

ANALISIS KUALITI PERKHIDMATAN PENSTRIMAN VIDEO MELALUI PELBAGAI LALUAN TCP PADA JARINGAN TANPA WAYAR

Fazmima Binti Jaafar
Nor Effendy Othman
Rosilah Hasan

Fakulti Teknologi & Sains Maklumat, Universiti Kebangsaan Malaysia

ABSTRAK

Seiring dengan perkembangan teknologi, penggunaan internet kini bersifat pelbagai rumah (multihomed) di mana peranti mudah alih seperti telefon pintar, komputer riba, tablet boleh berhubung kepada lebih daripada satu rangkaian dalam satu sambungan secara serentak. Dalam bidang pendidikan, penstriman multimedia melalui internet sering digunakan dalam proses pengajaran dan pembelajaran (pengajaran dan pembelajaran) sebagai alat bantu mengajar di Universiti, Politeknik, Kolej Komuniti mahupun kolej-kolej swasta. Ia sekaligus membantu memberi pemahaman yang jelas kepada pelajar. Oleh itu, penghantaran sumber yang cepat dan kualiti perkhidmatan yang baik adalah penentu utama dalam penghantaran multimedia yang berkualiti. Oleh yang demikian objektif utama kajian ini adalah memfokuskan kepada pembangunan dan pelaksanaan penggunaan pelbagai laluan TCP (MPTCP) dalam memastikan peningkatan kualiti perkhidmatan penstriman video untuk kegunaan proses pengajaran dan pembelajaran. Objektif kedua kajian ini adalah untuk menilai dan menganalisis kualiti perkhidmatan terhadap pelbagai laluan TCP untuk penstriman video pada jaringan tanpa wayar dalam proses pengajaran dan pembelajaran menggunakan NS. Bagi menilai kualiti perkhidmatan penstriman video melalui MPTCP ini, perbandingan juga dilakukan terhadap dua protokol sebelumnya iaitu TCP dan SCTP

1. PENGENALAN

Penggunaan internet pada masa kini sangat meluas untuk kegunaan seperti berkomunikasi, menghantar dan berkongsi data, menghantar pesanan suara melalui alamat IP, membuat persidangan video dan sebagainya. Seiring dengan perkembangan teknologi, peningkatan dalam penggunaan internet semakin meluas khususnya dalam jaringan rangkaian. Pada hari ini, penggunaan internet bukan sahaja untuk berkomunikasi menggunakan suara mahupun teks sahaja tetapi juga secara penggunaan secara visual iaitu dengan menggunakan video. Oleh yang demikian, pada hari ini, penghantaran multimedia telah menjadi semakin popular kerana ramai pengguna kini menonton aplikasi multimedia melalui internet. Seiring dengan perkembangan teknologi, penggunaan internet kini bersifat "multihomed" di mana peranti mudah alih seperti telefon pintar, komputer riba, tablet boleh berhubung kepada lebih daripada satu rangkaian dalam satu sambungan secara serentak. Sebagai contoh satu peranti berkebolehan untuk berhubung lebih kepada satu rangkaian dalam masa yang sama seperti Wifi dan 3G atau Ethernet dan Wifi. Ini seterusnya membantu untuk mengurangkan kos dan mampu meningkatkan prestasi dan kebolehpercayaan penghantaran data selain untuk mengoptimumkan infrastruktur komunikasi yang ada.

Secara umumnya multimedia adalah gabungan dari beberapa elemen seperti teks, grafik, audio, video dan animasi yang menghasilkan satu persembahan yang menarik. Ianya banyak digunakan dalam bidang penyiaran, pendidikan dan hiburan. Penggunaan penstriman multimedia

atau dikenali juga sebagai penstriman video telah mula diperkenalkan pada awal tahun 1990 dan penghantarannya adalah dalam bentuk termampat dan dihantar melalui internet dan seterusnya dimainkan oleh pengguna secara terus. Dalam bidang pendidikan, penstriman multimedia melalui internet sering digunakan dalam proses pengajaran dan pembelajaran sebagai alat bantu mengajar di Universiti, Politeknik, Kolej Komuniti mahupun kolej-kolej swasta. Ia sekaligus membantu memberi pemahaman yang jelas kepada pelajar. Oleh itu, penghantaran sumber yang cepat dan kualiti perkhidmatan yang baik adalah penentu utama dalam penghantaran multimedia yang berkualiti.

Transmission Control Protocol (TCP) atau Protokol Kawalan Penghantaran merupakan protokol pengangkutan yang biasa digunakan dalam penghantaran data melalui rangkaian. Secara umumnya, TCP hanya menjalankan satu laluan tunggal sahaja dan ini akan menyebabkan berlakunya kegagalan sambungan apabila sesuatu peranti mudah alih menggunakan lebih daripada satu rangkaian pada masa yang sama. Ini kerana sambungan TCP tidak berkebolehan untuk menukar satu alamat IP kepada alamat IP yang lain pada masa yang sama. Berdasarkan kelemahan tersebut telah menarik perhatian Internet Engineering Task Force (IETF) dalam mencari penyelesaian bagi membolehkan penghantaran data dilaksanakan menggunakan lebih daripada satu laluan pada masa yang sama iaitu dengan menggunakan sambungan Pelbagai Laluan TCP (MPTCP).

Oleh yang demikian kajian ini akan menganalisis kualiti perkhidmatan MPTCP yang digunakan dalam penstriman multimedia melalui jaringan tanpa wayar yang mana ia mampu untuk meningkatkan kualiti perkhidmatan penstriman video dalam proses pengajaran dan pembelajaran. Pelaksanaan MPTCP dibangunkan dengan matlamat supaya ianya berkebolehan untuk menggunakan pelbagai laluan pada satu sambungan pada masa yang sama, berkebolehan untuk menggunakan rangkaian sedia ada dan sambungan TCP tidak akan terjejas semasa penggunaan MPTCP (Priyadarshini 2016).

Pembangunan dan penilaian terhadap prestasi kualiti perkhidmatan MPTCP akan dilaksanakan menggunakan kaedah simulator rangkaian. Perbandingan prestasi di antara TCP iaitu protokol yang melaksanakan laluan tunggal, SCTP iaitu salah satu protokol yang menyokong penggunaan pelbagai laluan dalam penstriman video dan MPTCP iaitu protokol yang menyokong sambungan pelbagai laluan di dalam sambungan TCP turut akan dilaksanakan berdasarkan metrik prestasi rangkaian.

2. PROTOKOL PENGANGKUTAN DALAM PENSTRIMAN VIDEO

Dalam teknologi maklumat, protokol adalah satu set peraturan yang dilaksanakan dalam teknologi tertentu. Protokol pengangkutan adalah satu protokol bagi memastikan data atau mesej yang dihantar adalah dari sumber yang boleh dipercayai, menyediakan fungsi mekanisme pemeriksaan ralat, menyediakan kawalan aliran dan menyediakan kawalan trafik terhadap data yang dihantar. Lapisan protokol pengangkutan boleh dikategorikan kepada dua jenis iaitu protokol dengan sokongan satu laluan dan protokol dengan sokongan pelbagai laluan yang mana kategori tersebut adalah berdasarkan kepada ciri-ciri kebolehpercayaan, sokongan pelbagai laluan, kemampuan untuk menggunakan pelbagai laluan, mengelakkan kesesakan dan pengesanan (Tedla 2015).

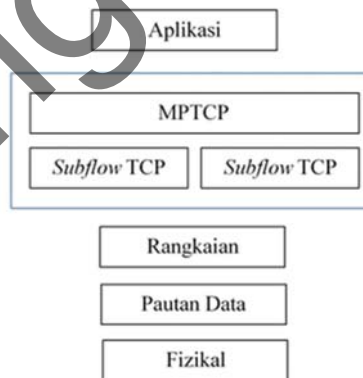
Protokol pengangkutan yang digunakan dalam teknologi penstriman video bertujuan untuk menghantar data multimedia. Penghantaran data multimedia tersebut boleh diklasifikasikan sebagai penghantaran data dalam jumlah saiz yang besar dan memerlukan penggunaan masa nyata semasa penghantaran. Oleh itu bagi menyokong ciri penghantaran tersebut, protokol yang khusus untuk proses penyiaran yang berkesan telah dicadangkan seperti *Real Time Transport Protokol (RTP)*, *Real Time Transport Control Protocol (RTCP)*, *Real Time Streaming Protocol (RTSP)*, *User Datagram Protocol (UDP)* dan *Transmission Control Protocol (TCP)*.

2.1 Pelbagai Laluan Tcp

Pelbagai laluan TCP adalah revolusi baru kepada sambungan TCP yang membenarkan pelbagai laluan atau penggunaan lebih daripada satu antaramuka (wifi dan 3G) secara serentak pada satu sambungan TCP (Bonaventure et al. 2012). Pelaksanaan MPTCP pada hari ini adalah di dalam Linux kernal dan matlamat pembangunannya adalah seperti berikut (Ford 2011) :-

- i. MPTCP perlu menyokong penggunaan serentak pelbagai laluan yang mana kadar kejayaan penghantaran segmen adalah perlu lebih baik daripada kadar kejayaan penghantaran segmen pada TCP.
- ii. MPTCP perlu meningkatkan ketahanan iaitu perlu membenarkan penghantaran dan penghantaran semula segmen ke mana-mana laluan yang ada jika berlaku kegagalan penghantaran pada segmen tersebut.

MPTCP dikelaskan sebagai protokol pengangkutan sama seperti TCP. Lapisan MPTCP di dalam lapisan pengangkutan boleh dikelaskan kepada dua sub lapisan seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 1. Sub lapisan atas bertanggungjawab dalam mengumpulkan maklumat yang diperlukan untuk mengurus sambungan manakala fungsi sub lapisan bawah adalah untuk mengendalikan sambungan TCP yang mewakili beberapa alamat IP yang dikenali sebagai subflow (Hesmans & Bonaventure 2014). Subflow adalah sambungan TCP yang mempunyai ciri-ciri tuple seperti sumber alamat IP, sumber port TCP, destinasi alamat IP dan destinasi port TCP dan setiap subflow diberikan nombor id yang unik (Coudron & Secci 2017).



Rajah 1. Struktur Lapisan Pengangkutan MPTCP

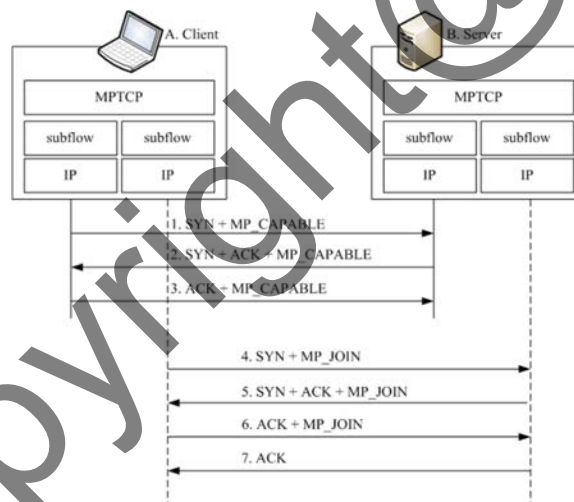
2.2 Operasi MPTCP

Operasi protokol MPTCP melibatkan tiga operasi utama iaitu dimulakan dengan penubuhan sambungan, pemindahan data dalam MPTCP dan diakhiri dengan penamatan sambungan.

i. Penubuhan Sambungan

MPTCP mengekalkan penggunaan piawai soket API sama seperti penggunaan di dalam TCP dan digunakan oleh kebanyakan aplikasi internet (Paasch & Duchene 2012). Merujuk kepada Nam et al. (2016), MPTCP dimulakan dengan membina sambungan TCP dengan mengaplikasikan kaedah *three-way handshake* sama seperti pelaksanaan dalam TCP. Semasa proses *three-way handshake* dilaksanakan iaitu bermula dengan langkah 1 hingga 3 seperti dalam Rajah 2, pelanggan (*client*) akan menghantar segmen SYN yang mengandungi pilihan MP_CAPABLE. Jika pelayan (*server*) menyokong MPTCP, pelayan akan menjawab dan membalas kepada segmen SYN dengan mesej ACK yang mengandungi pilihan MP_CAPABLE. Seterusnya pelanggan akan mengesahkan sambungan MPTCP dengan menghantar ACK yang telah disahkan dan dimuktamadkan dengan pilihan MP_CAPABLE. Semasa proses sambungan tersebut dilaksanakan, kedua-dua pelanggan dan pelayan melaksanakan pertukaran kunci (*key*) secara rawak yang akan digunakan sebagai token yang mana ianya akan digunakan sebagai pengesahan kepada penambahan *subflow* yang baru.

Bagi membina *subflow* yang baru, pelanggan dan pelayan akan menggunakan pilihan MP_JOIN (langkah 4 hingga 6). Pada masa ini pertukaran kunci yang telah dilakukan secara rawak sebelum ini akan digunakan sebagai pengesahan dengan menggunakan HMACs iaitu kod pengesahan berasaskan mesej HMAC. ACK akhir yang telah disahkan dan dimuktamadkan (langkah 7) adalah pengesahan mesej yang diterima oleh pelanggan daripada pelayan yang mengandungi HMAC dan mesej ACK. Pada ketika ini, sambungan MPTCP telah ditubuhkan dan diwujudkan. Oleh itu pelanggan dan pelayan boleh melakukan pertukaran segmen melalui dua antaramuka (wifi dan 3G) secara serentak.



Rajah Error! No text of specified style in document.. Proses Operasi MPTCP

ii. Pemindahan Data dalam MPTCP

Proses pemindahan data yang berlaku dalam satu *subflow* boleh dihantar semula menggunakan *subflow* yang lain bagi mengekalkan nilai kepercayaan kepada data tersebut dan mengelakkan data tersebut daripada hilang. Setiap data yang dihantar oleh MPTCP mengandungi dua jenis urutan nombor (Tran et al. 2016) iaitu *Regular TCP sequence number* yang dilaksanakan pada setiap *subflow* untuk mengenalpasti aliran data dalam setiap subflow di samping memastikan data yang diterima mengikut susunan dalam setiap subflow. Seterusnya *Data Sequence Number (DSN)* dilaksanakan pada peringkat sambungan bertujuan untuk menyusun semula segmen TCP sebelum dihantar kepada lapisan aplikasi (Chihani & Denis 2011).

iii. Penamatan Sambungan

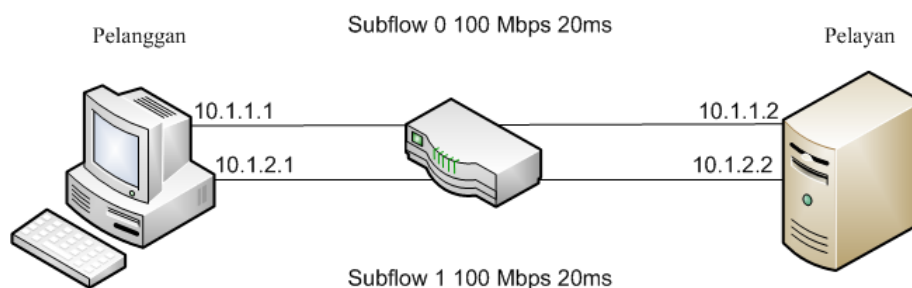
Dalam sambungan TCP, proses penamatan sambungan dilaksanakan dengan pelayan menghantar paket FIN kepada pelanggan. Namun di dalam MPTCP paket FIN hanya mempengaruhi pada penghantaran *subflow* sahaja. Oleh itu bagi melengkapkan penamatan MPTCP, terdapat mekanisme yang setara dengan proses kerja FIN yang dilaksanakan di dalam TCP iaitu FIN DATA. DATA FIN boleh disedari pada peringkat sambungan dengan ACK DATA. Mesej ACK DATA hanya akan dihantar selepas semua data pada sambungan MPTCP berjaya diterima. Sambungan MPTCP dianggap tutup apabila FIN DATA dihantar oleh kedua-dua host iaitu pelanggan dan pelayan dan diakui dan disahkan oleh ACK DATA. Pilihan MP FASTCLOSE digunakan untuk penamatan secara serta merta atau secara mendadak yang mana pada kebiasaannya ianya digunakan pada pelaksanaan tertentu sahaja.

3. PEMBANGUNAN PENSTRIMAN VIDEO MELALUI MPTCP

Umumnya, kajian ini dijalankan secara simulasi menggunakan simulasi rangkaian NS2. MPTCP adalah pendekatan baru kepada sambungan TCP yang membenarkan pelbagai laluan atau penggunaan lebih daripada satu antaramuka atau rangkaian seperti ethernet dan wifi mahupun wifi dan 3G secara serentak pada satu sambungan TCP (Bonaventure et al. 2012). Ini seterusnya memberi kelebihan kepada protokol MPTCP dalam meningkatkan daya pemrosesan pada sesuatu aplikasi dengan menjalankannya melalui pelbagai laluan.

3.1 Senario Simulasi

Senario persekitraan simulasi ini memfokuskan kepada persekitaran kampus di Kolej Komuniti. Umumnya, di dalam sesebuah bilik kuliah dilengkapi sebuah komputer atau laptop untuk kegunaan tenaga pengajar semasa sesi pengajaran dan pembelajaran berlangsung di mana pada hari ini, perkhidmatan penstriman video sering digunakan sebagai salah satu kedah pengajaran yang berkesan. Pelayan video mengandungi fail video yang mana ianya berperanan dalam menghantar fail video kepada pelanggan melalui jaringan tanpa wayar. Permintaan aliran video pelanggan kepada pelayan untuk perkhidmatan penstriman video seterusnya membolehkan aliran video tersebut dipancarkan ke skrin layar untuk ditonton oleh pelajar. Berdasarkan kepada faktor pemilihan senario yang telah dijelaskan, pelaksanaan simulasi ini melibatkan tiga nod iaitu pelanggan, pelayan video dan satu penghala yang dihubungkan melalui pautan titik ke titik. Bagi protokol SCTP dan MPTCP, ianya bersambung kepada dua antaramuka rangkaian yang mana masing-masing dihubungkan dengan sub rangkaian IPv4 yang berbeza. Setiap pautan ditetapkan dengan jalur lebar 100 Mbps dan masa lengah laluan bagi kedua-dua pautan ditetapkan kepada 20ms. Bagi menilai prestasi MPTCP, ianya dibandingkan dengan dua protokol pengangkutan yang lain iaitu TCP dan SCTP. Rajah 3 menunjukkan topologi senario perekitaran yang telah dirancang dan dibangunkan manakala Jadual 1 menunjukkan parameter simulasi yang digunakan dalam kajian ini.



Rajah 3. Topologi Simulasi MPTCP

Parameter	Nilai
Simulator	NS2
Jenis Saluran	Tanpa wayar
Masa simulasi (saat)	100
Bilangan Nod	3
Saiz Paket	1024 bait
Protokol Pengangkutan	TCP, SCTP dan MPTCP
Jenis Sambungan	Titik ke titik

Jadual 1. Parameter Simulasi

3.2 Parameter Video

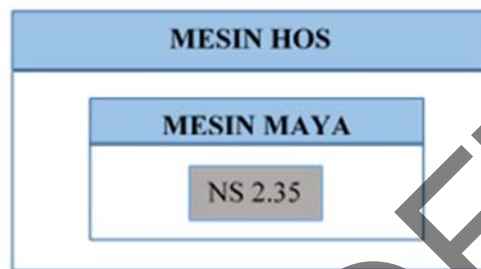
Simulasi ini menggunakan fail jejak video bagi urutan babak-babak video (video sequences) Highway (<http://trace.eas.asu.edu/yuv/>) dengan standard pengkodan H.264/AVC yang merujuk kepada parameter yang digunakan dalam penyelidikan (Kim & Chung 2014). Resolusi urutan babak video tersebut adalah CIF (352*288) piksel setiap frame. Kadar frame urutan babak video adalah 30 frame per saat dan seterusnya paket video akan dibahagikan kepada paket rangkaian dengan saiz 1024 bait kepada penerima. Saiz paket rangkaian dibahagikan kepada 1024 bait adalah kerana apabila video dipindahkan kepada saiz paket yang besar akan memberi kualiti yang lebih baik kepada pengguna (Mwela & Adebomi 2010). Fail jejak video ini tidak menyediakan pengkod aliran video yang sebenar sebaliknya menyediakan pencirian maklumat video seperti timestamp, paket ID dan saiz muatan paket aliran video yang dikodkan. Fail jejak video menyediakan pencirian maklumat tersebut dengan menyediakan kuantiti yang diperlukan untuk mensimulasikan proses penstriman video dengan mekanisme komunikasi atau rangkaian (Seeling & Reisslein 2012). Jadual 2 menjelaskan secara terperinci video parameter yang digunakan dalam kajian ini.

Parameter	Nilai
Urutan babak video	Highway
Resolusi	CIF (352*288)
Bilangan bingkai	2000
Kadar Frame	30 fps
Standard pengkodan	H264/AVC
Saiz Paket	1024 bait

Jadual 2. Parameter Video

3.3 Spesifikasi Perkakasan

Bagi pelaksanaan simulasi ini, satu hos fizikal dan satu mesin maya (virtual machine) digunakan di mana perisian maya Oracle VM Virtual Box dipasang pada hos fizikal tersebut. Struktur pemasangan perkakasan bagi simulasi ini ditunjukkan seperti dalam Rajah 4. Sistem operasi pada hos menjalankan sistem operasi Windows 8.1 64 bit dengan kapasiti sebanyak 8GB RAM manakala sistem operasi pada mesin maya menjalankan sistem operasi Ubuntu 14.04 LTS 64 bit dengan kapasiti RAM sebanyak 4GB. Perisian NS-2.35 dikonfigurasi pada mesin maya tersebut.



Rajah 4. Struktur Pemasangan Perkakasan

4. METRIK PRESTASI RANGKAIAN

Metrik prestasi rangkaian bertujuan untuk mengukur kemampuan suatu jaringan bagi menyediakan kualiti perkhidmatan yang baik. Dalam kajian ini ianya bertujuan bagi mengukur kualiti perkhidmatan terhadap proses penstriman video di antara pelayan video kepada pelanggan. Perbandingan prestasi di antara tiga protokol pengangkutan iaitu TCP, SCTP dan MPTCP akan dilaksanakan berdasarkan metrik rangkaian seperti daya pemprosesan, nisbah kehilangan paket, nisbah penghantaran paket dan lengah masa hujung ke hujung.

4.1 Daya Pemprosesan

Daya pemprosesan adalah jumlah data yang berjaya dihantar di antara sumber dan destinasi dalam selang waktu tertentu dan dibahagi dengan tempoh masa penghantaran. Ianya diukur dalam bit per saat (bps).

$$\text{Daya pemprosesan} = \frac{\text{Jumlah paket data yang berjaya dihantar}}{\text{masa}}$$

4.2 Nisbah Kehilangan Paket

Kehilangan paket adalah merujuk kepada nisbah jumlah bilangan paket yang hilang semasa proses penghantaran dari sumber ke destinasi. Kehilangan paket merupakan faktor utama yang akan menyebabkan penggunaan jalur lebar menjadi tidak efisien. Pengukuran parameter ini

adalah penting dalam aplikasi penstriman video kerana kehilangan paket akan mengurangkan kualiti penghantaran video.

$$PLR = \frac{\text{Jumlah paket yang dihantar} - \text{jumlah paket yang diterima}}{\text{Jumlah paket yang dihantar}} \times 100$$

4.3 Nisbah Penghantaran Paket

Nisbah penghantaran paket ditakrifkan sebagai nisbah paket data yang diterima oleh destinasi kepada paket yang dihantar oleh sumber.

$$PDR (\%) = \frac{\text{jumlah paket yang diterima}}{\text{Jumlah paket yang dihantar}} \times 100$$

4.4 End to End Delay ($e2e$)

Ianya merujuk kepada masa yang diambil untuk satu paket dihantar ke seluruh rangkaian dari sumber ke destinasi. Ia juga termasuk kelewatan yang berlaku disebabkan oleh sebab lain seperti kelewatan pemprosesan, kelewatan penyebaran dan kelewatan giliran. Untuk mengira metrik ini, masa yang dihantar oleh paket pertama dari sumber ke destinasi ditolak dengan masa paket pertama yang diterima pada destinasi

$$\text{Masa lengah } e2e = \frac{\sum \text{masa paket terima} - \text{masa paket dihantar}}{\sum \text{bilangan paket}}$$

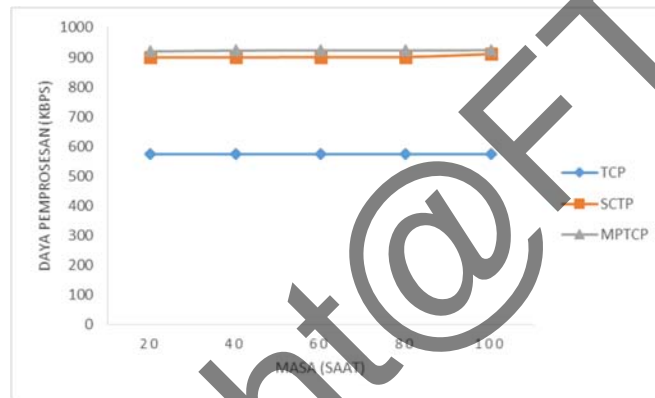
5. ANALISA KEPUTUSAN

5.1 Pengukuran Daya Pemprosesan

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilaksanakan, penstriman video pada protokol MPTCP menunjukkan prestasi terbaik berdasarkan nilai daya pemprosesan yang tinggi pada keseluruhan simulasi dengan nilai sebanyak 923.74 kbps berbanding dengan SCTP sebanyak 910.89 kbps dan diikuti TCP sebanyak 573.87 kbps. Daripada Rajah 5 dapat dilihat peningkatan nilai daya pemprosesan meningkat pada setiap selang masa sebanyak 20 saat. Perubahan daya pemprosesan yang ketara di antara MPTCP dan SCTP dengan TCP adalah kerana MPTCP dan SCTP merupakan protokol pengangkutan yang dibangunkan dengan mekanisme pelbagai laluan yang mana matlamat pelaksanaan mekanisme pelbagai laluan adalah bertujuan untuk meningkatkan

daya pemprosesan di samping mampu mengurangkan kehilangan paket video yang dihantar di antara pelayan dan pelanggan dalam rangkaian tanpa wayar. Ini menunjukkan menggunakan mekanisme pelbagai laluan mampu untuk meningkatkan daya pemprosesan bagi MPTCP yang digunakan dalam perkhidmatan penstriman video.

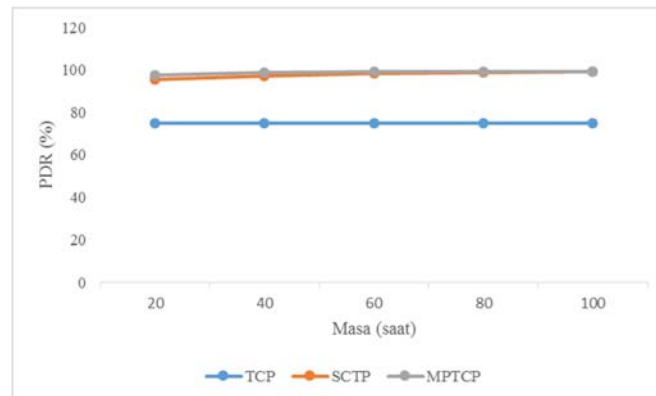
Hal ini adalah kerana MPTCP membenarkan penggunaan pelbagai laluan yang mana ianya boleh dijalankan secara serentak semasa proses penstriman berlaku di antara pelayan dan pelanggan berbanding dengan protokol pengangkutan biasa iaitu TCP yang menggunakan hanya laluan tunggal sahaja untuk menghantar paket video di antara pelayan dan penerima. Berbeza dengan SCTP, walaupun ianya juga merupakan protokol pengangkutan yang membangunkan pelbagai laluan, namun laluan kedua yang dikenali juga sebagai laluan alternatif digunakan apabila laluan utama mengalami kegagalan. Namun hasil kajian membuktikan bahawa penggunaan pelbagai laluan dalam penstriman video dengan ketara menunjukkan mampu untuk meningkatkan daya pemprosesan seterusnya mampu untuk mengurangkan kadar kehilangan paket berlaku.



Rajah 5. Perbandingan Masa melawan Pengukuran Daya Pemprosesan Penstriman Video Pada Protokol TCP, SCTP dan MPTCP

5.2 Pengukuran Nisbah Penghantaran Paket (PDR)

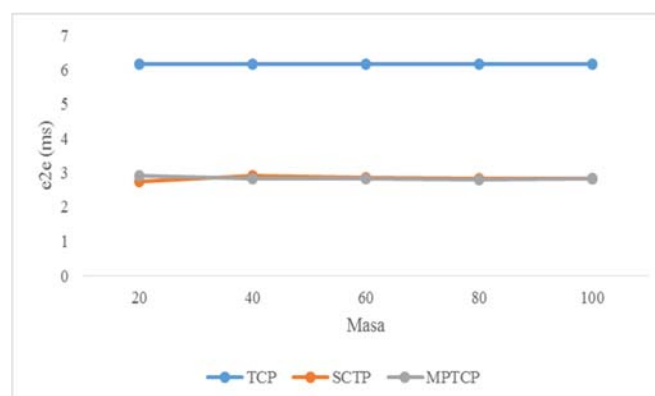
Rajah 6 menunjukkan pengukuran nisbah penghantaran paket di antara TCP, SCTP dan MPTCP. Hasil analisis menunjukkan nisbah paket video yang diterima oleh destinasi kepada paket yang dihantar oleh sumber melalui protokol MPTCP mencapai nilai tertinggi iaitu sebanyak 99.41 % pada masa 100 saat. Melalui protokol SCTP, nilai PDR yang dicapai adalah sebanyak 99.24% iaitu dengan perbezaan sebanyak 0.17% daripada MPTCP. Bagi TCP pula, nilai PDR yang dicapai adalah sebanyak 74.88% pada masa 100 saat. Perbezaan nilai PDR di antara TCP dan MPTCP adalah sebanyak 24.53% manakala bagi perbezaan PDR di antara TCP dan SCTP adalah sebanyak 24.44 %. Walaupun terdapat perbezaan di antara setiap protokol, namun setiap protokol menunjukkan peningkatan nilai PDR yang konsisten pada setiap selang masa 20 saat. Berdasarkan analisis simulasi yang dijalankan MPTCP mencapai nilai PDR yang tinggi kerana penggunaan pelbagai laluan untuk menghantar paket video daripada sumber kepada destinasi. PDR juga dilihat mencapai nilai yang tinggi apabila menggunakan protokol pelbagai laluan yang lain dalam proses penghantaran video daripada sumber ke destinasi. Hal ini jelas dapat dibuktikan apabila penghantaran video melalui protokol pengangkutan yang lain turut di analisis dan di nilai iaitu SCTP yang mana tiada perbezaan yang ketara terhadap kedua-dua protokol tersebut.



Rajah 6. Perbandingan Masa melawan PDR Penstriman Video pada Protokol TCP, SCTP dan MPTCP

5.3 Pengukuran Masa Lengah Hujung ke Hujung (e2e)

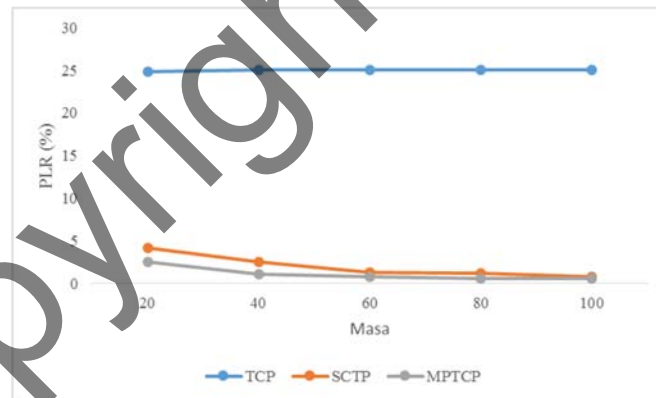
Rajah 7 menunjukkan nilai e2e bagi TCP, SCTP dan MPTCP dengan masa simulasi 100 saat apabila pelayan video menghantar paket video. Masa lengah juga berlaku semasa proses penghantaran video. Masa lengah tersebut termasuk penghantaran data multimedia dan sebagainya. Hasil simulasi menunjukkan perbezaan nilai e2e di antara SCTP dan MPTCP adalah hanya 0.01 ms sahaja dengan nilai e2e pada SCTP adalah sebanyak 2.83 ms manakala bagi MPTCP adalah sebanyak 2.82 saat. Nilai e2e MPTCP pada masa simulasi 20 saat mencatatkan nilai yang tertinggi iaitu sebanyak 2.90 ms manakala bagi SCTP juga mencatatkan nilai tertinggi e2e dengan nilai 2.90 ms namun ianya dicatatkan pada masa simulasi pada 40 saat. Bagi TCP, nilai e2e yang dicapai adalah tinggi berbanding dengan SCTP dan MPTCP iaitu dengan nilai sebanyak 6.18 ms dengan masa simulasi 100 saat. Jika dilihat pada Rajah 7, menunjukkan nilai e2e pada TCP dengan masa simulasi selama 100 saat, ianya tidak mengalami sebarang peningkatan mahupun penurunan pada setiap selang masa yang mana ianya kekal dengan nilai 6.18 ms sepanjang proses simulasi dilaksanakan. Masa lengah MPTCP dan SCTP dilihat berkurangan adalah kerana penghantaran semula paket video di atasi dengan penggunaan laluan yang lain yang mana MPTCP melaksanakan penghantaran menggunakan pelbagai laluan secara serentak pada masa yang sama manakala bagi SCTP laluan kedua atau laluan alternatif digunakan apabila terdapat kegagalan berlaku pada laluan pertama berbanding dengan TCP yang menggunakan satu laluan sahaja. Hal ini menyebabkan masa yang diambil untuk satu paket dihantar ke seluruh rangkaian dari sumber ke destinasi berjalan lancar dengan isu kelewatan yang sedikit.



Rajah 7. Perbandingan Masa melawan e2e di antara TCP, SCTP dan MPTCP dalam Perkhidmatan Penstriman Video

5.4 Nisbah Kehilangan Paket (PLR)

Rajah 8 menunjukkan pengukuran bagi nisbah kehilangan paket bagi perkhidmatan penstriman video di antara pelayan video dan pelanggan pada rangkaian tanpa wayar. Berdasarkan Rajah 8, penstriman video pada MPTCP menunjukkan protokol yang mencatatkan nisbah kehilangan paket yang paling rendah iaitu dengan purata PLR keseluruhan sebanyak 1.14% sepanjang masa 100 saat simulasi dijalankan. Walau bagaimanapun, pada permulaan pengukuran pada masa simulasi 20 saat menunjukkan nilai PLR pada MPTCP mencatatkan nilai dengan 2.51% namun nisbah kehilangan paket tersebut mengalami penurunan pada setiap selang masa 20 saat sehingga masa akhir simulasi 100 saat dijalankan yang mana ianya mencatatkan nilai PLR 0.59%. Bagi SCTP, purata keseluruhan PLR yang dicatatkan adalah 2.01% dengan masa simulasi 100 saat. Seperti MPTCP, SCTP juga mencatatkan nilai PLR yang tinggi pada awal masa 20 saat simulasi dijalankan iaitu sebanyak 4.21% dan terus menurun setiap selang masa 20 saat sehingga masa akhir simulasi dijalankan 100 saat. Pada masa akhir simulasi, PLR SCTP menunjukkan nilai PLR 0.76%. Bagi TCP yang hanya menggunakan satu antaramuka sahaja, ianya mencatatkan nilai PLR yang agak tinggi berbanding dengan SCTP dan MPTCP yang melaksanakan mekanisme pelbagai laluan atau lebih daripada satu antaramuka iaitu 25.1%. Walau bagaimanapun, berdasarkan analisis yang dibuat, nilai PLR pada MPTCP menunjukkan peningkatan sebanyak 0.14% pada masa simulasi 40 saat dan meningkat 0.06% pada masa simulasi 60 saat dan ianya kekal dan tidak berubah sehingga masa akhir simulasi pada masa 100 saat.



Rajah 8. Perbandingan Masa melawan PLR di antara TCP, SCTP dan MPTCP dalam Perkhidmatan Penstriman Video.

5.5 Analisis Keseluruhan Kualiti Perkhidmatan Penstriman Video pada Jaringan Tanpa Wayar

Jadual 3 adalah perbandingan analisis prestasi keseluruhan di antara TCP, SCTP dan MPTCP. Berdasarkan jadual tersebut menyatakan protokol MPTCP adalah protokol yang mempunyai prestasi yang paling baik berdasarkan metrik prestasi rangkaian yang telah dibincangkan. Seterusnya diikuti dengan protokol SCTP dengan tahap prestasi yang memuaskan dan TCP

dengan tahap prestasi sederhana. Hasil keputusan daripada jadual ini membuktikan bahawa penstriman video melalui pelbagai laluan khususnya kepada penggunaan pelbagai laluan TCP mampu untuk meningkatkan kualiti perkhidmatan penstriman video yang berkualiti dan seterusnya memberi kepuasan kepada pengguna.

Metrik Prestasi	Perbandingan Prestasi		
	TCP	SCTP	MPTCP
Daya Pemprosesan	Sederhana	Memuaskan	Baik
Nisbah	Sederhana	Memuaskan	Baik
Penghantaran paket			
Nisbah Kehilangan Paket	Sederhana	Memuaskan	Baik
Pengukuran Masa Lengah Hujung ke Hujung	Sederhana	Memuaskan	Baik

Jadual 3. Perbandingan Prestasi di antara TCP, SCTP dan MPTCP

6. KESIMPULAN

Matlamat pembangunan MPTCP adalah untuk meningkatkan daya pemprosesan di dalam rangkaian. Oleh yang demikian, hasil keputusan analisis yang telah dijalankan, membuktikan daya pemprosesan bagi prestasi kualiti perkhidmatan penstriman video pada MPTCP adalah lebih baik berbanding dengan TCP dan SCTP dalam rangkaian tanpa wayar. Prestasi MPTCP juga adalah lebih baik mengatasi TCP dan SCTP apabila perbandingan dilaksanakan menggunakan parameter prestasi metrik rangkaian yang lain. Walau bagaimanapun perbandingan prestasi di antara MPTCP dan SCTP adalah tidak begitu ketara kerana kedua-dua protokol pengangkutan ini menyokong penggunaan pelbagai antaramuka. Namun kualiti perkhidmatan penstriman video melalui MPTCP mengatasi SCTP berdasarkan parameter prestasi rangkaian seperti daya pemprosesan, PDR dan e2e. Dari segi nisbah kehilangan paket pula, prestasi MPTCP dan SCTP adalah sama dan lebih baik berbanding TCP.

Objektif kajian ini yang pertama adalah membangun dan melaksanakan penggunaan MPTCP dalam memastikan peningkatan kualiti perkhidmatan penstriman video untuk kegunaan proses pengajaran dan pembelajaran. Objektif kajian ini dicapai dan dibuktikan apabila hasil keputusan menunjukkan MPTCP mencapai nilai daya pemprosesan yang tinggi dengan nilai sebanyak 923.74 kbps. Apabila hasil keputusan mencapai nilai daya pemprosesan yang tinggi, ini seterusnya membawa kepada kadar kehilangan dan kelewatan yang rendah. Keputusan ini dibuktikan yang mana MPTCP menunjukkan nilai kehilangan paket yang sedikit iaitu sebanyak 0.59% dan nilai e2e yang juga rendah iaitu sebanyak 2.82 ms. Hasil daripada analisis keputusan tersebut menjadikan prestasi perkhidmatan kualiti penstriman video adalah baik dan berkualiti. Objektif seterusnya adalah untuk menilai dan menganalisis kualiti perkhidmatan terhadap penggunaan MPTCP untuk penstriman video pada jaringan tanpa wayar dalam proses pengajaran dan pembelajaran. Penilaian prestasi ini telah dilaksanakan menggunakan NS2 yang mana objektif ini dicapai. Secara keseluruhan, kajian ini dilihat mampu untuk meningkatkan kualiti perkhidmatan penstriman video untuk kegunaan proses pengajaran dan pembelajaran di Kolej Komuniti.

Berdasarkan hasil kajian yang telah dinyatakan, jelas membuktikan bahawa MPTCP mampu untuk meningkatkan daya pemprosesan dalam penstriman video melalui protokol pelbagai laluan

TCP. Ini seterusnya membawa kepada peningkatan kadar penghantaran paket video yang tinggi di samping mengurangkan kadar kehilangan paket yang banyak serta mengurangkan kelewatan paket tiba ke destinasi. Seiring dengan matlamat pembangunan pelbagai laluan TCP iaitu untuk meningkatkan daya pemprosesan MPTCP melebihi daripada TCP, oleh itu, pada masa akan datang kajian ini akan terus memfokuskan kepada beberapa teknik dan kaedah bagi penambahbaikan dalam memastikan peningkatan prestasi MPTCP dalam proses penstriman video. Antara penambahbaikan yang boleh dibuat adalah dengan memfokuskan kepada pembangunan pelaksanaan yang membenarkan penggunaan antaramuka yang lebih besar dengan beberapa jenis sambungan seperti 3G dan LTE.

Di samping itu juga, pendekatan kepada penggunaan algoritma kawalan kesesakan juga mampu untuk meningkatkan daya pemprosesan MPTCP dan membolehkan protokol untuk bersaing dengan lebih adil di dalam rangkaian tanpa wayar. Penggunaan algoritma kawalan kesesakan ini juga dilihat mampu untuk mengawal setiap laluan TCP yang mana jika laluan lain berkongsi sumber yang dihantar, ianya tidak akan menjejaskan laluan yang lain dan ini menjamin ia tidak akan membahayakan laluan atau aliran yang lain. Pada masa akan datang, kajian ini akan membuat beberapa perbandingan algoritma kawalan kesesakan yang menyokong penggunaan pelbagai laluan TCP dan mengkaji sejauh mana kesan pelaksanaannya terhadap pelbagai laluan TCP.

RUJUKAN

- A. Sheganaz, D. P. D. R. V. K. 2014. A Design for Video Streaming Using Multipath Routing in MANET. *International Journal of Innovative Research in Computer and Communication Engineering* 2(Special Issue 3): 194–199.
- Baidya, S. H. & Prakash, R. 2014. Improving the performance of multipath TCP over heterogeneous paths using slow path adaptation. *2014 IEEE International Conference on Communications, ICC 2014* 3222–3227. doi:10.1109/ICC.2014.6883817
- Bonaventure, O., Handley, M. & Raiciu, C. 2012. An Overview of Multipath TCP. *USENIX login* 17–23.
- Chihani, B. & Denis, C. 2011. A Multipath TCP model for ns-3 simulator. Retrieved from <http://arxiv.org/abs/1112.1932>
- Coudron, M. & Secci, S. 2017. An implementation of multipath TCP in ns3. *Computer Networks* 116: 1–11. doi:10.1016/j.comnet.2017.02.002
- Ford, A. 2011. Architectural Guidelines for Multipath TCP Development 1–28.
- Ford, A. 2013. TCP Extensions for Multipath Operation with Multiple Addresses 1–64.

