

บทที่ 3

ระเบียบวิธีวิจัย

ในบทนี้จะกล่าวถึงการออกแบบระบบของโครงการรวมทั้งอธิบายถึง แนวทางการวิจัย และพัฒนา เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย แผนการดำเนินงาน ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน

3.1 แนวทางการวิจัยและพัฒนา

IPTV นับว่าเป็นรูปแบบหนึ่งของการให้บริการสื่อโทรทัศนผ่านทางระบบอินเทอร์เน็ต โดยจัดว่าเป็นเทคโนโลยีด้านมัลติมีเดียที่มีการแพร่หลายเป็นอย่างดี โดยในปัจจุบันมีผู้เปิดให้บริการด้าน IPTV โดยบริษัทเอกชนหลายแห่ง ซึ่งมีการแข่งขันและพัฒนากันอย่างต่อเนื่อง และบริการรูปแบบใหม่ที่เริ่มเปิดให้ใช้นั้นคือการรับชมภาพยนต์ต่างๆผ่านระบบ HD หรือวีดีโอ ความละเอียดสูง ซึ่งมีการใช้ Bandwidth ที่สูงขึ้นมาอีกระดับหนึ่ง โดยก้าวต่อไปในการพัฒนาของการให้บริการ IPTV นั้นคือการรับชมผ่านระบบสามมิติ ซึ่งยังไม่มีผู้เปิดให้บริการ ในบทความนี้จึงได้ทำการทดลองจำลองระบบโครงข่ายผ่านโปรแกรม NS2 โดยใช้ตัว Traffic ต้นแบบมาจากวีดีโอสามมิติ เพื่อนำมาทำการประเมินประสิทธิภาพของโครงข่ายจำลอง เพื่อหาคุณภาพที่เป็นไปได้ในการเปิดให้บริการภาพยนต์สามมิติจากระบบโครงข่าย IPTV

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

3.2.1 เครื่อง Laptop สำหรับการจำลองระบบ จำนวน 1 เครื่อง

3.2.2 โปรแกรม NS2 เวอร์ชัน 2.35 สำหรับจำลอง Network Topology

3.3 แผนการดำเนินงาน

3.3.1 ศึกษา ค้นคว้า และรวบรวมงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับ IPTV และการเข้ารหัสแบบ H.264 ทำการศึกษาทฤษฎีและรูปแบบของ IPTV สำหรับการจำลองระบบและ ค้นคว้า Protocol Independent Multicast 3 แบบ ได้แก่ PIM-SM, PIM-DM และ Bidirectional PIM

อุปกรณ์และโปรแกรมที่ใช้ทำการจำลองระบบ

ทำการศึกษาค้นหาและรวบรวมโปรแกรมที่จะทำการจำลองระบบเพื่อที่จะสามารถประยุกต์ใช้ในการจำลองระบบของ IPTV บนระบบโครงข่ายที่ซึ่งสามารถนำเสนอได้อย่างถูกต้องซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้โปรแกรม NS2 ซึ่งเป็น โอเพนซอสหรือซอสที่เปิดให้ใช้งานได้ฟรี

3.3.3 ศึกษาหลักการงานหลักการของ IPTV ที่มีการส่งข้อมูลวิดีโอที่มีการเข้ารหัสแบบ H.264 เพื่อตรวจสอบว่าโครงข่ายมีประสิทธิภาพที่สามารถใช้งาน IPTV ซึ่งรองรับกราฟฟิกรูปแบบ H.264 โดยผ่าน Protocol Independent Multicast ทั้ง 3 แบบ ได้แก่ PIM-SM, PIM-DM และ Bidirectional PIM ได้

3.3.4 ออกแบบและพัฒนาระบบที่ทำการทดสอบออกแบบระบบโดยใช้โปรแกรมที่ทำการศึกษาจากข้างต้น พร้อมทั้งรวบรวมข้อมูลในการออกแบบ เพื่อที่จะทำการทดสอบสมรรถนะ 3D-IPTV แบบมัลติคาสต์บนโครงข่ายอินเทอร์เน็ต

3.3.5 สร้างจำลองระบบที่นำเสนอ หลังจากทำการออกแบบและรวบรวมข้อมูลที่จะใช้ในการออกแบบ นำข้อมูลเหล่านั้นมาทำการจำลองระบบเพื่อแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของระบบที่ทำการทดสอบ

