

OpenFlow 管理回線の災害リスクを考慮した ネットワーク制御手法の設計

和泉 諭^{†1} 高平 寛之^{†1} 後谷 浩輔^{†1} 畑 美純^{†1} Guillen Luis^{†1} 阿部 亨^{†1,†2} 菅沼 拓夫^{†1,†2}
^{†1} 東北大学大学院情報科学研究科 ^{†2} 東北大学サイバーサイエンスセンター

1. はじめに

災害時にスイッチやリンクが切断され、重要情報の損失やデータ通信の途絶が社会問題となった。そこで、コントローラがネットワーク内のスイッチを柔軟に制御可能な OpenFlow を用いて、災害時にネットワーク状況に応じて通信経路を動的に制御する試みが行われている [1, 2]。しかし従来研究では、スイッチ間のデータ回線が損壊する確率（災害リスク）のみを考慮しており、コントローラとスイッチ間の管理回線が損壊した場合はネットワーク制御が困難となる。

そこで本研究では、OpenFlow 管理回線の災害リスクを考慮したネットワーク制御手法を提案する。本手法はデータ回線の災害リスクと合わせて、管理回線の災害リスクも考慮している点が特徴として挙げられる。これにより、一部のスイッチが制御不能になった場合でも、その時点で設定済の状態で作動し、転送を行う特性を考慮して経路制御を行うことで、効果的なデータ通信を実現する。本稿では文献 [3] を基にした基本設計を示し、初期実験によりその効果を検証する。

2. 関連研究と課題

OpenFlow を用いた災害時におけるネットワーク制御手法として、スイッチ間のデータ回線が受ける災害の影響やネットワークの状況を考慮して経路制御を行う手法が提案されている [1, 2]。これら手法は災害によりスイッチ間のデータ回線が切断される可能性を考慮しているが、コントローラとスイッチ間の管理回線は切断されず、常にコントローラは全てのスイッチを制御可能であることを前提にしている。しかし災害時には、管理回線も切断され、一部のスイッチが制御不能になり、データ転送の効率が低下する可能性がある。

また、コントローラを複数台用いて、管理回線を冗長化するアプローチもいくつか存在する。これにより、一部のコントローラやその管理回線が損壊した場合でも他のコントローラや管理回線に切り替えることで、継続してネットワークの管理や制御が可能となる。しかし、コントローラを複数台用意することで設置や管理にコストがかかり、さらに、すべての管理回線が損壊した場合はネットワークの管理や制

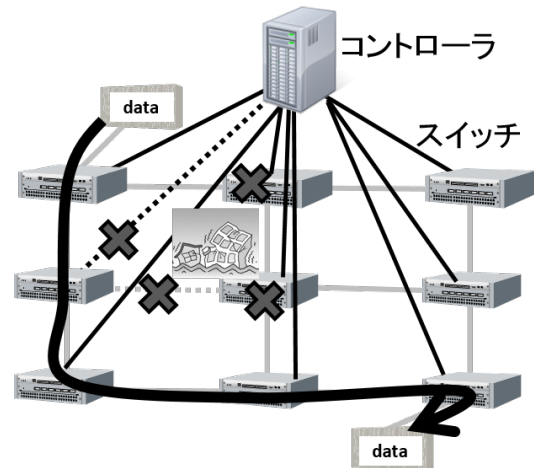


図 1: 提案概要

御が困難になる。

3. OpenFlow 管理回線の災害リスクを考慮したネットワーク制御手法の提案と設計

3.1. 提案概要

前述した課題を解決するために、本稿では OpenFlow 管理回線の災害リスクを考慮したネットワーク制御手法を提案する。OpenFlow では管理回線が損壊した場合、コントローラはそのスイッチの制御が不能になるが、スイッチはその時点での設定に基づいてデータ転送などを行うことは可能である。本手法では、この特性を考慮して、管理回線やデータ回線の災害リスクに応じて経路制御を行うことで、一部のスイッチが制御不能になった場合でもデータ転送を維持することを実現する。

3.2. 設計

本手法の実現に向けて、まず災害によるスイッチとリンクへの影響を災害リスクのモデルとして定義する。ここでは先行研究 [2] に倣い、災害によるスイッチとリンクの損壊確率を基に災害リスクを定義する。なお、リンクはスイッチ間のデータ回線だけではなく、コントローラとスイッチ間の管理回線も含めるものとする。

この災害リスクとネットワークの帯域状況に応じて、経路制御を行う。具体的には、災害直後はまずデータ回線の災害リスクと帯域容量を考慮して状況の良い経路を選択する。さらに、管理回線の災害リスクを考慮し、制御不能になる可能性が高いスイッチに関しては予めデータ回線の災害リスクが低い経路へ転送するように経路を設定しておく。管理回線が損壊した場合はそのスイッチは制御不能となるが、データ回線が損壊していなければデータ転送は可能であるため、設定した経路情報やデータ回線の災害リスクを考慮し

A Design of Network Control Method based on Disaster Risk of OpenFlow Control Channel

Satoru IZUMI^{†1}, Hiroyuki TAKAHIRA^{†1}, Kosuke GOTANI^{†1}, Misumi HATA^{†1}, Guillen LUIS^{†1}, Toru ABE^{†1,†2}, and Takuo SUGANUMA^{†1,†2}

