

OpenFlow ネットワークを多数のコントローラから自由に制御可能にする新しい仕組み

(独) 情報通信研究機構 テストベッド研究開発推進センター
テストベッド研究開発室

N I C Tの新世代通信網テストベッドJ G N-Xでは提供サービスの1つとして、S D N (Software Defined Networking)*が利用できるテストベッドR I S E (Research Infrastructure for large-Scale Experiments)を広く一般に開放しています。OpenFlow**をはじめとするS D N技術は、個々の通信サービスに合わせた独自のネットワーク制御の仕組みや、これまでにない新しい通信方式を実現する手法として注目を集めています。R I S Eは、テストベッドユーザが、OpenFlowにより自由にネットワークを制御できる環境で、新たな通信サービスやネットワーク制御方式の実証実験を行うことができます。

R I S Eのように、OpenFlowを利用できる環境をクラウドのようにサービスとして提供するには、マルチテナント***化が必須です。マルチテナント化により、複数のユーザ(テナント)で資源を共有することができるので、サービス提供者は、資源や運用のコストを低減することができます。また、実ネットワークへの応用として、大規模なOpenFlowネットワーク上でマルチテナント化を実現することで、P Cやスマートフォン、さらには個々のアプリケーションやサービスが、専用のネットワークや最適化された独自の通信方式をクラウドのようにサービスとして利用可能になると期待されます(図1)。

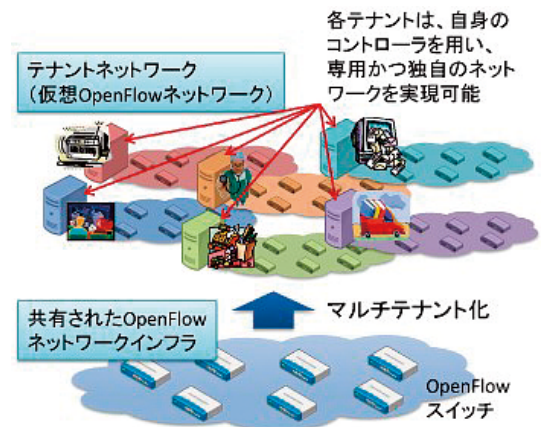


図1：マルチテナントOpenFlowの概念

大規模なネットワーク上では、テナントの数は膨大になります。そのような環境でOpenFlowの特長を生かすには、膨大な数のコントローラによる自由なネットワーク制御を可能にする必要があります。そのためには、テナントに制御対象のパケットを指定するためのアドレス空間(フロースペース)を自由に利用させる必要があります。しかし、実際に共有される物理資源上では、異テナントのトラフィックの混信を避けるため、フロースペースのアドレス空間の利用には制限があります。

そこで、本研究では、各コントローラが持っているフロースペースの資源を有効活用して、自由にネットワークを制御できる仕組みの実用性の高い方法による実現を目指しました。我々は、この仕組みを「OpenFlowの完全論理仮想化」と呼んでいます。なお、この仕組みについては、2013年3月に開催されたI C T研究交流フォーラム「ネットワーク仮想化の技術勉強会」において一部紹介しました。

我々が今回開発した仕組みは、以下の2つの機能で構成されます(図2)。

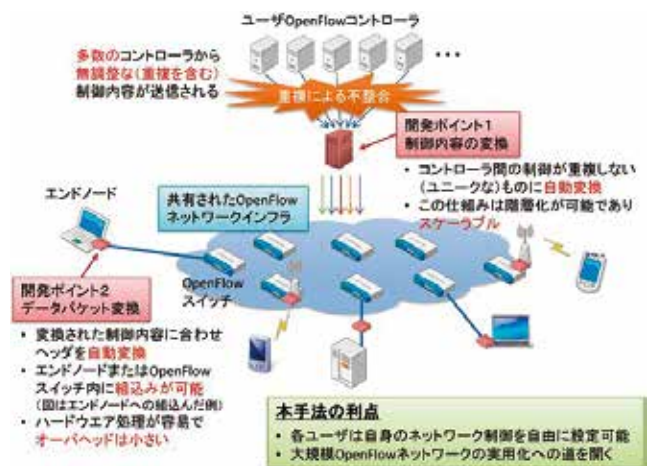


図2：今回開発した仕組みの概要

1. 制御内容の変換

スイッチとコントローラの間には複数のコントローラからの制御内容が重複しないように自動的に変換する機能を設けます。これにより、各コントローラが使用するフロースペースは論理仮想化され、OpenFlowスイッチが実際に使用するフロースペース（物理フロースペース）では重複することなく、OpenFlowネットワークを共有することが可能になります。

