



D10-0000033690 1.3 版

QX シリーズ Ethernet スイッチ

OpenFlow

オペレーションマニュアル

改版履歴

版数	日付	改版内容
1.0	2015/2	初版発行
1.1	2015/3/27	<ul style="list-style-type: none">● 適用装置にQX-S5300シリーズEthernetスイッチ、PF5459/QX-S5900シリーズEthernetスイッチ、PF5468-32QP/QX-S6832QP Ethernetスイッチの追加● 誤記訂正
1.2	2017/05/31	<ul style="list-style-type: none">● “1.3 OpenFlowインスタンスの設定”に“1.3.11 ループガード機能の有効化の設定”を追加しました。● “1.3 OpenFlowインスタンスの設定”に“1.3.12 Slow protocolパケットをフィルタするためのフローエントリ設定”を追加しました。● “1.8 OpenFlowのシャットダウン設定”を追加しました。● 適用装置にQX-S5400シリーズEthernetスイッチの追加● 誤記訂正
1.3	2018/03/31	<ul style="list-style-type: none">● 適用装置にQX-S6600シリーズEthernetスイッチの追加

All Rights Reserved

事前に NEC の書面による許可なく、本マニュアルをいかなる形式または方法で複製または配布することを禁止します。

商標

本マニュアルに記載されているその他の商標は、各社が保有します。

注意

本マニュアルの内容は、予告なく変更されることがあります。本マニュアルのすべての記述、情報、および推奨事項は、明示的か暗黙的にかかわらず、いかなる種類の保証の対象になりません。

輸出に関する注意事項

- 本製品（または技術）は、外国為替および外国貿易法に基づくリスト規制の該当貨物（または技術）ですので、輸出（または非居住者への技術の提供あるいは外国において技術の提供をすることを目的とする取引）を行う場合には、経済産業大臣の輸出許可（または役務取引許可）が必要となります。
- 本製品には米国の輸出関連法令の規制を受ける製品が含まれており、輸出する場合、輸出先によっては米国政府の許可が必要です。
- 本製品（ソフトウェア含む）は日本国内仕様であり、外国の規制等には準拠しておりません。

本製品は日本国外で使用された場合、当社は一切責任を負いかねます。また、当社は本製品に関し海外での保守サービスおよび技術サポート等は行っておりません。

本マニュアルについて

適用装置

本マニュアルの適用装置は以下となります。

装置	適用バージョン
QX-S5200G シリーズ Ethernet スイッチ	適用バージョンは各装置の OpenFlow リリースメモを参照してください。
QX-S5300 シリーズ Ethernet スイッチ	
QX-S5400 シリーズ Ethernet スイッチ	
PF5459/QX-S5900 シリーズ Ethernet スイッチ	
PF5468-32QP/QX-S6832QP Ethernet スイッチ	
QX-S6600 シリーズ Ethernet スイッチ	

関連マニュアル

次のマニュアルには、QX シリーズ Ethernet スイッチに関する詳細な説明があります。

マニュアル	内容
QX シリーズ Ethernet スイッチ OpenFlow オペレーションマニュアル	OpenFlow 機能の説明と設定手順を説明します。
QX シリーズ Ethernet スイッチ OpenFlow コマンドマニュアル	OpenFlow 機能に関してユーザがさまざまなコマンドを使用するときの参考になります。
QX-S5200G シリーズ Ethernet スイッチ OpenFlow リリースメモ	ソフトウェアバージョン間の変更点について記載しています。
QX-S5200G シリーズ Ethernet スイッチ インストールマニュアル	システムのインストールについて説明しています。
QX-S5200G シリーズ Ethernet スイッチ オペレーションマニュアル	機能の設定について説明しています。
QX-S5200G シリーズ Ethernet スイッチ コマンドマニュアル	機能に関するコマンドについて説明しています。
QX-S5200G シリーズ Ethernet スイッチ Web コンソール操作マニュアル	Web コンソールからの装置設定、状態確認等についての操作を記述しています。
QX-S5300 シリーズ Ethernet スイッチ OpenFlow リリースメモ	ソフトウェアバージョン間の変更点について記載しています。
QX-S5300 シリーズ Ethernet スイッチ インストールマニュアル	システムのインストールについて説明しています。

マニュアル	内容
QX-S5300 シリーズ Ethernet スイッチオペレーションマニュアル	機能の設定について説明しています。
QX-S5300 シリーズ Ethernet スイッチコマンドマニュアル	機能に関するコマンドについて説明しています。
QX-S5300 シリーズ Ethernet スイッチ Web コンソール操作マニュアル	Web コンソールからの装置設定、状態確認等についての操作を記述しています。
QX シリーズ Ethernet スイッチ Web 認証オペレーションマニュアル	Web 認証の設定について記述しています。
QX シリーズ Ethernet スイッチ Web 認証コマンドマニュアル	Web 認証に関するコマンドを使用するときの参考になります。
QX-S5400 シリーズ Ethernet スイッチ OpenFlow リリースメモ	ソフトウェアバージョン間の変更点について記載しています。
QX-S5400 シリーズ Ethernet スイッチインストールマニュアル	システムのインストールについて説明しています。
QX-S5400 シリーズ Ethernet スイッチオペレーションマニュアル	機能の設定について説明しています。
QX-S5400 シリーズ Ethernet スイッチコマンドマニュアル	機能に関するコマンドについて説明しています。
PF5459/QX-S5900 シリーズ Ethernet スイッチ OpenFlow リリースメモ	ソフトウェアバージョン間の変更点について記載しています。
PF5459/QX-S5900 シリーズ Ethernet スイッチインストールマニュアル	システムのインストールについて説明しています。
PF5459/QX-S5900 シリーズ Ethernet スイッチオペレーションマニュアル	機能の設定について説明しています。
PF5459/QX-S5900 シリーズ Ethernet スイッチコマンドマニュアル	機能に関するコマンドについて説明しています。
PF5468-32QP/QX-S5468QP Ethernet スイッチ OpenFlow リリースメモ	ソフトウェアバージョン間の変更点について記載しています。
PF5468-32QP/QX-S5468QP Ethernet スイッチインストールマニュアル	システムのインストールについて説明しています。
PF5468-32QP/QX-S5468QP Ethernet スイッチオペレーションマニュアル	機能の設定について説明しています。
PF5468-32QP/QX-S6832QP Ethernet スイッチコマンドマニュアル	機能に関するコマンドについて説明しています。
QX-S6600 シリーズ Ethernet スイッチ OpenFlow リリースメモ	ソフトウェアバージョン間の変更点について記載しています。
QX-S6600 シリーズ Ethernet スイッチインストールマニュアル	システムのインストールについて説明しています。
QX-S6600 シリーズ Ethernet スイッチオペレーションマニュアル	機能の設定について説明しています。
QX-S6600 シリーズ Ethernet スイッチコマンドマニュアル	機能に関するコマンドについて説明しています。

マニュアルの構成

QX シリーズ *Ethernet* スイッチ *OpenFlow* オペレーションマニュアルは以下の章で構成されます。

- **OpenFlow**
OpenFlow の設定について説明します。
- **付録**

表記規則

本マニュアルでは、次の表記規則を使用しています。

I. コマンド表記規則

表記規則	説明
太字体	コマンドラインを示すキーワードには 太字体 を使用します。
<i>イタリック体</i>	コマンドの引数は <i>イタリック体</i> を使用します。
[]	大カッコに囲まれた項目(キーワード、引数)はオプションです。
{x y ...}	選択する項目は、中カッコに入れて縦線で区切ってあります。1つを選択します。
[x y ...]	オプションの選択項目は、大カッコに入れて縦線で区切ってあります。1つまたは複数を選択します。
{x y ...}*	選択する項目は、中カッコに入れて縦線で区切ってあります。少なくとも1つ選択できます。
[x y ...]*	オプションの選択項目は、大カッコに入れて、縦線で区切ってあります。1つあるいは複数選択することも、何も選択しないこともできます。
&<1-n>	&の前のキーワードと引数を組み合わせます。引数で指定した数までキーワードを繰り返し指定できます。
#	#で始まる行はコメントを示します。

II. GUI 表記規則

表記規則	説明
<>	ボタン名は三角カッコに入っています。例えば、<OK>ボタンをクリックします。
[]	ウィンドウ名、メニュー項目、データ表、およびフィールド名は大カッコに入っています。例えば、[New User]ウィンドウが表示されます。
/	複数レベルのメニューはスラッシュで区切ってあります。例えば、[File/Create/Folder]。

III. キーボード操作

表記規則	説明
<KEY>	KEYのキーを押します。例えば、<Enter>はEnterキーを押します。
<KEY1 + KEY2>	複数のキーを同時に押します。例えば、<Ctrl+Alt+A>は3つのキーを同時に押すことを表します。
<KEY1, KEY2>	複数のキーを順番に押します。例えば、<Alt, A>は2つのキーを順に押すことを表します。

