7T-07

災害リスクを考慮したネットワークの経路制御手法に関する性能評価

江戸 麻人 †1　和泉 諭 †2　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

地方自治体や医療機関等でファイル共有サーバによる重要情報の管理やバックアップが一般化している．災害時においては複製がない重要情報を他の安全なサーバへ避難させる必要があるが，災害時にはネットワークの状況が不安定になるため，確実なバックアップを行うことは困難である．

本研究ではこの課題の解決に向けて，災害リスクを考慮したネットワークの経路制御手法を提案する．具体的には，Software Defined Network (SDN) の概念を用いて，ネットワーク内の各通信に関して災害の影響を考慮して優先制御を行い，経路を動的に制御することで，災害直後でも高速かつ安全なバックアップを実現する．我々はこれまで，災害の影響を考慮した動的経路制御手法の設計を行ってきた [1]．本稿では複数のバックアップ通信が存在した際の優先制御方法を提案する．さらに，災害の状況を想定したシミュレーション実験を通して提案の性能評価を行う．

2. 関連研究と課題

災害環境を想定した経路制御手法に関する研究としては，事前に災害による破損個所を決定し，利用帯域の最大化や平均化を行うなど各種類の経路制御手法を評価したものがある [2]．また，事前に定めた災害の生起確率を基に災害のリスクを導出して経路制御を行う手法 [3] や，過去の災害の被害情報からネットワーク内の危険個所を予測し，その影響を緩和する経路制御手法 [4] などがある．

これらの研究ではネットワーク内の通信は同一の優先度として扱われる．しかし，それぞれの通信によって利用可能な経路は異なり，また災害により受ける影響は各経路で異なるため，災害の影響を考慮し複数の通信を効率的に伝送させることが困難である．

3. リスクアウェアスマートルーティングの提案

3.1. 提案概要

上記の課題を解決するために災害のリスクを用いたリスクアウェアスマートルーティングを提案する．本提案の概要を図 1 に示す．本提案では災害による影響をノードとリンクに与える損壊確率と捉え，それを災害リスクとして定義し，それに基づき以下の 2 つの機能により経路制御を実現する．

- 災害リスクに基づいた通信の優先制御
- 災害リスクと帯域容量を考慮した動的経路制御 [1]

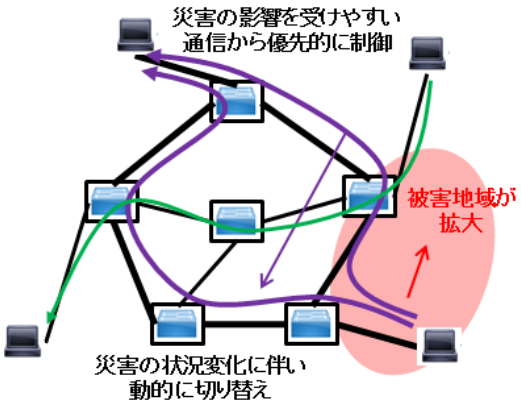

図 1　提案概要

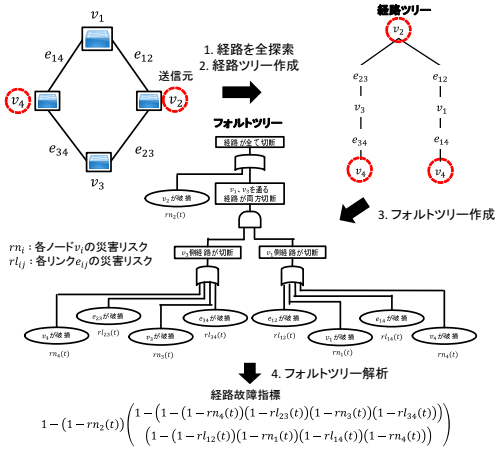

図 2　災害リスクに基づいた通信の優先制御の概要

災害リスクに基づいた通信の優先制御では，各通信に関して，災害リスクに基づいて通信の危険度を計算し，優先度を導出する．そして，優先度に応じて利用可能な経路のうち，性能の高い経路に通信を割り当てる．

災害リスクと帯域容量を考慮した動的経路制御では，災害の状況やネットワークの利用状況に応じて，通信をより効果的に行える経路へ動的に切り替える．このように災害の影響を受けやすい通信から優先して性能の良い経路に振り分け，状況に応じて動的に経路を切り替えることで，より効果的なバックアップを実現する．

本稿では，災害リスクに基づいた通信の優先制御について設計を行い，その性能評価を実施する．

3.2. 災害リスクに基づいた通信の優先制御の設計

本機能では災害リスクと経路の情報を基に，フォルトツリー解析の概念を導入して各バックアップ通信の危険度を決定する．その概要を図 2 に示す．具体的な手順は以下のとおりである．

A Performance Evaluation of Disaster-Risk-aware Network Routing Method
Asato EDO[†1], Satoru IZUMI[†2],
Toru ABE[†1,†2], Takuo SUGANUMA[†1,†2],
[†1]Graduate School of Information Sciences, Tohoku University
[†2]Cyberscience Center, Tohoku University

Copyright ©2016 Information Processing Society of Japan.
All Rights Reserved.