3.3.6 เปรียบเทียบ วิเคราะห์ผลที่ได้ และสรุป เมื่อทำการจำลองระบบที่ทำการนำเสนอเสร็จแล้ว และทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบถึงประสิทธิภาพของระบบที่ทำการนำเสนอ เพื่อที่จะสรุปผลการจำลองระบบว่าประสิทธิภาพของระบบนั้นเป็นอย่างไร

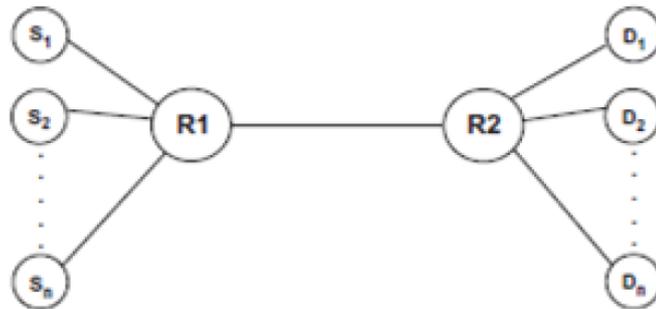
3.3.7 รวบรวมข้อมูลที่ได้ทั้งหมดจัดทำวิทยานิพนธ์ ทำการรวบรวมข้อมูลของระบบที่ทำการนำเสนอ ที่ได้ทำมาตั้งแต่ต้นเพื่อจัดทำเป็นวิทยานิพนธ์ แผนการดำเนินงานที่ได้วางแผนไว้ แสดงอยู่ในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 แสดงแผนการดำเนินงาน

งาน / เดือน	ก.ค.	ม.ค.	เม.ย.	ก.ค.	ม.ค.	เม.ย.	ก.ค.
	-	-	-	-	-	-	-
	ธ.ค.	มี.ค.	มิ.ย.	ธ.ค.	มี.ค.	มิ.ย.	ต.ค.
	54	55	55	55	56	56	56
ศึกษาข้อมูล เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง							
ศึกษาสถาปัตยกรรม IPTV ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย							
ศึกษาการใช้โปรแกรม NS2							
วิเคราะห์และศึกษาแนวทางการพัฒนา ทำการเปรียบเทียบผลการจำลองระบบ							
รวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ผลที่ได้ทั้งหมดแล้วสรุปผล							
รวบรวมข้อมูลที่ได้ทั้งหมดจัดทำวิทยานิพนธ์							

3.4 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน

จากการทดลองจำลองระบบโครงข่ายโดยอ้างอิงต้นแบบของ Network Topology มาจากบทความ A Simple, Two-Level Markovian Traffic Model for IPTV Video Sources¹ มีต้นแบบดังรูปที่ 3.1