IV. マウス操作

表記規則	説明
クリック	マウスのボタンを素早く押します。特に指定がない場合は左ボタンを押します。
ダブルクリック	マウスの左ボタンを素早く2回押します。
ドラッグ	マウスの左ボタンを押したまま移動します。

V. 記号

表記規則	説明
 警告	表示を無視したり指示に従わない場合、利用者が怪我などをする恐れのある重要な情報を示します。
 注意	表示を無視したり指示に従わない場合、データの損失や破損、ハードウェアやソフトウェアの損傷などが発生する恐れのある重要な情報を示します。
 重要	注意を払う必要がある情報を示します。
 メモ	追加または補足となる情報を示します。
 ポイント	参考となる情報を示します。

VI. ネットワークアイコン

表記規則	説明
	ルータ、スイッチ、またはファイアウォールなどの一般的なネットワークデバイスを表しています。
	ルータまたはレイヤ3スイッチなどのルーティング対応のデバイスを表しています。
	レイヤ2、レイヤ3スイッチまたはレイヤ2転送機能に対応したルータなどの一般的なスイッチデバイスを表しています。

VII. 設定例

本マニュアルの設定例は各機能での代表的な設定例を示します。インターフェース番号、システム名の表記、display コマンドで表示される情報は、ご使用の装置と異なることがあります。

本マニュアルは以下に示す 2 個の章で構成されています。

01 – OpenFlow

02 – 付録

目次

1 章 OpenFlow の設定	1-1
1.1 概要	1-1
1.1.1 OpenFlow スイッチ	1-2
1.1.2 OpenFlow ポート	1-2
1.1.3 OpenFlow インスタンス	1-2
1.1.4 OpenFlow フローテーブル	1-3
1.1.5 フローエントリ	1-4
1.1.6 Table-miss フローエントリ	1-5
1.1.7 OpenFlow パイプライン	1-5
1.1.8 グループテーブル	1-6
1.1.9 メータテーブル	1-6
1.1.10 OpenFlow チャネル	1-7
1.1.11 プロトコルと規格	1-9
1.2 OpenFlow 設定作業リスト	1-9
1.3 OpenFlow インスタンスの設定	1-9
1.3.1 OpenFlow インスタンスの作成	1-9
1.3.2 OpenFlow インスタンスモードの設定	1-10
1.3.3 Openflow インスタンスのフローテーブルの作成	1-11
1.3.4 Openflow インスタンスのコントローラモードの設定	1-11
1.3.5 フローエントリ最大登録数の設定	1-12
1.3.6 inband management VLAN の設定	1-12
1.3.7 Openflow での MAC アドレスの学習の無効化の設定	1-13
1.3.8 指定ポートタイプのコントローラへの通知禁止の設定	1-13
1.3.9 Table-miss フローエントリのデフォルトアクションの設定	1-13
1.3.10 datapath ID の設定	1-14
1.3.11 ループガード機能の有効化の設定	1-14
1.3.12 Slow protocol パケットをフィルタするためのフローエントリ設定	1-15
1.3.13 OpenFlow インスタンスのアクティブ化と再アクティブ化の設定	1-15
1.4 Openflow スイッチのコントローラの設定	1-15
1.4.1 コントローラおよびメイン接続の設定	1-16
1.4.2 接続中断モードの設定	1-17
1.5 OpenFlow タイマの設定	1-17
1.6 動的 MAC アドレスをサポートするための OpenFlow の設定	1-18
1.7 OpenFlow のシャットダウン設定	1-18
1.8 OpenFlow 転送のためのパケットロス防止機能の設定	1-18
1.9 OpenFlow の表示および保守	1-19
1.10 OpenFlow の設定例	1-19
1.10.1 ネットワーク要件	1-19
1.10.2 設定手順	1-20
1.10.3 確認手順	1-20

1 章 OpenFlow の設定

Software-Defined Networking (SDN) は、仮想化技術とデータネットワークの高まる要求を満たすために開発されました。SDN は、ソフトウェアを使用してコントロール機能とデータ転送を分離し、簡単で柔軟な装置運用と高い拡張性を提供します。

OpenFlow は、SDN を実装するための、コントローラとネットワーク装置間の通信インターフェースです。OpenFlow により、物理装置および仮想装置の一元的なデータ転送管理を実現できます。

1.1 概要

OpenFlow は、データ転送とルーティング決定の機能を分離します。フローベースの転送機能を保持しつつ、独立したコントローラを利用してルーティング決定を実現します。OpenFlow スイッチは、Openflow チャンネルを介してコントローラと通信します。Openflow チャンネルは TLS を使用して暗号化させることもできますし、TCP 上で直接通信させることもできます。OpenFlow スイッチは、以下のタスクを実行するために、OpenFlow チャンネルを通してコントローラとコントロールメッセージを交換します。

- コントローラからフローテーブルエントリまたはデータを受信
- コントローラへ情報を配信

このマニュアルでは、特に明記しない限り、スイッチは OpenFlow スイッチを示します。

OpenFlowスイッチ仕様の概要

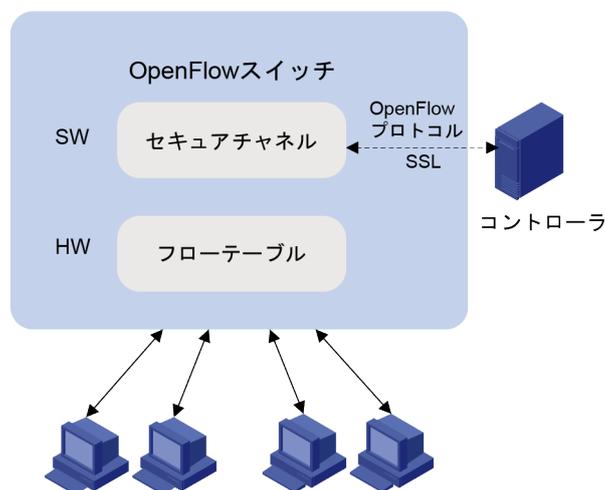


図 1-1 OpenFlow ネットワーク図

1.1.1 OpenFlow スイッチ

OpenFlow には以下のタイプがあります。

- **OpenFlow-only**—OpenFlow 運用のみをサポート。
- **OpenFlow-hybrid**—OpenFlow 運用と従来の Ethernet スイッチング運用の両方をサポート。

1.1.2 OpenFlow ポート



重要：

ループバックインタフェースは Openflow ポートとして使用できません。

OpenFlow は次のタイプのポートをサポートします。

I. 物理ポート

Ethernet インタフェースなどのスイッチのハードウェアインタフェースに対応します。物理ポートは、入力ポートまたは出力ポートとして使用できます。

II. 論理ポート

スイッチのハードウェアインタフェースに一致せず、リンクアグリゲーションなどの OpenFlow 以外の方法により定義されます。論理ポートは、入力ポートまたは出力ポートとして使用できます。

III. 予約済みポート

転送アクションを指定するために、OpenFlow によって定義されます。予約済みポートには次のタイプが含まれています。

- **All**—パケットの転送に使用できるすべての OpenFlow ポート。
- **Controller**—OpenFlow コントローラ。
- **Local**—ローカル CPU。
- **Normal**—通常の転送処理。
- **Flood**—フラッディング。

Any タイプ以外のすべての予約済みポートが出力ポートとしてのみ使用できます。**Controller** タイプと **Local** タイプのみ、入力ポートとして使用できます。

1.1.3 OpenFlow インスタンス

同一装置に、一つもしくは複数の Openflow インスタンスを設定できます。コントローラは各 Openflow インスタンスを別々の OpenFlow スイッチと見なし、それぞれに転送命令を設定します。

この章では、特に明記しない限り、OpenFlow スイッチは OpenFlow インスタンスと同義です。

I. Associated VLAN

OpenFlow インスタンスが VLAN に関連づけられると、フローテーブルは関連する VLAN 上のパケットのみに適用されます。

II. アクティブ化と再アクティブ化

Openflow インスタンスの設定は、Openflow インスタンスがアクティブ化された後にのみ有効になります。

Openflow インスタンスが以下の情報をコントローラに報告した後にのみ、コントローラは openflow インスタンスにフローエントリを設定することができます。

- Openflow のサポート機能
- Openflow インスタンスに属するポート

アクティブ化された Openflow インスタンスの、Openflow インスタンスの設定の変更後は、再アクティブ化が必要です。

再アクティブ化を行うと、Openflow インスタンスはすべてのコントローラから切断され、その後再接続されます。

III. OpenFlow インスタンスポート

OpenFlow スイッチは、次のポートについての情報をコントローラに送信します。

- 物理ポート
- 論理ポート
- **local** タイプの予約済みポート

loosen モードの場合、OpenFlow インスタンスに関連づけられた VLAN の一つ以上の VLAN が割り当てられたポートのみが OpenFlow ポートになります。loosen モードではない場合、OpenFlow インスタンスに関連づけられたすべての VLAN を含む VLAN が割り当てられたポートのみが OpenFlow ポートになります。

