

# 仮想マシンを活用した ネットワーク QoS 制御検証システムの設計と実装

楠瀬 法生† 井口 信和‡ §  
近畿大学工学部情報学科† 近畿大学情報学部‡ 近畿大学情報学研究所 §

## 1. 序論

総務省の令和2年版情報通信白書によると、動画配信サービスの契約者数増加と動画ストリーミングサービスの普及により、トラフィック量が増加している。動画は、テキストや画像などのデータと比較するとデータ量が大きいため、ネットワークトラフィックを圧迫する[1]。これに伴い、通信遅延やパケットロス等の発生が報告されている。この対策の一つとして、トラフィックの優先度設定や優先的な帯域を確保できる技術の Quality of Service (以下、QoS) が有効である。

そこで本研究では、QoS の機能と設定の検証を目的に、QoS パラメータの計測を可能とする検証システム(以下、本システム)を設計し、実装した。本システムでは、仮想マシンによる複数のルータとホストから構成する。QoS パラメータを計測するために、仮想ネットワーク上のルータに対し QoS 制御を設定し、ネットワークに動画トラフィックを流す。その時の QoS パラメータである、パケットロス率とジッタを計測する。本システムにより、計測した QoS パラメータをルータごとに表示することで、QoS 制御の機能と設定の検証が期待できる。

## 2. システム構成

本研究は藤井らが開発してきた QoS 可視化システムを拡張した[2]。藤井らのシステムは、当研究室で開発してきた IP ネットワーク構築演習支援システム(以下、基盤システム)を基盤にしている[3]。藤井らは、Linux のファイアウォール機能である iptables によるパケットフィルタリングや Linux カーネルモジュールである Traffic Control によるスケジューリング、キューイング等を実装し、QoS の帯域制御や優先制御を実現している。本研究ではその機能に加えて、動画データ送信機能とトラフィックデータ取得機能を新たに実装する。本システムの概要を図1に示す。本システムはクライアントとサ

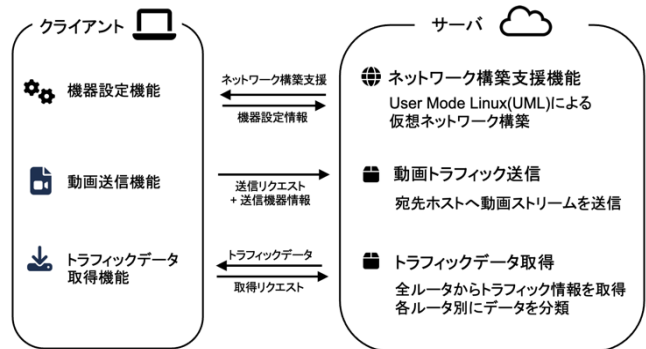


図1 システム概要図

ーバで構成される。サーバでは、仮想 Linux 環境である User Mode Linux(以下、UML)を用いて、仮想ネットワーク機器を動作させ、ネットワークの構築やクライアントからのリクエストに応じたコマンドをルータとホストに発行する。クライアントでは、GUI 上での仮想ネットワークの操作とボタンによる宛先ホストへの動画送信、及び各ルータへトラフィックデータの取得リクエスト、各ルータのトラフィックデータの表示が可能である。

### 2.1. ネットワーク構築支援機能

本機能は、基盤システムが持つ機能である。クライアント上の GUI で操作した仮想ネットワークの設定を、サーバで起動している UML に反映させる機能である。本機能により、仮想ホスト、仮想ルータの IP アドレス設定と OPSF によるルーティング、及び帯域制御と優先制御による QoS 制御を行い、仮想ネットワークの構築が可能である。クライアント上の GUI を図2に示す。GUI はネットワーク図表示部、コンソール部、機器情報表示部の3つの画面と画面左端に位置する機器追加部から構成されている。ネットワーク図表示部では、仮想ネットワークのトポロジ作成が可能である。機器追加部からルータとホストのアイコンを選択し機器の配置と結線による接続を行う。コンソール部では、各仮想機器の CLI と接続されており、各機器に対してコマンドを発行することが可能である。機器情報表示部では、各仮想機器のホスト名、各インターフェースの IP アドレス、及びサブネットマスク、MAC アドレス、インターフェースステータスを一覧で確認することが可能である。機器追加部では、トポロジ図を作成するた

Design and Implementation of a network QoS control verification system utilizing virtual machines.

