Sentinelli *et al.*, 2007) ได้แก่ โปรแกรมประยุกต์ SopCast โปรแกรมประยุกต์ PPTV และโปรแกรมประยุกต์ที่ยังไม่มีการศึกษา ได้แก่ โปรแกรมประยุกต์ TVUPlayer และ GoalBit ซึ่งเป็นโปรแกรมประยุกต์หรือซอฟต์แวร์รหัสเปิด โดยมีอุปกรณ์และวิธีการวิจัยดังต่อไปนี้

อุปกรณ์

1. Hardware

Intel(R) Core(TM) 2 Duo CPU P8700 @2.53GHz, 4 GB of RAM, 400 GB

Intel(R) Core(TM) 2 Duo CPU T6600 @2.23GHz, 4 GB of RAM, 400 GB

2. Software

2.1 TVUplay version 2.4.9

2.2 SopCast version 1.0.6

2.3 PPTV version 3.5.3

2.4 GoalBit version 0.7.7

2.5 Wireshark version 1.10.8

2.6 Operation System: Microsoft Windows 7

วิธีการ

การทดลองนี้ใช้วิธีการดักจับแพ็กเก็ตแบบ passive sniffing เก็บข้อมูลแพ็กเก็ต ของเพียร์ที่ใช้งานโปรแกรม TVUPlayer, SopCast PPTV และ Goalbit บนระบบปฏิบัติการ Windows 7 ที่เชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต ADSL ตามบ้านทั่วไป อัตราความเร็วดาวน์โหลด/อัปโหลด 6/512 เมกะบิตต่อวินาที มีรายละเอียดดังนี้

1. ทดลองใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ 2 เครื่อง ให้เครื่องแรกใช้งานโปรแกรมประยุกต์ Sopcast และเครื่องที่สองใช้งานโปรแกรมประยุกต์ PPTV แล้วดักจับแพ็กเก็ตแต่ละเครื่องด้วยโปรแกรม Wireshark ซึ่งการทดลองทั้งสองโปรแกรมรับชมรายการโทรทัศน์เดียวกัน คือช่องรายการ CCTV5 ของประเทศจีนเกี่ยวกับการวิเคราะห์การแข่งขันฟุตบอลโลกปี พ.ศ. 2557 ระหว่างทีมชาติฝรั่งเศส และทีมชาติเยอรมันนี ในวันที่ 4 กรกฎาคม พ.ศ. 2557 เวลา 21.00 น. เป็นระยะเวลา 2,000 วินาที

2. ทดลองใช้งานโปรแกรมประยุกต์ TVUPlay โดยรับชมรายการโทรทัศน์ Chanel News Asia เมื่อวันที่ 10 มีนาคม พ.ศ. 2553 เวลา 17.00 น. เป็นระยะเวลา 2,700 วินาที

3. ทดลองใช้งานโปรแกรมประยุกต์ Goalbit โดยรับชมรายการโทรทัศน์ของประเทศอุรุกวัย เมื่อวันที่ 10 มีนาคม พ.ศ. 2553 เวลา 13.00 น. เป็นระยะเวลา 3,600 วินาที

ผู้วิจัยทดลองโปรแกรมประยุกต์ทั้งหมดแล้วนำวิเคราะห์และพิจารณาแต่ละโปรแกรมประยุกต์ด้วยมาตรวัดประสิทธิภาพดังนี้

1. ร้อยละของโปรโตคอลและข้อมูลควบคุม

พิจารณาโปรโตคอลที่ใช้ในโปรแกรมประยุกต์ ขนาดของแพ็กเก็ต และอัตราส่วนข้อมูลควบคุมที่ใช้ในระบบ งานวิจัยโดย Hei *et al.* (2007) เสนอแนวคิดให้แพ็กเก็ตที่มีขนาดมากกว่า 1,000 ไบต์ เป็นข้อมูลวิดิทัศน์ และนอกนั้นแพ็กเก็ตที่น้อยกว่า 1,000 ไบต์ ถือเป็นข้อมูลควบคุม (Control Overhead)

2. ปริมาณ Throughput

ลักษณะ Throughput ถือเป็นตัวชี้วัดที่สำคัญในการวิเคราะห์ระบบเพียร์ทูเพียร์ที่ใช้ทรัพยากรเครือข่ายหรือแบนด์วิดท์ เนื่องจากระบบเพียร์ทูเพียร์มีการเชื่อมต่อไร้ทิศทางและมีการแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างเพียร์จำนวนมาก ซึ่งปริมาณจำนวนเพียร์ที่เชื่อมต่อนั้นส่งผลกระทบต่อการใช้ทรัพยากรเครือข่ายเพิ่มขึ้นด้วย

3. จำนวนเพียร์เพื่อนบ้าน

จำนวนเพียร์เพื่อนบ้าน หมายถึง จำนวนเพียร์อื่นที่มีการเชื่อมต่อกับเพียร์ทดลอง (ทั้งเพียร์ที่ให้อัพโหลดและดาวน์โหลด) เป็นเพียร์ที่มีการแลกเปลี่ยนข้อมูลควบคุมและข้อมูลวิดิทัศน์ระหว่างกัน โดยคำนวณจากหมายเลขไอพีแอดเดรสและพอร์ตของโปรแกรมประยุกต์

4. ระยะเวลาเริ่มต้นแสดงผล

ระยะเวลาเริ่มต้นแสดงผล คำนวณเวลาตั้งแต่ผู้ใช้งานเลือกช่องรายการจนกระทั่งโปรแกรมแสดงผลภาพวิดิทัศน์ ระยะเวลาเริ่มต้นบัฟเฟอร์จากเพียร์ต่างๆ หากมีข้อมูลที่บัฟเฟอร์มากกว่าเกณฑ์ที่กำหนดแล้ว media player จะแสดงผลภาพวิดิทัศน์

5. ระยะเวลาสะสมข้อมูล

ระยะเวลาสะสมข้อมูลเพื่อแสดงผล เมื่อเพียร์มีการแลกเปลี่ยนข้อมูลวิดิทัศน์ระหว่างกลุ่มของเพียร์โดยใช้บัฟเฟอร์ในการสะสมก่อนข้อมูลวิดิทัศน์ และเมื่อข้อมูลนั้นมากพอที่จะแสดงผลก็มี sliding window เลื่อนเพื่อระบุตำแหน่งข้อมูลที่กำลังรอการแลกเปลี่ยนจากกลุ่มเพียร์ ดังนั้นขนาดของบัฟเฟอร์จึงส่งผลกระทบต่อการแสดงผลภาพวิดิทัศน์ที่ต่อเนื่องได้ ในการทดลองเพื่อทดสอบระยะเวลาสะสมข้อมูลในบัฟเฟอร์นั้น ผู้วิจัยใช้วิธีการรับชมการแสดงผลภาพวิดิทัศน์เมื่อระยะเวลาผ่านไปแล้ว 60 วินาที แล้วหยุดเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตนับเวลาตั้งแต่หยุดการเชื่อมต่อจนกระทั่ง media player ไม่สามารถแสดงผลภาพวิดิทัศน์ได้

ผลและวิจารณ์

ผล

ผลของการทำการทดลองกรณีศึกษาการเปรียบเทียบประสิทธิภาพและคุณลักษณะของโปรแกรมประยุกต์ประเภท Live Streaming IPTV: แบ่งเป็น 3 กรณี แสดงรายละเอียดได้ดังนี้

1. ผลการทดลองโปรแกรมประยุกต์ Sopcast และ PPTV

โปรแกรมประยุกต์ Sopcast และ PPTV ต่างเป็นที่นิยมมากในประเทศจีน มีจำนวนช่องให้บริการมากกว่า 600 ช่อง อีกทั้งมีองค์ประกอบของโปรแกรมที่คล้ายกัน

1.1 ร้อยละของโพรโทคอลและข้อมูลควบคุม

ตารางที่ 1 ชุดข้อมูลที่ใช้ในการทดลองของโปรแกรมประยุกต์ Sopcast และ PPTV

	จำนวนไบต์ ทั้งหมด	ระยะเวลา (วินาที)	อัตรา แสดงผล (กิโลบิตต่อ วินาที)	ดาวน์โหลด (ไบต์)	อัพโหลด (ไบต์)
Sopcast	337,214,715	2,000	900	307,383,415	29,831,300
PPTV	219,428,989	2,000	800	200,778,499	18,650,490

ตารางที่ 1 แสดงผลการดักจับแพ็กเก็ตในระยะเวลา 2,000 วินาที โปรแกรมประยุกต์ Sopcast มีอัตราการแสดงผล 139 กิโลบิตต่อวินาที และ PPTV มีอัตราการแสดงผล 117 กิโลบิตต่อวินาที ซึ่งทั้งสองโปรแกรมมีอัตราส่วนการดาวน์โหลดต่อการอัพโหลดเท่ากับ 10 : 1 โดยประมาณ

ตารางที่ 2 ประเภทโปรโตคอลของโปรแกรมประยุกต์ Sopcast และ PPTV

	Sopcast	PPTV
ดาวน์โหลด (ร้อยละ)		
TCP	0.70	8.49
UDP	99.30	91.51
อัปโหลด (ร้อยละ)		
TCP	0.51	5.85
UDP	99.49	94.15

ตารางที่ 2 แสดงร้อยละของโปรโตคอลที่ใช้ในโปรแกรมประยุกต์ Sopcast และ PPTV พบว่า ทั้งสองโปรแกรมประยุกต์มีการดาวน์โหลดโดยใช้โปรโตคอล UDP คิดเป็นร้อยละ 99.30 และ 91.51 ตามลำดับ และมีโปรโตคอล TCP คิดเป็นร้อยละ 0.70 และ 8.49 และการอัปโหลดใช้โปรโตคอล UDP คิดเป็นร้อยละ 99.49 และ 94.15 และมีโปรโตคอล TCP คิดเป็นร้อยละ 0.51 และ 5.85 ตามลำดับ ทั้งนี้ระหว่างทดลองเกิด pop-up โฆษณาสินค้าแสดงผลข้อความและรูปภาพซึ่งใช้โปรโตคอล TCP

ตารางที่ 3 ขนาดของแพ็กเก็ตของโปรแกรมประยุกต์ Sopcast

ไบต์	จำนวนแพ็กเก็ต	ผลคูณไบต์และแพ็กเก็ต	ร้อยละ
1,362	188,467	256,692,054	76.66
70	267,180	18,702,600	5.59
84	32,787	2,750,108	0.75
90	15,233	1,370,970	0.41
94	6,871	645,874	0.19
88	5,384	473,792	0.14
110	3,425	376,750	0.11
122	2,353	287,066	0.09
118	2,427	286,386	0.09
102	2,270	231,540	0.07

ตารางที่ 3 แสดงจำนวนขนาดของแฟ้มเกิดของโปรแกรมประยุกต์ Sopcast เรียงลำดับร้อยละ จากมากไปน้อยจำนวน 10 ลำดับ พบว่า แฟ้มเกิดขนาด 1,362 ไบต์ มีผลคูณไบต์และแฟ้มเกิดมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 76.66 รองลงมา เป็นแฟ้มเกิดขนาด 70 ไบต์ 84 ไบต์ คิดเป็นร้อยละ 5.59 และ 0.75 ตามลำดับ

ตารางที่ 4 ขนาดของแฟ้มเกิดของโปรแกรมประยุกต์ PPTV

ไบต์	จำนวนแฟ้มเกิด	ผลคูณ ไบต์และแฟ้มเกิด	ร้อยละ
1,479	116,072	171,670,488	86.94
110	68,662	7,552,820	3.83
83	57,415	4,765,445	2.41
1,117	3,498	3,907,266	1.98
73	17,645	1,288,085	0.65
98	4,851	475,398	0.24
80	5,120	409,600	0.21
85	4,326	367,710	0.19
136	2,429	330,344	0.17
104	3,062	318,448	0.16