1.1.4 OpenFlow フローテーブル

OpenFlow スイッチは、パケットをユーザー定義のフローテーブルで検索します。フローテーブルはフローエントリを含み、パケットはフローエントリの優先度に基づいて検索されます。

Openflow フローテーブルは、次のタイプがあります。

I. MAC-IP (Dynamic MAC Flow table)

MAC アドレステーブルと FIB テーブルを結合します。

MAC-IP フローテーブルは、次のフロー検索条件(マッチフィールド)を提供します。

- 宛先 MAC アドレス
- VLAN
- 宛先 IP アドレス

MAC-IP フローテーブルは、次のアクションを提供します。

- 宛先 MAC アドレスの変更
- 送信元 MAC アドレスの変更
- VLAN の変更
- 出力ポートの指定

II. Extensibility (Standard Flow table)

Ternary Content Addressable Memory (TCAM) テーブルとソフトウェアでプログラムされたテーブルを結合します。Extensibility フローテーブルは、MAC-IP フローテーブルよりも多くのフロー検索条件(マッチフィールド)とアクションを提供します。Extensibility フローテーブルには、少なくとも次のフロー検索条件(マッチフィールド)が含まれています。

- 宛先 MAC アドレス
- 宛先 IP アドレス
- VLAN 優先度(PCP)
- TCP 送信元ポート
- TCP 宛先ポート

1.1.5 フローエントリ

Match Fields	Priority	Counters	Instructions	Timeouts	Cookie
--------------	----------	----------	--------------	----------	--------

図 1-2 フローエントリの構成

フローエントリには次のフィールドがあります。

I. Match Fields

フロー検索条件です。入力ポートや、パケットヘッダ、前のテーブルで指定された Metadata を含みます。

II. Priority

フローエントリのフロー検索優先度です。パケットがフローテーブルで検索される場合、パケットに一致する最も高い優先度のフローエントリが選択されます。

III. Counters

フローエントリに一致したパケットのカウンタです。

IV. Instructions

1) インストラクション

アクションセットまたはパイプライン処理を修正します。これらは次のタイプを含みます。

- **Meter**—パケットをレートリミットするために、指定されたメータへパケットを移動します。
- **Apply-Actions**—アクションリスト中の指定されたアクションを直ちに適用します。
- **Clear-Actions**—アクションセット中のすべてのアクションを直ちに消去します。
- **Write-Actions**—アクションセット中のすべてのアクションを直ちに変更します。
- **Write-Metadata**—複数のフローテーブルがある場合、2 つのテーブル間のパケットを変更します。
- **Goto-Table**—パイプライン処理の中で次のフローテーブルを指示します。Extensibility フローテーブルではこのインストラクションは未サポートです。

アクションは以下の方法の一つで実行されます。

- **Action Set**—フローエントリのインストラクションセットが Goto-Table インストラクションを含まない場合、パイプライン処理は停止し、アクションセット内のアクションは実行されます。アクションセットは各タイプのアクションを最大 1 つ含みます。

- **Action List**–アクションリスト内のアクションはアクションリストによって指定された順序で直ちに実行されます。それらのアクションは累積されます。
- 2) アクション
- アクションは次のタイプを含みます。
- (必須) **Output**–出力アクションはパケットを指定された Openflow ポートへ転送します。OpenFlow スイッチは、パケットを物理ポート、論理ポート、および予約済みポートへ転送することをサポートしなければなりません。
 - (必須) **Drop**–明示的なアクションはありません。アクションセットが出力アクションを含まないパケットは廃棄されます。一般には、空のインストラクションセット、空のアクションセット、または Clear-Action インストラクションの実行に起因して、パケットは廃棄されます。
 - (必須) **Group**–指定されたグループを通してパケットは処理されます。正確な処理はグループタイプに依存します。
 - (オプション) **Set-Queue**–Set-Queue アクションはパケットのキューIDを設定します。パケットが Output アクションによってポートへ転送された場合、キューIDは、そのポートのどのキューを使用してスケジューリングし、パケットを転送するかを決定します。転送動作はキューの設定によって決定され、基本的な QoS サポートを提供するために使われます。
 - (オプション) **Set-Field**–Set-Field アクションは、それらのフィールドタイプによって識別され、パケットのヘッダーフィールドで対応する値を変更します。Set-Field アクションは常に最も外側のヘッダに適用されます。例えば、VLAN ID 書き換えアクションは常に最も外側の VLAN タグの ID を設定します。

V. Timeouts

フローエントリのアイドルタイムアウトまたは、ハードタイムアウトの最大量。

- **Idle Time**–アイドルタイムで指定された時間内に一致するパケットがなかった場合、フローエントリは削除されます。
- **Hard Time**–一致するパケットの有無に関わらず、ハードタイムアウト時間が経過したフローエントリは削除されます。

VI. Cookie

コントローラによって指定された、フローエントリ識別子。

1.1.6 Table-miss フローエントリ

すべてのフローテーブルは、テーブル内で一致しなかったパケットを処理するための Table-miss フローエントリをサポートしなければなりません。Table-miss フローエントリは、フローテーブル内のほかのフローエントリに一致しなかったパケットの処理方法を指定します。Table-miss フローエントリは、すべてのフロー検索条件(マッチフィールド)が省略され、優先度は最も低い 0 です。

Table-miss フローエントリは他のフローエントリとほぼ同様に動作します。

1.1.7 OpenFlow パイプライン

Openflow パイプライン処理は、パケットがスイッチに含まれているフローテーブルとどのように作用するのかを定義します。

Openflow スイッチのフローテーブルは、0 から始まる連番を付けられます。パケットは最初のフローテーブル 0 のフローエントリで最初に照合されます。フローエントリは、そ

のフローテーブル番号よりも大きいフローテーブル番号のみにパケットを移動させることができます。

フローエントリにパケットが一致した場合、Openflow スイッチはパケットのアクションセットを更新し、パケットを次のフローテーブルへ移動します。最後のフローテーブルでは、Openflow スイッチは、パケット内容の変更とパケット転送のための出力ポートを指定するためのすべてのアクションを実行します。フローテーブルの 1 つのインストラクションセットがアクションリストを含んでいる場合、このテーブルの中でパケットのコピーを変更するために、OpenFlow スイッチは直ちにアクションを実行します。

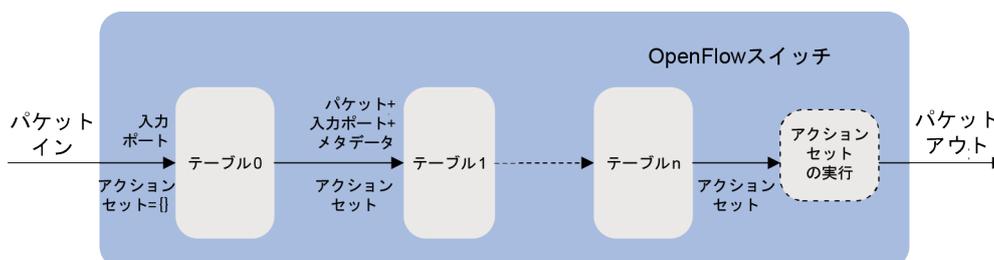


図 1-3 OpenFlow の転送ワークフロー

1.1.8 グループテーブル

フローエントリがグループを指定することで、OpenFlow が転送の追加方法を表すことを可能にします。グループテーブルはグループエントリを含みます。

Group Identifier	Group Type	Counters	Action Buckets
------------------	------------	----------	----------------

図 1-4 グループエントリの構成

グループエントリは次のフィールドを含みます。

- **Group Identifier**—グループを一意に識別する 32 ビットの符号なしの整数。
- **Group Type**—グループのタイプ: **All**—グループ内のすべてのパケットを実行します。このグループはマルチキャスト転送またはブロードキャスト転送のために使われません。
- **Counters**—グループによってパケットが処理された場合に更新されます。
- **Action Buckets**—アクションと関連するパラメータを含む、アクションバケットのリスト。

1.1.9 メータテーブル

メータは、レートリミットなどの様々で簡単な QoS 動作を実現します。メータテーブルはメータエントリを含みます。

Meter Identifier	Meter Bands	Counters
------------------	-------------	----------

図 1-5 メータエントリの構成

メータエントリは次のフィールドを含みます。

- **Meter Identifier**–メータを一意に識別する 32 ビットの符号なしの整数。
- **Meter Bands**–各メータは一つもしくは複数のメータバンドを持つことができます。各バンドは、バンドが適用されるレートとパケットの処理方法を指定します。パケットのレートが複数のバンドのレートを超える場合、最も高く設定されたレートのバンドが使用されます。
- **Counters**–メータによってパケットが処理された場合に更新されます。

