

各 位

2012年10月23日
株式会社インプレスR&D
<http://www.impressRD.jp/>

—ネットワークの仮想化を可能とする OpenFlow /SDN の本格的な解説書！—
『次世代網を実現する OpenFlow 技術最新動向 2013』
を 10 月 25 日に発行

インプレスグループで法人向け情報コミュニケーション技術関連メディア事業を手がける株式会社インプレス R&D（本社：東京都千代田区、代表取締役社長：井芹昌信）のシンクタンク部門であるインターネットメディア総合研究所は、OpenFlow/SDN アーキテクチャの基礎から実装、ONF の標準化動向までを網羅してまとめた『次世代網を実現する OpenFlow 技術最新動向 2013』の販売を 10 月 25 日（木）より開始いたします。

インターネットが普及し、情報化社会と言われて久しい昨今、さまざまなプロトコルが策定され、さまざまなアプリケーションが登場してきました。インターネットは社会を支えるインフラのひとつとして認識され、その規模も拡大の一途をたどっています。インターネットがここまで発展し拡大できたのは、そのオープン性であり、自律分散性であり、何でも受け入れる懐の深さにあると言えます。

現在、特に、ネットワークやクラウドに関する会合や関連する文章中において、「SDN」というキーワードを耳にすることが多くなりました。SDNとは Software Defined Network の略であり、「ソフトウェアによって柔軟に構成・制御することのできるネットワーク」を意味します。SDN は、ネットワークとしてのコンセプトモデルを表す用語であり、それ自体で特定の技術を意味するものではありません。そのため、さまざまな技術が SDN に分類され、SDN として紹介されています。

それでは SDN は、今までのインターネットと何が違うのでしょうか。SDN の代表とされる OpenFlow は、久しぶりのネットワーク技術の革新であり、新たな概念であると言われる。インターネットをインターネットとして使うだけでなく、ネットワーク利用者が自分好みにカスタマイズされたネットワークを欲しがる、そんな時代が訪れつつあります。

サービスを仮想化するにあたってネットワークも仮想化され、複雑な依存関係をもったネットワークが構築されていくなかで、その複雑性を解くひとつの鍵が SDN であり、OpenFlow であると考えられます。OpenFlow が作るネットワークは、いわば特定のユーザーのためのネットワークです。既存のインターネッ

トがもつオープン性や自律分散性とは、また異なった性格をもつネットワークとなっています。

SDNとOpenFlowには、拡大と複雑化の一途をたどっている現在のインターネットを変革する、ひとつの「概念」としての可能性がります。SDNはまだ普及が始まったばかりであり、これからの発展に期待すべき技術です。

本書では、SDNの代表的なプロトコルである「OpenFlow」の成り立ちから詳細な技術内容、各社対応製品から実証実験、最新標準化動向まで、整理してまとめています。全体は9章で構成され、各章の概要は次の通りです。

第1章では、まず、従来のネットワークとSDNの違いを解説し、SDNの代表的なプロトコルである、OpenFlowの成り立ちと概要を紹介。次に、なぜ現在OpenFlowが注目されているのか、また、OpenFlowで実現できることは何なのかを中心に、OpenFlow技術を解説します。

第2章では、OpenFlowネットワークの基本的な構成と、コントローラとスイッチの連携方法、また交換されるメッセージの詳細について解説。さらに、最新版のOpenFlow 1.3の各種仕様の中でも、OpenFlow 1.3を理解するために特に重要と思われる部分を中心に解説します。

第3章では、OpenFlow/SDNアーキテクチャの概要やONF(Open Networking Foundation)における標準化動向を解説。次に、OpenFlow/SDNが適用されているクラウドデータセンター網、企業網、キャンパス網、WANとクラウドデータセンター間のネットワークなどの4つの領域について、それぞれの現状の課題を整理し、OpenFlow/SDNによる解決策とその商用で利用されているユースケースについて解説します。

第4章では、スマートフォンにOpenFlowスイッチ機能を搭載し、ネットワークオペレータや企業のネットワーク運用者側のシステムにOpenFlowコントローラを配備することで、スマートフォンのアクセスポリシー制御、ネットワーク経路制御、帯域制御等を行う方式について紹介します。具体的には、Android端末上に試作した基本機能について、試作システムの構成やプロトコルシーケンスなどについて解説します。

