

## SDN を用いた手術戦略デスク間ネットワークの提案 The Communication Network between Surgical Strategy Desks over SDN

中田 友貴<sup>†</sup>  
Yuki Nakata

佐藤 生馬<sup>†</sup>  
Ikuma Sato

藤野 雄一<sup>†</sup>  
Yuichi Fujino

### 1. はじめに

高度医療機器を導入したインテリジェント手術室と、術中情報を統合し手術状況の確認を行う手術戦略デスクが提案されている[1][2]。この環境下では、悪性脳腫瘍術後 5 年生存率の向上が確認されており、各医療機関がこれらの設備の導入を検討している。

各医療機関がこれらの設備を新規導入・運用するにあたり、この環境下での臨床経験が少ないため、導入済みの病院の臨床応用・運用例の共有や術中のリアルタイムな運用アドバイス等が重要となる。そこで、臨床経験豊富な遠隔の病院とオンデマンドに接続、情報共有を行い、知見の共有や手術時のアドバイスが可能な通信環境が望まれている。この通信で共有する術中情報には術中 MRI や術野の映像などの大容量データがある。それらのデータは手術状況の確認において重要な要素であるため、手術状況に合わせ、他のデータよりも高品質維持や高速な伝送等の QoS 制御が必須である。

遠隔の医療機関との従来のインターネットをベースとしたベストエフォート型ネットワークを介した通信での実現には個人情報の流出等のセキュリティ問題、帯域問題など様々な問題がある。これらは従来のネットワーク技術では限界があるため、これらの問題を解決する新たなネットワークが望まれている。

我々は次世代ネットワークである Software Defined Network(SDN)に注目した。SDN はネットワークの仮想化による安全性の確保、ネットワークの構成、機能、性能を動的に設定、変更する事による自由度の高いトラフィック制御が可能である[3]。

本研究では、SDN を用いることで術中情報の安全な伝送と動的な伝送制御を実現する遠隔手術戦略デスク間通信を提案する。その第一ステップとして SDN を用いたトラフィック制御の機能実現の確認を目的として、SDN シミュレータによる実現可能性の検証を行う。次のステップとして、実際の SDN 対応機器を用いて、実験環境を構築し、シミュレータ上で検証した機能の実装を行う。最終ステップでは、JGN-X などの実ネットワークを使用して実際に遠隔地との運用実験を行うことを目標とする。

### 2. SDN

SDN はデータプレーンを担う SDN スイッチとコントロールプレーンを担う SDN コントローラで構成されている。SDN コントローラから API を経由して制御メッセージを各 SDN スイッチに送信することでトラフィック制御を行う[1]。SDN コントローラと SDN スイッチ間を繋ぐ API はいくつかあるが、Open Networking Foundation が中心となって標準化が進められている OpenFlow があり、最も盛んに研究が行われている。OpenFlow は SDN コントローラが SDN スイッチに対し指示を行う際用いられるプロトコルである。OpenFlow は対応したネットワーク機器であれば、外部から OpenFlow で定義されているメッセージ

を各機器に転送することで制御を行い、ネットワーク全体を一つのソフトウェアで管理することが可能となる[4]。パケットの転送制御方法には表 1, 2 の様なアクションや条件が定義されている。SDN コントローラはこれらのアクションや条件の組み合わせを SDN スイッチに対して指示することで複雑なトラフィック制御を実現している。これによりネットワーク管理者は自由なネットワーク制御が可能となる。

OpenFlow は現在までに ver1.5 までリリースされている。本研究では、OpenFlow ver1.3 で定義されているパケット転送制御定義を用いてトラフィック制御を行った。

表 1 OpenFlow パケット制御アクション例

アクション	動作
Outputs	パケットを指定されたポートに転送
Set-Queue	パケットにキューIDをセット
Drop	アクションを持たないパケットの削除
Group	指定されたグループを通じ、パケット処理
Push-Tag/Pop-Tag	タグの挿入と削除

