

JGN-X を利用したレイヤ 2 構成技術の検討

山本 成一^{a),b)} 田原裕市郎^{c),a)} 上田 耕佑^{a)} 堀場 勝広^{d),a)}
 渡邊 貴之^{e),a)} 河合 栄治^{a),f)} 住友 貴広^{a)} 小林 和真^{g),a),f)}
 下條 真司^{a),h)}

A study of layer 2 structure method with JGN-X

Seichi YAMAMOTO^{a),b)}, Yuichiro TAHARA^{c),a)}, Kosuke UEDA^{a)},
 Katsuhiko HORIBA^{d),a)}, Takayuki WATANABE^{e),a)}, Eiji KAWAI^{a),f)}, Takahiro
 SUMITOMO^{a)}, Kazumasa KOBAYASHI^{g),a),f)}, and Shinji SHIMOJO^{a),h)}

あらまし

JGN-X とは独立行政法人 情報通信研究機構が運用する研究開発用テストベッドネットワークである。[1] 本稿では、平成 25 年度末の JGN-X の更改にて実施されたレイヤ 2 構成技術の検討と適用例の報告を行う。

1. テストベッドネットワークでのイーサネット利用における問題点

本稿では、JGN-X での各種研究開発の基盤となっているレイヤ 2 サービスについて、実験ユーザの多様な要求に応えるための基礎技術検討を報告する。JGN-X のレイヤ 2 サービスはユーザの指定するアクセスポイント間で、イーサネットフレームを転送するサービスである。この環境は複数ユーザが並行して実験可能なよう設計されている。このため、ユーザ毎にネットワーク環境を分離する必要がある、従来では vlan(IEEE 802.1q) を利用してきた。イーサネットフレームに vlan タグと呼ばれる識別子を付与することで、vlan に対応した機器は、識別子毎にネットワークを分離する機能をもつ。

vlan ネットワークの作成では、イーサネットフレームが通過する機器の各インターフェースにて、vlan 設定を投入する必要がある。複数機器間での vlan 設定を動的に行う技術 [2] は存在するものの、同一ベンダの機器に限定されるため汎用性に欠ける。JGN-X のような様々なベンダの機器を組み合わせている環境では利用できない。このため、vlan ネットワークの運用は、手

動作業に頼らざるをえず、作業コストが高くなるという問題がある。また、イーサネットは、環状のトポロジが作成されると、フレームが無限に巡回し、トラフィック溢れや機器の転送能力の限界到達により、ネットワーク停止を引き起こす問題がある。このため、スパニングツリープロトコルと呼ばれる、ループ防止をおこなう標準化された仕組みがある。しかし、ループ発生時のスパニングツリープロトコルの収束は時間がかかることが知られている。収束時間が改良されたプロトコル (RSTP) においても十秒単位が必要である。JGN-X のような多くのユーザをもつネットワークでは、このような断は、ユーザへの大きな影響となるため、配慮が必要となる。

2. レイヤ 2 構成技術の再検討

これらの問題を解決するため、JGN-X では、レイヤ 2 サービス構成技術の再検討を行った。ユーザ収容のインターフェースでは、高い汎用性が求められるため、既存環境より継続して、vlan を利用可能とした。そして、ユーザを収容するエッジ機能とバックボーン機能とに機能毎の切り分けを行い、バックボーン部分の変更を行うこととした。この切り分けでは、役割毎に物理的に機器を分離し、ユーザの収容規模に応じての機器変更を可能とする形にした。

また、バックボーンで利用する技術はモジュール化し、ユーザ収容部との依存関係を極力減らす形とした。このモジュール化では、JGN-X 当初より一部区間での利用で知見を得た、管理仮想化機能を利用した。^(注1) ネットワーク機器の仮想化により、複数のネットワーク機器の機能を 1 台に集約可能となる。このため、バックボーン技術を変更する事は、物理変更を伴わない、仮想化ネットワーク機器の入れ替えるのみで実現できる自

^{a)} 独立行政法人情報通信研究機構
National Institute of Information and Communications Technology

^{b)} 東京大学 生産技術研究所
Institute of Industrial science, The University of Tokyo

^{c)} KDDI 株式会社
KDDI CORPORATION

^{d)} 慶應義塾大学
Keio University

^{e)} ジュニパーネットワークス株式会社
Juniper Networks, Inc.

^{f)} 奈良先端科学技術大学院大学
Nara Institute of Science and Technology

^{g)} 倉敷芸術科学大学
Kurashiki University of Science and The Arts

^{h)} 大阪大学
Osaka University

(注1)：管理仮想化機能とは、単一機器内にてユーザ毎の動作環境を分離する機能である。近年パソコンで多様されている VM 機能のネットワーク機器版である。

名称	別名	標準化番号
VPLS	MPLS-VPN	RFC4761,RFC4762
QinQ	PB	IEEE 802.1ad
Mac-in-Mac	PBB	IEEE802.1ah
PBB-TE	同左	IEEE 802.1Qay
VXLAN	同左	RFC 7348
TRILL	同左	RFC 7176