第5章では、すでに公開され誰でも利用でき、OpenFlowやSDNを実現するオープンソースソフトウェアの実装について紹介します。既に製品として発売されているOpenFlowコントローラやOpenFlowスイッチも存在していますが、まずOpenFlowの機能を試してみたり試験的なネットワークを構築してみたりする場合には、無償で公開されているオープンソースソフトウェアの実装が役立つことを解説します。

第6章では、SDNというフレームワークとOpenFlowという技術があいまって、ネットワークにプログラマビリティが導入され、これまでの自立分散型のネットワークから、集中管理型のネットワークが実現されました。こうしたトレンドに対し、ベンダ各社からOpenFlow対応製品が相次いで市場に登場。そこで、現状の各社の製品の特徴やポジショニングを整理し、新たなソリューションの確立に向けた、ベン

ダ各社の連携や統合など動向を解説します。

第7章では、世界に先駆けて商用化に成功し、導入実績ももつ NEC の「ProgrammableFlow」を例に取り上げ、OpenFlow/SDN について理解が深まるよう、詳しく解説。ここでは、この ProgrammableFlow に関して、企業データセンター、クラウドデータセンター領域における現状の課題を整理し、その課題を ProgrammableFlow ソリューションでどのように解決していくのかを解説します。

第8章では、NEC が OpenFlow を採用して開発したネットワーク製品「UNIVERGE PF シリーズ」による導入事例として、プログラマブルフローで病院ネットワークを刷新している金沢大学附属病院を紹介。金沢大学附属病院は、ネットワーク全体を可視化して管理効率を向上させ、仮想ネットワークを柔軟に構築し既存技術の課題を解決するなど、次世代病院システムへの取り組みを解説しています。

第9章では、情報通信研究機構(NICT)が構築運用を進めている、新世代ネットワーク技術の研究開発のためのテストベッド JGN-X の具体的な取り組みを紹介。この JGN-X では、2009 年から OpenFlow ネットワークの広域展開に取り組み、現在では SDN のためのテストベッド「RISE」(ライズ。Research Infrastructure for large-Scale network Experiments)として広く一般に利用を開放しています。ここでは、この RISE における「第63回さっぽろ雪まつり」での実証実験の内容を解説します。

本書は、SDN や OpenFlow の技術と現状を正しく認識し、将来に向けての可能性を掴むための一助となる一冊です。

<<調査報告書の製品形態、および販売に関するご案内>>

『次世代網を実現する OpenFlow 技術最新動向 2013』

関谷勇司、岩田淳、佐宗大介、下條真司、河合栄治 [著]

<<製品形態・販売価格一覧 >>

発売日 :2012 年 10 月 25 日(木)(予約受付中)

価格 :CD(PDF)版 89,250 円(税込)

CD(PDF)+冊子版 99,750 円(税込)

判型 :A4 判

ページ数 :218 ページ

詳細、ご予約は右よりご覧ください。 →<http://r.impressrd.jp/iil/OpenFlow2013>

弊社の調査報告書は「libura PRO(ライブラ・プロ)」からもご購入いただけます(新刊は近日登録予定)。⇒ <https://libura-pro.com/>

※libura PRO では、誌面イメージを確認してから、ダウンロード版/CD 版/冊子版を購入していただくだけでなく、商品の興味のある一部分(現在は章単位)だけを選んで購入したり、選んだ部分を POD(プリント・オン・デマンド)で製本してご購入いただくことができます。