Hosho KUSUNOSE†, Nobukazu IGUCHI ‡ §

†Department of Informatics, Faculty of Science and Engineering, Kindai University

‡Faculty of Informatics, Kindai University

§ Cyber Informatics Research Institute, Kindai University

めのルータとホストのアイコン以外に、動画送信パネル表示ボタンとトラフィックデータ取得パネル表示ボタンがある。

## 2.2. 動画送信機能

本機能は、仮想ネットワーク上の送信元ホストから宛先ホストへ動画を送信する機能である。GUI上の動画送信パネルで送信元ホストと宛先ホストを指定し、送信ボタンを操作することでサーバへ動画送信リクエストが送信される。その後、サーバの仮想ネットワーク上で、指定した送信元ホストから宛先ホストへ動画送信が行われる。動画送信には、動画と音声のエンコードとデコード、及びストリーミング配信、フォーマット変換が可能な FFmpeg を用いる。そして、送信元ホストにあらかじめ動画ファイルを保持させ、FFmpegにより動画ファイルを宛先ホストに動画ストリームとして送信する。

## 2.3. トラフィックデータ取得機能

本機能は、GUI上のトラフィックデータ表示パネルに仮想ルータから取得したデータをルータごとに表示する機能である。GUI上のトラフィック取得ボタンを操作することで、仮想ネットワーク上のルータに対し iptables コマンド、宛先ホストに対し iperf コマンドを発行する。その結果をサーバでルータごとに振り分け、クライアントに送信する。トラフィック表示パネルは、プルダウン形式でルータごとに取得パケット量とパケットロス率を確認できる。同様に、動画の宛先ホストを選択することで、宛先ホストで計測したジッタの平均値を確認できる。トラフィック取得ボタンは繰り返し操作可能であり、操作する度に最新のデータをトラフィックデータ表示パネルに表示する。図3にその表示例を示す。トラフィック経路は、送信元ホストと宛先ホストのIPアドレスと送信方向を示す。インターフェース入出力方向は、トラフィックが出入りしたインターフェース名とその方向を示す。取得パケットは、トラフィック別にそのルータが受け取った累計パケット数を示す。パケットロス率は、送信元が送信した総パケット数とルータが取得したパケット数を各トラフィック別に算出したパケット損失率を示す。

## 3. 実験

実験では、動作確認実験を行った。動画送信機能により動画ストリームを宛先ホストに送信し、トラフィックデータ取得機能により各ルータにてパケット取得量・ロス率を取得し表示する。また、宛先ホストでは受信したトラフィックのジッタを表示する。

### 3.1. 動作確認実験

実験として、動画トラフィックを流した後に、仮想ルータから取得パケット量とパケットロス率及び宛先ホストからジッタの平均値を正常に取得できるかを確認した。手順として、動画送信機能により宛先ホストへ動画トラフィックを送信し、トラフィックデータ取得機能によりルータごとにトラフィック

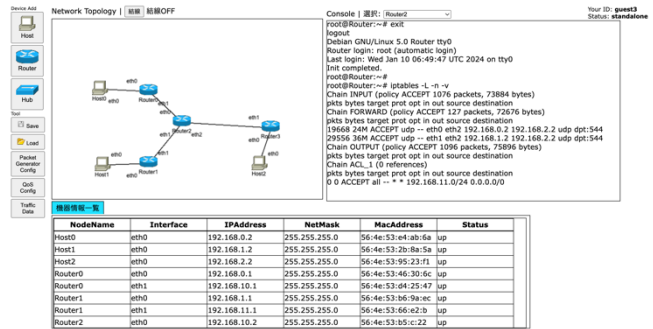


図2 ネットワーク構築支援 GUI

### FORWARD:

トラフィック経路：192.168.0.2 → 192.168.2.2  
 インターフェース入出力方向：eth1 → eth0 [udp]  
 取得パケット：9834 (12M)  
 パケットロス率：0.55%

トラフィック経路：192.168.1.2 → 192.168.2.2  
 インターフェース入出力方向：eth1 → eth0 [udp]  
 取得パケット：133 (164K)  
 パケットロス率：98.65%

### 図3 トラフィックデータ表示例

データを取得した。結果は、各仮想ルータから取得パケット量とパケットロス率を取得でき、トラフィックデータ表示パネルに収集したデータを表示可能なことを確認した。また、宛先ホストから、受信した動画トラフィックのジッタが取得でき、その平均値が表示されたことを確認した。

## 4. 結論

本研究では、QoSの機能と設定を検証するために仮想ネットワークで動画トラフィックを流した時のパケットロス率及びジッタを計測できる検証システムを開発した。本システムにより、QoSの設定によるトラフィックの変化をルータごとに確認することが可能であり、QoSの機能によってパケットロス率やジッタを軽減することが可能かどうかを検証することができる。

今後、性能評価実験の実施を予定している。異なるネットワークポロジ、及びQoS制御を設定したルータの設置箇所と数に応じたQoSパラメータの変化確認を目的として実験を行う。

## 参考文献

- [1] 総務省：令和2年版情報通信白書，入手先<<https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/r02/html/nd131210.html>>，参照 2023/12/18
- [2] 藤井勝央，吉原和明，井口信和：ルーター内部のQoS制御可視化システム，情報処理学会論文誌，Vol. 64, No. 5, pp. 1024–1030(2023).
- [3] Nobukazu Iguchi：Development of a self-study and testing function for NetPowerLab, an IP networking practice system, International Journal of SpaceBased and Situated Computing, Vol.4 pp.175-183 (2014).