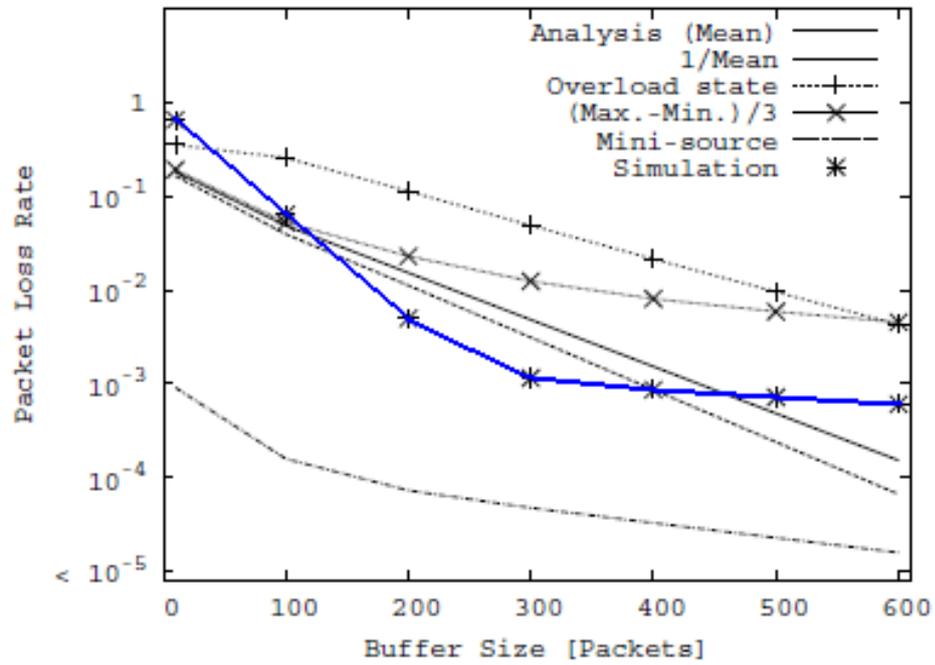


รูปที่ 3.1 Network Topology

ที่มา: A Simple, Two-Level Markovian Traffic Model for IPTV Video Sources

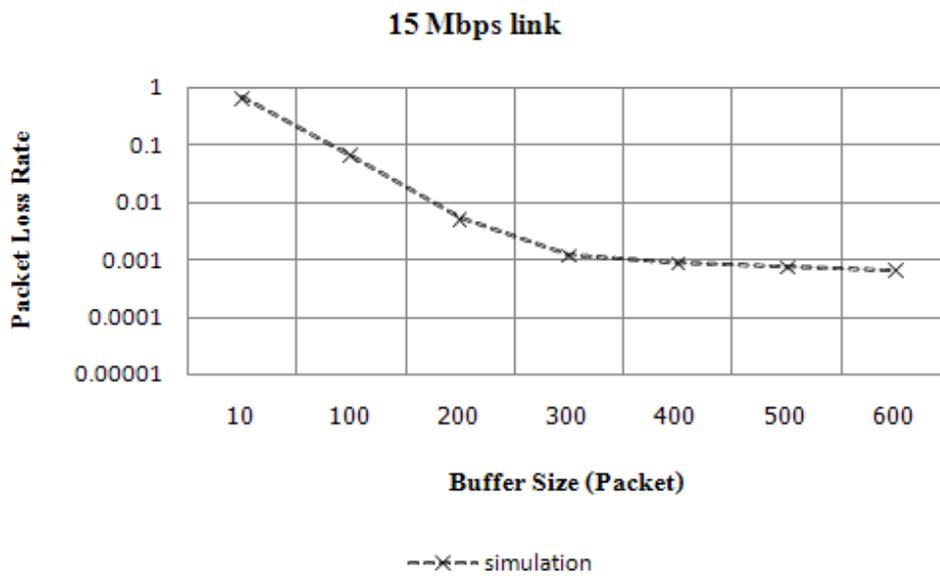
จากรูปที่ 3.1 กำหนดให้ว่าตัว Node S_{1-n} นั้นมีค่าแทน Video Source ที่ใช้เป็น Traffic ในการจำลองซึ่งวิดีโอที่ใช้จะอยู่ในระดับความละเอียด HD 1920x1080 ซึ่งจะถูกส่งผ่าน R1 และ R2 ไปยัง D_{1-n} ที่เป็น Destination Node โดยลิงค์ระหว่าง R1 และ R2 นั้นมี Bandwidth เท่ากับ 15 Mbps โดยถือเป็นจุดคอขวดหลักที่ใช้ในการเก็บข้อมูล Traffic ส่วนลิงค์อื่นๆ นั้นมีค่า Bandwidth เท่ากับ 100 Mbps โดยเมื่อนำไปใช้ในการจำลองระบบ IPTV เพื่อหาค่า Packet loss นั้นจะได้ผลตามรูปที่ 3.2 และทำการทดลองจำลองโครงข่ายโดยใช้ข้อมูลเดียวกันในการจำลองระบบจะได้ผลตามรูปที่ 3.3

¹ F. Wan, L. Cai & T.A. Gulliver. (2008, November). Ibid.



รูปที่ 3.2 ผล Packet Loss

ที่มา: A Simple, Two-Level Markovian Traffic Model for IPTV Video Sources



รูปที่ 3.3 ผล Packet Loss ที่ได้จากการจำลองระบบโครงข่ายด้วย NS2

โดยรูปที่ 3.2 นั้นเป็นค่าที่ได้จากบทความ A Simple, Two-Level Markovian Traffic Model for IPTV Video Sources ซึ่งในส่วนนี้จะแสดงไว้เป็นท๊อปให้เห็นในภาพหรือเส้นที่เรียกว่า Simulation โดยเมื่อเทียบจากรูปที่ 3.3 ผลการทดลอง Simulation ที่ได้จาก NS2 โดยการจำลองระบบก็มีค่า Packet loss ที่ได้ใกล้เคียงกัน ซึ่งเราสามารถอนุมานได้ว่า Network Topology ที่ใช้มีความเหมือนหรือใกล้เคียงกัน และสามารถนำไปใช้ในการปรับปรุงส่วนของ Video Source เพื่อใช้ในการหาค่าสำหรับวิดีโอสามมิติได้