表 2 OpenFlow パケット制御条件例

フィールド	意味
Ingress Port	トラフィックの入力ポート番号
Ethernet src address	送信元 MAC アドレス
Ethernet dst address	宛先 MAC アドレス
Ethernet type	プロトコル種別
VLAN id	VLAN ID
VLAN priority	VLAN PCP 値
IP src address	IP 送信元アドレス
IP dst address	IP 宛先アドレス
IP protocol number	プロトコル番号
IP ToS bits	ToS 値
Transport src port	送信元ポート番号
Transport dst port	宛先ポート番号

### 3. SDN シミュレータ

SDN シミュレータには All in one VM と Mininet + Ryu SDN Framework [5] (以下 Ryu)を用いた。All in one VM では VPN 構築、SDN コントローラや SDN スイッチの制御等、SDN の基本機能の確認を行った。また、All in one VM では SDN トポロジに 3 つ以上ノードを配置することが出来ないため、SDN トポロジを自由に構成可能な Mininet と SDN コントローラ用フレームワークの Ryu を新たに SDN シミュレータツールに選出した。Mininet + Ryu を用いて仮想 SDN トポロジの拡張を行い、機能の開発・シミュレーションを行った。

### 4. 評価実験と結果

本章では各シミュレータでシミュレートした機能やシステムとその性能評価手法について述べる。本研究では、はじめにトラフィック制御機能の実装を行う為の前実験として All in one VM を用いて仮想ネットワークのブリッジ接続化、仮想—物理デスクトップ間での UDP による動画伝

送を行った。また、VPN 構築機能の検証のため、仮想環境上の仮想ルータの設定、接続確認を行った。次に動的な通信経路最適化を行うため、ダイクストラアルゴリズムを用いた最短経路探索機能の SDN 上でのシミュレートを行った。この機能のシミュレートには自由に SDN トポロジを構築可能な Mininet と SDN コントローラ用フレームワークの Ryu を用いた。

#### 4.1 VPN 構築

本機能は All in one VM 上でシミュレートした SDN で確認を行った。シミュレートした SDN のトポロジを以下の図 1 に示す。シミュレータ上に構築した SDN の各仮想ホストに対し、それぞれのネットワークに属する端末から接続可否の確認を行い VPN 構築の確認を行った。以下の表 3 に結果を示す。

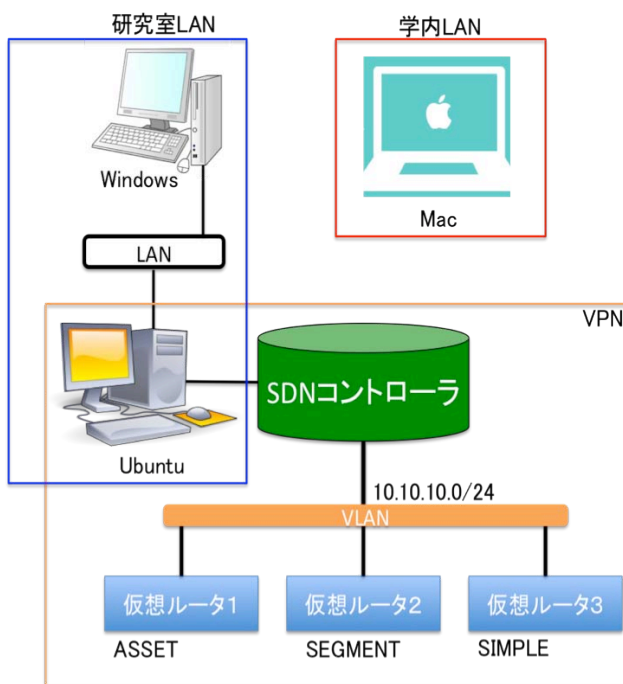


図1 仮想SDNトポロジ (All in one VM)

表3 パケットの受信結果

	Router1 (ASSET)	Router2 (SEGMENT)	Router3 (SIMPLE)
Mac	100%の損失	100%の損失	100%の損失
Windows	100%の損失	100%の損失	100%の損失