2. データパケット変換

OpenFlowスイッチとそれに接続されるエンドノードとの間に、変換された制御に合わせてデータパケットを自動的に変換する機能を設けます。これにより、エンドノードでフロースペースが重複していても、OpenFlowネットワーク内では区別して扱うことが可能になります。このパケット変換は、OpenFlow自体への機能拡張は不要であり、既存OpenFlowインフラへの導入が容易です。さらに、本変換で用いるMACアドレスの書き換え機能は、多くのOpenFlow対応スイッチ機器でハードウェア実装されていることから、処理のオーバヘッドを低く抑えることが可能です。

我々が今回特に工夫した点は、OpenFlowによる制御との整合性の確保です。本手法はMACアドレス領域が変換対象ですが、コントローラからの制御メッセージでMACアドレスのルールにワイルドカード（任意のアドレス）が指定された場合、複数のMACアドレスがそのルールにマッチすることがあります。その場合、それらのMACアドレスをユニークな別のMACアドレスに単純に書き換えてしまうと、その後OpenFlowネットワークを経て、受信ノードに転送する際に元のMACアドレスが復元できなくなります。そこで本手法では、MACアドレスにワイルドカードが指定された制御メッセージを受け取った場合、未変換メッセージとして記録しておき、それにマッチするパケットを実際に受け取った際に、そのMACアドレスに対してユニークな書き換えルールを作成します（図3）。この処理は、MACアドレスとフローエントリの関係が登録された後は発生しないため、オーバヘッドは大きな問題にはなりません。

今後の展望としては、本手法を応用してRISEの収容ユーザ数の大幅な拡大を実現したいと考えています。また、本技術の実用化に向けて、携帯端末環境などのエンドユーザ環境への組み込みや、実サービスとの連携を目指します。

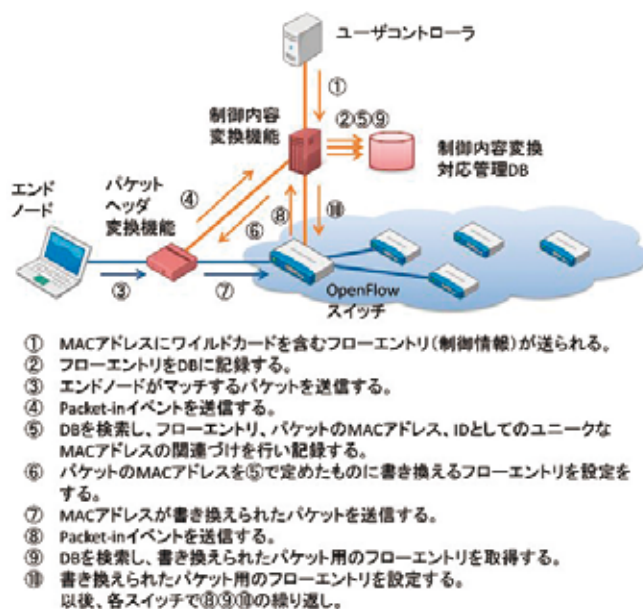


図3：ワイルドカードを含むMACアドレスの扱い

用語

***SDN (Software Defined Networking)**：ネットワーク機器における通信制御の仕組みを、従来のように機器内に一体化した形で実現するのではなく、機器の外部のソフトウェアにより自由にプログラム可能にする技術の総称。

****OpenFlow**：Open Networking Foundation (ONF) により業界標準化仕様策定が進められているSDN技術の1つで、多くの対応製品がリリースされている。OpenFlowにおける通信制御は、外部コントローラからフローエントリと呼ばれる情報

をスイッチに対して送り、スイッチはその情報に基づいてパケットの処理を決定することで実現される。

*****マルチテナント**：クラウドコンピューティングなどで、複数のユーザ（テナント）に対して個別に分離されたサービスを提供しつつ、そのための機材やソフトウェア、データベースなどのシステムは共有する方式。ユーザごとに専用のシステムを用意する「シングルテナント」に比べ、リソースや運用のコストを低減することができ、安価にサービスを提供できる。