3.4.1 การทำ Video Source สามมิติโดยใช้วิดีโอจริง

จากบทความ A Simple, Two-Level Markovian Traffic Model for IPTV Video Sources² ได้ใช้ Video Source จาก Video Trace Library^{3 4 5} ซึ่งมีตัว Video Trace File จากวิดีโอจริงๆ เก็บไว้และอนุญาตให้บุคคลทั่วไปนำไปใช้สำหรับงานวิจัยระบบได้ แต่เนื่องจากใน Video Trace Library นั้นไม่มี Video Trace File สำหรับวิดีโอสามมิติที่เหมาะสม ดังนั้นผู้ทำวิจัยจึงได้ศึกษารูปแบบของ Video Trace File ที่มีและใช้โปรแกรมในการหาค่าที่จำเป็นจากตัววิดีโอสามมิติตัวจริง โดยตัวอย่างของ Video Trace File 3D ที่ได้จาก Video Trace Library แสดงไว้ในรูปที่ 3.4

² F. Wan, L. Cai & T.A. Gulliver. (2008, November). Ibid.

³ Patrick Seeling, Martin Reisslein & Beshan Kulapala. (2004, Third Quarter). *Network Performance Evaluation with Frame Size and Quality Traces of SingleLayer and Two-Layer Video: A Tutorial*. IEEE Communications Surveys and Tutorials. pp. 58-78.

⁴ Geert Van der Auwera, Prasanth T. David & Martin Reisslein. (2008, September). *Traffic and Quality Characterization of Single-Layer Video Streams Encoded with H.264/MPEG-4 Advanced Video Coding Standard and Scalable Video Coding Extension*. IEEE Transactions on Broadcasting. pp. 698-718.

⁵ Geert Van der Auwera, Prasanth T. David & Martin Reisslein. (2009, September). *Implications of Smoothing on Statistical Multiplexing of H.264/AVC and SVC Video Streams*. IEEE Transactions on Broadcasting. pp. 541-558.

0	0.000000	I	4328	68.458	75.070	105.277
3	100.000000	P	20808	51.282	56.021	56.870
1	33.333330	B	1296	45.284	62.242	59.516
2	66.666670	B	776	49.384	58.000	59.718
6	200.000000	P	36424	47.898	57.732	55.116
4	133.333330	B	1872	43.850	53.422	52.663
5	166.666670	B	1248	46.720	54.922	54.475
9	300.000000	P	51088	46.197	55.784	54.218
7	233.333330	B	2576	43.351	54.985	52.610
8	266.666670	B	3704	44.080	54.478	52.978
12	400.000000	I	112336	45.543	54.988	53.971
10	333.333330	B	4616	43.314	55.028	50.703
11	366.666670	B	3648	44.020	53.312	52.444
15	500.000000	P	78976	43.835	54.005	52.024
13	433.333330	B	5680	42.314	54.301	52.029
14	466.666670	B	5512	43.259	53.097	51.034
18	600.000000	P	96864	43.094	52.181	51.536
16	533.333330	B	7648	41.995	50.534	50.027
17	566.666670	B	6552	42.209	49.628	49.556
21	700.000000	P	112072	42.565	51.609	50.868
19	633.333330	B	7672	41.100	50.677	49.764
20	666.666670	B	7904	41.680	50.596	49.556

รูปที่ 3.4 Verbose Trace File จากวิดีโอ “From Mars to China”