#### 4.2 UDPによる動画伝送

ゲストOSであるUbuntuのブリッジ接続設定を行い、VMware内でゲストOSのIPアドレスを確認し、ホストOSと別のIPアドレスの割り振りを行い、インターネットへの接続を確認した。その後、UDPによるゲストOS-ホストOS間での動画伝送を行った。また、動画伝送を行う際フレームタイマーをUSBカメラで撮影した。USBカメラにはバッファローコクヨサプライのBSW50KM01Hを用いた。カメラ映像は320x240, 30fpsで送信した。カメラ映像伝送開始時、伝送開始から1分、3分、5分のそれぞれでゲストOS側、ホストOS側で出力したカメラ映像

のスクリーンショットを取得し、動画像転送遅延の確認を5回行った。ここでは画像符号化遅延、ネットワーク伝送遅延、画像復号化遅延を合わせたものを動画像転送遅延とした。以下の表4に結果を示す。

表4 転送時間別平均遅延

開始時	0.21 秒
1分	0.24 秒
3分	0.23 秒
5分	0.26 秒

#### 4.3 最短経路探索機能

Mininet + Ryu では All in one VM 上でシミュレートした SDN トポロジを拡張し、始点ノードから目標ノードまでの最短経路を動的に探索する機能の実装を行った。図2にシミュレートしたSDNトポロジを示す。

目標までの最短経路探索にはダイクストラアルゴリズムを用いた算出手法を用いた。SDN コントローラは各SDNスイッチに対し、一定間隔で状態の確認を行うことで、経路コストを動的に評価する。これによって動的な最短経路探索を可能とした。

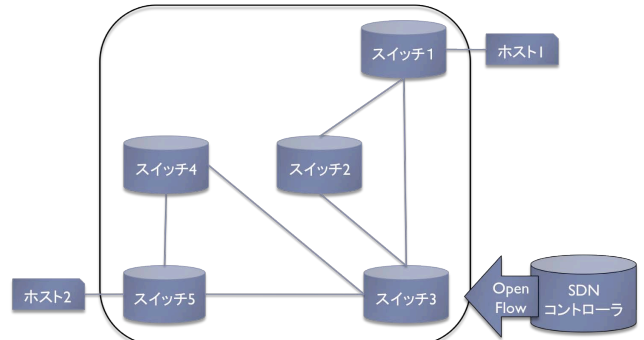


図2 仮想SDNトポロジ (Ryu)

#### 5. まとめ

本研究では、SDNを用いた遠隔手術戦略デスク間通信を提案した。今回は、SDNシミュレータ上でVPN構築機能の確認、動的な最短通信経路選択機能の実装を行った。今後は、今回実装した最短経路探索機能を用いたQoS制御実験を行い、従来の術中情報の品質保持と転送時間の高速化のため、転送データに合わせ動的に帯域確保を行う機能の実装を行う予定である。

#### 参考文献

- [1] “インテリジェントオペ室・MRI誘導手術対応システム”, 伊関 洋・堀 智勝・谷口 拓樹・村垣 善浩・高倉 公朋・小澤 紀彦・中村 亮一・杉浦 円・白川 洋, MEDIX VOL.39, 2003.9, p.12
- [2] “インテリジェント手術室と大容量ネットワーク”, 伊関 洋, テラヘルツ合同フォーラム報告 2011.6.27
- [3] “Open Networking Foundation”, Access 2015.6.22 [online] <https://www.opennetworking.org/sdn-resources/sdn-definition>
- [4] “OpenFlow Switch Specification”, ONF TS-006, 2012.6.25
- [5] Ryu SDN Framework, <https://github.com/osrg/ryu>
- [6] “An SDN Approach: Quality of Service using Big Switch’s Floodlight Open-source Controller”, Ryan Wallner, Robert Cannistra, Proceedings of the Asia-Pacific Advanced Network 2013 vol.35, p.14-19.

† 公立はこだて未来大学, Future University Hakodate