ตารางที่ 4 แสดงจำนวนขนาดของแฟ้มเกิดของโปรแกรมประยุกต์ PPTV เรียงลำดับร้อยละ จากมากไปน้อยจำนวน 10 ลำดับ พบว่าแฟ้มเกิดขนาด 1,479 ไบต์ มีผลคูณไบต์และแฟ้มเกิดมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 86.94 รองลงมา เป็นแฟ้มเกิดขนาด 110 ไบต์ 83 ไบต์ คิดเป็นร้อยละ 3.83 และ 2.41 ตามลำดับ

งานวิจัยโดย Hei *et al.* (2007a) เสนอแนวคิดให้แฟ้มเกิดที่มีขนาดมากกว่า 1,000 ไบต์ เป็นข้อมูลวิทัศน์ และนอกนั้นแฟ้มเกิดที่น้อยกว่า 1,000 ไบต์ ถือเป็นข้อมูลควบคุม และงานวิจัย Sentinelli *et al.* (2007) พบว่า โปรแกรมประยุกต์ Sopcast มีแฟ้มเกิดสองกลุ่มคือ กลุ่มที่มีขนาด 1,362 ไบต์ เป็นข้อมูลวิทัศน์ และกลุ่มขนาด 70 ไบต์ เป็นข้อมูลควบคุม

ตารางที่ 5 ร้อยละข้อมูลควบคุมระหว่างโปรแกรมประยุกต์ Sopcast และ PPTV

	Sopcast	PPTV
ข้อมูลควบคุม (ร้อยละ)	5.59	6.24

ตารางที่ 5 แสดงร้อยละข้อมูลควบคุมระหว่างโปรแกรมประยุกต์ Sopcast และ PPTV พบว่า โปรแกรมประยุกต์ Sopcast มีข้อมูลควบคุม คิดเป็นร้อยละ 5.59 น้อยกว่า โปรแกรมประยุกต์ PPTV มีข้อมูลควบคุม คิดเป็น 6.24

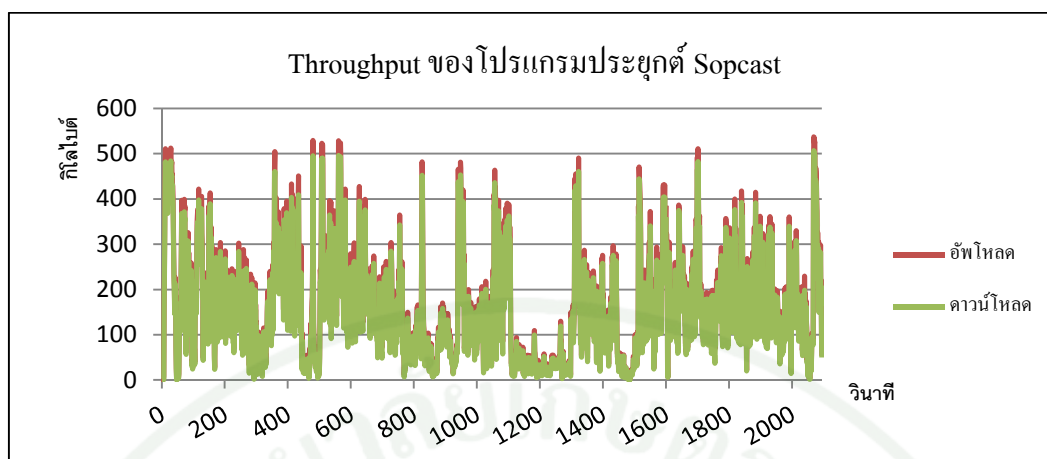
1.2 ปริมาณ Throughput

ตารางที่ 6 ข้อมูล Throughput ของโปรแกรมประยุกต์ Sopcast และ PPTV

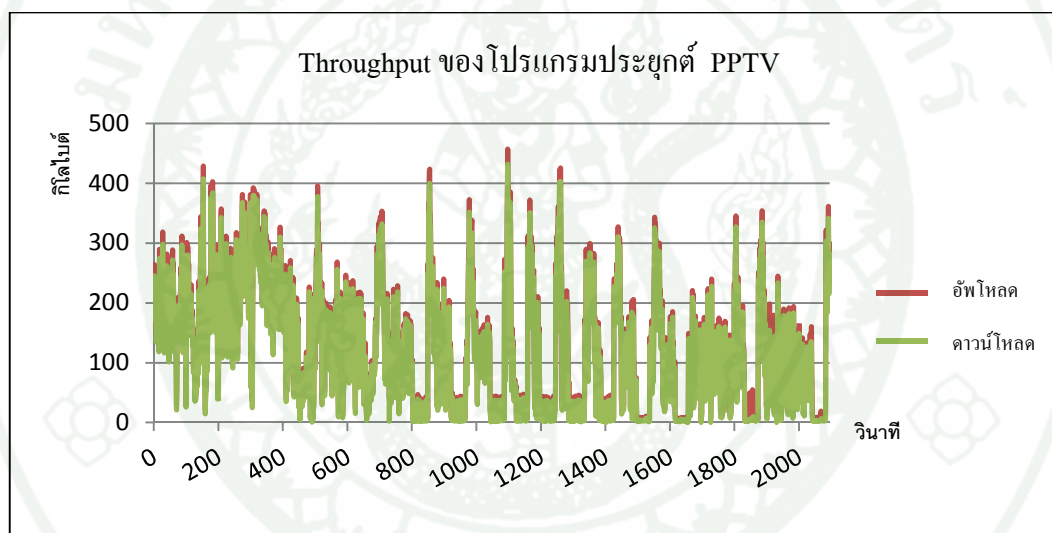
	Throughput (กิโลไบต์)	
	ดาวน์โหลด	อัปโหลด
Sopcast	162.31	147.39
PPTV	125.44	115.02

ตารางที่ 6 แสดง Throughput ของโปรแกรมประยุกต์ Sopcast พบว่ามีอัตราการดาวน์โหลดเฉลี่ย 162.31 กิโลไบต์ และอัตราการอัปโหลดเฉลี่ย 147.39 กิโลไบต์ ดังภาพที่ 1 สูงกว่าโปรแกรมประยุกต์ PPTV ที่มีอัตราการดาวน์โหลดเฉลี่ย 125.44 กิโลไบต์ และอัตราการอัปโหลดเฉลี่ย 115.02 กิโลไบต์ดังภาพที่ 14 – 15

จากภาพที่ 14 ช่วงวินาทีที่ 1,100 ถึง 1,300 ปริมาณ Throughput ของโปรแกรมประยุกต์ Sopcast ลดลงเหลือประมาณ 60 – 100 กิโลไบต์ ขณะที่ ปริมาณ Throughput ของโปรแกรมประยุกต์ PPTV จากภาพที่ 15 ในช่วงเวลาเดียวกัน แต่ปริมาณ Throughput อยู่ระหว่าง 60-400 กิโลไบต์



ภาพที่ 14 Throughput ของโปรแกรมประยุกต์ Sopcast



ภาพที่ 15 Throughput ของโปรแกรมประยุกต์ PPTV

1.3 จำนวนเพียร์เพื่อนบ้าน

การแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างเพียร์จะมีกระบวนการเลือกและบำรุงรักษาการเชื่อมต่อระหว่างเพียร์เพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูล โดยเพียร์ที่เชื่อมต่อระหว่างกันนั้นจะเรียกว่า เพียร์เพื่อนบ้าน ผู้วิจัยกำหนดเงื่อนไขในการพิจารณาจำนวนเพียร์เพื่อนบ้าน คือเพียร์ที่มีการเชื่อมต่อกับเพียร์ทดลองที่มีการรับส่งแพ็กเก็ตขนาดมากกว่า 1,000 ไบต์ โดยสังเกตจากหมายเลขไอพีแอดเดรสที่ไม่ซ้ำกัน

ตารางที่ 7 ข้อมูลจำนวนเพียร์เพื่อนบ้านของโปรแกรมประยุกต์ Sopcast และ PPTV

	จำนวนเพียร์เพื่อนบ้าน
Sopcast	65
PPTV	144

ตารางที่ 7 แสดงจำนวนเพียร์เพื่อนบ้านของโปรแกรมประยุกต์ Sopcast และ PPTV พบว่า โปรแกรมประยุกต์ Sopcast มีจำนวนเพียร์เพื่อนบ้าน 65 เพียร์ น้อยกว่า โปรแกรมประยุกต์ PPTV ที่มีจำนวนเพียร์เพื่อนบ้าน 144 เพียร์ คิดเป็นอัตราส่วน 1 : 2 โดยประมาณ

1.4 เวลาที่ใช้ในระบบ

ตารางที่ 8 ข้อมูลเวลาที่ใช้ในระบบของโปรแกรมประยุกต์ Sopcast และ PPTV

ประเภทของเวลา	Sopcast			PPTV		
	น้อยที่สุด	มากที่สุด	เฉลี่ย	น้อยที่สุด	มากที่สุด	เฉลี่ย
ระยะเวลาเริ่มต้น แสดงผล(มิลลิวินาที)	12,650.00	45,870.00	30,591.46	4,880.00	29,909.00	11,546.60
ระยะเวลาสะสมข้อมูล (มิลลิวินาที)	15,660.00	56,880.00	47,050.40	32,820.00	110,770.00	49,579.60

จากตารางที่ 8 แสดงข้อมูลเวลาที่ใช้ในระบบของโปรแกรมประยุกต์ Sopcast และ PPTV พบว่า เมื่อพิจารณาระยะเวลาเริ่มต้นแสดงผล โปรแกรมประยุกต์ Sopcast ใช้เวลาน้อยที่สุด 12,650 มิลลิวินาที มากที่สุด 45,870 มิลลิวินาที เฉลี่ย 30,591.46 มิลลิวินาที โปรแกรมประยุกต์ PPTV ใช้เวลาน้อยที่สุด 4,880 มิลลิวินาที มากที่สุด 29,909 มิลลิวินาที เฉลี่ย 11,546.60 มิลลิวินาที และเมื่อพิจารณาระยะเวลาสะสมข้อมูล โปรแกรมประยุกต์ Sopcast ใช้เวลาน้อยที่สุด 15,660 มิลลิวินาที มากที่สุด 56,880 มิลลิวินาที เฉลี่ย 47,050.40 มิลลิวินาที โปรแกรมประยุกต์ PPTV ใช้เวลาน้อยที่สุด 32,820 มิลลิวินาที มากที่สุด 110,770 มิลลิวินาที เฉลี่ย 49,579.60 มิลลิวินาที

เมื่อเปรียบเทียบระยะเวลาของโปรแกรมประยุกต์ทั้งสอง พบว่า โปรแกรมประยุกต์ PPTV มีระยะเวลาเริ่มต้นแสดงผลน้อยกว่าโปรแกรมประยุกต์ Sopcast และ มีระยะเวลาสะสมข้อมูลที่ยาวนานกว่าอีกด้วย

2. ผลการทดลองโปรแกรมประยุกต์ TVUPlayer

โปรแกรม TVUPlayer พัฒนาจากบริษัท TVU networks Corporation ในรัฐแคลิฟอร์เนีย ประเทศสหรัฐอเมริกา ผู้วิจัยเห็นว่าเป็นอีกโปรแกรมประยุกต์ประเภทเพียร์ทูเพียร์ที่น่าสนใจ จากผลการสำรวจจาก Google Trends ในปี พ.ศ. 2552

2.1 ร้อยละของโพรโทคอลและข้อมูลควบคุม

ตารางที่ 9 ชุดข้อมูลที่ใช้ในการทดลองของโปรแกรมประยุกต์ TVUPlayer

	จำนวนไบต์ ทั้งหมด	ระยะเวลา (วินาที)	อัตรา แสดงผล (กิโลบิตต่อ วินาที)	ดาวน์โหลด (ไบต์)	อัพโหลด (ไบต์)
ครั้งที่ 1	181,245,724	2,700	231	129,310,475	51,207,462
ครั้งที่ 2	253,421,659	2,700	206	171,584,691	81,541,794
ครั้งที่ 3	337,728,277	2,700	179	188,827,388	148,635,838

