

## (1) 実証実験の概要と成果

今回の実証実験では、仮想化 Wi-Fi 基地局による Wi-Fi 仮想網、及びユタ大学が開発した仮想化基盤 ProtoGENI を用いて構築したクラウド機能を有する仮想網(以下、ProtoGENI 仮想網)を、仮想化ノードによる有線仮想網(以下、VNode 仮想網)を介して相互接続し、異なる 3 つの仮想化基盤(ドメイン)で Wi-Fi 仮想網内の Wi-Fi 端末から ProtoGENI 仮想網内のサーバまでの全区間を包含する有無線マルチドメイン仮想網を構築しました。3 つのドメインそれぞれにおいて利用する無線資源、ネットワーク資源、サーバ資源をまとめて記述した一つの仮想網(スライス)定義ファイルを作成し、日米にまたがる有無線マルチドメイン仮想網がワンクリックで構築できることを実証しました。仮想網定義ファイルの入力から仮想網の構築完了までの所要時間は約 4 分でした。

図 1-1 に、今回の有無線マルチドメイン仮想網の実験構成を示します。各ドメインの仮想網は、それぞれ NICT 本部に設置された仮想化 Wi-Fi 基地局 2 台、JGN-X が運用する国内 3 拠点の仮想化ノード、ユタ大学キャンパス内に設置された ProtoGENI ノード 4 台を用いて構成しました。仮想網間を SEP により相互接続するために、制御プレーン相互接続用のゲートキーパー(GK)ノード及びデータプレーン相互接続用のゲートウェイ(GW)ノードを各ドメインに 1 台ずつ構築しました。GK 間通信を中継する SEP コアノードを、GK と同じ制御用ネットワーク上に構築しました。

物理構成としては、SEP コア、VNode 仮想網向け VNode-GK 及び VNode-GW、ProtoGENI 仮想網向け Omni-GK 及び Omni-GW をユタ大学内に設置しました。Wi-Fi 仮想網向け WiFi-GK 及び WiFi-GW は、仮想化 Wi-Fi 基地局とともに NICT 本部(東京)に設置しました。NICT 本部・JGN-X 間の接続には JGN-X のアクセス回線を、JGN-X・ユタ大学間の接続には TransPAC 国際回線、米国内は Internet2、ユタ州内は Utah Education Network(UEN)といった回線を、それぞれ利用しました。

VNode 仮想網内は、ノード間でレイヤ 2 トンネルを構築する技術である GRE によるメッシュ型トポロジーとし、仮想網内での輻輳や障害発生時に即座に代替ルートに切り替えるといった機能を必要に応じて導入することが可能な構成としました。すなわち、任意のプロトコルやパケットフォーマットが新規に設計できるという VNode 仮想網の「高機能」という特徴は、今回構築した有無線マルチドメイン仮想網でも維持されています。

図 1-2 は、今回構築した有無線マルチドメイン仮想網により、NICT 本部内の Wi-Fi 端末がユタ大学内のクラウドサーバからパケットロスなく安定した応答が得られる様子を示しています。Wi-Fi 端末 40 台により擬似的な Wi-Fi 輻輳状態を生成した上で、端末・クラウドサーバ間で 400KByte のデータが往復する時間を、応答時間として計測しました。なお、図 1-1 の実験構成では、VNode-GW をユタ大学に設置した関係で、上記データが端末・クラウドサーバ間を 1 往復する間に、物理的に日米間リンクを 3 往復することになります。64Byte という小さいサイズのデータでも応答時間は約 400ms になります。このような理由により、図 1-2 では有無線マルチドメイン仮想網利用時でも、応答時間が 400ms 以上となっています。