ที่มา: A Simple, Two-Level Markovian Traffic Model for IPTV Video Sources

จากรูปที่ 3.4 ตัวเลขที่ถูกแสดงไว้ตามลำดับนั้นคือ ลำดับเฟรม Timestamp (ของเวลาที่เริ่มส่งในรูปแบบ millisecond) ชนิดของเฟรม ขนาดของเฟรม (ในรูปแบบ bit) และค่า quantize 3 ระดับของเฟรม โดยการนำไปใช้ในการส่ง Traffic นั้นจะเน้นไปที่ตัว Timestamp และขนาดของเฟรมเป็นหลักเพียงสองค่า ซึ่งการหาข้อมูลสองชนิดจากวิดีโอจริงสามารถใช้โปรแกรม mkvinfo ซึ่งเป็นฟรีแวร์สำหรับการหาข้อมูลของตัววิดีโอที่มีนามสกุลไฟล์เป็น .mkv ได้ และหากเป็นวิดีโอที่เป็นนามสกุลไฟล์อื่นก็สามารถใช้โปรแกรม Convert ชนิดต่างๆเปลี่ยนให้มาอยู่ในรูปที่จำเป็นได้ โดยรูปแบบข้อมูลที่ได้จาก mkvinfo จะอยู่ในรูปที่ 3.5 และ 3.6

```

(MKVInfo) + EBML head at 0
(MKVInfo) |+ Doc type: matroska at 5
(MKVInfo) |+ Doc type version: 2 at 16
(MKVInfo) |+ Doc type read version: 2 at 20
(MKVInfo) + Segment, size 15803192560 at 24
(MKVInfo) |+ Seek head at 36
(MKVInfo) |+ Seek entry at 41
(MKVInfo) |+ + Seek ID: 0x15 0x49 0xa9 0x66 (KaxInfo) at 44
(MKVInfo) |+ + Seek position: 4099 at 51
(MKVInfo) |+ Seek entry at 56
(MKVInfo) |+ + Seek ID: 0x16 0x54 0xae 0x6b (KaxTracks) at 59
(MKVInfo) |+ + Seek position: 4212 at 66
(MKVInfo) |+ Seek entry at 71
(MKVInfo) |+ + Seek ID: 0x11 0x4d 0x9b 0x74 (KaxSeekHead) at 74
(MKVInfo) |+ + Seek position: 15802977337 at 81
(MKVInfo) |+ Seek entry at 89
(MKVInfo) |+ + Seek ID: 0x1c 0x53 0xbb 0x6b (KaxCues) at 92
(MKVInfo) |+ + Seek position: 15802938991 at 99
(MKVInfo) |+ Seek entry at 107
(MKVInfo) |+ + Seek ID: 0x10 0x43 0xa7 0x70 (KaxChapters) at 110
(MKVInfo) |+ + Seek position: 5466 at 117
(MKVInfo) |+ EbmlVoid (size: 4010) at 122
(MKVInfo) |+ Segment information at 4135
(MKVInfo) |+ Timecode scale: 28832 at 4140
(MKVInfo) |+ Muxing application: libebml v0.7.8 + libmatroska v0.8.1 at 4146
(MKVInfo) |+ Writing application: DVDFab at 4184
(MKVInfo) |+ Duration: 7508.320s (02:05:08.319) at 4193
(MKVInfo) |+ Date: Wed May 04 15:42:31 2011 UTC at 4204
(MKVInfo) |+ Title: TRON LEGACY at 4215
(MKVInfo) |+ Segment UID: 0xb9 0x87 0x32 0x64 0x1b 0xc7 0x2d 0x66 0xab 0xca 0x97 0x99 0x45 0x3b 0xbb 0x3e at 4229

```

รูปที่ 3.5 ข้อมูลที่ได้จาก mkvinfo ส่วนของ Header

ที่มา: A Simple, Two-Level Markovian Traffic Model for IPTV Video Sources

```

(MKVInfo) |+ SimpleBlock (track number 1, 1 frame(s), timecode 2864.403s = 00:47:44.403) at 6278783965
(MKVInfo) |+ + Frame with size 61289
(MKVInfo) |+ SimpleBlock (track number 1, 1 frame(s), timecode 2864.444s = 00:47:44.444) at 6278845262
(MKVInfo) |+ + Frame with size 59814
(MKVInfo) |+ SimpleBlock (key, track number 2, 8 frame(s), timecode 2864.458s = 00:47:44.458) at 6278905084
(MKVInfo) |+ + Frame with size 8416
(MKVInfo) |+ + Frame with size 8452
(MKVInfo) |+ + Frame with size 8540
(MKVInfo) |+ + Frame with size 8628
(MKVInfo) |+ + Frame with size 8680
(MKVInfo) |+ + Frame with size 8672
(MKVInfo) |+ + Frame with size 8684
(MKVInfo) |+ + Frame with size 8672
(MKVInfo) |+ SimpleBlock (track number 1, 1 frame(s), timecode 2864.486s = 00:47:44.486) at 6278973847
(MKVInfo) |+ + Frame with size 59982
(MKVInfo) |+ SimpleBlock (track number 1, 1 frame(s), timecode 2864.528s = 00:47:44.528) at 6279033837
(MKVInfo) |+ + Frame with size 60304
(MKVInfo) |+ SimpleBlock (key, track number 2, 8 frame(s), timecode 2864.543s = 00:47:44.543) at 6279094149
(MKVInfo) |+ + Frame with size 8688
(MKVInfo) |+ + Frame with size 8692
(MKVInfo) |+ + Frame with size 8660
(MKVInfo) |+ + Frame with size 8684
(MKVInfo) |+ + Frame with size 8684
(MKVInfo) |+ + Frame with size 8740
(MKVInfo) |+ + Frame with size 8696
(MKVInfo) |+ + Frame with size 8724
(MKVInfo) |+ SimpleBlock (track number 1, 1 frame(s), timecode 2864.570s = 00:47:44.570) at 6279163734
(MKVInfo) |+ + Frame with size 59612
(MKVInfo) |+ SimpleBlock (track number 1, 1 frame(s), timecode 2864.611s = 00:47:44.611) at 6279223354