ตารางที่ 9 แสดงผลการดักจับแพ็กเก็ตในระยะเวลา 2,700 วินาที โปรแกรมประยุกต์ TVUPlayer มีอัตราการแสดงผลครั้งที่ 1 ประมาณ 231 กิโลบิตต่อวินาที ครั้งที่ 2 ประมาณ 206 กิโลบิตต่อวินาที และ ครั้งที่ 3 ประมาณ 179 กิโลบิตต่อวินาที

ตารางที่ 10 ประเภทโพรโทคอลของโปรแกรมประยุกต์ TVUPlayer

	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
ดาวน์โหลด(ร้อยละ)				
TCP	0.36	0.27	0.18	0.27
UDP	99.64	99.73	99.82	99.73
อัปโหลด (ร้อยละ)				
TCP	0.39	0.36	0.17	0.31
UDP	99.61	99.64	99.74	99.69

ตารางที่ 10 แสดงร้อยละของโพรโทคอลที่ใช้ในโปรแกรมประยุกต์ TVUPlayer พบว่าโปรแกรมประยุกต์มีการดาวน์โหลดโดยใช้โพรโทคอล UDP คิดเป็นร้อยละ 99.73 และมีโพรโทคอล TCP คิดเป็นร้อยละ 0.27 และการอัปโหลดใช้โพรโทคอล UDP คิดเป็นร้อยละ 99.69 และมีโพรโทคอล TCP คิดเป็นร้อยละ 0.31 ซึ่งโพรโทคอล TCP ที่พบนั้นเป็น Web Service ที่แสดงโฆษณาสินค้าที่เกิดขึ้นระหว่างใช้งานโปรแกรมในช่วงเวลาดังกล่าว

ตารางที่ 11 ขนาดของแพ็กเก็ตของโปรแกรมประยุกต์ TVUPlayer ครั้งที่ 1

ไบต์	จำนวนแพ็กเก็ต	ผลคูณ ไบต์และแพ็กเก็ต	ร้อยละ
1322	82,095	108,529,590	60.29
115	254,915	29,315,225	16.29
74	303,997	22,495,778	12.50
420	8,908	3,741,360	2.08
94	16,921	1,590,574	0.88
116	4,277	496,132	0.28
83	5,300	439,900	0.24
114	3,534	402,876	0.22
144	2,612	376,128	0.21
104	2,702	281,008	0.16

ตารางที่ 11 แสดงจำนวนขนาดของแฟ้มเกิดของโปรแกรมประยุกต์ TVUPlayer ครั้งที่ 2 เรียงลำดับร้อยละ จากมากไปน้อยจำนวน 10 ลำดับ พบว่า แฟ้มเกิดขนาด 1,322 ไบต์ มีผลคูณไบต์ และแฟ้มเกิดมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 60.29 รองลงมา เป็นแฟ้มเกิดขนาด 115 ไบต์ 74 ไบต์ คิดเป็น ร้อยละ 16.29 และ 12.50 ตามลำดับ

ตารางที่ 12 ขนาดของแฟ้มเกิดของโปรแกรมประยุกต์ TVUPlayer ครั้งที่ 2

ไบต์	จำนวนแฟ้มเกิด	ผลคูณ ไบต์และแฟ้มเกิด	ร้อยละ
1,322	94,650	125,127,300	53.79
115	396,569	45,605,435	19.61
74	482,656	35,716,544	15.36
1,342	3,326	4,463,492	1.92
420	10,349	4,346,580	1.87
94	11,501	1,081,094	0.46
116	6,264	726,624	0.31
83	8,465	702,595	0.30
135	3,446	465,210	0.20
104	3,524	366,496	0.16

ตารางที่ 12 แสดงจำนวนขนาดของแฟ้มเกิดของโปรแกรมประยุกต์ TVUPlayer ครั้งที่ 2 เรียงลำดับร้อยละ จากมากไปน้อยจำนวน 10 ลำดับ พบว่า แฟ้มเกิดขนาด 1,322 ไบต์ มีผลคูณไบต์ และแฟ้มเกิดมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 53.79 รองลงมา เป็นแฟ้มเกิดขนาด 115 ไบต์ 74 ไบต์ คิดเป็น ร้อยละ 19.61 และ 15.36 ตามลำดับ

ตารางที่ 13 ขนาดของแฟ้มเกิดของโปรแกรมประยุกต์ TVUPlayer ครั้งที่ 3

ไบต์	จำนวนแฟ้มเกิด	ผลคูณ ไบต์และแฟ้มเกิด	ร้อยละ
1,322	104,744	138,471,568	55.96

ตารางที่ 13 (ต่อ)

ไบต์	จำนวนแพ็กเก็ต	ผลคูณ ไบต์และแพ็กเก็ต	ร้อยละ
115	388,498	44,677,270	18.05
74	481,342	35,619,308	14.39
420	10,605	4,454,100	1.80
94	12,108	1,138,152	0.46
116	7,074	820,584	0.33
135	4,844	653,940	0.26
83	6,727	558,341	0.23
176	1,613	283,888	0.11
114	1,791	204,174	0.08

ตารางที่ 13 แสดงจำนวนขนาดของแพ็กเก็ตของโปรแกรมประยุกต์ TVUPlayer ครั้งที่ 2 เรียงลำดับร้อยละจากมากไปน้อยจำนวน 10 ลำดับ พบว่า แพ็กเก็ตขนาด 1,322 ไบต์ มีผลคูณไบต์และแพ็กเก็ตมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 55.96 รองลงมา เป็นแพ็กเก็ตขนาด 115 ไบต์ 74 ไบต์ คิดเป็นร้อยละ 18.05 และ 14.39 ตามลำดับ

จากตารางที่ 11– 13 พบว่าขนาดของแพ็กเก็ตแบ่งเป็นสองกลุ่ม คือกลุ่มของแพ็กเก็ตขนาด 1,322 ไบต์ เป็นข้อมูลวิทัศน์ กลุ่มแพ็กเก็ตขนาด 115 และ 74 ไบต์ เป็นข้อมูลควบคุม

ตารางที่ 14 ร้อยละข้อมูลควบคุมโปรแกรมประยุกต์ TVUPlayer

	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
ข้อมูลควบคุม (ร้อยละ)	28.79	34.97	32.44	32.07

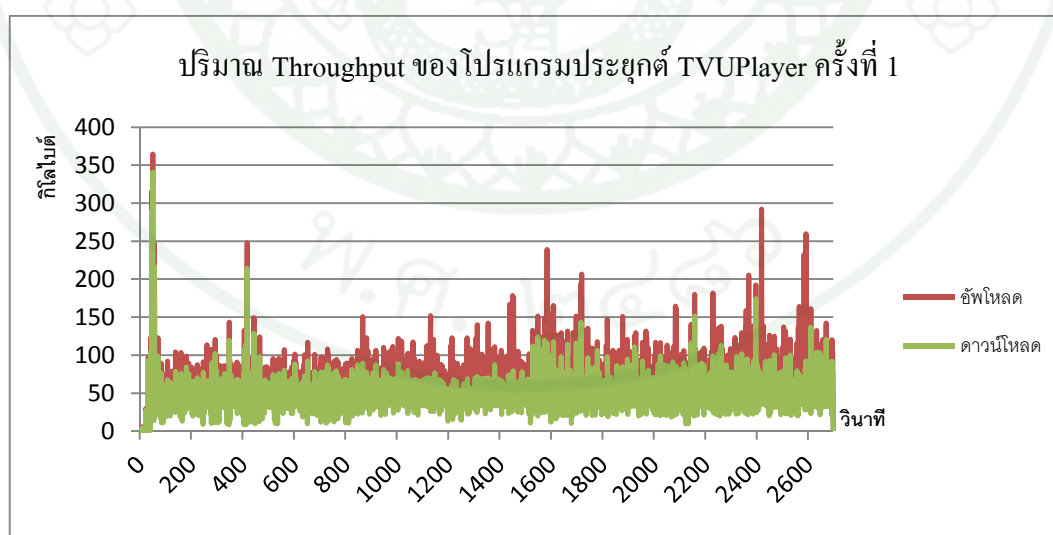
ตารางที่ 14 แสดงร้อยละข้อมูลควบคุมระหว่างโปรแกรมประยุกต์ TVUPlayer พบว่า โปรแกรมประยุกต์ TVUPlayer ครั้งที่ 1 คิดเป็นร้อยละ 28.79 ครั้งที่ 2 คิดเป็นร้อยละ 34.97 ครั้งที่ 3 คิดเป็นร้อยละ 32.44 เฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 32.07

2.2 ปริมาณ Throughput

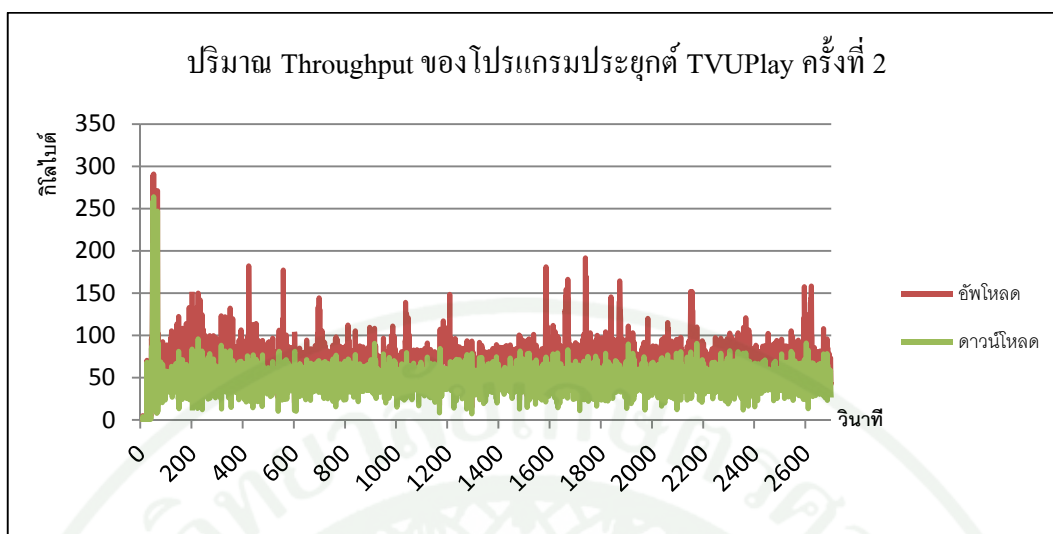
ตารางที่ 15 ปริมาณ Throughput ของโปรแกรมประยุกต์ TVUPlayer

	Throughput	
	ดาวน์โหลด	อัพโหลด
ครั้งที่ 1	47.92	67.71
ครั้งที่ 2	47.66	70.39
ครั้งที่ 3	53.45	93.81
เฉลี่ย	49.68	77.30