インプレス R&D インターネットメディア総合研究所の調査報告書は、お客様のご利用ニーズに合わせ、簡易製本の冊子版、CD(PDF)版をご用意しております。

《目次》

はじめに

第1章 SDNとは？ OpenFlowとは？

- 1.1 従来のネットワークとSDNとの違い
 - 1.1.1 インターネットは自律分散システム
 - 1.1.2 SDNは集中管理システム
- 1.2 OpenFlowの成り立ち
 - 1.2.1 OpenFlowコンソーシアムの設立
 - 1.2.2 ONF(Open Networking Foundation)を設立
- 1.3 ONFの組織構成と標準化活動
 - 1.3.1 ONFのワーキンググループとその活動
 - 〔1〕ONFのワーキンググループ
- 1.4 Interop Tokyo 2012で14社が展示デモ
- 1.5 今後期待されるOpenFlowの標準化
- 1.6 OpenFlow 1.0仕様の概要
- 1.7 なぜOpenFlowなのか？
 - 1.7.1 データセンターネットワーク
 - 1.7.2 VLAN番号の最大値である4096の限界を越えて
 - 1.7.3 クラウドに求められるネットワーク要件
 - 1.7.4 OpenFlowは可能性を秘めているネットワーク
- 1.8 OpenFlowの利点と今後の展開

第2章 OpenFlowの最新仕様:バージョン1.3が策定完了

- 2.1 OpenFlowネットワークの構成
 - 2.1.1 OpenFlowコントローラとOpenFlowスイッチ
 - 2.1.2 OpenFlow仕様はバージョン1.3まで策定完了
- 2.2 OpenFlowスイッチの仕様
 - 2.2.1 OpenFlowスイッチの構造
 - 2.2.2 OpenFlowにおけるポートの概念
 - 2.2.3 フローテーブルの定義
 - 〔1〕パケット処理の方法
 - 〔2〕OpenFlowスイッチのパケット処理とフローテーブル
 - 〔3〕フローテーブル内のフローエントリの構造
 - 2.2.4 グループテーブルの定義
 - 2.2.5 メーターテーブルの定義
 - 2.2.6 アクションの定義
 - 2.2.7 マッチングルール(適応ルール)の定義
- 2.3 OpenFlowプロトコルの仕様
 - 2.3.1 Controller-to-Switchメッセージ
 - 2.3.2 Asynchronousメッセージ
 - 2.3.3 Symmetricメッセージ
 - 2.3.4 コントローラとスイッチの接続
 - 〔1〕セキュアチャネル(Secure Channel)の確立
 - 〔2〕冗長性の確保と標準化
 - 〔3〕複数のセキュアチャネルを確立
 - 2.3.5 テーブル操作メッセージ

第3章 OpenFlow/SDN の適用分野

＝企業網／キャンパス網／クラウド＝

- 3.1 OpenFlow/SDN アーキテクチャの概要
 - 3.1.1 OpenFlow/SDN で採用された新しいアーキテクチャ
 - 3.1.2 OpenFlow スイッチの動作と方式の特徴
 - 〔1〕 動的設定型 OpenFlow スイッチの場合
 - 〔2〕 事前設定型 OpenFlow スイッチの場合
 - 3.1.3 OpenFlow コントローラースイッチにおける標準化インタフェース
- 3.2 クラウドデータセンター網での課題と解決
 - 3.2.1 従来の4つの課題
 - 〔1〕 第1の課題
 - 〔2〕 第2の課題
 - 〔3〕 第3の課題
 - 〔4〕 第4の課題
 - 3.2.2 上記の解決アプローチ
 - 〔1〕 ネイティブ(Native)モデル(ホップバイホップモデル)
 - 〔2〕 オーバーレイ(Overlay)モデル
 - 〔3〕 ハイブリッドモデル(オーバーレイモデルとネイティブモデルの統合)
 - 3.2.3 代表的なユースケース
 - 〔1〕 マルチテナントネットワーク[ネイティブモデル(ホップバイホップモデル)]
 - 〔2〕 マルチテナントネットワーク(Overlay モデル)
- 3.3 企業網におけるネットワークの課題
 - 3.3.1 従来の企業網の代表的な課題
 - 3.3.2 企業内での複数部門向けのセキュアなネットワーク分離の運用維持管理の容易化例
- 3.4 キャンパス網におけるネットワークの課題
 - 3.4.1 従来のキャンパス網の課題
 - 3.4.2 OpenFlow/SDN によるネットワーク仮想化を使った Production 網と共有する実験網
- 3.5 WAN とデータセンター間のネットワークの課題
 - 3.5.1 従来のデータセンター間のネットワーク課題
 - 3.5.2 グーグルの WAN、データセンター間ネットワークにおける OpenFlow/SDN の利用