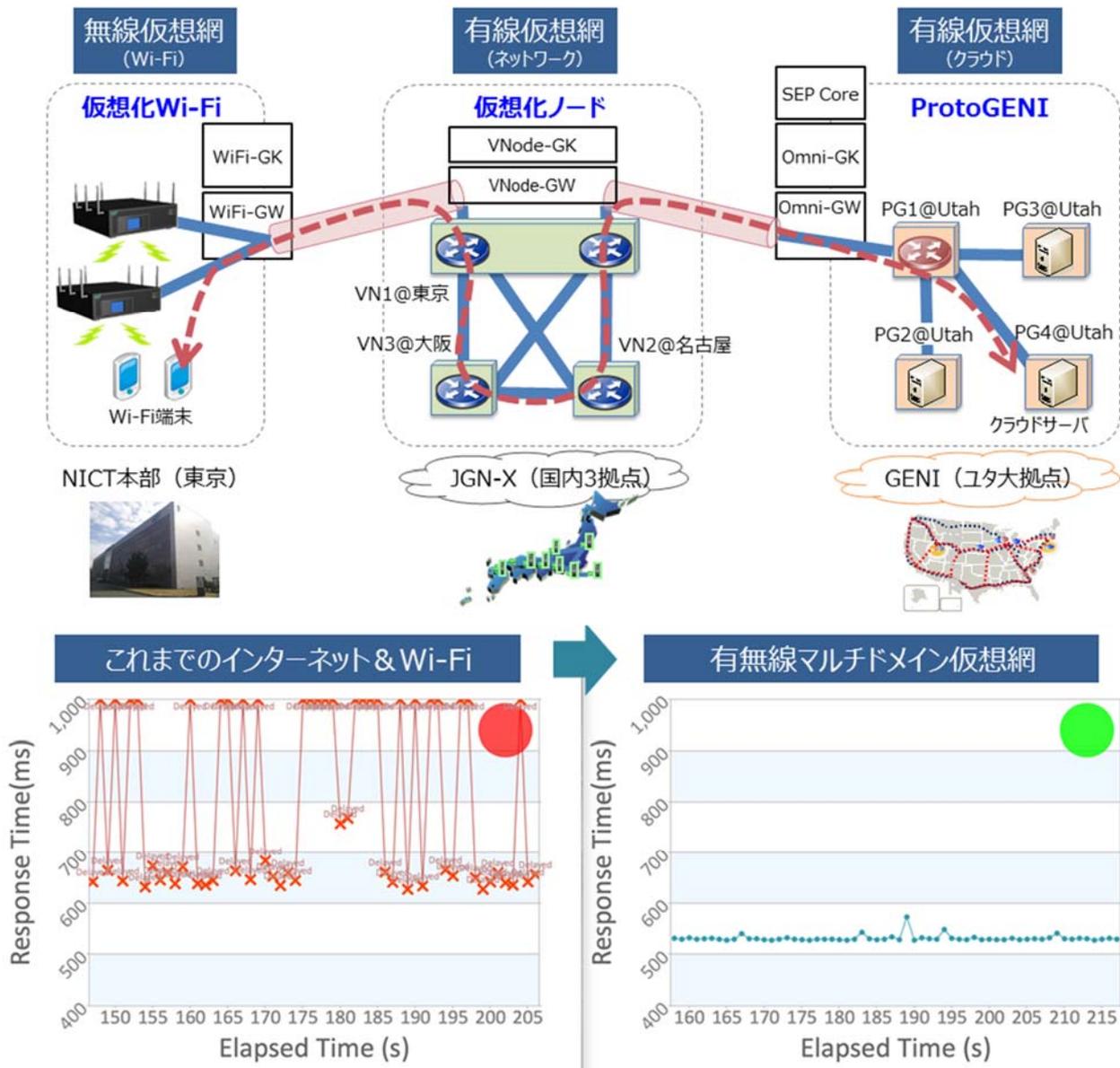


図 1-2: 有無線マルチドメイン仮想化網によりクラウドサーバからの応答が安定

## (2) SEP による有無線マルチドメイン仮想網構築の仕組み

図 2 に、SEP による有無線マルチドメイン仮想網構築の仕組みを示します。図 2 は、それぞれのドメインにおいて利用する無線資源、ネットワーク資源、サーバ資源をまとめて記述したスライス定義を、仮想化 Wi-Fi 側に構築したポータル機能を持つ Wi-Fi ポータルに投入するケースを示しています。