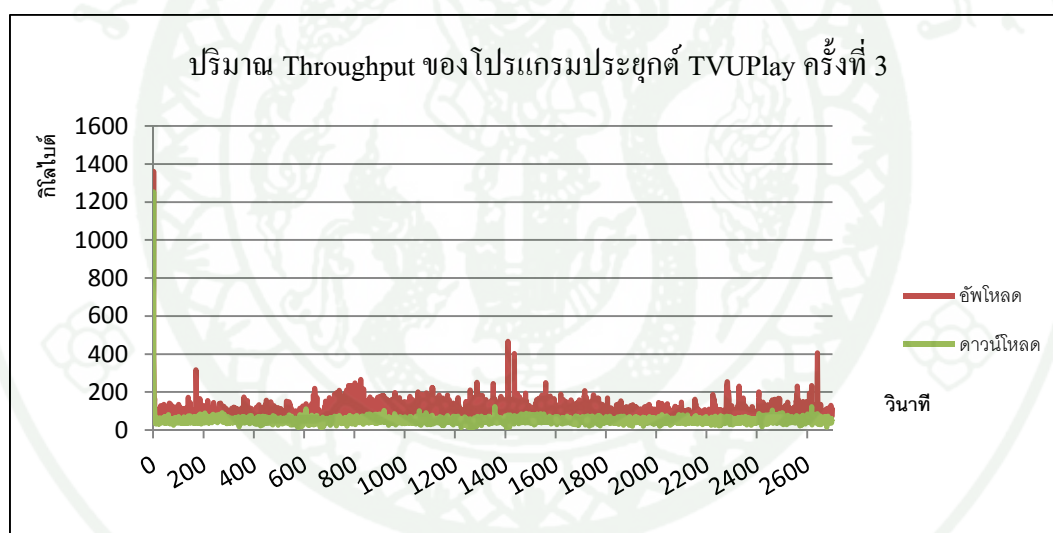
ตารางที่ 15 แสดง Throughput ของโปรแกรมประยุกต์ TVUPlayer พบว่าการทดลองครั้งที่ 1 มีอัตราการดาวน์โหลดเฉลี่ย 47.92 กิโลไบต์ และอัตราการอัพโหลดเฉลี่ย 67.71 กิโลไบต์ ทดลองครั้งที่ 2 มีอัตราการดาวน์โหลดเฉลี่ย 47.66 กิโลไบต์ และ อัตราการอัพโหลดเฉลี่ย 70.39 กิโลไบต์ ทดลองครั้งที่ 3 มีอัตราการดาวน์โหลดเฉลี่ย 53.45 กิโลไบต์ และ อัตราการอัพโหลดเฉลี่ย 93.81 กิโลไบต์ ผลการทดลองทั้ง 3 ครั้งมีอัตราการดาวน์โหลดเฉลี่ย 49.68 กิโลไบต์ และ อัตราการอัพโหลดเฉลี่ย 77.30 กิโลไบต์



ภาพที่ 16 ปริมาณ Throughput ของโปรแกรมประยุกต์ TVUPlayer ครั้งที่ 1



ภาพที่ 17 ปริมาณ Throughput ของโปรแกรมประยุกต์ TVUPlayer ครั้งที่ 2



ภาพที่ 18 ปริมาณ Throughput ของโปรแกรมประยุกต์ TVUPlayer ครั้งที่ 3

จากภาพที่ 16-18 พบว่า ปริมาณ Throughput ในช่วงวินาทีที่ 1-200 ของโปรแกรมประยุกต์ TVUPlayer ครั้งที่ 1 ครั้งที่ 2 ครั้งที่ 3 มีปริมาณ 250-1,200 กิโลไบต์ ทั้งนี้เป็นเพราะช่วงเริ่มต้นมีการเชื่อมต่อเพียร์จำนวนมากเพื่อแสดงผล

2.3 จำนวนเพียร์เพื่อนบ้าน

ตารางที่ 16 ข้อมูลจำนวนเพียร์เพื่อนบ้านของโปรแกรมประยุกต์ TVUPlayer

	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
จำนวนเพียร์เพื่อนบ้าน	104	150	108

ตารางที่ 16 แสดงจำนวนเพียร์เพื่อนบ้านของโปรแกรมประยุกต์ TVUPlayer พบว่า การทดลองครั้งที่ 1 มีจำนวนเพียร์ 104 เพียร์ ทดลองครั้งที่ 2 มีจำนวนเพียร์ 150 เพียร์ และการทดลองครั้งที่ 3 มีจำนวนเพียร์ 108 เพียร์

2.4 เวลาที่ใช้ในระบบ

ตารางที่ 17 เวลาที่ใช้ในระบบของโปรแกรมประยุกต์ TVUPlayer

	น้อยที่สุด	มากที่สุด	เฉลี่ย
ระยะเวลาเริ่มต้นแสดงผล (มิลลิวินาที)	5,560	22,030	11,460
ระยะเวลาสะสมข้อมูล (มิลลิวินาที)	31,770	90,340	60,460

จากตารางที่ 17 แสดงข้อมูลเวลาที่ใช้ในระบบของโปรแกรมประยุกต์ TVUPlayer โดยทดลองจำนวน 50 ครั้ง เมื่อพิจารณาระยะเวลาเริ่มต้นแสดงผล น้อยที่สุด 5,560 มิลลิวินาที มากที่สุด 22,030 มิลลิวินาที เฉลี่ยใช้เวลา 11,460 มิลลิวินาที และเมื่อพิจารณาระยะเวลาสะสมข้อมูลใช้เวลา น้อยที่สุด 31,770 มิลลิวินาที มากที่สุด 90,340 มิลลิวินาที เฉลี่ย 60,460 มิลลิวินาที

3. ผลการทดลองโปรแกรมประยุกต์ Goalbit

โปรแกรมประยุกต์ Goalbit เป็นโปรแกรมหรือซอฟต์แวร์ที่สเปคเปิดเพียงโปรแกรมเดียวในการทดลองมีการใช้โปรโตคอล TCP ในการสื่อสารระหว่างเพียร์

3.1 ร้อยละของโปรโทคอลและข้อมูลควบคุม

ตารางที่ 18 ชุดข้อมูลที่ใช้ในการทดลองของโปรแกรมประยุกต์ Goalbit

	จำนวนไบต์ ทั้งหมด	ระยะเวลา (วินาที)	อัตรา แสดงผล (กิโลบิตต่อ วินาที)	ดาวน์โหลด (ไบต์)	อัพโหลด (ไบต์)
ครั้งที่ 1	153,961,700	3,600	288	144,149,002	8,551,230
ครั้งที่ 2	167,058,999	3,600	288	152,395,241	14,334,404
ครั้งที่ 3	182,045,041	3,600	329	170,484,600	10,757,035

ตารางที่ 18 แสดงผลการดักจับแพ็กเก็ตเกิดในระยะเวลา 3,600 วินาที โปรแกรมประยุกต์ Goalbit มีอัตราการแสดงผลครั้งที่ 1 ประมาณ 288 กิโลบิตต่อวินาที ครั้งที่ 2 ประมาณ 288 กิโลบิตต่อวินาที และ ครั้งที่ 3 ประมาณ 329 กิโลบิตต่อวินาที โดยใช้โปรโทคอล TCP ในการทำงาน

ตารางที่ 19 ขนาดของแพ็กเก็ตของโปรแกรมประยุกต์ Goalbit ครั้งที่ 1

ไบต์	จำนวนแพ็กเก็ต	ผลคูณ ไบต์และแพ็กเก็ต	ร้อยละ
1,514	89,835	136,010,190	89.88
54	73,287	3,957,498	2.62
71	36,303	2,577,513	1.70
63	34,389	2,166,507	1.43
60	32,901	1,974,060	1.30
66	16,295	1,075,470	0.71
74	3,109	230,066	0.15
67	1,687	113,029	0.07
1,350	1,658	2,238,300	1.48
62	670	41,540	0.03

ตารางที่ 19 แสดงจำนวนขนาดของแพ็กเก็ตของโปรแกรมประยุกต์ Goalbit ครั้งที่ 1 เรียงลำดับร้อยละ จากมากไปน้อยจำนวน 10 ลำดับ พบว่า แพ็กเก็ตขนาด 1,514 ไบต์ มีผลคูณไบต์ และแพ็กเก็ตมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 89.88 รองลงมา เป็นแพ็กเก็ตขนาด 54 ไบต์และ 71 ไบต์ คิดเป็นร้อยละ 2.62 และ 1.70 ตามลำดับ

ตารางที่ 20 ขนาดของแพ็กเก็ตของโปรแกรมประยุกต์ Goalbit ครั้งที่ 2

ไบต์	จำนวนแพ็กเก็ต	ผลคูณ ไบต์และแพ็กเก็ต	ร้อยละ
1,514	90,507	137,027,598	84.72
54	79,761	4,307,094	2.66
71	76,288	5,416,448	3.35
63	74,492	4,692,996	2.90
60	68,307	4,098,420	2.53
66	16,847	1,111,902	0.69
74	4,079	301,846	0.19
67	3,744	250,848	0.16
1350	1,996	2,694,600	1.67
1,506	1,037	1,561,722	0.97

ตารางที่ 20 แสดงจำนวนขนาดของแพ็กเก็ตของโปรแกรมประยุกต์ Goalbit ครั้งที่ 2 เรียงลำดับ ร้อยละ จากมากไปน้อยจำนวน 10 ลำดับ พบว่า แพ็กเก็ตขนาด 1,514 ไบต์ มีผลคูณไบต์ และแพ็กเก็ตมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 84.72 รองลงมา เป็นแพ็กเก็ตขนาด 71 ไบต์และ 54 ไบต์ คิดเป็นร้อยละ 3.35 และ 2.66 ตามลำดับ

ตารางที่ 21 ขนาดของแพ็กเก็ตของโปรแกรมประยุกต์ Goalbit ครั้งที่ 3

ไบต์	จำนวนแพ็กเก็ต	ผลคูณ ไบต์และแพ็กเก็ต	ร้อยละ
1,514	105,083	159,095,662	87.39
71	66,967	4,754,657	2.61
54	83,255	4,495,770	2.47

ตารางที่ 21 (ต่อ)

ไบต์	จำนวนแพ็กเก็ต	ผลคูณ ไบต์และแพ็กเก็ต	ร้อยละ
63	64,653	4,073,139	2.24
60	59,797	3,587,820	1.97
1,350	2,363	3,190,050	1.75
110	5,942	653,620	0.36
67	7,154	479,318	0.26
66	6,644	438,504	0.24
74	1,574	116,476	0.06

ตารางที่ 21 แสดงจำนวนขนาดของแพ็กเก็ตของโปรแกรมประยุกต์ Goalbit ครั้งที่ 3 เรียงลำดับร้อยละ จากมากไปน้อยจำนวน 10 ลำดับ พบว่า แพ็กเก็ตขนาด 1,514 ไบต์ มีผลคูณไบต์และแพ็กเก็ตมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 87.39 รองลงมา เป็นแพ็กเก็ตขนาด 71 ไบต์ 54 ไบต์ คิดเป็นร้อยละ 2.61 และ 2.47 ตามลำดับ

จากตารางที่ 19-21 พบว่าขนาดของแพ็กเก็ตแบ่งเป็นสองกลุ่ม คือกลุ่มของแพ็กเก็ตขนาด 1,514 ไบต์ เป็นข้อมูลวิทัศน์ กลุ่มแพ็กเก็ตขนาด 71, 54, 63 และ 60 ไบต์ เป็นข้อมูลควบคุม

ตารางที่ 22 ร้อยละข้อมูลควบคุมโปรแกรมประยุกต์ Goalbit

	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
ข้อมูลควบคุม (ร้อยละ)	7.05	10.95	9.29	9.10

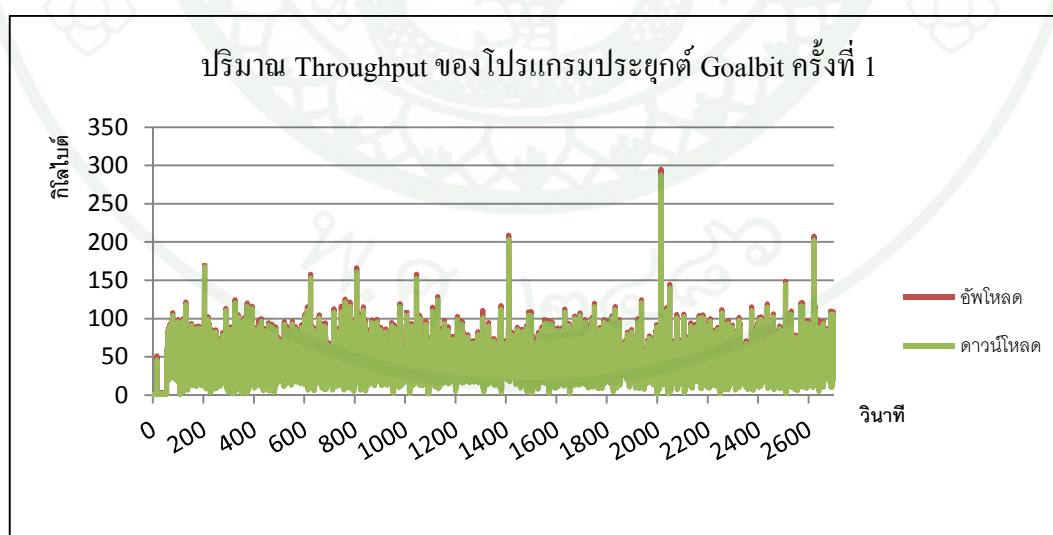
ตารางที่ 22 แสดงร้อยละข้อมูลควบคุมระหว่างโปรแกรมประยุกต์ Goalbit พบว่า โปรแกรมประยุกต์ Goalbit ครั้งที่ 1 คิดเป็นร้อยละ 7.05 ครั้งที่ 2 คิดเป็นร้อยละ 10.95 ครั้งที่ 3 คิดเป็นร้อยละ 9.29 เฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 9.10