```

รูปที่ 3.6 ข้อมูลที่ได้จาก mkvinfo ส่วนของ Frame และ Timestamp

ที่มา: A Simple, Two-Level Markovian Traffic Model for IPTV Video Sources

เนื่องจากข้อมูลที่ได้จากวิดีโอหลายๆ มีจำนวนปริมาณข้อมูลและส่วนที่ไม่จำเป็นในปริมาณมาก ดังนั้น จึงจำเป็นที่จะต้องกรองข้อมูล Text ที่จำเป็นออกมาโดยใช้ Gawk ซึ่งเป็นโปรแกรมในรูปแบบ Command line สำหรับการกรอง Text โดยเฉพาะ โดยคีย์เวิร์ดที่ใช้กรองนั้นคือ 'Frame' และ 'timecode' ตามที่เห็นในรูปที่ 3.6 โดยเมื่อนำมารวมกันในรูป Trace File ที่สามารถนำไปใช้ได้แล้วจะอยู่ในรูปที่ 3.7

71162	0
12996	41
6843	83
35160	85
5695	125
8105	166
35192	170
5482	208
5358	250
35232	256
5551	291
5792	333
35356	341
5825	375
6128	417
35484	426
6348	458
6374	500
35528	512
6352	542
6360	583
35568	597
6235	625
6091	667
35708	682

รูปที่ 3.7 New Trace File สำหรับการจำลองระบบด้วย NS2

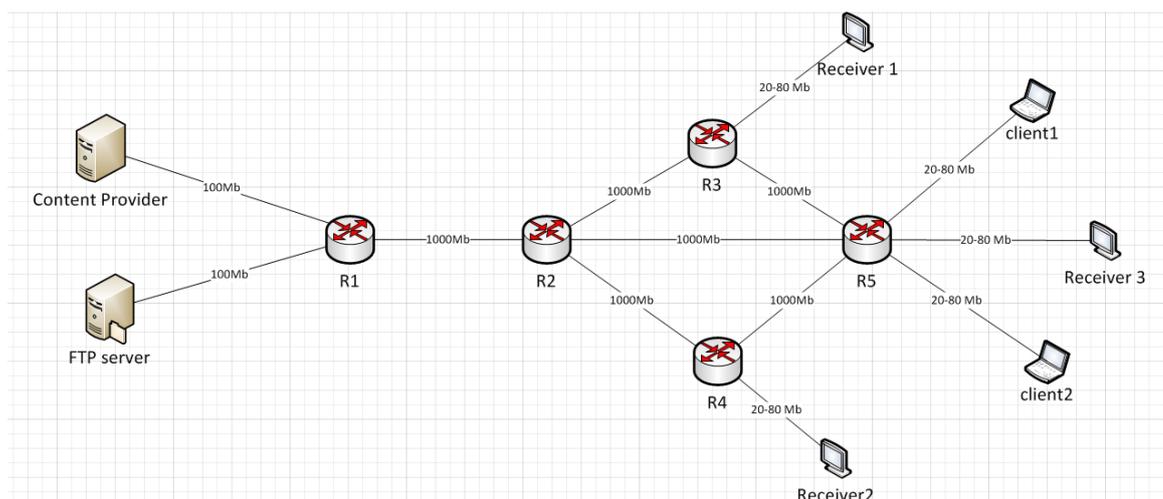
จากรูปที่ 3.7 ตามลำดับข้อมูลคือ ขนาดของเฟรม (ในรูป Byte), Timestamp (ของเวลาที่เริ่มส่งในรูป millisecond) ซึ่งตัว Video Trace File นี้สามารถนำไปใช้ในการอ่าน Trace ของ NS2 เพื่อสร้าง Traffic สำหรับการจำลองระบบได้

3.4.2 แบบจำลองระบบโครงข่าย IPTV โดยใช้ Video Source 3D บน Protocol Independent Multicast

การวัดประสิทธิภาพของโครงข่ายที่กำหนดไว้ Video Trace ได้ถูกเลือกนำมาใช้ทดสอบนั้นคือ Tangled 3D โดยค่าลักษณะต่างๆมีค่าตามตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ค่าคุณลักษณะของวิดีโอที่ใช้