基本的な手順は以下の通りです。

- (1) まず、仮想網全体のスライス定義を受け付けた Wi-Fi ポータルは、Wi-Fi 仮想網に関する記述部分を分割し、それに基づく Wi-Fi 仮想網の構築を仮想化 Wi-Fi コントローラ(VNCS)にリクエストします。
- (2) Wi-Fi ポータルは、Wi-Fi 仮想網構築完了後、分割された残りのスライス定義を WiFi-GK に通知します。この時、仮想化 Wi-Fi コントローラが決定した WiFi-GK・VNode-GK 間 VLANID を併せて通知します。
- (3) WiFi-GK は、残りのスライス定義を ProtoGENI 仮想網用と VNode 仮想網用に再度分割します。まず ProtoGENI 仮想網用スライス定義を、SEP が規定するメッセージフォーマット及びプロトコルに基づき、Omni-GK に通知します。
- (4) 最後に、ProtoGENI 仮想網構築完了後、VNode 仮想網定義を VNode-GK に通知します。

Wi-Fi ポータル、Omni-GK 及び VNode-GK は、それぞれ受け取ったスライス定義を基に、ドメイン固有の仮想網生成コマンドを生成し、各ドメイン内のコントローラが提供する制御 API 等を用いて個別に仮想網を構築します。仮想網全体を削除する場合は、上記と逆の手順で、個別の仮想網を順に削除します。