3.2 ปริมาณ Throughput

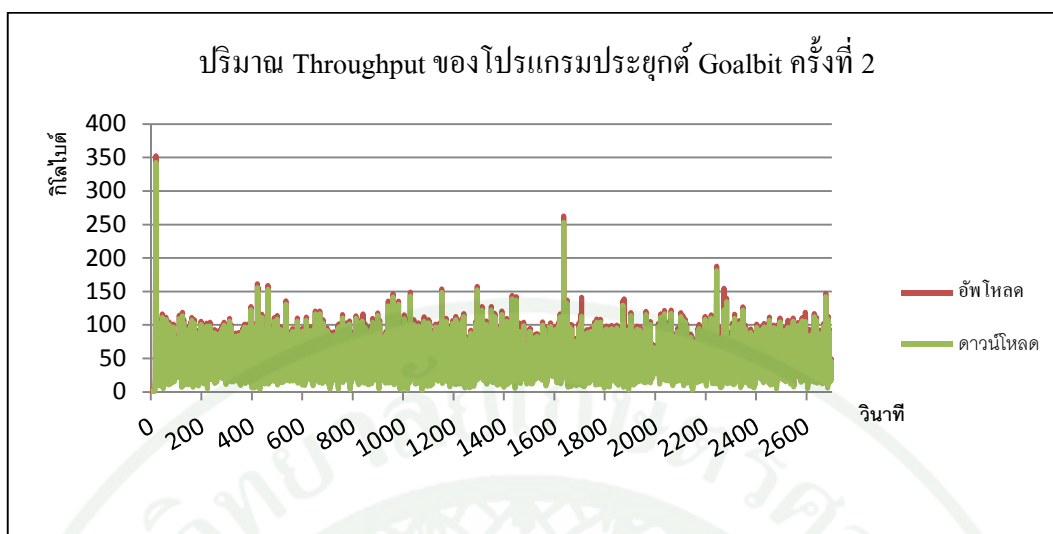
ตารางที่ 23 ข้อมูล Throughput ของโปรแกรมประยุกต์ Goalbit

	Throughput (กิโลไบต์)	
	ดาวน์โหลด	อัปโหลด
ครั้งที่ 1	40.03	42.75
ครั้งที่ 2	42.33	40.40
ครั้งที่ 3	41.33	3.90
เฉลี่ย	41.56	29.02

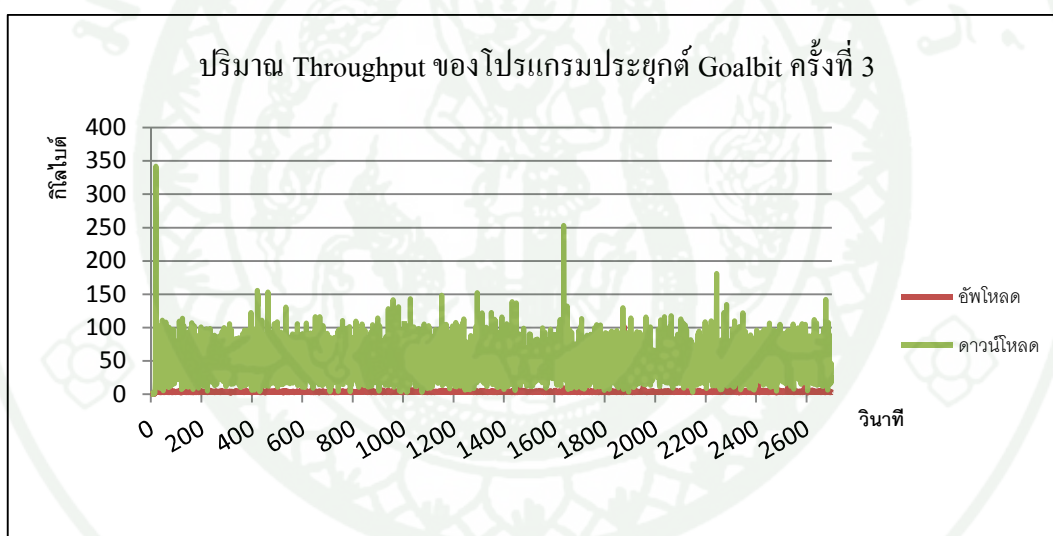
ตารางที่ 23 แสดงปริมาณ Throughput ของโปรแกรมประยุกต์ Goalbit พบว่าการทดลองครั้งที่ 1 มีอัตราการดาวน์โหลดเฉลี่ย 40.03 กิโลไบต์ และ อัตราการอัปโหลดเฉลี่ย 42.75 กิโลไบต์ ทดลองครั้งที่ 2 มีอัตราการดาวน์โหลดเฉลี่ย 42.33 กิโลไบต์ และ อัตราการอัปโหลดเฉลี่ย 40.40 กิโลไบต์ ทดลองครั้งที่ 3 มีอัตราการดาวน์โหลดเฉลี่ย 41.33 กิโลไบต์ และ อัตราการอัปโหลดเฉลี่ย 3.90 กิโลไบต์ ผลการทดลองทั้ง 3 ครั้ง 3 มีอัตราการดาวน์โหลดเฉลี่ย 41.56 กิโลไบต์ และ อัตราการอัปโหลดเฉลี่ย 29.02 กิโลไบต์



ภาพที่ 19 Throughput ของโปรแกรมประยุกต์ Goalbit ครั้งที่ 1



ภาพที่ 20 Throughput ของโปรแกรมประยุกต์ Goalbit ครั้งที่ 2



ภาพที่ 21 Throughput ของโปรแกรมประยุกต์ Goalbit ครั้งที่ 3

จากภาพที่ 19-21 พบว่า ปริมาณ Throughput ของโปรแกรมประยุกต์ Goalbit ครั้งที่ 1 ช่วงวินาทีที่ 1-200 มีปริมาณน้อย ประมาณ 50 กิโลไบต์ แตกต่างปริมาณ Throughput ครั้งที่ 2 ครั้งที่ 3 มีปริมาณ 350 กิโลไบต์

3.3 จำนวนเพียร์เพื่อนบ้าน

ตารางที่ 24 ข้อมูลจำนวนเพียร์เพื่อนบ้านของโปรแกรมประยุกต์ Goalbit

	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
จำนวนเพียร์เพื่อนบ้าน	14	10	10

ตารางที่ 24 แสดงจำนวนเพียร์เพื่อนบ้านของโปรแกรมประยุกต์ Goalbit พบว่า การทดลองครั้งที่ 1 มีจำนวนเพียร์ 14 เพียร์ ทดลองครั้งที่ 2 มีจำนวนเพียร์ 10 เพียร์ และการทดลองครั้งที่ 3 มีจำนวนเพียร์ 10 เพียร์

3.4 เวลาที่ใช้ในระบบ

ตารางที่ 25 เวลาที่ใช้ในระบบของโปรแกรมประยุกต์ Goalbit

	น้อยที่สุด	มากที่สุด	เฉลี่ย
ระยะเวลาเริ่มต้นแสดงผล (มิลลิวินาที)	8,260	60,070	21,148
ระยะเวลาสะสมข้อมูล (มิลลิวินาที)	35,690	85,120	48,760

จากตารางที่ 25 แสดงข้อมูลเวลาที่ใช้ในระบบของโปรแกรมประยุกต์ Goalbit โดยทดลองจำนวน 50 ครั้ง เมื่อพิจารณาระยะเวลาเริ่มต้นแสดงผล น้อยที่สุด 8,260 มิลลิวินาที มากที่สุด 60,070 มิลลิวินาที เฉลี่ยใช้เวลา 21,148 มิลลิวินาที และเมื่อพิจารณาระยะเวลาสะสมข้อมูลใช้น้อยที่สุด 35,690 มิลลิวินาที มากที่สุด 85,120 มิลลิวินาที เฉลี่ย 48,760 มิลลิวินาที

วิจารณ์

จากผลการทดลองซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ ผลการทดลองระหว่างโปรแกรมประยุกต์ Sopcast และ PPTV ผลการทดลองโปรแกรมประยุกต์ TVUPlay และผลการทดลองโปรแกรมประยุกต์ Goalbit

1. วิจารณ์ผลการทดลองระหว่างโปรแกรมประยุกต์ Sopcast และ PPTV

จากผลการทดลองดักจับแพ็กเก็ตของโปรแกรมประยุกต์ Sopcast และ PPTV พบว่าใช้งานโปรโตคอล UDP แต่ที่มีโปรโตคอล TCP ประมาณร้อยละ 1 – 8 นั้น เนื่องด้วยระหว่างที่ใช้งานโปรแกรมประยุกต์นั้นจะมี pop-up โฆษณาขึ้นมา จึงทำให้เกิดการจราจรเครือข่ายมีการใช้โปรโตคอล TCP อยู่ด้วยทั้งนี้ ขนาดแพ็กเก็ต ปริมาณข้อมูลควบคุม และ Throughput มีค่าใกล้เคียงกัน แต่จำนวนเพียร์เพื่อนบ้านแตกต่างกัน โดยที่โปรแกรมประยุกต์ PPTV มีจำนวนเพียร์เพื่อนบ้านมากกว่าโปรแกรมประยุกต์ Sopcast 2 เท่า หากเมื่อเปรียบเทียบระยะเวลาของโปรแกรมประยุกต์ทั้งสอง พบว่าโปรแกรมประยุกต์ PPTV มีระยะเวลาเริ่มต้นแสดงผลน้อยกว่าโปรแกรมประยุกต์ Sopcast และมีระยะเวลาสะสมข้อมูลที่ยาวนานกว่าอีกด้วย

2. วิจารณ์ผลการทดลองโปรแกรมประยุกต์ TVUPlay

จากการศึกษาประสิทธิภาพของโปรแกรมประยุกต์ TVUPlay พบว่าแพ็กเก็ตที่มีขนาดมากกว่า 1,000 ไบต์ ซึ่งเป็นข้อมูลวิดีโอที่มีปริมาณน้อย คิดเป็นร้อยละ 50 – 60 ขณะที่ข้อมูลควบคุมเฉลี่ยมีปริมาณสูง คิดเป็นร้อยละ 32.07 ทั้งนี้สอดคล้องกับ Throughput ที่ค่อนข้างต่ำ

3. วิจารณ์ผลการทดลองโปรแกรมประยุกต์ Goalbit

โปรแกรมประยุกต์ Goalbit เป็นเพียงโปรแกรมประยุกต์เดียวที่ใช้โปรโตคอล TCP ในการทำงานในระบบ ซึ่งเป็นโปรแกรมหรือซอฟต์แวร์ที่สเปค ยังไม่เป็นที่นิยมเท่าที่ควร จากการทดลองเลือกรับชมรายการที่มีอยู่ในระบบจริง ซึ่งมีจำนวนเพียร์เพื่อนบ้านเพียง 10 – 14 เพียร์ ส่งผลให้ค่า Throughput ต่ำ และระยะเวลาในการเริ่มต้นแสดงผลนาน

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือ เพื่อแสดงถึงประสิทธิภาพ กระบวนการทำงาน และผลกระทบที่มีผลต่อเครือข่ายของโปรแกรมประยุกต์ประเภท Live streaming หรือ Internet Protocol Television โดยเปรียบเทียบโปรแกรมประยุกต์ที่ใช้ในปัจจุบันที่เป็นรหัสปิดและรหัสเปิด โดยพิจารณาโปรโตคอล พบว่า โปรแกรมประยุกต์ Sopcast, PPTV และ TVUPlay ใช้โปรโตคอล UDP ในการเชื่อมต่อและกระจายข้อมูลระหว่างพีเออร์ แต่โปรแกรมประยุกต์ Goalbit ใช้โปรโตคอล TCP