第4章 OpenFlow スイッチ機能付きスマートフォン

- 4.1 OpenFlow による端末の通信制御方式の提案
- 4.2 課題と要件: モバイル網／企業／ASP の観点から整理
 - 4.2.1 モバイル網トラフィックの Wi-Fi へのオフロード
 - 〔1〕 用途による網の使い分け
 - 〔2〕 網状態を反映した通信制御
 - 4.2.2 企業端末のセキュリティ確保
 - 4.2.3 MVNO、ASP などの網利用効率化
 - 〔1〕 MVNO が提供するサービスの場合
 - 〔2〕 ASP が提供するサービスの場合
- 4.3 OpenFlow による経路選択方式
 - 4.3.1 OpenFlow によって解決する通信制御方式の提案
 - 4.3.2 OpenFlow ベースモバイル端末制御のユースケース
 - 4.3.3 経路選択方式適用上の課題
 - 〔1〕 経路切り替え時の通信の維持(モビリティ)
 - 〔2〕 ローミング
 - 〔3〕 OFS 収容数のスケーラビリティ
 - 〔4〕 無線経路を利用した OpenFlow による制御
 - 4.3.4 OpenFlow 搭載 Android 試作端末
 - 〔1〕 システム構成
 - 〔2〕 Android 端末内の構成

- [3] 動作シーケンス
- 4.4 他の利用用途への展開:企業網での OpenFlow モバイル制御の利用
- 4.5 今後の課題:端末の制御/スケーラビリティ

第5章 オープンソースソフトウェアにおける OpenFlow/SDN の実装

- 5.1 Open vSwitch
 - 5.1.1 Open vSwitch:仮想ネットワークスイッチ実装
 - 5.1.2 Open vSwitch のアーキテクチャ
 - 5.1.3 従来のネットワークブリッジと Open vSwitch の比較
 - 5.1.4 Open vSwitch を利用した OpenFlow の利用例
- 5.2 LINC:OpenFlow 1.2 準拠の OpenFlow スイッチ
- 5.3 OpenFlow Switching Reference System (OpenFlow スイッチング参照システム)
- 5.4 Trema(トレマ)
- 5.5 NOX/POX(ノックス/ボックス)
- 5.6 Beacon(ビーコン)
- 5.7 Pantou(パントウ)
- 5.8 Mininet(ミニネット)
- 5.9 VXLAN(ブイエックスラン)
 - 5.9.1 hogelan:VXLAN のオープンソース実装
 - 5.9.2 VXLAN の構成

第6章 市場における OpenFlow/SDN ベンダ各社の役割

- 6.1 SDN のフレームワークと OpenFlow の関係
 - 6.1.1 SDN は 3 つのプレーンと 2 つのインタフェースで構成
 - [1] アプリケーション層
 - [2] 制御(コントロール)プレーン層
 - [3] データプレーン層
 - 6.1.2 OpenFlow は制御プレーンとデータプレーン間のインタフェース
- 6.2 各社の OpenFlow/SDN 対応製品
 - [1] ハードウェアスイッチ
 - [2] コントローラ(制御装置)
 - [3] テスター(試験装置)
- 6.3 ベンダ各社の動向
 - 6.3.1 IBM
 - 6.3.2 HP(ヒューレット・パッカード)
 - [1] 新戦略「HP Converged Infrastructure」を発表
 - [2] HP FlexNetwork アーキテクチャと 4 つのコンポーネント
 - [3] HP の OpenFlow に関する歴史
 - 6.3.3 NEC
 - [1] 世界初の OpenFlow 対応製品を発表
 - [2] 国内企業などへも実際に導入へ
 - 6.3.4 Pica8(ピカエイト)
 - 6.3.5 NTT データ
 - [1] NTT データの Hinemos(ヒネモス)
 - 6.3.6 ストラトスフィア
 - 6.3.7 Nicira(ニシラ)
 - 6.3.8 Big Switch Networks(ビッグスイッチネットワークス)
 - 6.3.9 シスコシステムズ
 - 6.3.10 ジュニパーネットワークス
 - 6.3.11 ブロケード コミュニケーションズ システムズ
 - 6.3.12 Spirent Communications(スパイレントコミュニケーションズ)
 - 6.3.13 イクシア (IXIA) コミュニケーションズ