^{†1}Graduate School of Information Sciences, Tohoku University

^{†2}Cyberscience Center, Tohoku University

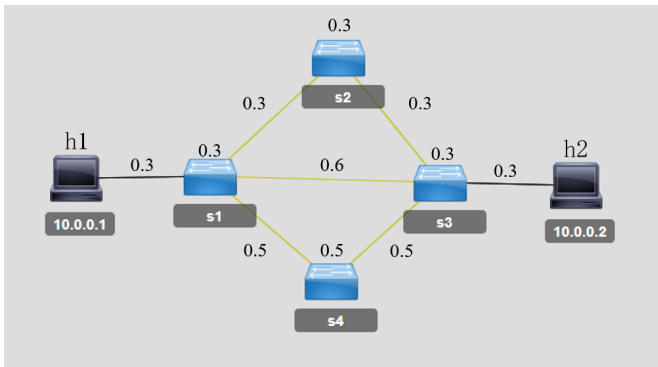


図 2: 実験用ネットワーク構成

て、状況が良いと判断された場合はそのスイッチヘデータを転送する。そして、時間経過と共に管理回線やデータ回線、スイッチ自身の災害リスクが高くなるにつれて、その影響を重視し、徐々に災害リスクの低い安全な経路へ動的に切り替えていく。

4. 初期実験

4.1. 実験概要

本提案手法の有効性を検証するために初期実験として、データ転送に関するシミュレーション実験を実施した。実験環境として、コントローラは OpenDaylight を利用し、スイッチは Open vSwitch を利用した。また、ネットワークエミュレータとして Mininet を利用して、図 2 に示す仮想のネットワーク環境を構築した。ここでは 2 台のサーバ (h1, h2) と 4 台のスイッチ (s1~s4), 1 台のコントローラ (cnt) から構成されるネットワークを用意した。コントローラは各スイッチと直接、接続しており制御することが可能となっている。また、図中のスイッチとリンク上の数値は災害リスクを表している。同図には示されていないが、コントローラ-スイッチ間の管理回線の災害リスクは cnt-s2 間は 0.6, それ以外は 0.3 に設定した。

次に実験方法を説明する。まず 2 台のサーバ間でバックアップを想定したデータ転送として ping を送信する。この時、s1 から s4 経由でデータが送られる。その後、災害が発生し s1-s4 間のリンクと、cnt-s2 間の管理回線が損壊し、その後、s1-s3 間のリンクが損壊する。この時のサーバ間のデータ転送の様子を観測した。

4.2. 実験結果

実験結果として一部のデータ回線や管理回線が破損した後の ping の導通確認結果を図 3 に示す。管理回線のリスクを考慮していない従来手法では s1-s4 間のリンクが損壊すると、s3 経由の経路に切り替えることで、その後もデータ転送を行うことができたが、s1-s3 間のリンクが破損すると、データ転送が停止した (図 3(a))。これは実際には s2 経由の経路が利用可能であったが、cnt-s2 間の管理回線が破損し、コントローラは s2 が存在しないものとしてネットワーク全体を管理・制御していたためである。

一方で、管理回線のリスクを考慮する提案手法では予め管理回線の災害リスクを考慮し、s2 に対して設定情報を送信しておく。その後、s1-s4 間のリンクが破損すると、s3 経由

```

ファイル(F) 編集(E) 設定(S) コントロール(O) ウィンドウ(W)
mininet> pingall
*** Ping: testing ping reachability
h1 -> X
h2 -> X
*** Results: 100% dropped (0/2 received)
mininet>
    
```

(a) 従来手法
(管理回線の災害リスク未考慮)

```

ファイル(F) 編集(E) 設定(S) コントロール(O) ウィンドウ(W)
mininet> pingall
*** Ping: testing ping reachability
h1 -> h2
h2 -> h1
*** Results: 0% dropped (2/2 received)
mininet>
    
```

(b) 提案手法
(管理回線の災害リスク考慮)

図 3: 実験結果

の経路に切り替え、さらに s1-s3 間のリンクが破損すると、s2 経由の経路に切り替えた。s2 は制御不能ではあるが、予め与えて置いた経路情報を基にデータ転送を行うことができた (図 3(b))。

以上より、管理回線のリスクを考慮する提案手法により、管理回線が破損して、一部のスイッチが制御不能になった場合でも設定済の状態を考慮して経路制御を行うことでデータ転送を継続することができた。

5. おわりに

本稿では OpenFlow 管理回線の災害リスクを考慮したネットワーク制御手法を提案し、初期実験によりその効果を示した。今後は具体的に経路を選択するアルゴリズムの詳細設計を行い、ネットワークの規模を大きくした環境での実験により提案の有効性を検証する。

謝辞 本研究の一部は東北大学電気通信研究所共同プロジェクト研究による。

参考文献

- [1] Sato, G., et al.: Research on Never Die Network for Disaster Prevention Based on OpenFlow and Cognitive Wireless Technology, *Proc. AINA2016*, pp.370-375, 2016.
- [2] 江戸麻人 他: 災害リスクを考慮したネットワークの経路制御手法の提案と評価, *電気学会論文誌 C*, Vol.137, No.3, pp.532-541, 2017.
- [3] 高平寛之 他: OpenFlow 管理回線の災害リスクを考慮したネットワーク制御, 2017 年電子情報通信学会通信ソサイエティ大会 通信講演論文集, Vol.2, p.52, 2017.
- [4] Canini, M., et al.: A Self-Organizing Distributed and In-Band SDN Control Plane, *Proc. ICDCS2017*, pp.2656-2657, 2017.
- [5] 渡邊拓麻 他: SDN におけるスイッチ・コントローラ間切断時のネットワーク復旧機構の設計と評価, *信学会技報*, Vol.114, No.495, IA2014-94, pp.35-40, 2015.