กระบวนการแลกเปลี่ยนข้อมูลในระบบพีเออร์ทูพีเออร์ ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ 1) การแลกเปลี่ยนข้อมูลเพื่อเชื่อมต่อระหว่างพีเออร์ 2) การแลกเปลี่ยนข้อมูลเพื่อกระจายข้อมูลวิดีโอระหว่างพีเออร์ จากผลการทดลองพบว่า ระหว่างโปรแกรมประยุกต์ Sopcast และ PPTV มีข้อมูลควบคุม คิดเป็นร้อยละ 5.59 และ 6.24 ตามลำดับ โปรแกรมประยุกต์ TVUPlay มีข้อมูลควบคุมสูง คิดเป็นร้อยละ 32.07 และโปรแกรมประยุกต์ Goalbit มีข้อมูลควบคุม คิดเป็นร้อยละ 9.10

ระยะเวลาในการเริ่มต้นใช้งานโปรแกรมประยุกต์ประเภท Live Streaming เป็นอีกปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อผู้ใช้งาน หากระยะเวลาในการเริ่มต้นแสดงผลภาพนานเกินไปอาจทำให้ผู้ชมต้องรอนานและหากสั้นเกินไปทำให้การแสดงผลไม่ต่อเนื่องได้ จึงต้องมีระยะเวลาในการเริ่มต้นแสดงผลข้อมูลภาพวิดีโอที่เหมาะสม ผลการทดลองพบว่า โปรแกรมประยุกต์ TVUPlay ใช้ระยะเวลาในการเริ่มต้นแสดงผลน้อยที่สุดเฉลี่ยประมาณ 11.4 วินาที ตามด้วยโปรแกรมประยุกต์ PPTV, Goalbit และ Sopcast ประมาณ 11.54 วินาที 21.35 วินาทีและ 30 วินาทีตามลำดับ

ระยะเวลาการสะสมข้อมูลเป็นมาตรวัดประสิทธิภาพที่สำคัญ ที่จะบ่งถึงประสิทธิภาพการทำงานของผู้ใช้ได้รับ เนื่องจากแต่ละพีเออร์มีการแลกเปลี่ยนข้อมูลวิดีโอระหว่างกลุ่มของพีเออร์โดยใช้บัฟเฟอร์ในการสะสมก่อนข้อมูลวิดีโอ ดังนั้นขนาดของบัฟเฟอร์จึงส่งผลกระทบต่อการแสดงผลภาพวิดีโอที่ต่อเนื่องได้ หากบัฟเฟอร์มีขนาดใหญ่สามารถเพิ่มโอกาสในการสะสมข้อมูลได้มาก แต่ก็เกิดปัญหาคือระยะเวลาในการเริ่มต้นแสดงผลภาพวิดีโอได้ ในการทดลองเพื่อทดลองระยะเวลาสะสมข้อมูลในบัฟเฟอร์ พบว่า โปรแกรมประยุกต์ Sopcast, Goalbit และ PPTV มีระยะเวลาสะสมข้อมูลใกล้เคียงกัน ประมาณ 47-49 วินาที แต่โปรแกรมประยุกต์ TVUPlayer มีระยะเวลาสะสมข้อมูลที่ยาวนานที่สุด ประมาณ 1 นาที

อย่างไรก็ตามแม้ว่าผลการทดลองในเอกสารวิจัยฉบับนี้ไม่ได้เปรียบเทียบโปรแกรม
ประยุกต์ประเภท Live Streaming ทุกโปรแกรมที่มีอยู่และทุกช่วงเวลา แต่ก็ยังเป็นข้อมูลส่วนหนึ่งให้
ผู้ใช้งานสามารถเข้าใจสถาปัตยกรรม กระบวนการทำงาน ประสิทธิภาพของโปรแกรมประยุกต์ประเภท
Live Streaming ได้

ข้อเสนอแนะ

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณลักษณะของโปรแกรมประยุกต์เพียร์ทูเพียร์
ประเภท Live Streaming มีข้อจำกัดในเรื่องปริมาณเพียร์ที่ใช้ในการทำการทดลองและระยะเวลาใน
การทดลอง ทำให้ไม่สามารถแสดงคุณลักษณะที่ครอบคลุมในหลายด้านเช่น พฤติกรรมเพียร์ในแต่ละ
ช่วงเวลา อัตราการเข้าและออกของเพียร์และขนาด Overlay Network เป็นต้น หากเพิ่มจำนวน
เพียร์ เวลาในการทดลองและทดลองในสิ่งแวดล้อมที่แตกต่างกัน อาจทำให้แสดงประสิทธิภาพและ
คุณลักษณะชัดเจนยิ่งขึ้น

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- วิวัฒน์ มงคลนวเสถียร และ สุชุมาล กิตติสิน. 2553. กรณีศึกษาประสิทธิภาพโปรแกรมประยุกต์เพียร์ทูเพียร์ประเภท Live-streaming: TVUPlayer, น. 10-15. ใน **การประชุมวิชาการทางคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ (CIT 2010)**. มหาวิทยาลัยบูรพาวิทยาเขตจันทบุรี, จันทบุรี.
- Ali, S., A. Mathur and H. Zhang. 2006. Measurement Commercial เพียร์ทูเพียร์ Live Streaming, *In Advancne in Peer-to-Peer Streaming Workshop*. August 2006, Singapore.
- Bertinat, M. E., D. D. Vera, D. Padula, F. R. Amoza, P. R. Bocca and P. Romero. 2009. GoalBit: The First Free and Open Source Peer-to-Peer Streaming Network, pp. 49-59. *In Proceeding of the 5th International Latin America Networking Conference*. 24-25 September 2009, ACM, Brazil.
- Conner, W., K. Nahrstedt, and I.Gupta. 2006. Preventing DoS attacks in Peer-to-Peer media streaming systems, *In Multimedia Computing and Networking 2006*. 15-18 January 2006, ACM SIG Multimedia, USA.
- Dhungel, P., X. Hei, Keith W. Ross, and N. Saxena. 2007. The Pollution Attack in P2P Live Video Streaming: Measurement Results and Defenses, pp. 323-328. *In Sigcomm P2P-TV Workshop*. 31 August 2007, ACM, Japan.
- Google. 2014. PPLive, Sopcast, Goalbit and TVUPlayer. แหล่งที่มา: <http://www.google.com/trends/explore#q=sopcast%2C%20pplive%2C%20pptv%2C%20goalbit%2C%20tvuplayer>, 23 มิถุนายน 2557
- Hei, X., C. Liang, J. Liang, Y. Liu and K. W. Ross. 2007. A Measurement Study of a Large-Scale P2P IPTV System. *In IEEE Transactionson Multimedia*. 9(8): 1672-1687.

____, ____ Y. Liu and K. W. Ross. 2007. Inferring Network-wide Quality in P2P Live Streaming Systems. *In IEEE Journal on selected areas in communications*. 25(9): 1640-1654.

____, ____ and _____. 2007. IPTV over P2P Streaming Networks: the Mesh-pull Approach. *In IEEE Communication Magazine*. 46(2): 86-92.

Kostadinova, R. 2008. **Peer-to-Peer Video Streaming**. M.Sc. Thesis, Royal Institute of Technologies

Kurose, J. F. and K. W. Ross. 2008. **Computer Networking**. Fourth Edition. Pearson Education; USA

Mongkonnawasatian, W., S. Kuprasert, H. Siritana, K. Tacho and S. Kitisin. 2008. Internet Protocol Television Application and Technology Survey. *In NECTEC-Annual Conference & Exhibition 2008*. 24-25 September 2008, NECTEC, Bangkok, Thailand.

Sentinelli, A., G. Marfia, M. Gerla and L. Kleinrock. 2007. Will IPTV Ride the Peer-to-Peer Stream?. *IEEE communication Magazine* 45(6): 86-92

Silverston, T. and O. Fourmaux. 2006. P2P IPTV Measurement: A Case Study of Tvants, *In 2nd Conference on Future Networking Technologies*. 4-7 December 2006, ACM Sigcomm, Portugal.

Tanenbaum, A. S. 2003. **Computer Networks**. Fourth Edition. Pearson PrenticeHall, USA

TVU Network Corporation. 2012. TVUPlayer. แหล่งที่มา:
http://www.tvupack.com/product_about_tvu.html, 23 มิถุนายน 2557



กรณีศึกษาประสิทธิภาพโปรแกรมประยุกต์เพียร์ทูเพียร์ประเภท

Live-streaming: TVUPlayer

การประชุมวิชาการทางคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ

(Conference on Computer Information Technologies หรือ CIT 2010)

13 – 16 มกราคม 2553 หน้า 10 – 15, มหาวิทยาลัยบูรพา จังหวัดชลบุรี

กรณีศึกษาประสิทธิภาพโปรแกรมประยุกต์เพียร์ทูเพียร์ประเภท Live-streaming : TVUPlayer

A Case Study on Performance of P2P Live-streaming Application: TVUPlayer

Abstract

In nowadays, P2P live-streaming applications are becoming very popular. People can watch varieties of TV channels via many applications over the internet. End users' behaviors have changed and they too can be one of the broadcasters. Many P2P live-streaming applications use proprietary protocol. In this paper, we examine and experiment on TVUPlayer to analysis its performance.

Keywords: Measurement, Live-streaming, TVUPlayer

บทคัดย่อ

โปรแกรมประยุกต์เพียร์ทูเพียร์ประเภท live-streaming เป็นที่นิยมแพร่หลายมากขึ้นในปัจจุบัน ผู้ใช้สามารถรับชมรายการโทรทัศน์ที่หลากหลายจากประเทศต่างๆทั่วโลกผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต อีกทั้งแนวโน้มผู้บริโภคเปลี่ยนไปจากเดิมที่ผู้บริโภคเป็นเพียงผู้รับข่าวสารเพียงทางเดียว เป็นผู้ที่สามารถกระจายข่าวสาร ข้อมูลของตนเองไปยังผู้อื่นได้อีกด้วย แต่โปรแกรมประยุกต์เหล่านี้โดยมากเป็นโปรแกรมเชิงพาณิชย์ ซึ่งใช้งานโพรโทคอลแบบปิด งานวิจัยฉบับนี้ได้ทำการศึกษาวิเคราะห์ แสดงถึงลักษณะและวัดประสิทธิภาพจากการทำงานของโปรแกรมประยุกต์เพียร์ทูเพียร์ประเภท live-streaming โดยใช้โปรแกรม TVUPlayer ซึ่งเป็นโปรแกรมรหัสปิดเป็นกรณีศึกษา เพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงโปรแกรมเพียร์ทูเพียร์ประเภท live-streaming เชิงโอเพนซอร์สในอนาคต

คำสำคัญ วัดประสิทธิภาพ, Live streaming, TVUPlayer

1.บทนำ

Internet Protocol TeleVision (IPTV) [1] เป็นเทคโนโลยีใหม่ในการสื่อสารแบบการกระจายข้อมูลสัญญาณภาพโทรทัศน์ผ่านอินเทอร์เน็ตโดยใช้ IP โพรโทคอล (IP protocol) จากการพัฒนาดังกล่าวนั้น มีโครงสร้างการกระจายข้อมูลที่ [1] แตกต่างกันคือ 1)การกระจายข้อมูลประเภท Native IP Multicast ที่กระจายข้อมูลจากผู้หนึ่งคนไปยังผู้ใช้หลายคน 2)การกระจายข้อมูลประเภท Application Layer Infrastructure Overlay ที่มีลักษณะคล้ายกับ Content Delivery Network (CDN) มีการกระจายข้อมูลที่ proxy ต่างๆ ผู้ใช้จะสามารถรับข้อมูลที่ proxy ที่ใกล้ผู้ใช่มากที่สุด 3)การกระจายข้อมูลประเภท Mesh-Pull ที่ใช้งานบนสถาปัตยกรรมเพียร์ทูเพียร์ โดยเพียร์เริ่มต้นรับข้อมูลจากเครื่องแม่ข่าย แล้วกระจายข้อมูลนั้นไปยังเพียร์อื่นๆ โดยที่เพียร์นั้นเป็นได้ทั้ง ลูกข่ายและแม่ข่ายได้ในเวลาเดียวกันเปรียบเทียบเสมือนการกระจายแบบดาวน์รูท โดยการกระจายข้อมูลประเภทนี้ถูกนิยมนำมาใช้ในการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์มีการใช้งานอย่างแพร่หลาย