Band Type	Rate	Counters	Type Specific arguments
-----------	------	----------	-------------------------

図 1-6 バンドの構成

メータバンドは以下を含みます。

- **Band Type**–パケット処理方法。バンドレートを超えたパケットは廃棄されます。
- **Rate**–バンドが適用できる最も低いレートを定義します。
- **Counters**–バンドによってパケットが処理された場合に更新されます。
- **Type Specific Arguments**–いくつかのバンドタイプはオプションのパラメータを持ちます。

1.1.10 OpenFlow チャンネル

Openflow チャンネルは、各 Openflow スイッチをコントローラに接続するインターフェースです。コントローラは、スイッチを設定・管理するためのコントロールメッセージを交換したり、スイッチからのイベントを受け取ったり、スイッチへ Packet Out したりするために、Openflow チャンネルを使用します。通常、Openflow チャンネルは TLS を使用することで暗号化されます。また、Openflow チャンネルは TCP でも動作します。

Openflow プロトコルは、controller-to-switch、asynchronous、symmetric のメッセージタイプをサポートします。各メッセージタイプは、それぞれのサブタイプを持ちます。

I. Controller-to-Switch メッセージ

Controller-to-Switch メッセージはコントローラによって開始され、直接スイッチの状態を検査する、もしくは管理するために使用されます。Controller-to-Switch メッセージはスイッチからの応答が必要なものと必要ないものがあります。

Controller-to-Switch メッセージは次のサブタイプを含みます。

- **Features**–コントローラは features request を送信することでスイッチの基本機能を要求します。スイッチは、スイッチの基本機能を明記した features reply を返信しなければなりません。
- **Configuration**–コントローラはスイッチの Configuration パラメータを設定したり、問い合わせたりします。スイッチはコントローラからの問い合わせにのみ応答します。
- **Modify-State**–スイッチの状態を管理するために、コントローラは Modify-State メッセージを送信します。それらの主要な目的は、OpenFlow テーブルの中のフローまたはグループエントリの追加、削除、変更、および、スイッチポートの属性を設定することです。
- **Read-State**–コントローラは、現在の設定と統計などのスイッチからの様々な情報を収集するために、Read-State メッセージを送信します。

- **Packet-out**–これらは、スイッチの指定されたポートからパケットを送信する、もしくは Packet In メッセージを通して受け取られたパケットを転送するために、コントローラによって使われます。空のアクションリストはパケットを廃棄します。
- **Barrier**–Barrier メッセージは前の操作の完了を確認するために使用されます。コントローラは Barrier request を送信します。スイッチはすべての前の操作が完了したときに、Barrier reply を送らなければなりません。
- **Role-Request**–Role-Request メッセージは Openflow チャンネルの役割を設定するか、その役割を問い合わせるためにコントローラによって使用されます。一般には、複数のコントローラへスイッチが接続している場合に使用されます。
- **Asynchronous-Configuration**–これらは、コントローラが受信したい asynchronous メッセージの追加フィルタを設定する、もしくはそのフィルタを問い合わせるためにコントローラによって使用されます。一般に、複数のコントローラにスイッチが接続している場合に使用されます。

II. Asynchronous メッセージ

パケット受信やスイッチの状態変更を知らせるために、スイッチは asynchronous メッセージをコントローラへ送信します。例えば、フローエントリがタイムアウトのため削除されたとき、スイッチはコントローラに flow removed メッセージを送信します。

asynchronous メッセージは次のサブタイプを含みます。

- **Packet-In**–パケットの制御をコントローラへ移します。フローエントリまたは Table-miss フローエントリを使用した、予約済みポートのコントローラへ転送されるすべてのパケットについての Packet In イベントは、常にコントローラへ送信されます。TTL チェックなどのほかの処理も、コントローラへ送信するための Packet In イベントを生成することができます。Packet In イベントは完全なパケットを含むこともできるほか、スイッチにパケットをバッファすることを設定することができます。Packet In イベントがパケットをバッファする設定の場合、Packet In イベントはパケットヘッダのごく一部のみと、バッファ ID を含みます。コントローラは完全なパケットもしくは、パケットヘッダとバッファ ID の組み合わせを処理します。それから、コントローラはパケットを処理するように命令する Packet Out メッセージをスイッチへ送信します。
- **Flow-Removed**–フローテーブルからフローエントリの削除をコントローラへ通知します。これらは、コントローラのフロー削除要求、もしくは、フロータイムアウトの1つが超えたときのスイッチの満了処理によって発生します。
- **Port-status**–ポートの状態もしくは設定変更をコントローラへ通知します。
- **Error**–問題またはエラーをコントローラへ通知します。

III. Symmetric メッセージ

Symmetric メッセージはどちらの方向でも要求なしで送られます。

symmetric メッセージは次のサブタイプを含みます。

- **Hello**–Hello メッセージは接続開始時においてスイッチとコントローラ間で交換されます。
- **Echo**–Echo request もしくは reply メッセージはスイッチまたはコントローラのどちらからも送信することができ、echo reply を返信しなければなりません。それらは、主に、コントローラ-スイッチ間の接続状態を確認するために使われ、また、そのレイテンシーまたは帯域幅を測定するために使われるかもしれません。
- **Experimenter**–これは将来の OpenFlow 改訂のために設けられている機能拡張用の準備領域です。

1.1.11 プロトコルと規格

OpenFlow Switch Specification Version 1.3.1

1.2 OpenFlow設定作業リスト

作業リスト
(必須設定項目) OpenFlowインスタンスの設定
1. (必須設定項目) OpenFlow インスタンスの作成
2. (必須設定項目) OpenFlow インスタンスモードの設定
<ul style="list-style-type: none"> ● (オプション設定項目) Openflowインスタンスのフローテーブルの作成 ● (オプション設定項目) Openflowインスタンスのコントローラモードの設定 ● (オプション設定項目) フローエントリ最大登録数の設定 ● (オプション設定項目) inband management VLANの設定 ● (オプション設定項目) OpenflowでのMACアドレスの学習の無効化の設定 ● (オプション設定項目) 指定ポートタイプのコントローラへの通知禁止の設定 ● (オプション設定項目) Table-miss フローエントリのデフォルトアクションの設定 ● (オプション設定項目) datapath IDの設定 ● (オプション設定項目)ループガード機能の有効化の設定 ● (オプション設定項目) Slow protocolパケットをフィルタするためのフローエントリ設定
3. (必須設定項目) OpenFlow インスタンスのアクティブ化と再アクティブ化の設定
(必須設定項目) Openflowスイッチのコントローラの設定:
<ul style="list-style-type: none"> ● (必須設定項目) コントローラおよびメイン接続の設定 ● (オプション設定項目) 接続中断モードの設定
(オプション設定項目) OpenFlowタイマの設定
(オプション設定項目) 動的MACアドレスをサポートするためのOpenFlowの設定
(オプション設定項目) OpenFlowのシャットダウン設定
(必須設定項目) OpenFlow転送のためのパケットロス防止機能の設定

1.3 OpenFlowインスタンスの設定

Openflow と LLDP を併用するために、Openflow スイッチ上でグローバルに LLDP を有効化する必要があります。Openflow コントローラのトポロジ検出に LLDP が影響することを防止するために、Openflow インスタンスに属しているポート上で LLDP を無効化することを推奨します。LLDP についての詳細は、オペレーションマニュアルの” セクション 3.アクセス-LLDP” を参照してください。

1.3.1 OpenFlow インスタンスの作成

表 1-1 OpenFlow インスタンスの作成

操作	コマンド	補足
1. System view に移行する	<code>system-view</code>	—

操作	コマンド	補足
2. OpenFlow インスタンスを作成し、Openflow インスタンス view へ移行する	<code>openflow instance instance-id</code>	デフォルト：Openflow インスタンスは存在しません
3. (オプション設定項目) OpenFlow インスタンスの説明を設定する	<code>description text</code>	デフォルト：設定なし

1.3.2 OpenFlow インスタンスモードの設定

デフォルトでは、OpenFlow インスタンスは VLAN モードです。OpenFlow インスタンスが VLAN と関連する場合、フローエントリはそれらの VLAN パケットに対してのみ有効です。

OpenFlow インスタンスでグローバルモードが有効化された場合、フローエントリはネットワークのパケットに対して有効です。VLAN インタフェース、レイヤー2 またはレイヤー3 イーサネットインタフェース、およびトンネルインタフェースを含めて、機器上のすべてのインタフェースは OpenFlow インスタンスに属します。

OpenFlow インスタンスと VLAN を関連づけるときは、以下の指針に従ってください。

- 複数の OpenFlow インスタンスを同じ VLAN に関連づけないでください。VLAN トラフィックが正しく処理できなくなります。
- 存在しない VLAN に関連づけられた OpenFlow インスタンスをアクティブ化すると、システムが自動的にその VLAN を作成します。その OpenFlow インスタンスがアクティブになったら、それらの VLAN は一切削除しないでください。
- OpenFlow インスタンスと関連する VLAN の VLAN インタフェースで BFD MAD 機能を設定しないでください。BFD MAD 機能の詳細については、オペレーションマニュアル セクション 2.IRF スタックを参照してください。

