

MR によって実空間に実務環境を再現する ネットワーク設計補助システムの検討

後安謙吾^{†1} 井口信和^{†2}

概要: ネットワークの構成を変更する際には、事前に設計を行う。設計では、現状のネットワークの構成などの調査を実施する。ネットワークの構成を把握するには、物理構成図や論理構成図を用いる。しかし、構成図の情報ではネットワーク機器間の距離などが不明瞭なため、設計したネットワークが現場で構築できない恐れがある。そのため、現場に赴くことが考えられるが、設計ごとに現場に赴く必要があり、手間を要する。設計後には変更により障害が発生しないかの検証を実施する。検証では、稼働しているネットワークと同様の環境を用意し、実施することが有効であるが、経済的な問題などから容易ではない。これらの問題を解決するため、我々は MR によって実空間に実務環境を再現するネットワーク設計補助システムを開発している。本システムにより、設計段階で実務環境の設定情報や、ネットワーク機器間の距離などの物理情報を考慮したネットワークの設計が可能になる。また、設計したネットワークの検証が、実機を用いることなく、実務環境に近い環境で実施可能となる。

キーワード: Mixed Reality, Microsoft HoloLens, ネットワーク設計, 検証, 仮想環境

Study of Network Design Support System that Reproduces the Working Environment in Real Space by MR.

KENGO GOAN^{†1} NOBUKAZU IGUCHI^{†2}

Abstract: Before changing the network configuration, the network engineer performs design work. In the design, network engineers investigate the current network configuration. To understand the network configuration, use a physical configuration diagram or a logical configuration diagram. However, if only the information of the configuration diagram is used, the distance between the network devices is unclear, so the designed network may not be constructed on site. Therefore, it is possible to go to the field, but it is necessary to go to the field every time the network engineer performs the design, and it takes time and effort. After the design, we will verify if there is a failure due to the change. In the verification, it is effective to prepare and conduct the same environment as the operating network, but it is not easy because of economic problems. In order to solve these problems, we are developing a network design support system that reproduces the working environment in real space by MR. This system makes it possible to design a network that takes into account physical information such as the setting information of the working environment and the distance between network devices at the design stage. In addition, verification of the designed network can be performed in an environment close to a practical environment without using a real machine.

Keywords: Mixed Reality, Microsoft HoloLens, Network design, Verification, Virtual environment

1. はじめに

ネットワークを構築する際には、要件を満たすネットワークをネットワークエンジニアが事前に設計する。設計では、稼働しているネットワーク(以下、実務環境)の構成や業務フロー、セキュリティ要件、ネットワーク上で動作するアプリケーションのデータ量などの現状調査を実施している[1]。実務環境の構成を把握する際には、ネットワークの物理的な配線形態を記述した物理構成図と、IP アドレスや VLAN などの論理的な情報を記述した論理構成図などを用いる。これらを用いることで、最適なネットワークの構成を検討している。しかし、構成図などの情報では、ネ

ットワーク機器間の距離などが不明瞭なため、設計したネットワークをデータセンターやサーバ室などの実際の現場で構築できない恐れがある。そのため、現場に赴き確認することが考えられるが、ネットワークの設計を行うごとに現場に赴く必要があるため手間を要する。

設計をした後には、構築するネットワークによって障害が生じないかを検証する。検証方法として、実務環境に近い環境を用意して行う方法と、一部分のネットワークを用意して行う方法がある[2]が、ネットワーク全体に影響がないかを確認する必要があるため、実務環境に近い環境で実施することが望ましい[3]。しかし、実務環境と同様のネットワークを用意するには、経済的や人力的な理由から実機の調達・維持は容易ではないため難しい[4]。

これらの問題を解決するために、我々は実機を用いることなく模擬的に実務環境を再現することを目的に MR(Mixed Reality)[5]によって実空間に実務環境を再現す

^{†1} 近畿大学大学院 総合理工学研究科
Graduate School of Science and Engineering Research, Kindai University
^{†2} 近畿大学 理工学部 情報学科
Department of Informatics, Faculty of Science and Engineering,
Kindai University

るネットワーク設計補助システムを開発している。MR は現実世界と仮想世界を融合する技術である[6]。MR を用いることで、実空間にホログラムとしてオブジェクトを表示することができる。このシステムでは、MR を実現するために Microsoft HoloLens[7] (以下、HoloLens) を採用する。そして、ネットワーク機器と結線に用いる LAN ケーブル、ネットワーク機器を収納するラックをホログラムとして表示する。また、HoloLens 上に表示したラックへのネットワーク機器の収納や、ネットワーク機器の設定及び結線を可能とすることでネットワークの構築を可能とする。そして、構築した模擬的な実務環境の保存と、読み込みを可能とする。さらに、実務環境の情報を取得し、本システム上で実務環境に近い環境を再現可能とする。本システムにより、設計段階で実務環境の設定情報や、ネットワーク機器間の距離などの物理情報を考慮したネットワークの設計が可能となる。また、設計したネットワークの検証が、実機を用いることなく、実務環境に近い環境で実施可能となる。