เนื่องจากปัจจุบันทิศทางการกระจายข้อมูล ข่าวสาร ได้เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม ผู้คนส่วนใหญ่ไม่เพียงเฉพาะผู้ที่ได้รับข้อมูลเท่านั้น แต่ต้องการที่จะกระจายข้อมูลของตัวเองออกไปสู่สาธารณะมากขึ้น เช่น Cnn iReport [2] ของสำนักข่าว CNN เปิดให้ผู้ชมทางบ้านส่งภาพ หรือวิดีโอสดเล่าเรื่องราวและข่าวจากชุมชนท้องถิ่นได้ แล้วแนวโน้มในอนาคตคาดว่าทุกคนอาจจะใช้ช่องทางของสื่อเสรีอย่างโปรแกรมประยุกต์ประเภท Live-streaming IPTV มากยิ่งขึ้น

2. โปรแกรม Live-streaming IPTV

จากผลการค้นหาเกี่ยวกับโปรแกรมประยุกต์เหล่านี้ในเว็บไซต์ www.google.com/trends พบว่าโปรแกรมประเภท Live-streaming IPTV เริ่มเป็นที่นิยมในปี พ.ศ. 2548 แต่ส่วนใหญ่ เป็นโปรแกรมในเชิงพาณิชย์ ไม่มีการเปิดเผยโปรโตคอล ส่งผลให้มีงานวิจัยเกี่ยวกับโปรแกรม Live-streaming IPTV เกิดขึ้น Silverston, et al. [3] วัดประสิทธิภาพของ traffic ที่เกิดจากการใช้งาน TVAnts [4] พบว่า 10 เพียร์ที่ดาวน์โหลดสูงที่สุด คิดเป็น ร้อยละ 10 ของการปริมาณ traffic ทั้งหมดและมีปริมาณ เพียร์เชื่อมต่อมากกว่า 160 เพียร์แต่ไม่คงที่ Hei, et al. [5] ใช้วิธีการ active และ passive sniffing ดักข้อมูลแพ็คเกจโปรแกรม PPLive[5] แล้วนำมาวิเคราะห์พบว่า 1) การแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างเพียร์จำนวนมากกว่า 1000 เพียร์ 2) กลุ่มเพียร์หลักทำงานคล้าย proxy กระจายข้อมูลให้เพียร์อื่นๆ 3) แสดงคอมพิวเตอร์ของ PPLive มีสองส่วนคือ streaming engine หน้าทีดาวน์โหลด-อัปโหลดก่อนข้อมูลจากเพียร์และ media player ที่ใช้แสดงข้อมูลภาพ Sentinelli, et al [7] ศึกษาโปรแกรม SopCast [8] ทดลองบนเครือข่าย Planet Lab [9] โดยวิเคราะห์แบบ passive sniffing และเสนอมาตรวัดประสิทธิภาพได้แก่ จำนวนเพียร์เชื่อมต่อ ระยะเวลาแสดงผล อัตราการเข้าออกของเพียร์ throughput ปริมาณข้อความควบคุมการติดต่อเพียร์ ระยะเวลาเริ่มต้นแสดงผล ครรชนิการแสดงผลต่อเนื่อง Ali, et al [10] ศึกษาเปรียบเทียบศักยภาพของโปรแกรม PPLive และ SopCast วิเคราะห์ระบบการทำงาน ลักษณะการใช้ทรัพยากรเครือข่าย ความเสถียรของการกระจายข้อมูล

โปรแกรม TVUPlayer [11] ก็เป็นอีกหนึ่งโปรแกรมประยุกต์เพียร์ทูเพียร์ที่น่าสนใจ เนื่องจากมีผู้นิยมใช้งานมากขึ้น (อ้างอิงจากปริมาณการค้นหาจาก www.google.com/trends) และนอกจากจะรับชมช่องรายการโทรทัศน์แล้วผู้ใช้งานทั่วไปยัง

สามารถกระจายข้อมูลวีดิทัศน์ส่วนตัวได้อีกด้วยอีกทั้งเป็นโปรแกรมในเชิงพาณิชย์ ดังนั้นงานวิจัยฉบับนี้จึงขอนำโปรแกรมประยุกต์ TVUPlayer ศึกษาวัดประสิทธิภาพกระบวนการทำงาน และผลกระทบต่อเครือข่าย เพื่อเป็นแนวทางวิจัยสำหรับการปรับปรุงโปรแกรมเชิงโอเพนซอร์สเพียร์ทูเพียร์ประเภท live streaming ในอนาคต

3. ขั้นตอนวิธีการทดลอง

การทดลองเก็บข้อมูลแพ็คเกจใช้ไคลเอนท์เชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตผ่านเครือข่ายมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ความเร็ว 100 Mbps (LAN) โดยใช้ระบบปฏิบัติการ Windows XP เปิดใช้งานโปรแกรม Wireshark [12] แล้วเปิดใช้งานโปรแกรม TVUPlay เลือกรับชมช่องรายการโทรทัศน์ Channel New Asia เป็นเวลา 45 นาที จากนั้นนำข้อมูลแพ็คเกจที่ได้จากการใช้โปรแกรม Wireshark ดักจับข้อมูลแพ็คเกจวิเคราะห์ลักษณะการใช้งานเครือข่ายโปรแกรมประยุกต์

4. การวิเคราะห์การวัดประสิทธิภาพ

ในส่วนนี้แสดงผลการทดลอง โดยวิเคราะห์ข้อมูลแพ็คเกจ ซึ่งการศึกษจะพิจารณาลักษณะโปรโตคอล การส่งข้อมูลวีดิทัศน์ ปริมาณ control overhead อัตราการดาวน์โหลด อัตราการอัปโหลด การเปลี่ยนของเพียร์ รวมทั้งระยะเวลาเริ่มต้นแสดงผล ภาพวีดิทัศน์และการบัฟเฟอร์ข้อมูล โดยแสดงรายละเอียดดังที่กล่าวต่อไปและมีรายละเอียดข้อมูลเบื้องต้นดังตารางที่ 1

ขนาดข้อมูล (กิโลไบต์)	ระยะ เวลา (วินาที)	อัตรา แสดงผล	จำนวน ไอพี แอดเดรส	ดาวน์โหลด (กิโล- ไบต์)	อัป โหลด (กิโล- ไบต์)
188,251	2700	254	195	316	83

ตารางที่ 1 แสดงข้อมูลทดลองเบื้องต้น

4.1 การสังเกตลักษณะทั่วไป

การสังเกตลักษณะทั่วไปของข้อมูลแพ็คเกจที่ได้ทำการเก็บข้อมูลโดยรับชมรายการโทรทัศน์เป็นเวลา 2700 วินาที สามารถแยกแพ็คเกจแสดงประเภทของโปรโตคอลได้

ขนาด ข้อมูล (MB)	ออฟโหลด			ดาวน์โหลด		
	TCP	UDP	ICMP	TCP	UDP	ICMP
129	0.39	99.51	0.1	0.36	99.54	0.1

ตารางที่ 2 ข้อมูลแพ็คเกจที่ได้รับจากการดักจับแพ็คเกจ

จากตารางที่ 2 แสดงให้เห็นว่ามีการใช้งานโปรโตคอล UDP มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 99.5 สังเกตได้ว่าโปรแกรม TVUPlay นี้ใช้โปรโตคอล UDP ในการกระจายข้อมูลและมีโปรโตคอล TCP และ ICMP เป็นส่วนน้อย

เมื่อพิจารณาอัตรา throughput ของโปรแกรมประยุกต์ TVUPlayer พบว่ามีอัตราการดาวน์โหลดเฉลี่ย 0.38 เมกกะบิตต่อวินาที อัตราการอัปโหลดเฉลี่ย 0.15 เมกกะบิตต่อวินาที ดังภาพที่ 1

4.2 รูปแบบลักษณะของ Traffic

โปรแกรมประยุกต์เพียร์ทูเพียร์ประเภท Live-streaming ส่วนใหญ่เป็นโปรแกรมเชิงพาณิชย์ ซึ่งไม่เปิดเผยกระบวนการพัฒนาได้ ดังนั้นงานวิจัยส่วนใหญ่ใช้วิธี reverse engineering ในการศึกษากระบวนการทำงานของโปรแกรมประยุกต์เหล่านั้นได้ โดยสองลักษณะคือ passive sniffing เป็นการวัดประสิทธิภาพของโปรแกรมประยุกต์ด้วยวิธีการดักจับข้อมูลที่แพ็คเกจที่มีการรับและส่งระหว่างเพียร์แล้วนำข้อมูลแพ็คเกจที่ได้มาวิเคราะห์ผล และวิธี active sniffing เป็นการพัฒนาโมดูลหรือโปรแกรมเพื่อที่จะเก็บข้อมูลของแพ็คเกจที่เกิดจากการทำงานระหว่างเพียร์ โดยงานวิจัยนี้ใช้ลักษณะ passive sniffing ในการทดลอง เมื่อเก็บข้อมูลแพ็คเกจแล้วนำมาวิเคราะห์แยกข้อมูลสามารถแยกได้เป็นสองส่วนคือ ส่วนที่เป็นข้อมูลวีดิทัศน์ที่

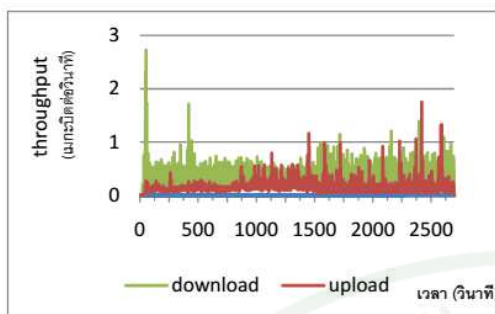
แลกเปลี่ยนระหว่างเพียร์ และข้อมูลควบคุมการติดต่อ (control message) ซึ่งข้อมูลวีดิทัศน์จะต้องมีขนาดที่ใหญ่และมีระยะเวลาที่ยาวกว่าข้อมูลที่เป็นข้อความควบคุมการติดต่อขอแลกเปลี่ยนข้อมูลของเพียร์ จากงานวิจัย [4] พิจารณาข้อมูลของแพ็คเกจในการจำแนกประเภทของแพ็คเกจ กล่าวคือ หากมีการเชื่อมต่อระหว่างเพียร์ที่มีการแลกเปลี่ยนข้อมูลที่มีขนาดมากกว่า 1200 ไบต์ มากกว่า 10 แพ็คเกจนั้นถือว่าเป็นข้อมูลวีดิทัศน์ นอกนั้นถือว่าเป็นข้อมูลที่เป็นการควบคุมการติดต่อระหว่างเพียร์

เมื่อพิจารณาขนาดแพ็คเกจ จำนวน และผลคูณระหว่างขนาดแพ็คเกจ(ไบต์)กับจำนวนแพ็คเกจ พบว่าปริมาณไบต์ส่วนใหญ่มาเกิดแพ็คเกจขนาด 1,280 – 2,559 ไบต์ คิดเป็นร้อยละ 71 รองลงมาคือแพ็คเกจขนาด 80 – 159 ไบต์ และขนาด 40 – 79 ไบต์ คิดเป็นร้อยละ 15 และ 7 ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าขนาดระหว่าง 1,280 – 2,559 ไบต์เป็นข้อมูลวีดิทัศน์ ดังแสดงในตารางที่ 3