表 1 イーサネットフレーム転送技術

由度が高い構成とした。

vlan タグ付きのイーサネットフレームを転送する主な技術としては、表 1 が挙げられる。これらの技術のうち、下記の点で VPLS を利用することとした。

- マルチスライス構成に対応すること
 - 運用コストを押さえること
 - 特定トラフィックを簡易にトラフィックエンジニアリング可能であること
 - 網変更時のトポロジ変動が短時間で収束すること
- スライスとは一定のポリシーを適用するネットワークであり、マルチスライス構成とは、物理的には重複する資源を利用するネットワーク上に、独立したポリシーが適用された複数のネットワークが構成される状態である。

具体的には以下の対応を行った。

大多数の一般的な JGN-X ユーザは、指定するアクセスポイント間での接続が確保されることのみを要求し、バックボーンネットワークのトポロジ構成への要求はない。これより、一般ユーザ用スライスを作成し、一般的なユーザを収容した。そして、この他に特殊ユーザ用スライスを作成し、その他のユーザ、つまりバックボーンネットワークのトポロジ構成に依存する実験を行うユーザ、および大量トラフィックを扱うためにネットワーク内のパス調整が必要なユーザを収容した。この際に、一般ユーザスライスでは LDP(Label Distribution Protocol) と BGP(Border Gateway Protocol) を利用した動的パス管理を行った。特殊ユーザ用スライスでは、RSVP(Resouce Reservation Protocol) と BGP を利用して、指定した区間でのパス管理を行った。

また、スライスでネットワークを分離することで、スライス単位でまとめたポリシー適用を可能とした。例えば、スライス A および B を収容する物理インターフェースにて、論理インターフェース A のみに帯域制限を行えば、スライス内での個別設定を行うことなく、該当論理インターフェースを通過するすべてのパスへの帯域制限が適用できる。

このように、VPLS を用いたマルチスライス環境を利用して、異なるポリシーのネットワークを構築した。

なお、網変更時のトポロジ変動対応は、VPLS ネットワークの下層で動作する OSPF ネットワークにて BFD(RFC 5880) を利用した。これにより、トポロジの変動が発生した場合には、スライスによらず、1 秒以内で収束する環境を実現した。

3. 実験環境での適用例

JGN-X にて大量トラフィックを利用するユーザを収容した例を紹介する。

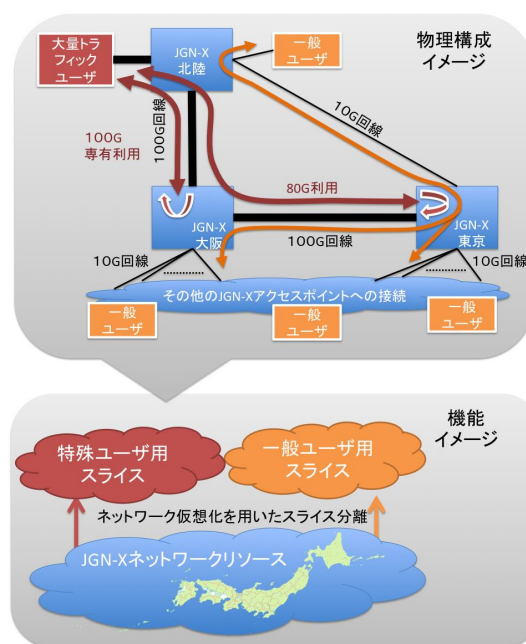


図 1 大量トラフィックユーザ実験への対応

大量トラフィックユーザによる実験申請にて、JGN-X 北陸に機器を設置し、北陸-大阪の回線専有利用、北陸-大阪-東京の上限付き利用の希望の問い合わせがあった。この実験に対応するため、JGN-X NOC では、北陸を利用する一般ユーザのトラフィックを、北陸-大阪から、北陸-東京の回線へ迂回させ、トラフィック競合を回避させた。つぎに、大量トラフィックユーザを収容する特殊ユーザ用スライスのみ、大阪-東京の区間での帯域制限を適用する構成を作成した。図 1 に実験対応の概念図を示す。

なお、これらの作業は迂回時に 1 秒未満の断を伴うのみであり、ユーザへの影響を最小限にとどめての実施ができた。また、万が一の事故発生時（例えば、誤って過大なトラフィックを流した場合や、網切断が発生した場合）でも、一般ユーザへの影響を局所的に押さえる対策が適用できた。

4. ま と め

本稿では、JGN-X の基盤であるレイヤ 2 ネットワークでの検討と実装、および実験例を紹介した。具体的には VPLS を利用したマルチスライス環境により、複数の異なるポリシーのネットワークを柔軟に構成できる事を示した。JGN-X は、この他にもレイヤ 3 のルーティング構成の冗長化や、100Gbps 回線をパケットレベルでモニタリングする機構の実装等、多くの更改を行っている。

参考文献

- [1] 山本成一, 小林和真, 河合栄治, 下條真司, “JGN-X の設計と実装”, インターネットコンファレンス, pp63-68, 2012
- [2] Cisco, “Configuring VLAN Trunk Protocol”, <http://www.cisco.com/c/en/us/support/docs/lan-switching/vtp/98154-conf-vlan.html>