Video	Resolution	Format	Overall video bit rate	Frame rate
Tangled 3D	1920 X 1080	MPEG4 AVC	19.6 Mbps	23.976 fps



รูปที่ 3.8 แบบจำลองโครงข่าย

ตารางที่ 3.3 ประเภทของโหนดต่างๆ ในโครงข่าย

โหนด	อุปกรณ์
Content Provider	Video Source
FTP server	Background Traffic
R1,R2,R3,R4,R5	Router
Receiver1, Receiver2, Receiver3	Video Sink
client1, client2	Background Traffic Sink

จากตารางที่ 3.3 บอกประเภทของแต่ละโหนดว่าเป็นอุปกรณ์ชนิดใดบ้างโดยกำหนดดังต่อไปนี้

- 1) Content Provider เป็นอุปกรณ์ประเภท Video Source
- 2) FTP server เป็นอุปกรณ์ประเภท Background Traffic Source
- 3) R1,R2,R3,R4,R5 เป็นอุปกรณ์ประเภท Router
- 4) Receiver1, Receiver2, Receiver3 เป็นอุปกรณ์ประเภทของ Video Sink ในส่วนนี้เป็นปลายทางของผู้รับชมวิดีโอ
- 5) client1, client2 เป็นอุปกรณ์ประเภทของ Background Traffic ในส่วนของปลายทางของ Background Traffic

แบบจำลองของโครงข่ายได้ถูกแสดงไว้ที่รูป 3.8 โดยรูปแบบที่ใช้คือ dumbbell ซึ่งเป็นรูปแบบพื้นฐาน ซึ่ง Content Provider เป็น Video Source ที่ใช้การส่งข้อมูลไปยังปลายทางจุดต่างๆ FTP server เป็นข้อมูลที่มีอยู่แล้วในระบบหรือเรียกว่า Background Traffic ส่วน R1,R2,R3,R4,R5 เป็นโหนดส่วนกลางที่ข้อมูลต้องผ่านไปปลายทาง ซึ่ง Receiver1, Receiver2, Receiver3 เป็นจุดหมายปลายทางในการส่งข้อมูล Video Source แบบมัลติคาสต์ทั้งสามแบบ คือ PIM-Dense Mode, PIM-Sparse Mode และ Bidirectional PIM โดย Receiver1, Receiver2, Receiver3 มีการ Join Group, Leave Group และเวลาในการรับข้อมูลจาก Video Source ต่างกันไป client1, client2 เป็นจุดหมายปลายทางของ Background Traffic ซึ่งกำหนดส่งที่ขนาด 50MB และ 100MB จนครบหรือจบเวลาจำลอง โดยโครงข่ายนี้จะจำลองการส่ง 3D-IPTV เพื่อประเมินสมรรถนะ 3D-IPTV

แบบมัลติคาสต์ทั้งสามแบบ เพื่อหาว่ามัลติคาสต์แบบใดมีประสิทธิภาพที่เหมาะสมที่สุดสำหรับโครงข่าย 3D-IPTV โดยมีเงื่อนไขของแบนด์วิธตั้งแต่ 20 Mbps ถึง 80 Mbps ของ Receiver1 ถึง Receiver3 และ client1 ถึง client2 โดยขนาดของบัฟเฟอร์ในแบบการจำลองนี้จะถูกกำหนดให้เปลี่ยนตั้งแต่ 1500 และ 4500 ตามขนาดของเร้าเตอร์ทั่วไป เพื่อวัดการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น และตัวเร้าเตอร์นั้นจะใช้การควบคุมการเข้าคิวแบบ Drop-Tail

โดยวิธีโอทีไอนั้นจะทำการทดสอบ 30 ครั้ง ครั้งละ 3 นาที ซึ่งแต่ละวิธีโอจะทำการสุ่มช่วงที่นำมาใช้เพื่อหลีกเลี่ยงค่าที่เหมือนกัน แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยที่ยอมรับได้ ในการจำลองแต่ละครั้งจะมีการปรับแบนด์วิธ และ Background Traffic ในแต่ละครั้งเพื่อทดสอบและหาผลกระทบที่มีต่อระบบ