以下に、Openflow インスタンスモードの設定を示します。

表 1-2 OpenFlow インスタンスモードの設定

操作	コマンド	補足
1. System view に移行する	<code>system-view</code>	—
2. OpenFlow インスタンス view へ移行する	<code>openflow instance instance-id</code>	—
3. OpenFlow インスタンスモードを設定する	<ul style="list-style-type: none"> ● Openflow インスタンスでグローバルモードを有効化する： <code>classification global</code> ● OpenFlow インスタンスを VLAN と関連づける： <code>classification vlan vlan-id [mask vlan-mask] [loosen]</code> 	<p>どちらか一方のコマンドを使用します。 デフォルト：OpenFlow インスタンスは VLAN モードで、どの VLAN とも関連づけされていません。 classification global コマンドと classification vlan コマンドを複数回設定した場合、最後に行った設定が適用されます。</p>

1.3.3 Openflow インスタンスのフローテーブルの作成

表 1-3 Openflow インスタンスのフローテーブルの作成

操作	コマンド	補足
1. System view に移行する	system-view	—
2. OpenFlow インスタンス view へ移行する	openflow instance <i>instance-id</i>	—
3. フローテーブルタイプとフローテーブル ID を設定する	flow-table { extensibility <i>table-id</i> mac-ip <i>table-id</i> }*	デフォルト : Openflow インスタンスは ID が 0 の一つの Extensibility フローテーブルを含みます。 一つの Openflow インスタンスでは、一つの MAC-IP フローテーブルと一つの Extensibility フローテーブルをサポートします。このコマンドを複数回設定した場合、最後に行った設定が適用されます。 MAC-IP フローテーブルの ID は Extensibility フローテーブルの ID より小さい必要があります。

1.3.4 Openflow インスタンスのコントローラモードの設定

Openflow インスタンスは、使用するコントローラモードによって、一つもしくは複数のコントローラと接続することができます。

- **single**—Openflow インスタンスは、一度に一つのコントローラのみと接続することができます。現在のコントローラとの接続が切断されると、Openflow インスタンスは他のコントローラを使用します。このモードにおいて、接続が正常に確立するまで、OpenFlow インスタンスは、コントローラ ID の昇順に 1 つずつ接続を試みます。Openflow インスタンスに設定された複数のコントローラがアクセスできない場合、Openflow インスタンスがアクセス可能なコントローラと接続するのに、長い時間がかかるかもしれません。
- **multiple**— OpenFlow インスタンスは同時に複数のコントローラと接続することができます。すべてのコントローラとの接続が切断された場合、Openflow インスタンスは、再接続間隔の後にコントローラへの再接続を試みます。

以下に Openflow インスタンスのコントローラモードの設定を示します。

表 1-4 Openflow インスタンスのコントローラモードの設定

操作	コマンド	補足
1. System view に移行する	system-view	—
2. OpenFlow インスタンス view へ移行する	openflow instance <i>instance-id</i>	—
3. コントローラモードを設定する	controller mode { multiple single }	デフォルト : multiple .

1.3.5 フローエントリ最大登録数の設定

Extensibility フローテーブルにフローエントリ最大登録数を設定することができます。テーブル内のエントリ数が最大数に達すると、OpenFlow インスタンスは、そのテーブルの新しいフローエントリを受け付けず、登録失敗通知をコントローラに送信します。

以下に、extensibility フローテーブルがサポートするフローエントリの最大数を設定する方法を示します。

表 1-5 フローエントリの最大数の設定

操作	コマンド	補足
1. System view に移行する	system-view	—
2. OpenFlow インスタンス view へ移行する	openflow instance <i>instance-id</i>	—
3. Extensibility フローエントリの最大数を設定する	flow-entry max-limit <i>limit-value</i>	デフォルト：装置毎に異なります。各装置のリリースメモを参照してください。

1.3.6 inband management VLAN の設定

Inband management VLAN は、OpenFlow インスタンスにおいて OpenFlow インスタンスとコントローラ間の接続を設立するために使われます。

inband management VLAN が設定された場合、inband management VLAN 中のデータパケットは OpenFlow を通して転送されません。inband management VLAN だけに割り当てられたポートは OpenFlow ポートではありません。inband management VLAN を設定する前に、ネットワーク設計が必要です。

以下に inband management VLAN を設定する方法を示します。

表 1-6 inband management VLAN の設定

操作	コマンド	補足
1. System view に移行する	system-view	—
2. OpenFlow インスタンス view へ移行する	openflow instance <i>instance-id</i>	—
3. inband management VLAN を設定する	in-band management vlan <i>vlan-list</i>	デフォルト：inband management VLANは設定されていません。 Openflowインスタンスの inband management VLANは、OpenFlowインスタンスと関連するVLANのリストの範囲の中になければなりません。 この機能は、VLANモードの OpenFlowインスタンスにのみ適用可能です。

1.3.7 Openflow での MAC アドレスの学習の無効化の設定

表 1-7 Openflow での MAC アドレスの学習の無効化の設定

操作	コマンド	補足
1. System view に移行する	system-view	—
2. OpenFlow インスタンス view へ移行する	openflow instance <i>instance-id</i>	—
3. OpenFlow インスタンスに関連づけられた VLAN における MAC アドレス学習を禁止する	mac-learning forbidden	デフォルト：Openflow インスタンスに関連づけられた VLAN で MAC アドレス学習は有効 inband management VLAN では設定は反映されません。 この機能は、VLAN モードの OpenFlow インスタンスにのみ適用可能です。

1.3.8 指定ポートタイプのコントローラへの通知禁止の設定

表 1-8 指定ポートタイプのコントローラへの通知禁止の設定

操作	コマンド	補足
1. System view に移行する	system-view	—
2. OpenFlow インスタンス view へ移行する	openflow instance <i>instance-id</i>	—
3. 指定ポートタイプのコントローラへ通知禁止を Openflow インスタンスに設定する	forbidden port { <i>vlan-interface</i> <i>vsi-interface</i> } *	デフォルト：Openflow インスタンスに属するすべてのポートがコントローラへ通知されます。

1.3.9 Table-miss フローエントリのデフォルトアクションの設定

表 1-9 Table-miss フローエントリのデフォルトアクションの設定

操作	コマンド	補足
1. System view に移行する	system-view	—
2. OpenFlow インスタンス view へ移行する	openflow instance <i>instance-id</i>	—
3. 通常のパイプライン処理へパケットを転送するように、Table-miss フローエントリのデフォルトアクションを設定する	default table-miss permit	デフォルト：Openflow インスタンスがアクティブ化され、コントローラからフローエントリが配信される前の Table-miss フローエントリのデフォルトアクションはパケット廃棄です。

1.3.10 datapath ID の設定

datapath ID は OpenFlow スイッチ(OpenFlow インスタンス)のための一意識別子です。OpenFlow インスタンスの datapath ID のデフォルト値は、インスタンス ID とブリッジ MAC アドレスから構成されます。Datapath ID は変更可能です。

異なる OpenFlow スイッチで、同じ datapath ID を設定しないでください。

以下に datapath ID を設定する方法を示します。

表 1-10 datapath ID の設定

操作	コマンド	補足
1. System view に移行する	system-view	—
2. OpenFlow インスタンス view へ移行する	openflow instance <i>instance-id</i>	—
3. datapath ID を設定する	datapath-id <i>datapath-id</i>	デフォルト：OpenFlow インスタンスの datapath ID はインスタンス ID と機器のブリッジ MAC アドレスを含みます。上部の16ビットはインスタンス ID、下部の48ビットは機器のブリッジ MAC アドレスです。

1.3.11 ループガード機能の有効化の設定

OpenFlow インスタンスを無効にした後、OpenFlow インスタンスに関連した VLAN における通信の転送でループが発生する可能性があります。ループを回避するために、OpenFlow インスタンスでループガード機能を有効にすることができます。この機能は、無効となった OpenFlow インスタンスで該当 VLAN に関するすべてのトラフィックを破棄するためのフローエントリを作成することができます。

以下にループガード機能を有効にする設定方法を示します。

操作	コマンド	補足
1. System view に移行する	system-view	—
2. OpenFlow インスタンス view へ移行する	openflow instance <i>instance-id</i>	—
3. OpenFlow インスタンスでループガード機能を有効にする	loop-protection enable	デフォルト：OpenFlow インスタンスのループガード機能は無効です。

📖 メモ：

ループガード機能を有効にすることで OpenFlow インスタンスが有効から無効になった場合にループを回避することができます。すでに OpenFlow インスタンスが無効となっている場合は、ループガード機能を有効にしてもループを回避することができません。

