

耐災害ネットワークのための SDN 制御機能の冗長化に関する一検討

長田 拓麻[†] 和泉 諭[†]

[†] 仙台高等専門学校

1 はじめに

近年、地震や洪水などの災害によって電子機器が破壊され、重要なデータが喪失されることを防ぐため、Software Defined Network(SDN)を用いた遠隔地へのデータバックアップ手法が研究されている。SDNによる自律的な経路制御を行うことで、回線の断絶が多発する特殊な環境下においてもデータの生存率やスループットの向上が期待できる。しかし、SDNはネットワーク管理者の保守性のために制御層が一つにまとめられており、単一障害点となる可能性がある。

そこで、本研究ではSDNコントローラが破損して制御を失った場合を想定し、Network Functions Virtualization(NFV)技術によってハードウェアの仮想マシン上にSDNコントローラをマイグレーション(移転)する手法を提案する。

2 SDN と NFV

SDNとは、制御層とデータ転送層を物理的に分離して、1つの制御層で複数のデータ転送を制御するネットワークを指す。制御層をまとめることで機器ごとの設定作業をSDNコントローラで一元化し、効率的なネットワーク運用が可能となる。また、経路制御手法や通信規則を任意に設定することができ、耐災害ネットワークの研究分野ではこの性質を利用して、独自の提案手法を実装している。SDNの概要を図1に示す。

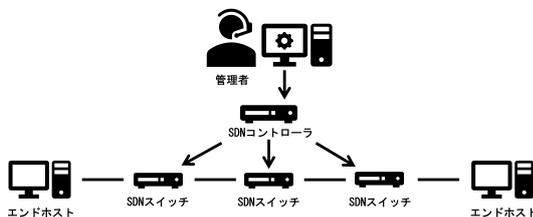


図1: SDN 概要

また、NFVとは、ネットワーク機器に実装されているデータ処理機能を仮想マシン上にソフトウェア実装することを指す。具体的には、仮想マシン上にFirewall, Router, Switchなどを動作させるこ

とができる。専用機器を新規に購入せずネットワーク機能を追加できるため、設備にかかるコストと物理的機器の集約による運用コストの削減ができる。本研究の提案手法はこれを利用してSDNコントローラを汎用PC上で動作させることを検討している。

3 関連研究

SDNは制御層をまとめていることから単一障害点となる恐れがあり、制御回線の断絶、もしくはSDNコントローラ自体の破損が発生した場合、ネットワーク機器にデフォルトで設定されているレガシーな方法で経路制御が行われるという仕様が定められている[1]。したがって、任意の経路制御手法の適用が困難になる。

Sajadら[2]は仮想データセンターにおけるSDNコントローラのライブマイグレーションについて調査しており、様々な通信量の状況下でSDNコントローラの移転時間や停止時間の傾向を測定するシミュレーションを行っている。ハードウェア使用率やTCPスループットなども指標に含めながら詳細にまとめられているものの、通常のデータセンター運営を想定しており、災害時の可用性については議論されていない。また、データセンターという強力な基盤を有する前提があり、一般的な企業や教育機関といった組織については想定されていない。その為、災害時における一般的な組織のSDNの可用性を高める提案が必要となる。

また、文献[2]によると、SDNコントローラのマイグレーションに着目した研究や提案は少ない。本研究では耐災害という観点からマイグレーション手法の適用を検討する。

4 提案

前章の課題を受け、平時の際、汎用PCにSDNコントローラの設定やルーティングテーブルのバックアップを行うことで、SDNコントローラの障害発生時に設定を引き継ぎ、それを汎用PCの仮想マシン上にマイグレーションする手法を提案する。提案手法の概要を図2に示す。

全体の処理の流れを以下に示す。

1. 汎用PCへの事前バックアップ
2. SDNコントローラの障害発生判断
3. 汎用PC内の待機系の起動
4. 元のSDNコントローラの復元
5. 各種ネットワーク機器と再接続

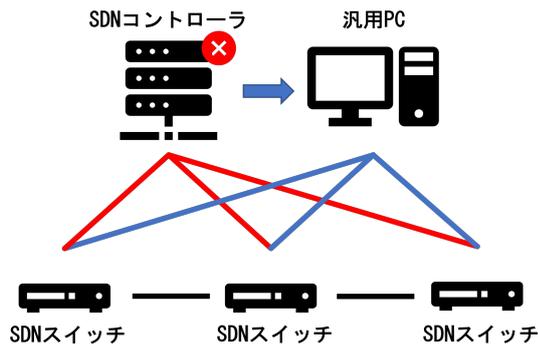


図 2: 提案手法の概要

まず、ルーティングテーブル等のバックアップデータは定期的に SDN コントローラ外部の汎用 PC へ保存しておき、Controller Status メッセージ、もしくはエコー要求のタイムアウトによって SDN コントローラに障害が発生したと判断される場合に汎用 PC の仮想マシン上の待機系へ切り替えを行う。次に、最新のバックアップデータから SDN コントローラを復元し、各ネットワーク機器との再接続、制御網の復旧を図る。

本手法の実現によって、SDN コントローラを冗長化して数を一定に保つことができる。これによって SDN の可用性を高める効果が期待でき、災害時においても自律的経路制御を維持することが可能になると考えられる。

5 設計・実装

提案手法実装のための実験環境は文献 [3] の演習環境を利用する。仮想マシン上にネットワークを構築するため、エミュレータとして Mininet を使用する。Mininet は各種ネットワーク機器とそれらのリンクを仮想ネットワーク上に作成することが可能である。

SDN の基本アーキテクチャを図 3 に示す。

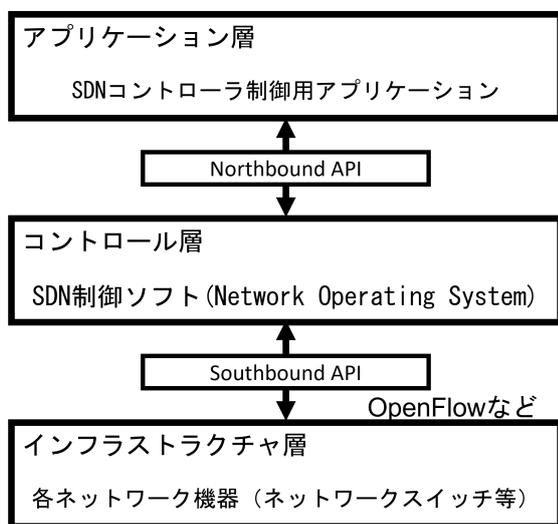


図 3: SDN の基本アーキテクチャ [4]

SDN は図 3 のように大きく分けて 3 つの階層からなり、アプリケーション層では SDN コントローラの設定変更や処理の指示、コントロール層では下位層のネットワーク機器の制御、インフラストラクチャ層では各ネットワーク機器が OpenFlow などのプロトコルを介してコントロール層の制御を受け、データ転送を行っている。

コントロール層の Network Operating System(NOS) は下位層のネットワーク機能を抽象化してアプリケーション層に Northbound API として提供している。これにより、アプリケーション層で様々な処理を記述して SDN コントローラへ指示することが可能になる。SDN の開発や標準化を行っている Open Networking Foundation が作成した「次世代 SDN チュートリアル」に沿って提案するアーキテクチャの設計・実装を行う。

6 おわりに

本研究では、耐災害という観点において SDN コントローラが単一障害点となる危険性について検討し、自律的経路制御を維持することを目的とした冗長化手法を提案する。本手法によって、災害時に SDN コントローラの破損、もしくは制御回線の断絶が発生した場合もマイグレーションを行い、SDN コントローラの制御を失うことなく経路制御を維持できる可能性がある。

今後は、SDN コントローラのマイグレーションについて詳細なソフトウェア設計を行い、SDN コントローラ復元のための一通りの機能を実装する。また、その効果について一般的な SDN 環境を想定して検証を行う。

参考文献

- [1] Open Networking Foundation: OpenFlow Switch Specification Version 1.5.1, , available from (<https://opennetworking.org/software-defined-standards/specifications>) (accessed 2023-01-06).
- [2] Khorsandroo, S. and Tosun, A. S.: An Experimental Investigation of SDN Controller Live Migration in Virtual Data, *2017 IEEE Conference on Network Function Virtualization and Software Defined Networks(NFV-SDN)*, pp. 309–314 (2017).
- [3] Peterson, L. et al.: Software-Defined Networks ソフトウェア定義ネットワークの概念・設計・ユースケース, 翔泳社 (2022).
- [4] ネットワークエンジニアとして: Network Study 1 SDN(Software Defined Network), , available from (<https://www.infraexpert.com/study/sdn01.html>) (accessed 2023-01-06).