

1. はじめに

本稿では適応型ネットワークモグラフィにもとづいた故障リンク検出手法を評価する。この手法は複数の経路に送られたパケット転送の可否から故障リンクを効率的に検出する。性能評価は特徴の異なるネットワークを用いて故障リンクの検出を行い、非適応型ネットワークモグラフィと比較する。

2. 適応型ネットワークモグラフィ

ネットワークモグラフィは2ノード間の観測情報をもとに内部状態を推定する手法である。リンクを x ($x_1, x_2, \dots, x_N$) とし、 $x_n = 0$ ($n = 0, 1, \dots, N$) のときリンク x_n は故障、 $x_n = 1$ のときリンク x_n は正常を表す。また、パケット転送によって観測された情報を y ($y_1, y_2, \dots, y_M$) とすると、 $y_m = 0$ ($m = 0, 1, \dots, M$) のとき故障リンク通過のためパケットが途中で破棄されたことを表し、 $y_m = 1$ は疎通したことを示す。ネットワークモグラフィは y から x を推定する問題である。

故障リンクの推定方法を以下に示す。故障リンク候補集合と故障リンク確定集合を用意する。全てのリンクを候補集合へ追加する。初期観測パスにより疎通したパスに含まれるリンクは正常とみなし候補集合から除外する。各観測パスに含まれる故障リンク候補の数が一つなら故障リンクが確定するので、そのリンクを故障リンク確定集合へ追加する。次に、故障候補集合の要素を半数ほど含む追加観測パスを構築し、候補集合と確定集合を更新する。追加観測パスによる観測は候補集合が空になるか、これ以上追加できるパスがなくなるまで行う。

3. 性能評価

性能評価のため3つの特徴の異なるネットワークを用いる。概要を表1に示す。また、ネットワークを図1に示す。ネットワーク(a),(b)は対称、(c)は非対称である。これらのネットワーク中の故障リンク($k = 1, 2$ は故障リンクの数)を推定するのに必要な観測パス(=初期観測パス+追加観測パス)の数を数値実験によって得る。

表1 評価のためのネットワークの概要

	ネットワーク(a)	ネットワーク(b)	ネットワーク(c)
リンク数	22	23	21
ノード数	14	13	13
特徴	格子状	次数が大きい	格子状で次数大

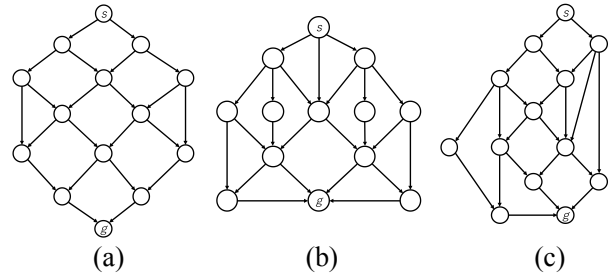


図1 使用するネットワーク

表2 性能評価の結果

故障リンク数	ネットワーク	$k = 1$			$k = 2$		
		(a)	(b)	(c)	(a)	(b)	(c)
本研究の手法	最大パス数	13	16	14	20	20	19
	平均パス数	9.5	11.87	9.71	11.08	12.84	11.12
	分散	2.16	2.20	3.35	4.26	4.20	8.94
非適応型		12	16	14	18	22	21

$k = 1$ の場合故障リンクの候補は $x_1, x_2, \dots, x_N$ となり、 N 通りの組み合わせができる。同様にして $k = 2$ の場合では ${}_NC_2$ 通りの故障リンクの組み合わせができる。故障リンクによって推定するのに必要な観測パス数が異なるため、性能評価には指数として各ネットワークの故障リンクの全ての組み合わせ(${}_NC_k$)に対して数値実験によって求めたパス数の平均、最大、分散を用いる。また、どのネットワークにおいても故障リンク候補集合を0にできない場合があるが、候補集合をこれ以上小さくできないと分かった時点でのパス数を用いる。

数値実験による性能評価の結果を表2に示す。ネットワークポロジに関係なく平均パス数は非適応型に比べて少なくなった。最大パス数は非適応型に比べて大きくなった場合がある。これはネットワークポロジの観点から故障リンクを検出することは不可能であるのに、故障リンクを見つけようと観測パスを追加し続けてしまうことによる。

4. まとめ

適応型ネットワークモグラフィは非適応型に比べて観測パス数を減らせることが分かった。また、観測ノードに接続しているリンクが故障している場合の検出は困難であることが分かった。

参考文献

- [1] 向本他, “論理型ネットワークモグラフィを用いた故障リンク検出のための観測パス構築手法”, 信学技報, vol. 114, No. 209, CQ2014-65. pp. 147-152, Sep. 2014.