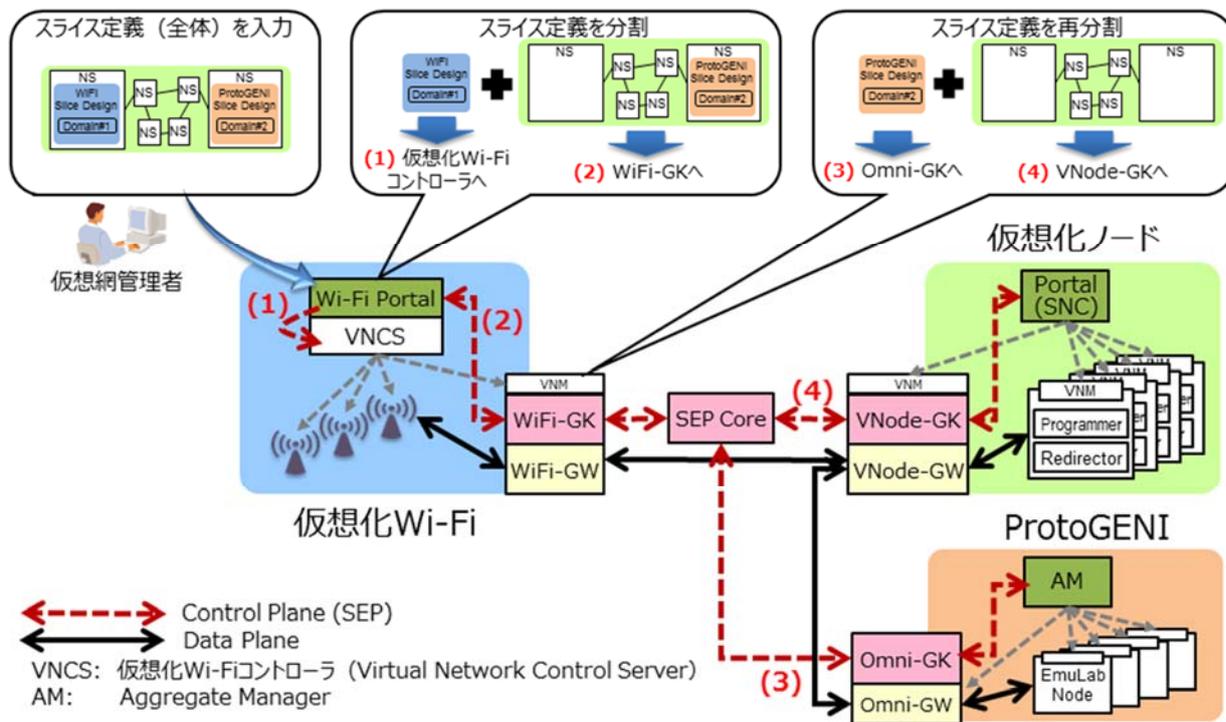


図 2: SEP による有無線マルチドメイン仮想網構築の仕組み

### (3) 実証実験システム

図 3 に、今回構築した実証実験システムのうち、NICT 本部側に設置したシステムの外観を示します。NICT が開発した仮想化 Wi-Fi システムは、仮想化 Wi-Fi 基地局 (複数)、それを收容する OpenFlow 機能を具備した WiFi-GW、及び仮想化 Wi-Fi コントローラ (VNCS) から構成されます。今回の実験では、仮想化 Wi-Fi コントローラと SEP ソフトウェアが動作する WiFi-GK 間で仮想網生成・削除コマンドの受け渡しができるように (図 2 の (1)、(2) の機能に相当)、Wi-Fi ポータルを新規に構築しました。Wi-Fi ポータル及び WiFi-GK は、1U サイズの IA サーバ上にそれぞれ仮想マシンとして実装しました。WiFi-GK、WiFi-GW は、VLAN を介して、それぞれ SEP コア、VNode-GW (ともにユタ大学内に設置) に接続しました。

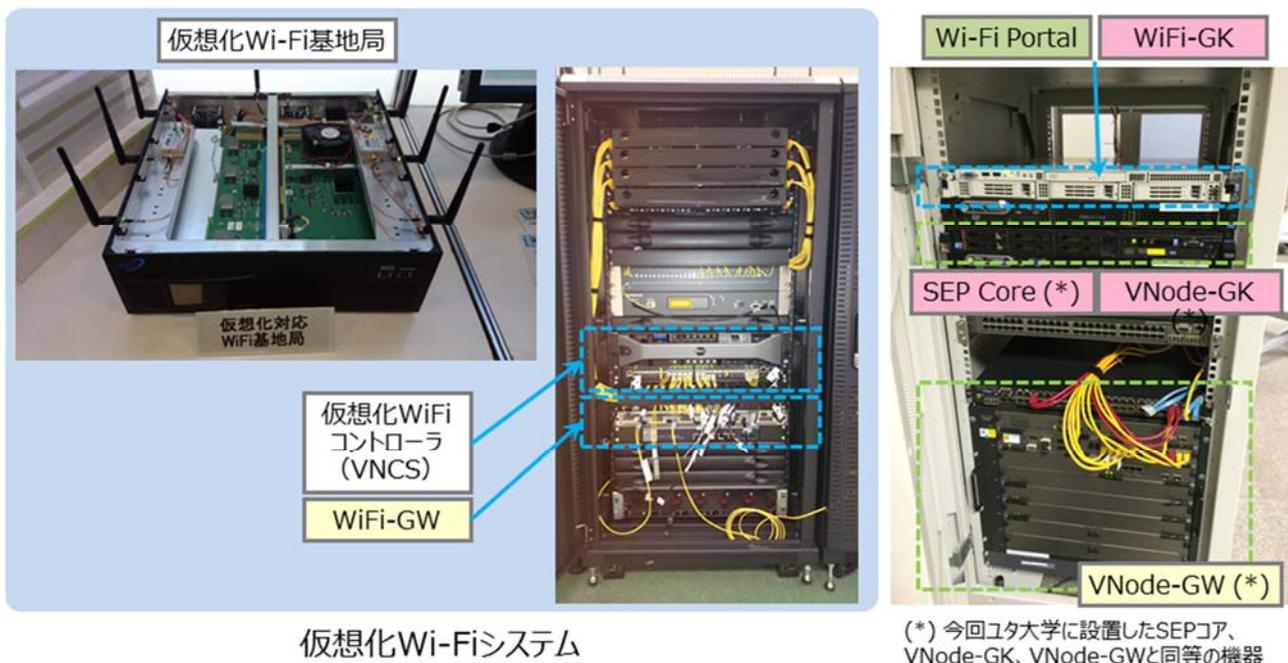


図 3: 実証実験システムの外観 (NICT 本部)