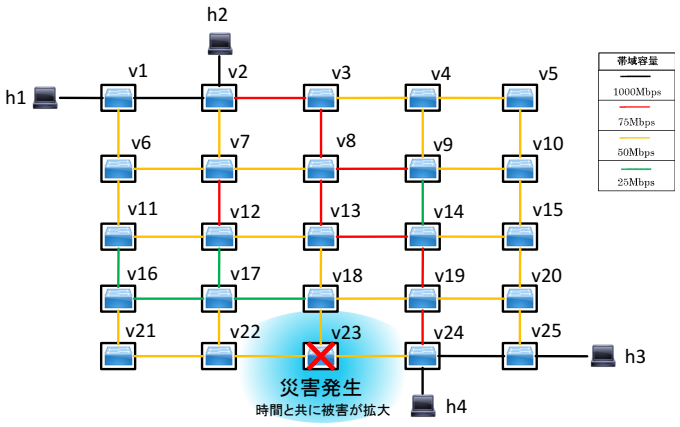

図 3　実験環境

(1) バックアップ通信の送信元から送信先までの経路を全探索
(2) 送信元を根としたの経路の広がりを示した樹形図 (経路ツリー) を作成
(3) 経路ツリー内のノード・リンクに重みとして災害リスクを付与して経路損壊に関するフォルトツリーを作成
(4) フォルトツリー解析を行い各通信に関する経路故障指標を算出
(5) 経路故障指標の高いものから優先度を高位に設定

4. 実験

ネットワークエミュレータ Mininet を用いて災害リスクに基づいた通信の優先制御に関するシミュレーション実験を行った．シミュレーションネットワーク環境を図 3 に示す．

本実験では災害発生直後に h3 から h1，h4 から h2 に対して約 1Gbyte のデータをバックアップ転送することを想定する．また，ノード v23 付近で災害が発生し，被害が広がることを想定し，時間経過と共にノード v23 付近のノードやリンクの災害リスクが増加するように設定した．この時に通信の優先制御有の場合と無の場合で各通信のスループットと情報伝送量を測定し，比較する．

各手法のスループットのグラフを図 4 と図 5 にそれぞれ示す．スループットのグラフから実験開始より約 50 秒経過した時点で通信が安定し，優先制御有では h4-h2 間の通信が優先されている事が分かる．これは h4 の方が h3 より災害の影響を受けやすく，h4 周辺のノードやリンクの災害リスクの値が増加したためである．その結果，優先度の高い通信はより広帯域な v24 → v19 → v14 → v13 → v8 → v3 → v2 の経路を利用することができ，高速に情報の伝送が可能となった．

また，h4-h2 間の通信は 130s 頃に遮断されており，それ以降の通信が不可能となった．一方で，h3-h1 間の通信はバックアップ通信が終了するまで通信可能であった．このため，優先制御では早期の段階で危険度の高い通信の優先制御を行った事が確認できた．

さらに，各手法の情報伝送量を表に示す．優先制御有の場合の方が優先制御無の場合と比較して，早期の段階で h4-h2 間の通信を優先的に広帯域で利用可能な経路に割り当てたため，伝送情報量が約 380Mbyte 増加した．

以上の結果から提案手法により，複数の通信に対して災害リスクを考慮して制御を行うことで，より効果的なバックアップの実現が可能となった．

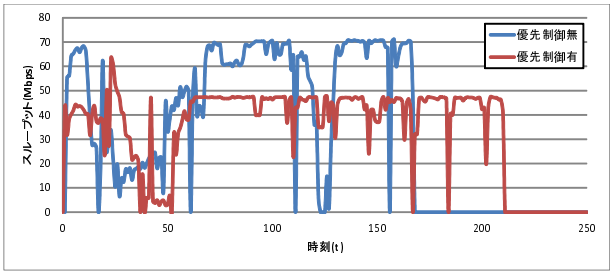

図 4　実験結果：h3-h1 間のスループット

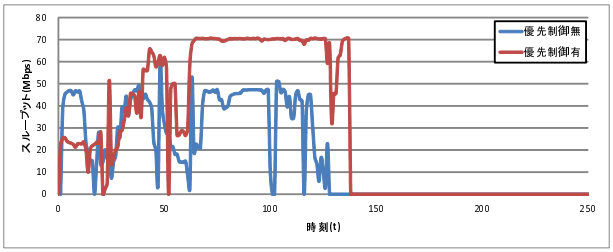

図 5　実験結果：h4-h2 間のスループット

表 1　各手法の情報伝送量 (**Mbyte**)

	優先制御有	優先制御無
h3-h1 の通信	1051.76	1037.37
h4-h2 の通信	904.80	528.21

5. おわりに

本稿では複数のバックアップ通信が存在した際の優先制御に関する提案を行い，シミュレーション環境で性能評価を行い，その有効性を明らかにした．今後は優先制御及び経路制御アルゴリズムの改良並びに，より大規模なネットワーク環境における実験を行う．

謝辞 本研究の一部は，文科省委託研究「高機能高可用性情報ストレージ基盤技術の開発」の支援を受けて実施している．

参考文献

[1] 江戸麻人 他：災害リスクを考慮したスマートルーティングの設計と実装，マルチメディア，分散，協調とモバイル (DICOMO2015) シンポジウム, pp.1520–1524 (2015).
[2] Ning-Hai, B., et al., Global Versus Essential Post-Disaster Re-Provisioning in Telecom Mesh Networks, *IEEE/OSA Journal of Optical Communications and Networking*, pp.392–400 (2015).
[3] Savas, S.S., et al., Disaster-Aware Service Provisioning by Exploiting Multipath Routing with Manycasting in Telecom Networks, *Proc. of ANTS2013*, pp.1–3 (2013).
[4] Eriksson, B., et al., RiskRoute: A Framework for Mitigating Network Outage Threats, *Proc. of CoNEXT2013*, pp.405–416 (2013).

Copyright ©2016 Information Processing Society of Japan.
All Rights Reserved.