ขนาดแพ็คเกจ (ไบต์)	จำนวน	ผลคูณไบต์และ จำนวนแพ็คเกจ (ไบต์)	ร้อยละ
40-79	307,497	18,296,072	7.97
80-159	299,659	35,809,251	15.61
160-319	4,802	1,150,079	0.50
320-639	10,414	4,993,513	2.18
640-1,279	5,036	4,832,042	2.11
1,280-2,559	85,637	164,380,222	71.64

ตารางที่ 3 จำนวนแพ็คเกจแต่ละขนาด

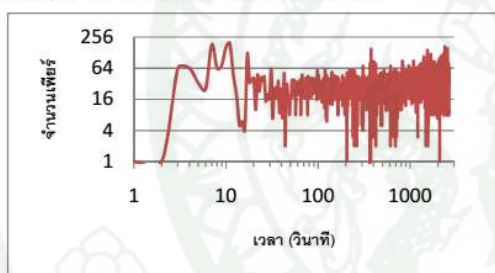
จากตารางที่ 3 แสดงให้เห็นว่า เมื่อขนาดแพ็คเกจที่มีขนาดใหญ่ขนาดมากกว่า 1,280 ไบต์เป็นข้อมูลวีดิทัศน์ ซึ่งมีมากกว่าร้อยละ 70 และเป็นข้อสังเกตว่าแพ็คเกจที่มีขนาด 160 – 1,279 ไบต์ มีอัตราส่วนน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับแพ็คเกจที่เป็นข้อมูลวีดิทัศน์ จึงถือว่าแพ็คเกจที่มีขนาดน้อยกว่า 1,280 ไบต์เป็นข้อมูลควบคุมการติดต่อระหว่างเพียร์ คิดเป็นร้อยละ 36



ภาพที่ 1 throughput ของโปรแกรมประยุกต์ TVUPlayer

4.3 จำนวนเพียร์เพื่อนบ้าน

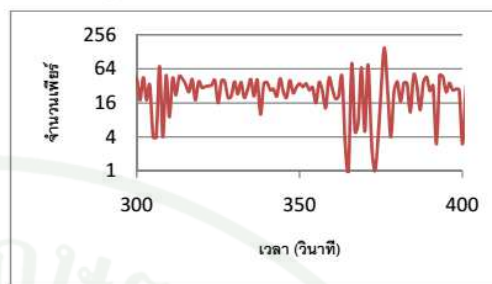
การแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างเพียร์ในระบบเพียร์ทูเพียร์ เรียกว่า swarm คือกลุ่มของเพียร์ที่มีข้อมูลที่เพียร์ในกลุ่มต้องการ โดยเพียร์จะมีกระบวนการเลือกและบำรุงรักษาการเชื่อมต่อระหว่างเพียร์เพื่อให้แลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างกันได้ดียิ่งขึ้น เพียร์สามารถดาวน์โหลดข้อมูลได้จากหลายเพียร์ในเวลาเดียวกัน พิจารณาการเปลี่ยนเพียร์ที่เชื่อมต่อได้ ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 จำนวนเพียร์เพื่อนบ้านในแต่ละช่วงเวลา

จากภาพที่ 2 ในระยะเวลาช่วงเริ่มต้นการทำงาน ระบบเพียร์ทูเพียร์จะมีการเชื่อมต่อเพียร์จำนวนมากเพื่อต้องการดาวน์โหลดข้อมูลวิดีโอที่ต้นทางที่ต้องการ มีการเชื่อมต่อเพียร์ตั้งแต่ 1- 195 เพียร์เฉลี่ยมีการเชื่อมต่อกับ 32 เพียร์ในหนึ่งวินาทีและในช่วงวินาทีที่ 200 และ 400 นั้น จำนวนเพียร์ที่เชื่อมต่อลดลงจนกระทั่งเหลือเพียงเพียร์เดียวที่เชื่อมต่อ เมื่อพิจารณาช่วงวินาทีดังกล่าว

พบว่า เมื่อจำนวนเพียร์ที่เชื่อมต่อลดลง ระบบเพียร์ทูเพียร์จะมีการเร่งหรือกระตุ้นการเชื่อมต่อของเพียร์เพิ่มขึ้น ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 จำนวนเพียร์ช่วงวินาทีที่ 300 - 380

เมื่อพิจารณาวินาทีที่ 360 – 380 จากภาพที่ 3 หลังเพียร์ที่เชื่อมต่อลดลงจนเหลือ 1 เพียร์แล้ว มีการกระตุ้นการเชื่อมต่อของเพียร์ให้มีจำนวนสูงขึ้นมากกว่า 64 เพียร์และ 128 เพียร์ เพื่อต้องการให้คงสภาพการเชื่อมต่อเพียร์ให้เสถียร โดยเฉลี่ยแล้วในเวลา 1 วินาที มีจำนวนเพียร์ที่เชื่อมต่อ 32 เพียร์สามารถแยกเป็นเพียร์ที่ให้การอัปเดตแก่เครื่องทดลอง จำนวน 27 เพียร์ และเพียร์ที่ให้การดาวน์โหลดแก่เครื่องทดลอง จำนวน 7 เพียร์ คิดเป็นอัตราส่วนอัปเดตต่อดาวน์โหลดประมาณ 4:1

4.4 ระยะเวลาเริ่มต้นแสดงข้อมูล

ระยะเวลาในการเริ่มต้นแสดงผลข้อมูลภาพวิดีโอต้นทางนับเวลาตั้งแต่ผู้ใช้งานเลือกช่องรายการโทรทัศน์จนกระทั่งโปรแกรมแสดงผลภาพวิดีโอต้นทาง ระยะเวลาเริ่มต้นบัฟเฟอร์ข้อมูลที่ได้จากเพียร์ต่างๆ หากมีข้อมูลที่บัฟเฟอร์มากกว่า threshold ที่กำหนดแล้วจะแสดงผลข้อมูลภาพวิดีโอต้นทางผ่าน Media Player หรือ Real Player ซึ่งระยะเวลาเริ่มต้นแสดงผลข้อมูลภาพวิดีโอต้นทางประกอบด้วยสองส่วน คือ ระยะเวลาเริ่มต้น Media Player และระยะเวลาที่แสดงผลข้อมูลภาพวิดีโอต้นทาง จากการทดลอง 50 ครั้ง ระยะเวลาในการเริ่มต้นแสดงผลภาพข้อมูลวิดีโอต้นทางอยู่ระหว่าง 5 – 22 วินาที เฉลี่ยประมาณ 11.4 วินาที ระยะเวลาในการเริ่มต้น

แสดงผลภาพข้อมูลนี้หากมีมากเกินไปอาจทำให้ผู้ชมต้องรอนาน และหากน้อยเกินไปทำให้การแสดงผลไม่ต่อเนื่องได้ จึงต้องมีระยะเวลาในการเริ่มต้นแสดงผลข้อมูลภาพวิดีโอที่เหมาะสม

4.5 ระยะเวลาสะสมข้อมูลเพื่อแสดงผล

ระยะเวลาการสะสมข้อมูลเป็นมาตรวัดประสิทธิภาพที่สำคัญ ที่จะบ่งประสิทธิภาพการทำงานที่ผู้ใช้ได้รับ เนื่องจากแต่ละเพียร์มีการแลกเปลี่ยนก่อนข้อมูลวิดีโอระหว่างกลุ่มของเพียร์ โดยใช้บัฟเฟอร์แบบ ในการสะสมก่อนข้อมูลวิดีโอ เมื่อข้อมูลนั้นมากพอที่จะแสดงผลก็จะมี sliding window เลื่อนเพื่อระบุตำแหน่งก่อนข้อมูลที่พร้อมแสดงผลภาพวิดีโอ และตำแหน่งข้อมูลที่กำลังรอการแลกเปลี่ยนจากกลุ่มเพียร์ ดังนั้นขนาดของบัฟเฟอร์แบบจึงส่งผลกระทบต่อผลการแสดงผลภาพวิดีโอที่ต่อเนื่องได้ หากบัฟเฟอร์แบบมีขนาดใหญ่สามารถเพิ่มโอกาสในการสะสมข้อมูลได้มากแต่ก็เกิดปัญหาคือระยะเวลาในการเริ่มต้นแสดงผลภาพวิดีโอได้ ในการทดลองเพื่อทดสอบระยะเวลาสะสมข้อมูลในบัฟเฟอร์ ใช้วิธีการรับชมการแสดงผลภาพวิดีโอ แล้วหยุดการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตแล้วจับเวลาตั้งแต่หยุดการเชื่อมต่อจนถึง Media Player ไม่สามารถแสดงผลภาพวิดีโอ จากการทดลองพบว่า ระยะเวลาการสะสมข้อมูลอยู่ระหว่าง 31 – 90 วินาที โดยเฉลี่ยระยะเวลาสะสมข้อมูลวิดีโอประมาณ 60 วินาที

5.บทสรุป

ในเอกสารวิจัยฉบับนี้แสดงถึงลักษณะของโปรแกรมประยุกต์เพียร์ทูเพียร์ประเภท Live-streaming โดยใช้โปรแกรม TVUPlayer เป็นโปรแกรมศึกษา วิเคราะห์และทดสอบวัดประสิทธิภาพ จากงานวิจัยแสดงให้เห็นว่าโปรแกรมชนิดนี้ใช้โปรโตคอล UDP ในการทำงานเป็นส่วนใหญ่ มีอัตราความไหลที่ต่ำกว่าอัตราไหล สามารถจำแนกแพ็คเกจที่ใช้แลกเปลี่ยน

ข้อมูลวิดีโอและข้อมูลควบคุมการติดต่อระหว่างเพียร์โดยใช้ขนาดของแพ็คเกจ แสดงแผนภูมิจำนวนเพียร์เพื่อนบ้านที่มีการเชื่อมต่อแลกเปลี่ยนข้อมูลวิดีโอ รวมทั้งระยะเวลาที่ใช้เริ่มต้นแสดงผลข้อมูลและระยะเวลาที่ใช้ในการบัฟเฟอร์ข้อมูล ทั้งนี้ผลการทดลองจากโปรแกรมประยุกต์เชิงพาณิชย์นี้อาจเป็นแนวทางในการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์เพียร์ทูเพียร์ประเภท Live-streaming ที่เป็นโอเพนซอร์สในอนาคตได้

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] W. Mongkonnawasatian, S. Kuprasert, H. Siritana, K. Tacho, S. Kitisin, "Internet Protocol Television Application and Technology Survey", NECTEC-ACE, 2008
- [2] CnniReport [online] : <http://www.ireport.com/>
- [3] T. Silverston and O. Fourmaux, "Measuring P2P IPTV Systems", NOSSDAV'07, 2007
- [4] TVAnt [online] : www.tvants.com
- [5] X. Hei, C. Liang, J. Liang, Y. Liu, and K. W. Ross, "A measurement study of a large-scale P2P IPTV system", IEEE Transaction on Multimedia, 2007
- [6] PPLive [online] : www.pplive.com
- [7] A. Sentinelli, G. Marfia, M. Gerla and L. Kleinrock, "Will IPTV Ride the Peer-to-Peer Stream?", IEEE communication Magazine, 2007
- [8] SopCast [online] : www.sopcast.com
- [9] Planetlab [online] : www.planetlab.org
- [10] S. Ali, A. Mathur and H. Zhang, "Measurement Commercial Peer-to-Peer Live Streaming" Advanced in Peer-to-Peer Streaming workshop, 2006
- [11] TVUPlayer [online] : www.tvunetworks.com
- [12] Wireshark [online] : www.wireshark.org

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	วิทวัส มงคลนวลเสถียร
วัน เดือน ปี ที่เกิด	5 เมษายน 2529
สถานที่เกิด	อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา
ประวัติการศึกษา	วท.บ. (วิทยาการคอมพิวเตอร์) มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	นักวิชาการคอมพิวเตอร์ปฏิบัติการ
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	สำนักส่งเสริมอุตสาหกรรมเทคโนโลยีสารสนเทศและ การสื่อสาร กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร