

Daftar Singkatan

IP	: Internet Protocol
FTP	: File Transfer Protocol
HTTP	: Hypertext Transfer Protocol
SIP	: Session Initiation Protocol
RTSP	: Real Time Streaming Protocol
GPON	: Gigabit Capable Passive Optical Network
SND	: Sender
RCV	: Receiver
Mbps	: Megabit per second
Kbps	: Kilobit per second
M2M	: Machine to Machine
PRM	: Probe Rate Model
ABE	: Available Bandwidth Estimation
ITU	: International Telecommunication Union
FSAN	: Full Service Access Network
GEM	: General Encapsulation Model

1 Pendahuluan

1.1 Latar Belakang Masalah

Mobile Device secara sederhana adalah bentuk portable dari sebuah komputer desktop. Namun memiliki spesifikasi yang lebih rendah dibanding komputer. Namun tidak tertutup kemungkinan jika suatu saat spesifikasi yang dimiliki perangkat *mobile* bisa menyamai komputer desktop. Bahkan sekarang sudah ada yang namanya *smartphone* yang lebih handal dibanding *mobile device* yang biasa. Memiliki fitur yang lebih banyak, seperti dapat melakukan pengolahan kata seperti office, *streaming* video, mendukung pemanggilan via IP pada Skype dan juga fitur lainnya.

Salah satu fitur yang paling penting pada *smartphone* adalah penggunaan internet *access*. Tanpa adanya fitur ini akan sulit bagi pengguna *smartphone* untuk bertukar data, terlebih lagi bagi yang aktif dalam dunia media sosial. Penggunaan jaringan pada perangkat *mobile* yang saat ini banyak dipakai di Indonesia masih 3G. Untuk jaringan 4G terlebih lagi 5G masih dalam proses tahapan menuju kesana. Masing – masing generasi jaringan memiliki fitur yang berbeda dan setiap tingkatan generasi jaringan merupakan bentuk penyempurnaan dari generasi sebelumnya.

Ada tantangan kedepannya yang harus dihadapi dan dipersiapkan untuk menuju ke tingkat jaringan generasi berikutnya. Termasuk yang akan dilakukan pada penelitian kali ini, yaitu melakukan analisis ketersediaan bandwidth pada trafik HTTP, FTP, RTSP, dan SIP. Ini menjadi hal penting dalam melakukan pengelolaan bandwidth, agar bandwidth yang disediakan sesuai dengan kondisi dimana jaringan tersebut dipasang. Tentunya akan merugikan dari sisi biaya juga ketika bandwidth yang disediakan ternyata berlebihan dari pemakaian user. Selain itu bisa menimbulkan kerugian juga bagi user ketika bandwidth yang dibutuhkan ternyata lebih banyak dibanding bandwidth yang telah disediakan. Oleh sebab itu perlu dilakukan pengukuran estimasi ketersediaan bandwidth untuk bisa menyediakan bandwidth yang memang sesuai dengan kondisi yang dibutuhkan. Penggunaan internet akses juga tidak akan baik jika tidak didukung dengan

kekuatan sinyal yang memadai. Oleh sebab itu beberapa tempat seperti perusahaan dan rumah menggunakan teknologi femtocell untuk bisa memperkuat dan memperluas jangkauan sinyal. Dengan begitu, data yang dapat diakses dari internet ataupun dalam melakukan proses pengiriman pesan dan pemanggilan dapat menghasilkan performa yang lebih baik.[23]

Dengan mengetahui ketersediaan bandwidth dalam suatu jaringan keuntungan yang akan kita dapatkan adalah kita dapat membuat rute pilihan pada *overlay network*, untuk verifikasi *Quality of Service (Qos)*, *network management* dan *traffic engineering*.^[11] Metode yang dipakai disini adalah *Probe Rate Model* yang mana *tools* yang mengimplementasikan metode ini termasuk *Pathload* dan *pathChirp*. Dalam penelitian yang dilakukan menggunakan *Pathload* karena sampai saat ini *tools* tersebut merupakan yang paling populer dan paling akurat [12]. Kemudian nanti akan dibandingkan juga dengan *tools* yang menggunakan metode yang sama yaitu *pathChirp* yang mengimplementasikan algoritma *self-induced congestion*. Sementara *Pathload* menerapkan algoritma *Self-Loading Periodic Streams (SloPS)*. Dalam skenario uji yang dilakukan nanti akan terdapat dua jenis skenario uji, *office* dan *public*.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas maka permasalahan yang akan dibahas pada penelitian ini adalah bagaimana mengukur ketersediaan bandwidth pada jaringan 5G berbasis Femtocell Backhaul dengan media GPON sebagai bentuk simulasi yang menghubungkan antara provider dan *customer*.

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengukur dan membandingkan ketersediaan bandwidth menggunakan metode *probe rate model* dengan membuat suatu skenario uji yang berproses pada jaringan Femtocell Backhaul.

1.4 Batasan Masalah

Penulis membatasi masalah yang dibahas yaitu :

1. Proses pengecekan bandwidth dilakukan pada media yang menggunakan Gigabit Capable Optical Passive Network (GPON)
2. Implementasi dilakukan pada jaringan Femtocell Backhaul
3. *Tools Pathload* dan *pathChirp* yang menerapkan metode *Probe Rate Model* akan ditanam pada tiap client
4. Parameter input yang diberikan adalah *throughput*
5. Parameter output yang diharapkan adalah estimasi ketersediaan bandwidth

1.5 Metodologi Penyelesaian Masalah

Metodologi yang digunakan dalam penyelesaian masalah pada tugas akhir ini adalah :

- a. Studi Literatur
Melakukan pencarian referensi dan landasan teori yang berhubungan dengan topik yang dibicarakan pada tugas akhir ini.
- b. Konsultasi dan Diskusi
Melakukan konsultasi dan diskusi dengan pembimbing tugas akhir dan juga dengan orang – orang yang berkompeten dibidang yang berhubungan dengan topic tugas akhir.
- c. Analisis Kebutuhan Sistem
Melakukan analisis system apa yang dibutuhkan untuk menunjang perfomansi yang dibutuhkan pada saat pelaksanaan tugas akhir baik dari segi perangkat keras maupun lunak
- d. Rancangan Skenario Pengujian
Melakukan perancangan skenario pengujian untuk mengetahui hal – hal apa nantinya yang akan dilakukan pada proses pelaksanaan monitoring bandwidth menggunakan metode *Probe Rate Model*.
- e. Implementasi Program

Menjalankan *tools Pathload* dan *pathChirp* pada *client* yang berbasis linux dengan jaringan *wireless*

f. Pengujian dan Analisis

Pada tahap ini akan dilakukan pengujian dari monitoring bandwidth yang menggunakan *tools Pathload* dan *pathChirp* untuk mengetahui estimasi dan ketersediaan *bandwidth* kemudian setelah hasil didapat akan dilakukan analisis untuk mengetahui performansi dari metode mana yang lebih baik.

g. Pembuatan Laporan

Melakukan dokumentasi dari tahapan pengerjaan tugas akhir sampai pengujian dan analisis yang telah dilakukan.

1.6 Sistematika Penulisan

Tugas akhir ini ditulis dengan menggunakan sistematik penulisan sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan gambaran umum dari tugas akhir yang akan dikerjakan, yang meliputi latar belakang, rumusan masalah, tujuan, batas masalah , metode yang digunakan dan sistematika penulisan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menjelaskan tentang dasar – dasar teori yang berhubungan dengan topic yang dikerjakan pada tugas akhir yaitu *Probe Rate Model*.

BAB 3 PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI SISTEM

Bab ini menjelaskan tentang perangkat apa saja yang dibutuhkan baik perangkat lunak maupun keras untuk mendukung implementasi dari program yang ada. Perancangan system secara umum menggunakan flowchart.

BAB 4 PENGUJIAN DAN ANALISIS

Bab ini berisi tentang hasil pengujian dari proses implementasi metode *Probe Rate Model*, proses analisis dari hasil pengujian yang dilakukan, kemudian hasil dari analisis yang dilakukan untuk mengetahui performansi mana yang lebih baik dari metode yang dipakai.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi kesimpulan dari penulisan tugas akhir serta saran untuk pengembangan yang lebih lanjut jika diperlukan..

2 Dasar Teori

2.1 Mobile Device

Mobile Device adalah perangkat komputasi portable yang berukuran kecil dan dapat dibawa kemana – kemana. Karakteristiknya yang bisa dibawa kemana – mana inilah yang menjadi alasan mengapa perangkat ini dikatakan sebagai perangkat mobile. Spesifikasi yang dimiliki dibawah dari spesifikasi perangkat komputer umumnya, namun tidak tertutup kemungkinan jika kedepannya juga bisa menyamai spesifikasi dari komputer. Perkembangan teknologi yang pesat dan juga persaingan antar industri perusahaan telekomunikasi yang akan membuat teknologi menjadi semakin inovatif. Seperti yang bisa dilihat sekarang, bahkan processor yang dimiliki pada perangkat mobile sudah ada yang menggunakan prosesor Dual Core 3GHz Apple A7 64 Bit. Dari sisi sistem operasi yang ada, perkembangannya juga tidak kalah saing. Mulai dari system operasi Symbian, Blackberry, Android, dan iOS. Akan tetapi yang menjadi salah satu kekurangan penting pada perangkat mobile adalah memiliki daya yang rendah sehingga tidak bisa bertahan lama.

Perangkat Mobile memiliki karakteristik dasar sebagai berikut :

- Ukuran yang kecil,

Perangkat mobile juga dikenal sebagai Handheld, palmtops dan smartphone. Hal ini dikarenakan ukurannya yang kecil atau biasa seukuran lebar telapak tangan manusia. Dengan ukuran yang sebesar telapak tangan, perangkat mobile di desain menggunakan touch screen dan small keypad untuk memenuhi kebutuhan dalam melakukan pengolahan kata perangkat mobile.

- Portable

Kemampuan perangkat mobile dalam bergerak inilah yang menjadikan perangkat ini dikatakan portable.

- Koneksi Wireless

Kemampuannya yang dapat berpindah dari satu tempat ke tempat lain perangkat mobile disediakan alat komunikasi yang dapat mendukung koneksi wireless, Bluetooth, dan juga komunikasi lainnya yang dapat melakukan pertukaran data pada jaringan wireless.

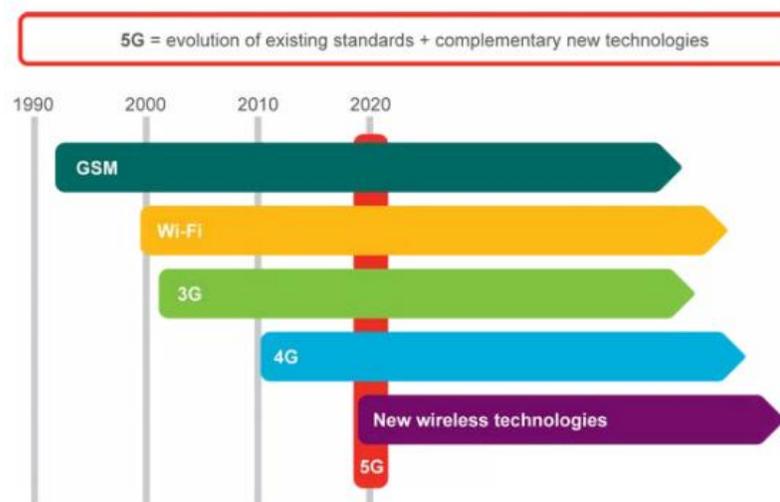
- Memiliki daya yang rendah

Karena spesifikasi yang kecil, daya yang dapat ditampung pada perangkat ini juga terbatas. Sehingga membuat waktu hidup dari perangkat mobile tidak bertahan lama.

2.2 Jaringan Wireless 5G

Istilah 5G pertama kali dimunculkan ketika event Mobile World Congress di tahun 2012 ketika para eksekutif dari Telefonica, Alcatel-Lucent and Bell Labs mendiskusikan teknologi nascent. Marcus Weldon yang merupakan CTO dari divisi wireline-networks product Alcatel-Lucent mengatakan bahwa 5G lebih dari sekedar menyediakan layanan untuk orang – orang yang membutuhkan *Quality of Services* yang tepat. Dalam arti lain yaitu menciptakan sebuah kecepatan baru yang lebih cepat dibanding generasi wireless sebelumnya. Dalam penelitian yang pernah dilakukan Samsung, dikatakan bahwa dalam jaringan 5G jaringan mobile-phone mampu mendownload sebuah *high-definition* film hanya dalam satu detik. Berdasarkan pernyataan dari Samsung, 5G mobile akan mentransmit data beberapa ratus kali lebih cepat dibanding jaringan 4G dan mampu menyediakan layanan seperti film 3-D, video games, pelayanan kesehatan. Solusinya terletak pada teknologi *millimeter-wave band* yang mentransmit data pada frekuensi 28 GHz dengan kecepatan diatas 1.056 Gbps (gigabits per second) untuk jarak diatas 2 kilometer. Mobile traffic hari ini didorong oleh beberapa aktifitas: melakukan panggilan, menerima e-mail, berselancar di web, dan menonton video. Setelah 5 sampai 10 tahun kedepan, miliaran perangkat baru akan masuk dalam jaringan,

termasuk mobil, machine-to-machine (M2M) modul, pengawasan video yang membutuhkan 24-7 bandwidth, atau meskipun sensor biohazard yang mengirim bit data yang kecil tiap harinya. [5]



Gambar 2. 1 Evolusi Perkembangan Network Generation

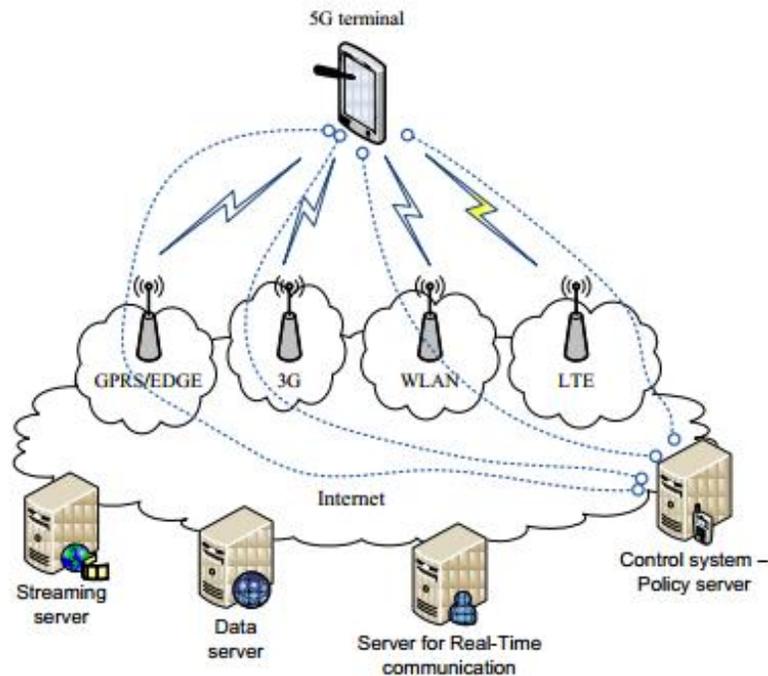
Beberapa kualitas jaringan yang dimiliki 5G :

- Data mobile berkecepatan pada gigabits per second
- *Extreame reliability*
- Kemampuan untuk melakukan *self-healing*
- Mendukung jumlah perangkat yang besar
- *Latency* kurang dari 5 milisecond *end-to-end*
- Efisiensi *Higher spectral* dan teknologi *advances beam-forming*
- Pengurangan konsumsi tenaga pada perangkat dan makro- dan microcell

2. 2. 2 Desain Arsitektur Jaringan 5G

Gambar dibawah akan menampilkan arsitektur dari system jaringan mobile 5G, yang mana semua IP berbasis model untuk wireless dan interoperabilitas jaringan mobile. Sistem tersebut berisi *user terminal* dan *number of independent*, dan autonomous *radio access technology* (RAT). Dalam setiap terminal, setiap

radio access technology dilihat sebagai penghubung IP ke luar dunia internet. Namun, ada seharusnya ada perbedaan pada antarmuka radio untuk setiap *radio access technology* dalam terminal mobile. Sebagai contoh, jika kita menginginkan akses pada empat RAT yang berbeda, kita butuh empat antarmuka spesifik akses dalam terminal mobile, dan kesemuanya harus aktif dalam waktu yang sama.



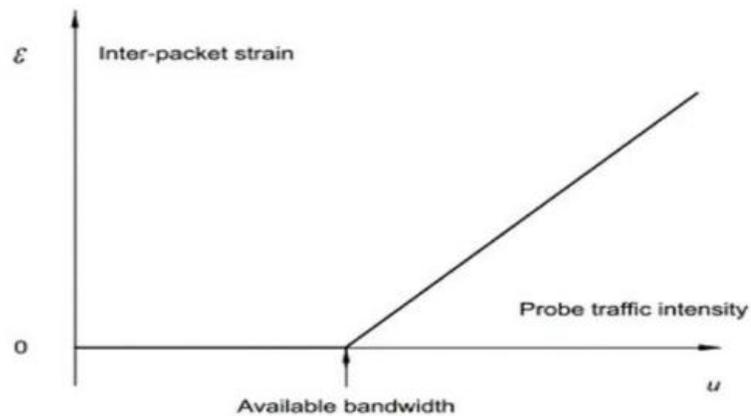
Gambar 2. 2 Arsitektur untuk 5G mobile network

5G dalam penerapannya pada perangkat mobile, menjadikan proses komputasi terpusat pada cloud. *Data storage* dan *Data Processing* akan dilakukan diluar device, sehingga perangkat mobile secara akan menjadi lebih ringan dikarenakan komponen yang terdapat didalamnya menjadi berkurang. Itu terjadi karena beberapa fungsi komponen yang seharusnya ada dalam perangkat berpindah pada cloud. ^[1].

2. 3 Probe Rate Model

Probe Rate Model bekerja pada konsep *Self-induced Congestion*. PRM tidak merujuk pada kapasitas dari *tight link* dan tidak diasumsikan bahwa *tight*

link itu sama dengan *narrow link*. Dalam situasi ini *probe packet* dikirim dalam sebuah *train* dengan menambahkan *rate* dan kalkulasi dari tujuan akhir *train*. Disini kita bisa menemukan *turning point* seperti yang ada pada gambar 3.4 dimana *delay* dari *probe packet* mulai bertambah. Berdasarkan sebuah *train* yang dikirim pada *rate* yang lebih rendah dari ketersediaan bandwidth akan terlihat *delay* yang biasa. Jika *train* dikirim pada *rate* yang lebih tinggi dari ketersediaan bandwidth *packet train* akan terjadi *delay* yang fatal karena ada *cross traffic* dalam link dan *delay* akan di amati dalam *train packet*. Untuk mendefinisikan ketersediaan bandwidth akan diperiksa *turning point* dimana *one way delay* dinisiasikan dan *train* mengirim *rate* yang mana merupakan pengukuran ketersediaan bandwidth dari *end-to-end path*. [8].

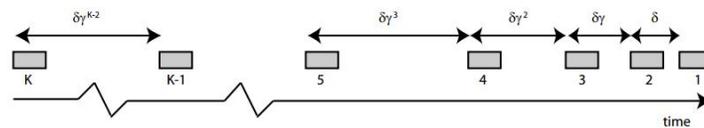


Gambar 2. 3 Probe Rate Model

2.3.1 PathChirp

PathChirp adalah tool yang digunakan untuk menghitung estimasi ketersediaan bandwidth (Available Bandwidth Estimation) pada *end-to-end*. PathChirp juga termasuk kedalam *active measurement*, hal ini dikarenakan PathChirp tidak menerima suatu paket begitu saja seperti tcpdump ataupun wireshark. Melainkan PathChirp mengirimkan suatu paket stream diantara dua host yang menjadi *sender* dan *receiver*. *Active measurement* melakukan injeksi

sejumlah paket khusus (probe) kedalam jaringan. Karena pengukuran aktif melakukan injeksi, teknik ini bisa menghasilkan estimasi yang lebih akurat dibanding dengan pengukuran passif. Akan tetapi pengukuran *active* ini memiliki kekurangan, yaitu tidak efisien. Hal ini disebabkan paket yang dikirimkan mengganggu *traffic* yang akan diukur dan berisi *payload* yang tidak berguna. Untuk melakukan estimasi ketersediaan bandwidth-nya, pathchirp mengirimkan chirp dari *Sender* ke *Receiver* lalu kemudian chirp tersebut dianalisa di *Receiver*. Berbeda dengan Pathload, PathChirp akan mengestimasi ketersediaan bandwidth disetiap chirp yang dihasilkan. Untuk meningkatkan akurasi dan efisiensi dari penghitungannya, chirp yang dikirim oleh PathChirp merupakan paket eksponensial. Maksud eksponensial disini adalah paket tersebut memiliki ukuran yang sama dan jarak antara paket akan berkurang secara eksponensial.



Gambar 2. 4 Paket stream yang dikirim oleh Pathchirp

Di PathChirp, paket probe (chirp) yang dikirimkan dari *sender* ke *receiver* bersifat *One-Way*. Hal ini dilakukan untuk mencegah terjadinya gangguan pada *traffic* yang disebabkan oleh paket probe yang dikirimkan. Oleh sebab itulah estimasi ketersediaan bandwidth bisa dilakukan dari setiap chirp yang sampai di *receiver*. PathChirp memiliki waktu pemeriksaan (*Probing*) yang tetap berdasarkan *spread factor*, panjang stream, dan ukuran paket[10]. Untuk mengetahui chirp rate pada saat pathChirp dijalankan maka digunakan rumus berikut :

$$R_k^{(m)} = P / \Delta_k^{(m)} \quad (2.1)$$

Dimana R merupakan chirp rate-nya, m adalah packet chirp number, k merupakan transmission time, sedangkan Δ_k adalah selisih dari (k + 1) dengan k. Dengan mengetahui berapa besar jumlah chirp rate yang ada, kita bisa mengetahui

terjadinya kenaikan queuing delay. Terjadinya kenaikan queuing delay ini disebabkan jumlah bandwidth yang tersedia lebih sedikit daripada chirp rate-nya.

$$E_k^{(m)} \geq R_k, \quad q_{k+1}^{(m)} \quad (2.2)$$

$$E_k^{(m)} \leq R_k, \text{ otherwise} \quad (2.3)$$

Untuk mengetahui estimasi jumlah ketersediaan bandwidth yang tersedia dari setiap paket yang dikirimkan $E_k^{(m)}$ yang nantinya akan dirata – rata agar menghasilkan perolehan estimasi ketersediaan bandwidth per-chirp yang dikirimkan.

$$D^{(m)} = \frac{\sum_{k=1}^{N-1} E_k^{(m)} \Delta_k}{\sum_{k=1}^{N-1} \Delta_k} \quad (2.4)$$

Cara kerja PathChirp :

1. Sender mengirim stream spaced packet secara eksponensial yang disebut dengan Chirps pada path network (m=1,2,3..)
2. Model perhitungan yang dilakukan pada Pathchirp untuk meng-estimasi ketersediaan bandwidth adalah dengan memanfaatkan jarak antara packet train-nya.

$$\Delta_k = (K + 1) - K \quad (2.5)$$

3. Parameter pathchirp adalah Probe Packet size P, Spread Factor Y, The Decrease Factor F, Busy period Threshold L, dan Interval Waktu T.
4. Jenis paket pada pathchirp adalah UDP dan setiap UDP paket yang dikirimkan membawa sender timestamp.
5. Di Pathchirp, probe packet hanya berjalan one-way dari sender ke receiver, lalu di receiver menampilkan estimasinya. Mirip dengan Pathload, yang melakukan estimasinya di receiver. Hanya dilakukan One-way saja untuk menghindari interfering probe chirp dari sender ke receiver.
6. Untuk menghitung available bandwidth

$$B[t - \tau, t] = \min_i \left(C_i - \frac{A_i[t - \tau + p_i, t + p_i]}{\tau} \right), \quad (2.6)$$

Dimana :

B = Available Bandwidth (Mbps)

C = Capacity

$[t - \tau, t]$ = Probes Transmitted (s)

$[t - \tau + p_i, t + p_i]$ = Time Interval (s)

2.3.2 Pathload

Pathload merupakan tool yang menerapkan metode Probe Rate Model untuk mengukur estimasi ketersediaan bandwidth. Pathload berisi dua komponen : proses SND yang berjalan pada *host sender* dan proses RCV yang berjalan pada *host receiver*. Dalam mengirimkan paket stream-nya, Pathload menggunakan User Datagram Protocol (UDP). UDP sendiri merupakan protokol yang digunakan untuk pengirimannya paket *lightweight* atau yang berkapasitas ringan. Pathload mengirim paket dari *sender* menuju *receiver*. Lalu di *receiver* dilakukan observasi jarak dan *loss rate* dari paket tersebut. Karena di Pathload, algoritma estimasinya dijalankan di *receiver*. Oleh karena itulah di *receiver* akan dilakukan perhitungan pada stream terakhir. Ketika terjadi pengiriman *rate* pada *link*, akan dilakukan kenaikan *trend* apabila jumlah ketersediaan bandwidth-nya lebih tinggi dibanding jumlah *rate* nya. Namun akan tetap konstan jika *rate* lebih rendah dibanding ketersediaan bandwidth. Disaat kenaikan *trend*, disini dilakukan *overload* paket atau dengan kata lain dilakukan pengiriman paket lebih banyak lagi.

Pathload tidak menentukan $rate (R) > Available Bandwidth (A)$ hanya dengan single stream saja, tetapi dengan beberapa stream. Setelah semua stream dari sebuah *fleet* diterima, RCV (red-proses yang terdapat pada receiver) akan menentukan apakah $R > A$. Setiap stream berisi ukuran paket dan waktu transmit dalam hitungan detik. Semua stream dalam sebuah *fleet* memiliki *rate* yang sama,