1.3.12 Slow protocol パケットをフィルタするためのフローエントリ設定

Slow protocol(LACP, LAMP, OAM)のパケットにフィルタをかけるためのフローエントリを作成するために下記を実行してください。このエントリのアクションはパケットを破棄するという内容です。このエントリはコントローラから展開されるほかのフローエントリよりも高いプライオリティを持っています。

以下に slow protocol パケットをフィルタするためのフローエントリ設定の方法を示します。

操作	コマンド	補足
1. System view に移行する	system-view	—
2. OpenFlow インスタンスを作成し、Openflow インスタンス view へ移行する	openflow instance <i>instance-id</i>	デフォルト : OpenFlow インスタンスは存在していません。
3. Slow protocol パケットをフィルタするためのフローエントリを作成する	protocol-packet filter slow	デフォルト : OpenFlow インスタンスはslow protocol パケットをフィルタするためのフローエントリを持っていません。

1.3.13 OpenFlow インスタンスのアクティブ化と再アクティブ化の設定



注意 :

OpenFlow インスタンスを再アクティブ化すると、設定データが更新され、コントローラとの通信が中断されます。

以下に Openflow インスタンスのアクティブ化と非アクティブ化の設定方法を示します。

表 1-11 OpenFlow インスタンスのアクティブ化と非アクティブ化の設定

操作	コマンド	補足
1. System view に移行する	system-view	—
2. OpenFlow インスタンス view へ移行する	openflow instance <i>instance-id</i>	—
3. OpenFlow インスタンスをアクティブ化または再アクティブ化します。	active instance	デフォルト : Openflow インスタンスはアクティブ化されていません。

1.4 Openflow スイッチのコントローラの設定

スイッチは複数のコントローラと接続を確立することができます。コントローラの役割は次のタイプを含みます。

I. Equal

この役割において、コントローラはスイッチに制限なくアクセスできて、同じ役割のほかのコントローラと同等です。デフォルトでは、コントローラは、Packet In や flow removed メッセージなどのスイッチの asynchronous メッセージのすべてを受け取ります。コントローラは、スイッチの状態を修正する、controller-to-switch メッセージを送ることができます。

II. Master

この役割は Equal に類似していて、スイッチに制限なくアクセスできます。違いは、この役割のコントローラが最大 1 つまでスイッチに許可されます。

III. Slave

この役割において、コントローラはスイッチへの読み取り専用アクセスを持っています。コントローラは、次のタスクを実行するための controller-to-switch メッセージを送ることができません。

- フローエントリ、グループエントリ、メータエントリの配信
- ポートとスイッチ設定の変更
- Packet Out メッセージの送信

デフォルトでは、コントローラは Port-status メッセージ以外の asynchronous メッセージをスイッチから受信しません。コントローラは、受信したい asynchronous メッセージタイプを設定する Asynchronous-Configuration メッセージを送信することができます。

OpenFlow 動作の開始時、スイッチは Equal 状態のコントローラに同時に接続されます。コントローラは、その役割変更をいつでも要求することができます。

1.4.1 コントローラおよびメイン接続の設定

OpenFlow スイッチは複数台のコントローラをサポートします(コントローラの設定可能台数は、装置毎に異なります。各装置のリリースメモを参照してください)。ただし、OpenFlow スイッチと各コントローラの間 OpenFlow チャネルには、メイン接続が 1 つだけ存在します。メイン接続はコントロールメッセージを処理して、エントリの割り当て、データの取得、情報の送信などのタスクを完了します。メイン接続は TCP や SSL を使用した信頼性のある接続でなければなりません。

以下に Openflow スイッチへのコントローラ設定およびコントローラとのメイン接続の設定の方法を示します。

表 1-12 コントローラおよびメイン接続の設定

操作	コマンド	補足
1. System view に移行する	system-view	—
2. OpenFlow インスタンス view へ移行する	openflow instance <i>instance-id</i>	—
3. コントローラを指定し、そのコントローラへのメイン接続を設定する	controller <i>controller-id</i> address { ip <i>ip-address</i> ipv6 <i>ipv6-address</i> } [port <i>port-number</i>] [local address { ip <i>ip-address</i> ipv6 <i>ipv6-address</i> }] [port <i>port-number</i>]] [ssl <i>ssl-policy-name</i>] [vrf <i>vrf-name</i>]	デフォルト : OpenFlow インスタンスにはメイン接続が設定されていません。

1.4.2 接続中断モードの設定

OpenFlow スイッチは、すべてのコントローラから切断されると、次のモードのいずれかに設定されます。

- **Secure**—このモードでは、OpenFlow スイッチは、フローテーブルに基づいてトラフィックを転送し、期限切れになっていないフローエントリを削除しません。
- **Standalone**—OpenFlow スイッチは、通常の転送処理を使用し、このモードに設定されるとすぐにすべてのフローエントリを削除します。

コントローラと正常に再接続した場合、Openflow スイッチはフローテーブルに基づいてトラフィックを転送します。

以下に Openflow スイッチへの接続中断モードの設定の方法を示します。

表 1-13 接続中断モードの設定

操作	コマンド	補足
1. System view に移行する	system-view	—
2. OpenFlow インスタンス view へ移行する	openflow instance <i>instance-id</i>	—
3. 接続中断モードを設定する	fail-open mode { secure standalone }	デフォルト : secure モード

1.5 OpenFlow タイマの設定

OpenFlow スイッチは次のタイマをサポートします。

- **接続検出間隔**—Openflow スイッチが Echo Request メッセージをコントローラへ送信する間隔です。OpenFlow スイッチが Echo Reply メッセージを 3 倍の接続検出間隔以内に受信しなかった場合、OpenFlow スイッチはそのコントローラから切断されます。
- **再接続間隔**—OpenFlow スイッチがコントローラへの再接続を試みる前に待機する間隔です。

以下に Openflow スイッチへの Openflow タイマの設定の方法を示します。

表 1-14 Openflow タイマの設定

操作	コマンド	補足
1. System view に移行する	system-view	—
2. OpenFlow インスタンス view へ移行する	openflow instance <i>instance-id</i>	—
3. 接続検出間隔を設定する	controller echo-request interval <i>interval-value</i>	デフォルト : 5秒 CPU負荷を抑えるため、接続検出間隔を大きな値に設定することを推奨します。
4. 再接続間隔を設定する	controller connect interval <i>interval-value</i>	デフォルト : 60秒

1.6 動的MACアドレスをサポートするためのOpenFlowの設定

MAC-IP フローテーブルでの動的 MAC アドレスの削除と問い合わせをサポートするように、Openflow を設定できます。

以下に、動的 MAC アドレスをサポートするための Openflow の設定の方法を示します。

表 1-15 動的 MAC アドレスをサポートするための OpenFlow の設定

操作	コマンド	補足
1. System view に移行する	system-view	—
2. OpenFlow インスタンス view へ移行する	openflow instance <i>instance-id</i>	—
3. 動的 MAC アドレスをサポートするように OpenFlow を設定する	mac-ip dynamic-mac aware	デフォルト：OpenFlowは、コントローラによる動的MACアドレスのクエリおよび削除を禁止しています。この機能は、VLANモードのOpenFlowインスタンスにのみ適用可能です。

1.7 OpenFlowのシャットダウン設定

インタフェースが OpenFlow についてシャットダウン状態の場合、**display interface** コマンドの出力結果において **Current state** のフィールドは **OFF DOWN** と表示されます。**undo openflow shutdown** コマンドは、OpenFlow についてシャットダウン状態のインタフェースをアップ状態にすることができます。またインタフェースはコントローラからのポート状態変更メッセージによってもアップ状態になります。

以下にインタフェースにおける OpenFlow のシャットダウン設定の方法を示します。

操作	コマンド	補足
1. System view に移行する	system-view	—
2. interface view に移行する	interface <i>interface-type</i> <i>interface-number</i>	—
3. OpenFlow でインタフェースをシャットダウン状態にする	openflow shutdown	デフォルト：インタフェースはOpenFlowについてアップ状態となっています。

1.8 OpenFlow転送のためのパケットロス防止機能の設定

OpenFlow 転送処理が高負荷となっているネットワークにおいては、フローエントリ設定処理中にスイッチでパケットロスが発生するかもしれません。パケットロスは OpenFlow 転送失敗の原因となります。パケットロス防止機能を有効化することで、パケットロスなしの OpenFlow 転送を可能にすることができます。

この機能が設定された場合、IPv6 アドレスによるパケットマッチングができません。

パケット損失防止機能を有効化または無効化した後、設定を反映するためには、設定を保存し、装置を再起動します。

以下に Openflow 転送のためのパケットロス防止機能の設定を示します。

表 1-16 OpenFlow 転送のためのパケットロス防止機能の設定

操作	コマンド	補足
1. system view に移行する	<code>system-view</code>	—
2. Openflow 転送のためのパケットロス防止機能を有効にする	<code>openflow lossless enable</code>	デフォルト：有効