- Gheorghiu, S., Toledo, a L. & Rodriguez, P. 2010. Multipath TCP with Network Coding for Wireless Mesh Networks. *Communications ICC 2010 IEEE International Conference on* (60873082): 3946–3950. doi:10.1109/ICC.2010.5502204
- Gorde, Ankita ; Gandhi, Neha; Mishra, Richa; Pathak, Rupesh; Padmavathi, B. 2016. Prediction based Outcome for Media Streaming Applications. *Proceedings on National Conference on Advances in Computing, Communication and Networking ACCNET 1*: 11–15.
- Hesmans, B. & Bonaventure, O. 2014. Tracing multipath TCP connections. *Proceedings of the 2014 ACM conference on SIGCOMM - SIGCOMM '14* 361–362. doi:10.1145/2619239.2631453
- Kaur, R. 2013. 3 . Lossless Compression Methods : - 2(2).
- Kim, D. & Chung, K. 2014. Adaptive multiple TCP-connection scheme to improve video quality over wireless networks. *KSII Transactions on Internet and Information Systems* 8(11): 4068–4086. doi:10.3837/tiis.2014.11.023
- Klaue, J., Rathke, B. & Wolisz, A. 2003. Evalvid–A Framework for Video Transmission and Quality Evaluation. *13th International Conference, TOOLS 2003, Urbana, IL, USA, September 2-5, 2003. Proceedings* (September): 255–272. doi:10.1007/978-3-540-45232-4_16
- Lim, Y. S., Chen, Y. C., Nahum, E. M., Towsley, D. & Lee, K. W. 2014. Cross-layer path management in multi-path transport protocol for mobile devices. *Proceedings - IEEE INFOCOM* 1815–1823. doi:10.1109/INFOCOM.2014.6848120
- Mehra, P. & Zakhor, A. 2002. Efficient video streaming using TCP. *Under Submission*. Retrieved from <http://robotics.eecs.berkeley.edu/~wlr/228a02/Projects/Mehra.pdf>
- Ming Li, Lukyanenko, A. & Yong Cui. 2012. Network coding based multipath TCP. *2012 Proceedings IEEE INFOCOM Workshops* 25–30. doi:10.1109/INFCOMW.2012.6193502
- Mwela, J. S. & Adebomi, O. E. 2010. Impact of Packet Loss on the Quality of Video Stream Transmission (May): 1–32.
- N, R. K. J. & Kumar, P. A. 2016. Improving QOS in Live Video Streaming for Low Motion Videos through Frame Indexing Method 4(1): 9–22.
- Nagesha & Manvi, S. S. 2012. Performance analysis of SCTP compared to TCP and UDP. *Advances in Intelligent Systems and Computing* 176 AISC(VOL. 1): 515–524. doi:10.1007/978-3-642-31513-8_53
- Nakasan, C., Ichikawa, K. & Uthayopas, P. 2014. Performance Evaluation of MPTCP over OpenFlow Network 2014(30): 1–6.

- Nam, H., Calin, D. & Schulzrinne, H. 2016. Towards Dynamic MPTCP Path Control Using SDN.
- Paasch, C. & Duchene, F. 2012. Exploring Mobile / WiFi Handover with Multipath TCP Categories and Subject Descriptors. *Cellular Networks: Operations, Challenges, and Future Design (CellNet)* 1–6. doi:10.1145/2342468.2342476
- Paasch, C., Ferlin, S., Alay, O. & Bonaventure, O. 2014. Experimental Evaluation of Multipath TCP Schedulers. *ACM SIGCOMM 2014 Capacity Sharing Workshop (CSWS)* 27–32. doi:10.1145/2630088.2631977
- Park, J. S., Gerla, M., Lun, D. S., Yi, Y. & Médard, M. 2006. CodeCast: A network-coding-based ad hoc multicast protocol. *IEEE Wireless Communications* 13(5): 76–81. doi:10.1109/WC-M.2006.250362
- Priyadarshini, M. S. 2016. Streaming Video with MultiPath TCP in Wireless Networks 5(4): 61–65.
- Pussep, K., Leng, C. & Kaune, S. 2010. *Modeling and Tools for Network Simulation. Modeling and Tools for Network Simulation*. doi:10.1007/978-3-642-12331-3_2
- Rajarajeswari, S. & Sutha, J. 2013. A Survey on Multimedia Streaming Congestion Control Mechanisms. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering* 3(2). Retrieved from http://www.ijetae.com/files/Volume3Issue2/IJETAE_0213_07.pdf
- Science, C. 2017. Analysis of Video Compression Technique 5(1).
- Seeling, P. & Reisslein, M. 2012. Video transport evaluation with H.264 video traces. *IEEE Communications Surveys and Tutorials* 14(4): 1142–1165. doi:10.1109/SURV.2011.082911.00067
- Stewart, R. 2007. Stream Control Transmission Protocol Status 1–152.
- Tedla, S. K. 2015. Performance Evaluation of Concurrent Multipath Transmission.
- Tran, V. H., De Coninck, Q., Hesmans, B., Sadre, R. & Bonaventure, O. 2016. Observing real Multipath TCP traffic. *Computer Communications* 94(March): 114–122. doi:10.1016/j.comcom.2016.01.014
- Wang, B., Kurose, J., Shenoy, P. & Towsley, D. 2008. A Model for TCP-based Video Streaming. *Citeseer* 0. Retrieved from <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.75.5068&rep=rep1&type=pdf>
- Wu, D., Hou, Y. T., Zhu, W., Zhang, Y. Q. & Peha, J. M. 2001. Streaming video over the internet: Approaches and directions. *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video*

Technology 11(3): 282–300. doi:10.1109/76.911156

Xu, C., Zhao, J. & Muntean, G. M. 2016. Congestion Control Design for Multipath Transport Protocols: A Survey. *IEEE Communications Surveys and Tutorials* 18(4): 2948–2969. doi:10.1109/COMST.2016.2558818

Xu, H., Chen, Z., Chen, R. & Cao, J. 2012. Live streaming with content centric networking CCN. *Proceedings of the International Conference on Networking and Distributed Computing, ICNDC* 1–5. doi:10.1109/ICNDC.2012.9

Zhang, Q. & Goncalves, B. 2015. Cross-Layer Scheduler for Video Streaming over MPTCP. *Acm* 4503. doi:10.1145/1235

Dewan Bahasa dan Pustaka 2018. *Kamus Dewan Online Edisi Keempat*. <http://prpmv1.dbp.gov.my> [2008 – 2018]

Copyright@FTSM