本稿は、以下の構成の通りである。2 章で本研究に関連する研究と本システムを比較する。3 章で本システムの詳細を説明する。4 章で本システムの内部構成について説明し、5 章で模擬的な実務環境の構築手順について述べる。6 章で本システムの利用想定について述べ、7 章で実験について説明する。最後に 8 章で本稿のまとめを述べる。

2. 関連研究

本システムに関連した研究として、堤らが実ネットワークのテスト環境を仮想的に提供することを目的とした、OpenFlow を用いたネットワーク運用管理支援システムがある[8]。このシステムは、稼働しているネットワークを仮想環境上に再現することにより、SDN とネットワーク機器に対して管理者が手動で設定を行う従来型のネットワークの両方をテストできる環境の提供を行っている。

また、NTT コミュニケーションズ株式会社により開発された VOLT(Versatile OpenFlow Validator)[9]が挙げられる。VOLT は、OpenFlow ネットワークの構成や経路情報を複製したテスト環境をシステム上に構築する。これにより、稼働しているネットワークと同じ条件で新たなネットワークの設計及びテストが可能となる。

これらのシステムの共通している点として、稼働しているネットワークの再現を目的としている。これに対して、本システムは、稼働しているネットワークの再現及び、ラックやネットワーク機器の位置といった物理的な情報の再現も目的としている。物理的な情報を再現することで、設計段階では、物理的な情報を考慮したネットワークの設計が可能になる。また、検証段階では、実務環境に近い環境で検証作業が実施可能になる。

次に、大成建設株式会社により開発された Hybridvision[10]がある。Hybridvision は VR 技術を用いて建

物の建築デザインに各種のシミュレーション結果を融合表示することで、建物の性能を総合的に予測評価することを可能にするものである。このシステムをデータセンターに適用することで、データセンターのラックの配置などを再現し、その環境を用いて空調の airflow をシミュレーションすることが可能である。また、免震と非免震による影響をシミュレーションすることも可能である。

また、VARceti により開発された AVROS DC[11]が挙げられる。AVROS DC は、VR 空間上にデータセンターを再現し、エンジニアへの訓練に利用するシステムである。再現した環境で障害を発生させることで、トラブルシューティングを行うことが可能である。

これらのシステムの共通点として、VR により仮想空間にデータセンターを再現することで、様々なシミュレーションや内部の確認などが可能である。これに対して本システムは、MR を用いて実空間にデータセンターを再現している。仮想空間に再現した場合、オブジェクト間の距離や高さなどの物理的な情報を直感的に把握することが難しい。一方で、実空間に再現することで、実空間と仮想のオブジェクトに関わりが生まれ、直感的にネットワーク機器間やラック間の距離が把握可能である。そして、本システムでは、ネットワークも再現しているため、再現した環境を用いて、ネットワークの変更による検証作業などを実施することができる。

さらに、富士通株式会社が AR を用いることで、データセンターでの巡回業務の作業負荷の軽減や、障害発生時に迅速かつ確実に対応することを目的に開発したシステム[12]が挙げられる。作業者は、このシステムを導入しているタブレットを用いてラック上の AR マーカーを読み取ることで、ネットワーク機器やサーバの稼働状態の確認や、サーバごとの点検項目の確認を行うことが可能となる。また、問題を発見した場合には、タブレット上に適切な対処方法が表示されるため、迅速な対応が可能となる。このシステムと本システムを比較すると、このシステムは、AR を用いてデータセンターでの保守や点検業務の支援を行っている。一方で本システムは、MR と仮想環境を用いて実機を用いることなく模擬的に実務環境を再現することで、ネットワークの設計の補助を行っているため異なる。

3. 研究内容

本章では、本システムについて述べる。最初に、本システムの概要を説明する。次に、本システムに関連する技術について述べる。次に、本システムで利用可能であるオブジェクトについて説明する。そして、我々がこれまでに開発してきた本システムの機能について述べる。最後に実装予定の機能について述べる。

3.1 システム概要

本システムの構成を図1に示す。本システムはHoloLens, 設定用PC, 仮想ネットワーク管理サーバ(以下, 管理サーバ)から構成される。管理サーバは, ネットワークエミュレータであるGNS3[13]を用いて, ネットワーク機器を動作させる(以下, 仮想ネットワーク機器)。そして, 仮想ネットワーク機器間を結線し, 設定することで仮想ネットワークを構築する。HoloLensはRouterボタン, Cableボタン, Rackボタンがエアタップされたとき, ネットワーク機器, LANケーブル, ラックをそれぞれ生成する。そして, それらはジェスチャーにより, 自由な位置に配置することが可能である。設定用PCはネットワーク機器がエアタップされたとき, 対応するネットワーク機器の設定コンソールを表示する。そして, 利用者は設定コンソールを用いてネットワーク機器へコマンドの発行を行う。