1.9 OpenFlow の表示および保守

任意の view で display コマンドを実行します。

表 1-17 OpenFlow の表示および保守

操作	コマンド
OpenFlow インスタンスの詳細情報を表示する	<code>display openflow instance [instance-id]</code>
OpenFlow インスタンスのフローテーブルエントリを表示する	<code>display openflow instance instance-id flow-table [table-id]</code>
OpenFlow インスタンスのコントローラ情報を表示する	<code>display openflow instance instance-id controller</code>
OpenFlow インスタンスのグループテーブル情報を表示する	<code>display openflow instance instance-id group [group-id]</code>
OpenFlow インスタンスのメータ情報を表示する	<code>display openflow instance instance-id meter [meter-id]</code>
すべての OpenFlow インスタンスの概要情報を表示する。	<code>display openflow summary</code>
OpenFlow インスタンスでコントローラが送受信するパケットに関する統計をクリアする	<code>reset openflow instance instance-id controller [controller-id] statistics</code>

1.10 OpenFlow の設定例

1.10.1 ネットワーク要件

図 1-7 に示すように、Switch に対して次の設定をすると、設定した VLAN でコントローラとの Openflow 通信が有効になります。

- Openflow インスタンス 1 を作成し、VLAN4092 と VLAN4094 を Openflow インスタンスに関連づけ、Openflow インスタンスをアクティブ化します。
- Openflow スイッチを管理するために、Openflow インスタンス 1 と接続されている Controller を設定します。

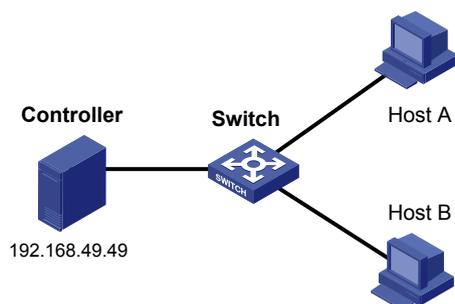


図 1-7 ネットワーク構成図

1.10.2 設定手順

VLAN4092 と VLAN4094 を作成します。

```
<Switch> system-view
```

```
[Switch] vlan 4092
```

```
[Switch-vlan4092] port gigabitethernet 1/0/1
```

```
[Switch-vlan4092] quit
```

```
[Switch] vlan 4094
```

```
[Switch-vlan4092] port gigabitethernet 1/0/2
```

```
[Switch-vlan4092] quit
```

Openflow インスタンス 1 を作成し、VLAN を関連づけます。

```
[Switch] openflow instance 1
```

```
[Switch-of-inst-1] classification vlan 4092 mask 4093 loosen
```

controller1 の IP アドレスを 192.168.49.49 に設定し、インスタンスをアクティブ化します。

```
[Switch-of-inst-1] controller 1 address ip 192.168.49.49
```

```
[Switch-of-inst-1] active instance
```

1.10.3 確認手順

Openflow インスタンス 1 の詳細情報を表示します。

```
[Switch-of-inst-1] display openflow instance 1
```

```
Instance 1 information:
```

```
Configuration information:
```

```
Description : --
```

```
Active status : Active
```

```
Inactive configuration:
```

```
None
```

```
Active configuration:
```

```
Classification VLAN, loosen mode, total VLANs(2)  
4092, 4094
```

```
In-band management VLAN, total VLANs(0)
```

```
Empty VLAN
```

```
Connect mode: Single
```

```
Mac address learning: Enabled
```

```
Flow table:
```

```
Table ID(type): 0(Extensibility), count: 0
```

```
Flow-entry max-limit: 65535
Datapath ID: 0x00010cda415e232e
Default table-miss: Drop
Forbidden port: None
Port information:
GigabitEthernet1/0/1
GigabitEthernet1/0/2
Active channel information:
Controller 1 IP address: 192.168.49.49 port: 6633
```

目次

2 章 付録	2-1
2.1 付録 A アプリケーション制限	2-1
2.1.1 フロー検索の制限.....	2-1
2.1.2 インストラクション制限.....	2-2
2.1.3 アクションセットにアクションリストをマージする際の制限.....	2-2
2.1.4 Packet-out メッセージ制限	2-3
2.1.5 Packet-in メッセージ制限	2-3
2.1.6 LLDP フレーム検索	2-4
2.1.7 フローテーブル変更メッセージ制限.....	2-4
2.2 付録 B MAC-IP フローテーブル.....	2-5
2.2.1 MAC-IP フローテーブルのサポート機能	2-5
2.2.2 MAC-IP フローテーブル制限	2-5
2.2.3 MAC-IP フローテーブルの Table-miss フローエントリ	2-5
2.2.4 Dynamic aware.....	2-6
2.2.5 Extensibility フローテーブルと MAC-IP フローテーブルの併用	2-6

2章 付録

2.1 付録A アプリケーション制限

2.1.1 フロー検索の制限

I. VLAN 検索

表 2-1 は OpenFlow インスタンスと関連する VLAN の検索制限を示します。

表 2-1 VLAN 検索制限

VLAN	Mask	一致するパケット
-(指定なし)	-(指定なし)	OpenFlowインスタンスと関連するVLANにおけるすべてのパケット。
0	-(指定なし)	VLANタグのないパケット。 入力ポートのPVIDがOpenFlowインスタンスと関連しなければなりません。
0	Mask指定	未サポート
VLAN ID (0x0001~ 0x0ffe)	-(指定なし)	未サポート
	Mask指定	
0x1000	-(指定なし)	未サポート
	Mask指定(0x1000を含まない)	
0x1000	0x1000	VLANタグのついたパケット VLANタグのVLAN IDがOpenFlowインスタンスと関連しなければなりません。
VLAN ID (0x1001~ 0x1ffe)	-(指定なし)	VLAN IDとVLANマスクの組み合わせに一致するパケット。 VLAN IDとVLANマスクの組み合わせにより得られるVLANはOpenFlowインスタンスと関連しなければなりません。
	Mask指定	
その他	その他	未サポート

II. プロトコルパケット検索

プロトコルが有効になっている場合、プロトコルパケット(LLDP フレームを除く)は OpenFlow プロトコルの代わりに対応するプロトコルによって処理されます。

LLDP フレームの検索に関する詳細は、「LLDP フレーム検索」を参照してください。

III. Metadata 検索

Metadata は、フローテーブル間で一致情報を渡すために使われます。コントローラは Metadata のフロー検索条件を含むフローエントリを一番目以外のフローテーブルにのみを設定します。コントローラが Metadata のフロー一致条件を含むフローエントリを一番目のフローテーブルに設定した場合、スイッチは未サポートのフローに関するエラーを返します。

2.1.2 インストラクション制限

表 2-2 インストラクション制限

インストラクションタイプ	制限
Clear-Actions	Clear-Actions インストラクションには以下の制限があります。 <ul style="list-style-type: none"> 単一のフローテーブルにおいて、テーブルのフローエントリはこのインストラクションや他のインストラクションを同時に含むことができません。 パイプラインの複数のフローテーブルにおいて、装置はこのインストラクションや他のインストラクションを同時に含むことをサポートしません。
Apply-Actions	Apply-Actions インストラクションのアクションリストは、複数の出力アクションを含むことができません。 Apply-Action インストラクションのアクションリストに一つの出力アクションのみしか含まない場合、“アクションセットにアクションリストをマージする際の制限”で説明されるようにアクションリストを処理します。
Write-Metadata/mask	パイプラインの最後のテーブルのフローエントリは、このインストラクションを含むことができません。パイプラインの最後のテーブルの場合、スイッチは未サポートフローエラーを返します。
Goto-Table	

2.1.3 アクションセットにアクションリストをマージする際の制限

アクションセットにアクションリストをマージする際、スイッチには以下の制限がありません。

I. アクションセットとアクションリストが出力アクションまたはグループアクションを含まない場合

- アクションセット内のアクションがアクションリスト内のアクションと重複していない場合、スイッチはアクションセット内にアクションリストをマージします。
- アクションセット内のアクションがアクションリスト内のアクションと重複している場合、アクションリスト内のアクションはアクションセット内のアクションに置き換えられます。

II. アクションセットとアクションリストが出力アクションまたはグループアクションを含む場合

- アクションリストとアクションセットの両方が出力アクションを含んでいる場合、アクションリスト内の出力アクションはアクションセット内の出力アクションより優先されます。アクションリスト内の出力アクションは、パケットを変更しません。アクションセット内の出力アクションはパケットを変更するパイプライン処理の最後のステップで実行されます。
- アクションリストまたはアクションセットのどちらかが出力アクションを含んでいる場合、出力アクションによって指定されたポートはパケットの出力ポートとして扱われます。アクションはアクションセット規則によって定義された順序で実行されます。
- アクションリストが出力アクションを含んでおり、アクションセットがグループアクションを含んでいる場合、出力アクションはパケットを変更せず、グループアクションが実行されます。