สำหรับการจำลองระบบของ NS2 นั้นเมื่อเสร็จสิ้นแล้ว เราจะได้ตัวไฟล์ที่มีนามสกุล .tr มาโดยไฟล์จะมีชื่อตามที่เรากำหนดไว้ตอนเขียน โปรแกรมไฟล์ tcl จะมีชื่อเป็น multioutput.tr ซึ่งในตัว Trace นี้จะบรรจุการส่งข้อมูลทั้งหมดที่เกิดขึ้นในระบบในรูปแบบของ Text ตามรูปที่ 3.9

```

+ 0.86316 2 3 udp 1000 ----- 2 1.0 3.1 1081 1081
- 0.86316 2 3 udp 1000 ----- 2 1.0 3.1 1081 1081
r 0.86324 1 2 udp 1000 ----- 2 1.0 3.1 1082 1082
+ 0.86324 2 3 udp 1000 ----- 2 1.0 3.1 1082 1082
- 0.86324 2 3 udp 1000 ----- 2 1.0 3.1 1082 1082
r 0.86332 1 2 udp 1000 ----- 2 1.0 3.1 1083 1083
+ 0.86332 2 3 udp 1000 ----- 2 1.0 3.1 1083 1083
- 0.86332 2 3 udp 1000 ----- 2 1.0 3.1 1083 1083
r 0.8634 1 2 udp 1000 ----- 2 1.0 3.1 1084 1084
+ 0.8634 2 3 udp 1000 ----- 2 1.0 3.1 1084 1084
- 0.8634 2 3 udp 1000 ----- 2 1.0 3.1 1084 1084
r 0.86348 1 2 udp 1000 ----- 2 1.0 3.1 1085 1085
+ 0.86348 2 3 udp 1000 ----- 2 1.0 3.1 1085 1085
- 0.86348 2 3 udp 1000 ----- 2 1.0 3.1 1085 1085
r 0.86356 1 2 udp 1000 ----- 2 1.0 3.1 1086 1086
+ 0.86356 2 3 udp 1000 ----- 2 1.0 3.1 1086 1086
- 0.86356 2 3 udp 1000 ----- 2 1.0 3.1 1086 1086
r 0.86364 1 2 udp 1000 ----- 2 1.0 3.1 1087 1087
+ 0.86364 2 3 udp 1000 ----- 2 1.0 3.1 1087 1087
- 0.86364 2 3 udp 1000 ----- 2 1.0 3.1 1087 1087
r 0.86372 1 2 udp 1000 ----- 2 1.0 3.1 1088 1088
+ 0.86372 2 3 udp 1000 ----- 2 1.0 3.1 1088 1088

```

รูปที่ 3.9 รายละเอียดของ Trace File

จาก Trace ไฟล์นี้โดยใช้ภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมต่างๆ ในการจัดการกับไฟล์ Trace ซึ่งในที่นี้เราได้ทำการจัดการไฟล์ข้อมูลด้วย Gawk ที่สามารถเขียนโปรแกรมในการกรองข้อมูลที่จำเป็นออกมาและนำมาคำนวณหาค่า Packet Loss, Delay และ Jitter ได้ ดังรูปที่ 3.11, 3.12 และ 3.13

```

number of packets sent:1303399 lost:168450 receive:1134843
number of packets sent:973001 lost:51320 receive:920556
number of packets sent:1054278 lost:70551 receive:982899
number of packets sent:1175222 lost:112127 receive:1062040
number of packets sent:970562 lost:58097 receive:911397
number of packets sent:1514557 lost:239286 receive:1274108
number of packets sent:1058721 lost:105402 receive:953042
number of packets sent:826377 lost:34701 receive:790871|
number of packets sent:872703 lost:43686 receive:828981
number of packets sent:883250 lost:44963 receive:838181

```

รูปที่ 3.11 ตัวอย่างผล Packet Loss Rate

```

Average Delay = 58.0281 ms
Average Delay = 55.716 ms
Average Delay = 56.719 ms
Average Delay = 55.3459 ms
Average Delay = 52.9007 ms
Average Delay = 33.4238 ms
Average Delay = 29.4549 ms
Average Delay = 55.2311 ms|
Average Delay = 55.8099 ms
Average Delay = 34.4847 ms
Average Delay = 53.1891 ms
Average Delay = 59.3658 ms

```

รูปที่ 3.12 ตัวอย่างผล Delay

Jitter =	0.522739	ms
Jitter =	0.0441702	ms
Jitter =	0.107084	ms
Jitter =	0.0618164	ms
Jitter =	0.0203388	ms
Jitter =	0.0182468	ms
Jitter =	1.20461	ms
Jitter =	0.253921	ms
Jitter =	0.0521663	ms
Jitter =	0.543358	ms
Jitter =	0.0523629	ms
Jitter =	0.620789	ms

รูปที่ 3.13 ตัวอย่างผล Jitter