3.2 関連技術

本節では, 本システムに関連する技術について述べる。

3.2.1 Microsoft HoloLens

HoloLensはMicrosoft社が開発しているシースルー型のHMD(Head Mount Display)である。HoloLensはMRをコンセプトに開発された自己完結型のホログラフィックコンピュータであり, CPUやGPUが搭載されている。そして, OSとしてWindows10が搭載されている。HoloLensはMRを実現することで, オブジェクトを実空間上にホログラムとして表示することができる。HoloLensはハードウェア機能として, 慣性計測ユニット(IMU), 環境認識カメラ, Depthセンサー, RGBカメラ, 複合現実感キャプチャ, 周辺光センサーを持っている。これらの機能を使用して, 利用者の動きや, 現実世界を認識することが可能である。利用者の動きを認識することで, 利用者はジェスチャーにより, ホログラムとして表示したオブジェクトの操作が行える。

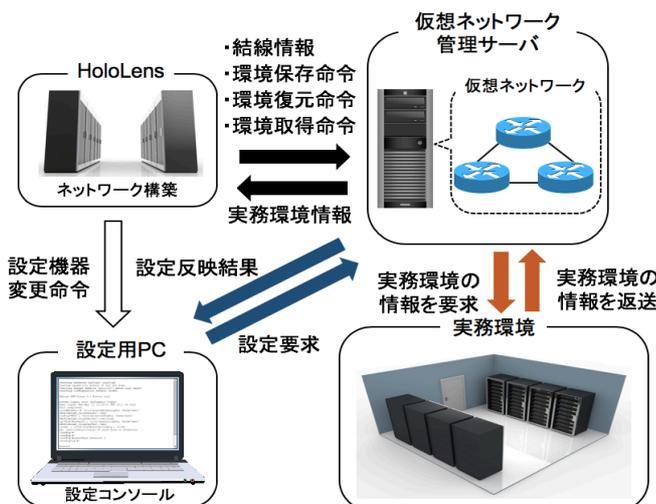


図1 システム構成

Figure 1 System configuration diagram.

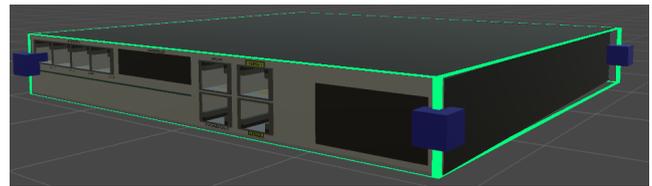


図2 ルータ

Figure 2 Router.



図3 LANケーブル

Figure 3 LAN Cable.

3.2.2 Unity

本システムの開発にはゲームエンジンであるUnity[14]を用いている。

UnityはUnity Technologiesが開発したゲームエンジンである。統合開発環境を内蔵しているため, Windows, Mac, Linuxなどのデスクトップ, iOS, Androidなどのスマートフォン, PlayStation, Xboxなどのコンソールゲーム, WEBブラウザなど複数のプラットフォーム向けに開発を行うことが可能である。

3.2.3 Blender

Blender[15]とはオープンソースの3次元コンピュータグラフィックスソフトウェアである。Blenderで作成したオブジェクトは, Unity上で利用することが可能である。この点から, 本システムで利用するオブジェクトはBlenderを用いて作成した。

3.3 本システムで利用可能なオブジェクト

本節では, 本システムで利用可能であるオブジェクトについて説明する。

3.3.1 ルータ

本システムで利用するルータのオブジェクトを図2に示す。ルータのオブジェクトはCisco Systems社のCisco1921[16]をモデルに作成した。オブジェクトには, 結線に利用するポートが6つあり, 利用者は結線の際に適宜用いる。このオブジェクトを用いてネットワークを構築する。

3.3.2 LANケーブル

本システムで利用するLANケーブルのオブジェクトを図3に示す。ネットワーク機器間の結線に用いるLANケーブルをモデルに作成し, 両端はRJ45のコネクタをモデルに作成している。LANケーブルの長さは利用者がネットワーク機器間を結線する際に設定する。

ネットワーク機器間の結線をするには, 両端のコネクタをジェスチャーにより移動させ, ネットワーク機器の使用するソケットに接続することで可能である。

3.3.3 ラック

本システムで利用するラックのオブジェクトを図4に示す。ラックのオブジェクトは本学のサーバ室で利用されているラックをモデルに作成した。このラックは、1 つにつき 11 台のネットワーク機器を収納可能としている。そして、ラックのオブジェクトはジェスチャーにより自由な位置に移動することが可能である。

ラックにネットワーク機器を収納する際には、ジェスチャーにより、ネットワーク機器を移動させることで行う。

3.4 これまでに開発した機能

本節では、これまでに開発した機器結線機能、機器設定機能、模擬実務環境保存機能、模擬実務環境復元機能について述べる。

3.4.1 機器結線機能

本機能は、HoloLens 上で接続されたネットワーク機器間の結線を仮想ネットワーク機器に反映する機能である。ジェスチャーにより、ネットワーク機器のソケットに LAN ケーブルが接続されたとき、本機能は、ネットワーク機器の結線の状態を結線情報として管理サーバに送信する。管理サーバは、受信した結線情報を仮想ネットワーク機器に反映する。本機能により、ネットワーク機器間の結線が行える。