- 6.3.14 ミドクラ(Midokura)
- 6.3.15 その他
- 6.4 各ベンダの製品のポジショニング
- 6.5 各ベンダの取りうる戦略
- 6.5.1 フレームワークの領域が広い SDN
- 6.5.2 各社の戦略的な 4 つのアプローチ
 - 〔1〕 付加価値型
 - 〔2〕 ポートフォリオ拡充型
 - 〔3〕 新市場攻略型
 - 〔4〕 多角化型

第 7 章 具体的な OpenFlow 対応製品 =NEC の「ProgrammableFlow」の詳細=

- 7.1 企業データセンター、クラウドデータセンター領域の課題と解決のアプローチ
 - 7.1.1 企業内データセンターの課題と解決策
 - 7.1.2 クラウドデータセンターの課題と解決策
 - 〔1〕 第 1 の課題: ネットワーク機器費用の増大
 - 〔2〕 第 2 の課題: 運用費用の増大
 - 〔3〕 第 3 の課題: ネットワーク障害復旧時間の長期化
 - 〔4〕 第 4 の課題: サーバ仮想化にネットワークが追いつかない
 - 7.1.3 現状の課題の解決策の提案
 - 7.1.4 ProgrammableFlow に基づくネットワーク仮想化
- 7.2 企業データセンター、クラウドデータセンター向け ProgrammableFlow ソリューション 7.2.1 ProgrammableFlow システムアーキテクチャ
 - 〔1〕 現在のネットワーク構成
 - 〔2〕 ProgrammableFlow のアーキテクチャ
- 7.2.2 ネットワーク制御が提供する機能
- 7.2.3 SDN(Software-Defined Networking)の機能
- 7.3 ProgrammableFlow ソリューションの提供機能
 - 7.3.1 ネットワークのシンプル化 (OpenFlow ファブリック機能)
 - 7.3.2 ネットワークの可視化機能と仮想ネットワーク設定機能
 - 〔1〕 物理ネットワーク描画面
 - 〔2〕 論理ネットワーク画面
 - 7.3.3 仮想ネットワーク機能
 - 〔1〕 仮想ネットワーク機能の概念
 - 〔2〕 仮想ネットワーク機能の特徴
 - 〔3〕 従来のネットワーク設計と OpenFlow/SDN 型のネットワーク設計の違い
 - 7.3.4 ネットワーク制御の高度化
 - 7.3.5 選択的アプライアンスオフローディング
 - 7.3.6 ネットワークプールのスケールアウト機能
 - 7.3.7 VM マイグレーションに合わせた動的なネットワーク構成変更
 - 〔1〕 既存の VLAN 環境での作業
 - 〔2〕 ProgrammableFlow ソリューション
 - 7.3.8 ネットワーク機器の省電力化と保守効率化
 - 7.3.9 既存ネットワーク管理・監視統合—NetvisorPro V による物理網管理と ProgrammableFlow 管理
 - 7.3.10 既存 LAN/WAN と ProgrammableFlow 網の相互接続・統合設計
- 7.4 ProgrammableFlow ソリューションでの Open Source OpenFlow コントローラフレームワーク: Trema
 - 7.4.1 NEC オープンソース: OpenFlow コントローラフレームワーク: Trema
 - 7.4.2 Trema TremaApps (アプリケーション) の例: スライスブル (Sliceable) ルーティングスイッチ
 - 7.4.3 統合テスト環境の TremaShark

- 7.4.4 Trema での repeater-hub(リピータハブ)の Ruby プログラム例
- 7.5 ProgrammableFlow ソリューションで開発中の機能:Hyper-V 対応 OpenFlow Virtual Switch
 - 7.5.1 NEC が開発中の Hyper-V 対応 OpenFlow Virtual Switch
 - [1] Windows Server 2012 の 3 種類の Virtual Switch Extension
 - [2] Hyper-V 対応 OpenFlow Virtual Switch のデモの状況
 - [3] OpenFlow Virtual Switch の仮想サーバ対応アクセスコントロール機能
- 7.6 ProgrammableFlow ソリューションで開発中の機能: WebSAM/OpenStack-OpenFlow 連携
 - 7.6.1 クラウドマネジャーと OpenFlow 連携
 - 7.6.2 ネットワーク仮想化、サーバ仮想化、ストレージ仮想化のオーケストレーション
 - 7.6.3 ProgrammableFlow のクラウドマネジャー連携によるオーケストレーション
 - [1] クラウドマネジャーとしての WebSAM を活用
 - [2] クラウドマネジャーにオープンソースの OpenStack を活用
 - 7.6.4 OpenStack-OpenFlow 連携向けプラグイン機能