2.1.4 Packet-out メッセージ制限

I. 入力ポート

予約済みポートの **Normal**、**Local**、**In Port** や **Controller** が Packet-out メッセージ内の出力ポートとして使用されている場合、入力ポートは物理ポートまたは論理ポートでなければなりません。

II. バッファ ID と Packet-out パケットが含まれる場合

Packet-out メッセージが、パケットと、スイッチ内にバッファされたパケットを参照するバッファ ID の両方を含んでいる場合、スイッチはバッファされたパケットのみを処理し、Packet-out メッセージ内のパケットは無視します。

III. VLAN タグのないパケット

Packet-out されるパケットが VLAN タグを持たない場合、スイッチは以下に従ってパケットを処理します。

- 入力ポートが物理ポート、または論理ポートである場合、スイッチは入力ポートの PVID をパケットに付与して VLAN 内で転送します。
- 入力ポートが予約済みポートであり、出力ポートが物理ポート、または論理ポートである場合、スイッチは出力ポートの PVID をパケットに付与して VLAN 内で転送します。
- 入力ポートが予約済みポートであり、出力ポートが予約済みポートの **Flood**、または予約済みポートの **all** である場合、IV. 出力ポートで説明されるようにスイッチはパケットを処理します。

IV. 出力ポート

Packet-out されるパケットの出力ポートが予約済みポートの **Flood**、または予約済みポートの **all** である場合、スイッチは以下に従ってパケットを処理します。

- 出力ポートが予約済みポートの **Flood** である場合、
 - Packet-out されるパケットが VLAN タグを持つ場合、スイッチは VLAN 内でブロードキャスト転送します。
 - Packet-out されるパケットが VLAN タグを持たず、入力ポートが物理ポート、論理ポートである場合、スイッチは入力ポートの PVID をパケットに付与します。スイッチはパケットを VLAN 内で転送します。
 - Packet-out されるパケットが VLAN タグを持たず、入力ポートが予約済みポートの **Controller** である場合、スイッチはすべての OpenFlow ポートにパケットを転送します。
- 出力ポートが予約済みポートの **all** である場合、
 - Packet-out されるパケットが VLAN タグを持つ場合、スイッチはパケットを VLAN 内でブロードキャスト転送します。
 - Packet-out されるパケットが VLAN タグを持たない場合、スイッチは入力ポートのタイプを問わず、すべての OpenFlow ポートからパケットを転送します。

2.1.5 Packet-in メッセージ制限

I. VLAN タグの処理

Packet-in パケットをコントローラに送る場合、スイッチは以下に従ってパケットの VLAN タグを処理します。

- パケットの VLAN タグが入力ポートの PVID と同じである場合、スイッチは VLAN タグを削除します。
- パケットの VLAN タグが入力ポートの PVID と異なる場合、スイッチは VLAN タグを削除しません。

II. パケットバッファ

フローエントリに一致しないことが原因で、Packet-in メッセージがコントローラに送られる場合、スイッチはパケットをバッファすることが可能です。バッファ可能なパケット数は 1K です。

Packet-in メッセージが他の理由でコントローラに送られる場合、スイッチはパケットをバッファすることができません。スイッチは完全なパケットをコントローラに送らなければならない、パケットの cookie field は 0xFFFFFFFFFFFFFFFF に設定されます。

2.1.6 LLDP フレーム検索

LLDP は OpenFlow ネットワーク内で、トポロジ検出を実行するために使用されます。LLDP 機能は装置上で、グローバルに有効化されなければなりません。以下の条件において、スイッチは Packet-in メッセージにより LLDP フレームをコントローラに送ります。

- コントローラから LLDP フレームを受信するポートが、OpenFlow インスタンスに属しています。
- OpenFlow インスタンスにおけるフローテーブルに、LLDP フレームと一致するフローエントリが存在します(出力ポートは予約済み **Controller** ポート)。

2.1.7 フローテーブル変更メッセージ制限

フローテーブル変更メッセージには、Table-miss フローエントリと、共通フローエントリに関する以下の制限があります。

I. Table-miss フローエントリ

- OpenFlow インスタンスがアクティブ化された後に、コントローラはアクションが廃棄の Table-miss フローエントリを OpenFlow インスタンスに設定します。
- コントローラは Multipart メッセージにより Table-miss フローエントリを問い合わせることができません。
- コントローラは Modify 要求により Table-miss フローエントリを変更することができません。コントローラは Add 要求のみによって Table-miss フローエントリを変更することができます。
- コントローラは Modify_strict 要求、Delete_strict 要求により Table-miss フローエントリを変更、削除することができます。コントローラはたとえフロー検索条件がワイルドカードで指定（省略）されていても strict ではない Modify 要求、Delete 要求により Table-miss フローエントリを変更、削除することができません。

II. 共通フローエントリ

コントローラは、フロー検索条件がワイルドカードで指定（省略）されていても strict ではない Modify 要求、Delete 要求によるすべての共通フローエントリを変更、削除することができません。

2.2 付録B MAC-IPフローテーブル

2.2.1 MAC-IP フローテーブルのサポート機能

コントローラは、MAC-IP フローテーブルにフローエントリを設定する場合、必須のフロー検索条件とアクションを含まなければならない、オプションのフロー検索条件とアクションを含めることができます。コントローラがフローエントリ内にオプションのフロー検索条件とアクションを含まない場合、スイッチはデフォルトでそれらをフローエントリに追加します。

レイヤ2フローエントリは、MAC アドレステーブルを使用して実装されます。表 2-3 はレイヤ2フローエントリのサポート機能を示します。

表 2-3 レイヤ2フローエントリのサポート機能

サポート項目	機能
(必須項目) フロー検索条件	MAC-IPフローテーブルは以下のフロー検索条件をサポートしなければなりません。 <ul style="list-style-type: none"> • VLAN ID. • ユニキャストの宛先MACアドレス
(オプション項目) フロー検索条件	—
(必須項目) アクション	出力ポートを指定してください。
(オプション項目) アクション	MAC-IPフローテーブルはオプションで以下のインストラクションをサポートすることができます。 <ul style="list-style-type: none"> • Goto-Table—スイッチが複数のテーブルを持ち、コントローラがこのインストラクションを登録しない場合、スイッチはデフォルトでこのインストラクションを追加します。 • Write-Metadata—スイッチが複数のテーブルを持ち、コントローラがこのインストラクションを登録しない場合、スイッチはデフォルトでこのインストラクションを追加します。

2.2.2 MAC-IP フローテーブル制限

コントローラはMAC-IP フローテーブルにフローエントリを設定するために表 2-4 の制限に従わなければなりません。従わない場合、転送障害が発生する可能性があります。

表 2-4 MAC-IP フローテーブルにレイヤ2フローエントリを設定するための制限

項目	制限
フロー検索条件	スイッチに設定するフローエントリの宛先MACアドレスを、スイッチのMACアドレスとすることはできません。
アクション	出力ポートは、一致するVLANに属していなければなりません。

2.2.3 MAC-IP フローテーブルの Table-miss フローエントリ

MAC-IP フローテーブルの Table-miss エントリは以下の出力アクションをサポートします。

- **Goto-Table**—パケットを次のテーブルに移します。
- **Drop**—パケットを廃棄します。

- **Controller**—パケットをコントローラに送信します。
- **Normal**—通常のパイプラインにパケットを転送します。

2.2.4 Dynamic aware

MAC-IP フローテーブルをサポートする OpenFlow スイッチにおいて、動的 MAC アドレスフローエントリの削除、または問い合わせが可能となるよう OpenFlow を設定できます。コントローラは、VLAN、MAC アドレス、または MAC アドレスと VLAN の組み合わせを指定することによって、動的な MAC アドレスフローエントリの問い合わせ、または削除ができます。

2.2.5 Extensibility フローテーブルと MAC-IP フローテーブルの併用

MAC-IP フローテーブルは、Write Metadata/Mask インストラクションをサポートし、Extensibility フローテーブルは、Metadata/mask の照合をサポートします。MAC-IP フローテーブルは、Metadata/mask を使用して複数のテーブルのパイプライン処理を実行するために、Extensibility フローテーブルと併用することができます。

各 Metadata mask bit は異なる意味を持ちます。設定された Metadata bit は対応する Metadata mask bit が一致していることを示します。対応する Metadata bit が設定されない場合は、Metadata mask bit はワイルドカードで指定（省略）されます。

表 2-5 Metadata mask の意味

Metadata mask bit	意味	Metadata
Bit 0	宛先MACアドレス	<ul style="list-style-type: none">● 1—設定。宛先MACアドレスと一致。● 0—未設定。宛先MACアドレスと不一致。
その他	予約済み	予約済み