3.4.2 機器設定機能

本機能は、設定コンソールで入力されたコマンドを仮想ネットワーク機器に反映する機能である。本機能は、設定コンソールで入力されたコマンドを設定要求として管理サーバに送信する。管理サーバは、設定要求に応じた処理を実行し、設定用 PC に対して処理した結果を設定反映結果として送信する。設定用 PC は設定反映結果を受信すると、設定コンソールに結果を表示する。本機能により、仮想ネットワーク機器の設定を行える。

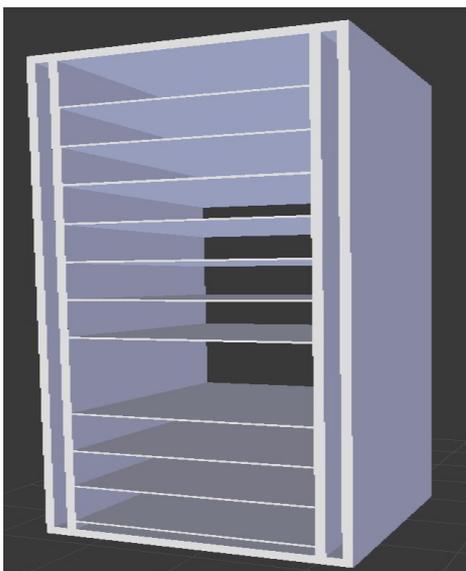


図4 ラック

Figure 4 Rack.

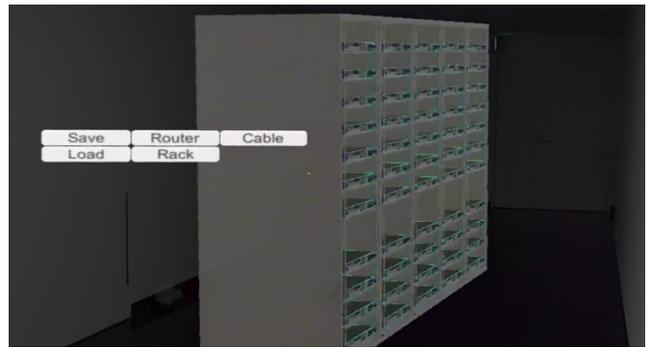


図5 模擬的な実務環境の例

Figure 5 Example of simulated working environment.

3.4.3 模擬実務環境保存機能

本機能は、構築した模擬的な実務環境を保存する機能である。HoloLens 上でネットワーク機器、LAN ケーブル、ラックのオブジェクトを表示し、ジェスチャーにより自由な位置に配置することや、ネットワーク機器間の結線を行う。そして、ネットワーク機器に対して設定コンソールを用いて設定を行う。これらを行うことで、模擬的な実務環境を構築する。模擬的な実務環境の例を図5に示す。構築した模擬的な実務環境を保存する場合、HoloLens 上で Save ボタンをエアタップする。Save ボタンがエアタップされたとき、HoloLens は HoloLens 上に表示しているオブジェクトの情報を保存する。また、HoloLens は管理サーバに対して環境保存命令を送信する。管理サーバは環境保存命令を受信すると、仮想ネットワークの情報を保存する。本機能により、構築した模擬的な実務環境を保存することができる。

3.4.4 模擬実務環境復元機能

本機能は、事前に保存した模擬的な実務環境を読み込み、復元する機能である。事前に保存した模擬的な実務環境を復元する場合、HoloLens 上で Load ボタンをエアタップし、復元する環境を選択する。復元する環境が選択されたとき、HoloLens は選択された環境を表示する。また、選択された環境を環境復元命令として管理サーバに送信する。管理サーバは、環境復元命令に対応する仮想ネットワークを読み込み、復元する。本機能により、保存した模擬的な実務環境を復元することができる。これにより、検証作業で変更した箇所を、検証作業前の状態に復元することができる。

3.5 実装予定の機能

本節では、実装予定である実務環境情報取得機能、実務環境再現機能について述べる。実務環境情報取得機能は、実務環境の情報(以下、実務環境情報)である、ネットワーク機器の設定情報やネットワーク機器間の結線状態、ラックの位置などを取得する機能である。実務環境再現機能は、実務環境情報取得機能で取得した実務環境情報を基に、本システム上で、実務環境を再現する機能である。

これらの機能による、実務環境の再現の流れを図6に示す。以下に流れを述べる。

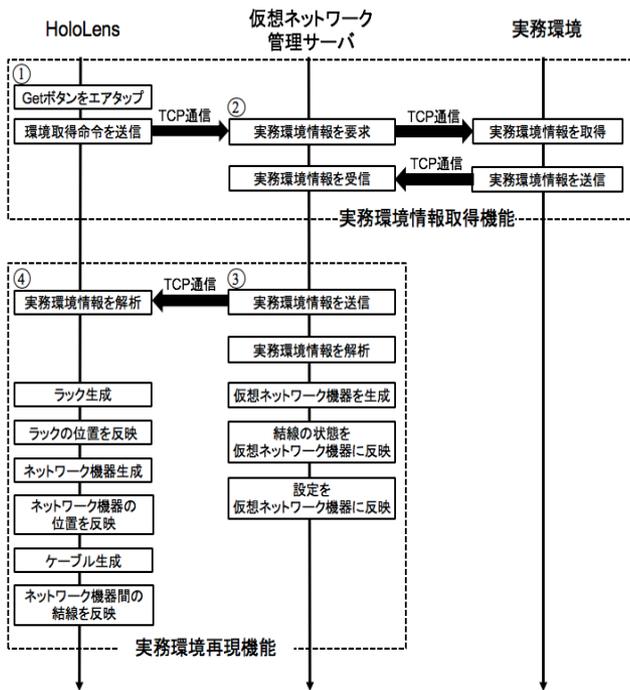


図 6 実装予定の機能を用いた模擬的な実務環境の再現の流れ

Figure 6 Flow of reproduction of simulated working environment using functions planned for implementation.

- ① HoloLens 上で Get ボタンがエアタップされたとき、HoloLens は環境取得命令を管理サーバに送信する。
- ② 管理サーバは受信すると、実務環境に実務環境情報を要求する。実務環境はネットワーク機器の設定情報、結線状態、ラックの位置を取得し返送する。
- ③ 管理サーバは、受信した実務環境情報を HoloLens に送信する。送信後、実務環境情報を解析する。そして、仮想ネットワーク機器を生成し、結線の状態及び設定を仮想ネットワーク機器に反映する。
- ④ HoloLens は、実務環境情報を受信すると、実務環境情報の解析を行う。その後、解析結果を基にラックを生成し、位置を反映させる。次に、ネットワーク機器を生成し、位置を反映させる。最後に、LAN ケーブルを生成し、ネットワーク機器間の結線を反映する。

4. システムの内部構成

システムの内部構成を図 7 に示す。HoloLens、設定用 PC、管理サーバのそれぞれに通信処理部が存在し、通信処理部が TCP 通信を用いて通信を行っている。

HoloLens には、機器結線部、オブジェクト処理部、設定機器変更部、ネットワーク自動構築部、模擬実務環境保存部がある。機器結線部は、ネットワーク機器間の結線を判定する。結線が行われたとき、機器結線部は通信処理部に対して判定結果を送信し、通信処理部が管理サーバに結線情報として送信する。オブジェクト処理部は、ジェスチャ

ーによるオブジェクトの移動とネットワーク機器、LAN ケーブル、ラックのオブジェクトの生成を管理する。そして、ネットワーク機器が生成されたとき、オブジェクト生成部は、通信処理部に対して、機器生成を送信し、通信処理部が管理サーバに対して、生成命令を送信する。設定機器変更部は、エアタップされた機器を認識する。そして、通信処理部に対して、エアタップされた機器を送信する。そして、通信処理部が設定用 PC に対して、設定機器変更命令を送信する。ネットワーク自動構築部は、保存した模擬的な実務環境の復元と実務環境情報を基に実務環境を再現する。復元する模擬的な実務環境が選択されたとき、オブジェクト処理部に処理命令を送信する。そして、オブジェクト処理部がオブジェクトの生成を行うことで、保存した模擬的な実務環境のオブジェクトを復元する。また、実務環境情報を受信したとき、実務環境情報を解析し、オブジェクト処理部に処理命令を送信する。そして、オブジェクト処理部がオブジェクトの生成を行うことで、実務環境の再現を行う。模擬実務環境保存部は構築された模擬的な実務環境のオブジェクトの情報を保存する。

設定用 PC には、機器設定部が存在する。機器設定部は、設定コンソールの表示とコマンドの解析、コマンドの発行による管理サーバからの結果を表示する。設定コンソールで入力されたコマンドを読み取り、通信処理部に送信する。通信処理部は設定要求として、管理サーバに対して、コマンドを送信する。そして、管理サーバが処理した結果を設定コンソールに表示する。

管理サーバには、仮想ネットワーク機器設定部、仮想ネットワーク機器間接続処理部、仮想ネットワーク機器起動部があり、これらの仮想ネットワーク機器管理機能が仮想ネットワーク機器の制御を行う。また、管理サーバは設定用 PC からコマンドを受信したとき、コマンドの処理した結果を設定反映結果として、設定用 PC に送信する。実務環境情報取得部は、実務環境から実務環境情報を取得し、

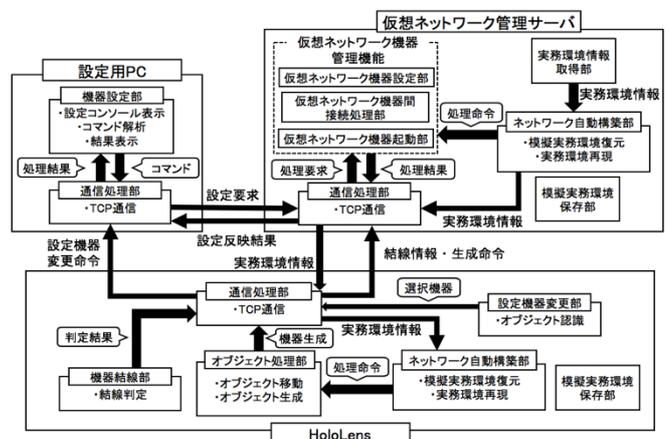


図 7 システムの内部構成

Figure 7 Internal configuration of system.

ネットワーク自動構築部に送信する。ネットワーク自動構築部は、保存した模擬的な実務環境の復元と実務環境情報を基に実務環境を再現する。保存した模擬的な実務環境を読み込むとき、仮想ネットワーク機器の生成命令と設定情報、結線情報を処理命令として仮想ネットワーク機器管理機能に送信する。これにより、保存した模擬的な実務環境の仮想ネットワークを復元する。また、実務環境情報を受信したとき、仮想ネットワーク機器の生成命令と、設定情報、結線情報を処理命令として仮想ネットワーク機器管理機能に送信する。これにより、実務環境のネットワークを再現する。模擬実務環境保存部は、構築された模擬的な実務環境の仮想ネットワークの情報を保存する。

5. 模擬的な実務環境の構築手順

本章では、まず、現状のシステムにより可能である模擬的な実務環境の構築手順について述べる。次に、実装予定の機能を開発することで可能となる模擬的な実務環境の構築手順について述べる。

5.1 現状の模擬的な実務環境の構築手順

現状のシステムによる模擬的な実務環境の構築手順を図8に示す。以下に構築の手順を述べる。

- ① HoloLens 上で Rack ボタンをエアタップすることで、ネットワーク機器を収納するラックを生成する。そして、ジェスチャーを用いてラックの配置を行う。
- ② HoloLens 上で Router ボタンをエアタップすることで、ネットワーク機器を生成する。そして、ジェスチャーによりネットワーク機器を移動させることで、ラックにネットワーク機器を収納する。
- ③ HoloLens 上で Cable ボタンをエアタップすることで LAN ケーブルを生成する。そして、ジェスチャーを用いて、両端のコネクタをネットワーク機器のソケットに接続することで、ネットワーク機器間の結線を行う。
- ④ ネットワーク機器間の結線後、設定用 PC の設定コンソールを用いてコマンドを発行することで、ネットワーク機器の設定を行う。
- ⑤ ネットワーク機器を HoloLens 上でエアタップすることで、設定を行うネットワーク機器を変更し、④と同様の方法でネットワーク機器の設定を行う。

これらを行うことで、模擬的な実務環境の構築を行う。しかし、現状のシステムの場合、一から模擬的な実務環境を構築する必要があるため、ネットワークの規模が大きくなるほど、構築に手間を要する。そのため、実務環境の情報を取得する実務環境情報取得機能と、取得した情報を基に自動で実務環境を再現する実務環境再現機能の開発を行う予定である。

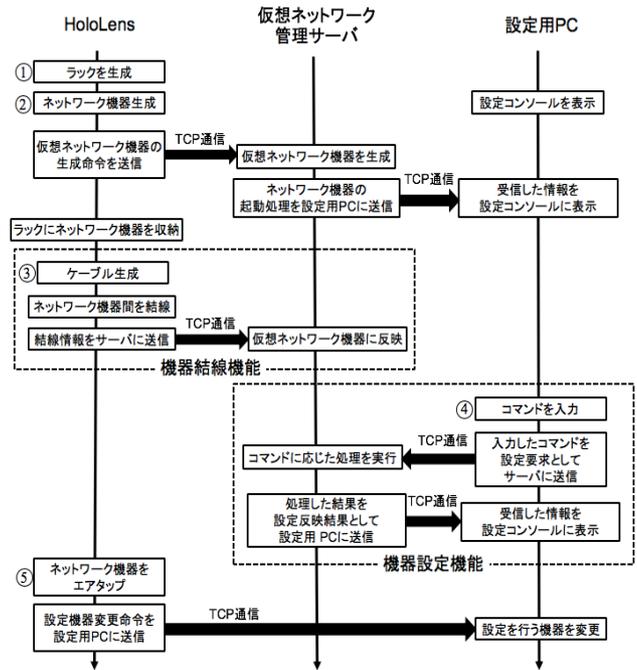


図8 現状のシステムによる模擬的な実務環境の構築手順

Figure 8 Procedure for building simulated working environment using the current system.

5.2 実務環境情報取得機能及び実務環境再現機能により可能となる模擬的な実務環境の構築手順

実務環境情報取得機能及び実務環境再現機能を用いることで、利用者はHoloLens上でGetボタンをエアタップするのみで、実務環境を再現することが可能となる。これにより、現状のシステムのように一から手で構築する必要がなくなるため、手間の削減が期待できる。なお、再現した実務環境に対して新たにネットワーク機器の追加、設定、結線も可能である。

6. 本システムの利用想定

本章では、本システムの利用想定を述べる。本システムの利用対象者はネットワークの保守・運用を行う、企業や組織のネットワークエンジニアである。本章では、はじめに、設計段階での利用想定について説明する。次に、検証段階での利用想定について説明する。模擬実務環境保存機能については随時、模擬的な実務環境を保存したい場合に使用する。

6.1 設計段階

- ① HoloLens 上の Get ボタンをエアタップすることで、模擬的な実務環境を構築する。
- ② 構築した模擬的な実務環境を用いて、現状のネットワークの設定情報を確認する。また、ネットワーク機器間の距離などを確認することで、物理的にネットワークを構築できるかを確認する。これらを基に、ネットワークの設計を行う。

6.2 検証段階

- ① HoloLens 上の Get ボタンをエアタップすることで、模擬的な実務環境を構築する。
- ② 構築した模擬的な実務環境を用いて、ネットワーク機器間の結線や設定変更を行うことで、新たに構築するネットワークを構築する。
- ③ 変更作業後、変更によりネットワークに障害が発生しないかの検証を行う。検証の際、ネットワーク機器間の結線や設定を変更した場合、模擬実務環境復元機能により、随時、保存した模擬的な実務環境へ復元することが可能である。

7. 実験

本章では、HoloLens を装着した作業に関する利用評価実験及び今後実施する予定である実験について述べる。実験に使用するハードウェアとして、設定用 PC には MacBookAir (CPU:Corei5, Mem:4GB, OS:macOS Sierra), HoloLens には 2017 年モデルの DevelopmentEdition, 管理サーバには CPU:Corei7@3.6GHz, Mem:32GB, OS:Windows10 Pro 64bit の PC を用いる。

7.1 実施した実験

本節では、HoloLens の装着により、疲れや酔い、不快感があるかに関して実施した利用評価実験について述べる。実験対象として、本学で開講されている Cisco Networking Academy[17]の修了生 11 名を対象に実施した。実験では図 9 に示すネットワークの構築を実施した。構築では、2 台のネットワーク機器の生成、機器間の結線を行い、ホスト名や特権モードのパスワードの設定や、パスワードの暗号化、IP アドレスの設定などの基本的なネットワーク機器の設定を実施していただいた。その後、機器間の疎通を確認し通信が行えることを確認していただいた。そして、構築後本システムの利用により、疲れや酔い、不快感があるかについてのアンケートを、5 を最高とする 5 段階評価及び自由記述形式により実施した。5 段階評価の評価項目と各評価項目に対する評価結果を表 1 に示す。5 段階評価によるアンケートの結果、HoloLens を装着した状態での作業は、疲れが少し生じることがわかった。しかし、酔いや不快感に関してはほとんど生じないことがわかった。自由記述によるアンケートでは、「HoloLens と眼鏡が干渉し、辛い」、「長時間の着用では首や肩が疲れる可能性がある」、「HoloLens の視野角が狭いため、オブジェクトが見にく

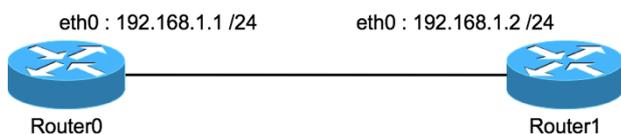


図 9 実験で構築したネットワーク
Figure 9 Constructed network in experiment.

表 1 アンケート結果

Table 1 Questionnaire results.

| 評価項目 | 平均 | 標準偏差 |
|---------|------|------|
| 疲れはどうか | 3.27 | 1.13 |
| 酔いはどうか | 4.36 | 0.98 |
| 不快感はどうか | 3.73 | 0.86 |

い」といった意見があった。

酔いや不快感に関する評価から、HoloLens を使用した作業の実施には問題ないことを確認した。しかし、自由記述によるアンケートのように長時間の使用が懸念される。今回の実験では、小規模なネットワーク構築という短時間の作業であったため、長時間の作業における影響度については改めて利用評価実験を実施し、検討する必要がある。

7.2 実施予定の実験

本節では、今後実施予定の実験について述べる。実験では、動作検証及び性能評価実験、利用評価実験を実施する予定である。

動作検証では、各機能が正しく動作するかを確認する予定である。本検証では、まず検証用のネットワークを実機を用いて構築する。次に、HoloLens 上で Get ボタンをエアタップすることで、構築したネットワークの情報を取得し、本システム上で同様のネットワークが構築されることを確認する。次に、Save ボタンをエアタップして、模擬的な実務環境を保存する。次に、HoloLens 上で新たにネットワーク機器間の結線を行い、設定用 PC を用いて設定を行うことで、ネットワーク機器間の結線と設定変更ができることを確認する。最後に、Load ボタンをエアタップし、先ほど保存した環境を読み込む。その結果、結線と設定を行う前の環境が復元されることを確認する。

性能評価実験では、管理サーバと HoloLens におけるネットワーク機器 1 台の起動に要するメモリ使用量と、ネットワーク機器を 10 台、50 台、100 台起動したときの遅延時間を計測する予定である。また、実務環境から情報を取得するのに要する時間及び、取得した情報を基に、実務環境を再現するまでに要する時間、構築した模擬的な実務環境の保存と読み込みに要する時間を計測する予定である。そして、実機を用いて構築した環境を用意し、その環境におけるネットワーク機器間などの距離と HoloLens 上でその環境を再現した場合のネットワーク機器間などの距離を比較し、その誤差を測定する予定である。

8. おわりに

我々は、MR によって実空間に実務環境を再現するネットワーク設計補助システムを開発している。本システムは、実務環境に近い環境を提供することができる。これにより、設計段階で実務環境の設定情報や、ネットワーク機器間の距離などの物理情報を考慮したネットワークの設計が可能

となる。また、設計したネットワークの検証が、実機を用いることなく、実務環境に近い環境で実施可能となる。

今後の予定として、実務環境情報取得機能及び、実務環境再現機能を実装する予定である。また、現在は特定のネットワーク機器を参考にオブジェクトを作成しているため、特定のネットワーク機器以外を用いて構築したネットワーク環境を再現する場合、実際の環境とは異なる外観となる。これを改善するために、様々なネットワーク機器のオブジェクトを作成していく予定である。そして、動作検証、性能評価実験、利用評価実験を実施する予定である。

謝辞 本研究の遂行にあたり、貴重なご助言及び HoloLens のご提供をいただいた(株)サイバーリンクス様に深く感謝致します。

参考文献

- [1] 大塚商会：ネットワーク構築に欠かせない現状調査，入手先<<https://www.otsuka-shokai.co.jp/media/theme/network/assess/>> (参照 2019-11-08).
- [2] 日経 NETWORK：ネットワーク管理 最強の指南書，日経 BP 社(2016).
- [3] のびきよ：現場のプロが教える！ネットワーク運用管理の教科書，マイナビ出版(2015).
- [4] 知念 賢一，宮地 利幸，篠田 陽一：Kuroyuri: ネットワーク実験記述言語処理系，コンピュータ ソフトウェア，Vol.27, No.4, pp.43-57(2010).
- [5] P. Milgram and F. Kishino.: A Taxonomy of Mixed Reality Visual Display", IEICE TRANSACTIONS on Information and Systems, Vol.E77-D, No.12, pp1321-1329 (1994).
- [6] 田村秀行，大田友一：複合現実感，映像情報メディア学会誌，Vol.52, No.3, pp266-272 (1998).
- [7] Microsoft：Microsoft HoloLens，入手先<<https://www.microsoft.com/ja-jp/hololens>> (参照 2019-11-08).
- [8] 堤啓彰，井口信和：実ネットワークの再現を可能とする OpenFlow を用いたネットワーク運用管理支援システムの開発と評価方法の検討，インターネットと運用技術シンポジウム 2013 論文集，Vol.2013, pp73-78(2013).
- [9] NTT コミュニケーションズ株式会社：VOLT，入手先<<https://www.ntt.com/about-us/press-releases/news/article/2013/20130611.html>>(参照 2019-11-08).
- [10] 佐藤康弘，大黒雅之，長瀧慶明，森川泰成：最先端 VR (バーチャルリアリティ) システム「Hybridvision」の開発，大成建設技術センター報，Vol.42, pp53-1-53-4(2009).
- [11] VARceti：AVROS DC，入手先<<https://varceti.com/>>(参照 2019-11-08).
- [12] 富士通株式会社：FUJITSU Software Interstage AR Processing Server 関連製品，入手先<<https://www.fujitsu.com/jp/products/software/middleware/business-middleware/interstage/products/arprocessserver/relatedproducts/>>(参照 2019-11-08).
- [13] Jeremy Grossmann, Dominik Ziajka, Piotr Pękala：Graphical Network Simulator-3，入手先<<https://www.gns3.com/>>(参照 2019-11-08).
- [14] Unity Technologies：Unity，入手先<<https://unity3d.com/jp>> (参照 2019-11-08).
- [15] Blender Foundation：Blender，入手先<<https://www.blender.org/>>(参照 2019-11-08).
- [16] Cisco Systems, Inc.：Cisco 1921，入手先<https://www.cisco.com/c/ja_jp/products/collateral/routers/1900-series-integrated-services-routers-isr/data_sheet_c78-598389.html>(参照 2019-11-08).
- [17] Cisco Systems, Inc.：Cisco Networking Academy，入手先<https://www.cisco.com/c/m/ja_jp/netacad.html>(参照 2019-11-08).