第 8 章 UNIVERGE PF シリーズ導入事例:金沢大学附属病院

- 8.1 各部門が個別にネットワークを構築、全体統制と管理が困難に
- 8.2 仮想ネットワークの容易な構築運用管理を効率化できる点を評価
- 8.3 ユニバーサル接続による機器追加設定の自動化にも期待
 - 8.3.1 ネットワーク全体の可視化、統合管理
 - 8.3.2 部門ごとの仮想ネットワークを柔軟に構築し、集中管理することが可能
 - 8.3.3 機器の接続を認識し、適切な VTN に自動配備
 - 8.3.4 通信の種類に応じた高度な経路制御を実施

第 9 章 JGN-X における Openflow の実証実験

＝RISE 環境のもとに「第 63 回さっぽろ雪まつり」でシステムを構築＝

- 9.1 JGN-X とは
- 9.2 新世代ネットワークテストベッドとしての JGN-X
 - 9.2.1 JGN-X をベースに 2020 年頃に新世代ネットワークの実現
 - 9.2.2 新世代ネットワークプレーンの構築
- 9.3 RISE における「第 63 回さっぽろ雪まつり」での実証実験
 - 9.3.1 JGN-X における OpenFlow 環境の展開
 - 9.3.2 SDN テストベッド「RISE」
 - [1] RISE バージョン 1 の特徴
 - [2] RISE バージョン 2 の構築
 - [3] RISE バージョン 3 の検討を開始
 - 9.3.3 札幌における雪まつりでの実証実験
 - [1] 従来機能の整備と課題
 - [2] 2012 年の雪まつり実証実験での検証
 - 9.3.4 Pseudo Wire 上の OpenFlow ネットワーク構築の検証
 - 9.3.5 OpenFlow 上の VPLS ネットワークの構築
 - 9.3.6 IPv4 マルチキャスト実証実験
- 9.4 まとめと今後の課題
 - 9.4.1 Pseudo Wire(スードワイヤ)への移行
 - 9.4.2 RISE 上での VPLS 網構築
 - 9.4.3 IPv4 ユニキャスト転送を実現
 - 9.4.4 IPv4 マルチキャストを実現

索引

【株式会社インプレス R&D】 <http://www.impressRD.jp/>

インプレス R&D は、Web ビジネス関係者、ワイヤレスブロードバンド技術者、放送・通信融合およびデジタル家電関係者、ICT を活用するビジネスマンなど、インターネットテクノロジーを核としたあらゆる分野の革新をいち早くキャッチし、これからの産業・社会の発展を作り出す人々に向けて、クロスメディア事業を展開しています。

【インプレスグループ】 <http://impress.jp/>



株式会社インプレスホールディングス(本社:東京都千代田区、代表取締役:関本彰大、証券コード:東証 1 部 9479)を持株会社とするメディアグループ。「IT」「音楽」「デザイン」「医療」「山岳・自然」「モバイルサービス」を主要テーマに専門性の高いコンテンツ+サービスを提供するメディア事業を展開しています。2012 年 4 月 1 日に創設 20 周年を迎えました。

【購入に関するお問い合わせ先】

株式会社インプレス R&D オンライン販売部

〒102-0075 東京都千代田区三番町 20 番地

フリーダイヤル:0120-350-995(平日 11 時~12 時、13 時~17 時) FAX:03-5213-6297

電子メール: report-sales@impress.co.jp

【内容に関するお問い合わせ先、報道関係者からのお問い合わせ先】

株式会社インプレス R&D インターネットメディア総合研究所 編集担当:威能

〒102-0075 東京都千代田区三番町 20 番地

TEL:03-5275-1087 FAX:03-5275-9018

電子メール: im-info@impress.co.jp、URL: <http://www.impressRD.jp/>