

学籍番号	13674010	氏名	坂本 智弘
論文題目	トラヒック変動を考慮したノード経路木の重畳に基づく省電力経路集約手法に関する研究		

1 はじめに

近年のインターネット普及に伴う消費電力の増加から、ネットワークの省電力化が急務である。そこで、低利用率リンク/ルータを経由するトラヒックを迂回させ他経路に集約し、利用しないリンク/ルータを低消費電力状態にすることが有効である。その手法として代表ルータ (ER: Exporter Router) の最短経路木構成リンクにトラヒックを集約する XEAR (eXtended Energy Aware Routing) が提案されているが、トラヒック変動に対して省電力性能を過剰に劣化させる。そこで、本研究では XEAR をベースとし、トラヒック変動時に削除/転送リンクの両端ルータがトポロジ情報に基づく指標によりリンクを逐次復旧/削除することで、省電力性能を維持しつつ、転送性能の劣化を軽減する拡張手法を提案し、拡張手法におけるリンク選択手法、XEAR に対する有効性を調査する。

2 省電力経路集約手法

2.1 XEAR (既存手法)

ER を次数 (接続ノード数) 降順で指定して各 ER の最短経路木を構築し、それらに含まれないリンクを全て削除対象とする。負荷の変動には ER の増減による冗長経路の追加によって対処する。

2.2 経路木接続リンク選択手法 (拡張手法)

XEAR では、ER の追加によって転送リンクが大幅に増加し、省電力性能を過剰に劣化させてしまう。そこで、その拡張手法としてトラヒック変動に応じて削除リンクの両端ノードがトポロジ情報を元にリンクを一本ずつ復旧する経路木接続リンク選択手法を提案する。これにより、転送リンクの過剰な増加を防ぎつつ、トラヒック変動に対処する。

2.2.1 復旧リンク選択手法

復旧対象リンクを選択する際、削除リンクの両端ノードのトポロジ情報を指標として用いる。以下の手法を検討する。

- i 距離和手法: 各両端ノードと ER までの距離 (経由ルータ数) の和が大きいリンク、すなわち、末端ノード間の接続リンクの復旧によって ER 周辺の転送トラヒックの減少を図る。
- ii 多重度和手法: 多重度とは全ノード間通信を仮定した際にノード/リンクを通過するフロー数を示し、リンク/ノード利用率と相関がある。トラヒックは次数の高い ER 周辺に偏りやすいため、ER 付近のリンク復旧を想定し、トラヒック量の多いノードの負荷分散を図る。
- iii 次数和手法: 高次数ノードは互いに接続されやすいため、ER 周辺リンクの復旧を想定し、ER 周辺の負荷分散を図る。

3 シミュレーション

ネットワークモデル: ノード数 100, 最小次数 2, 平均次数 3.94 のスケールフリーネットワークを想定する。

評価指標:

- 省電力性能: 拡張手法による復旧リンク数
復旧リンク数が多いほど省電力性能は劣化する。
- 転送性能: リンク多重度
多重度の増加は負荷の増加、つまり転送性能の劣化を示す。

4 シミュレーション結果と考察

4.1 リンク選択手法の比較

拡張手法における復旧リンク選択手法の性能を比較する。XEAR で代表ルータ数 2 の論理トポロジにおいて、各リンク選択手法により削除リンクを 0~10 本選択、復旧する。復旧リンク数に対する全転送リンクの最大多重度を図 1 に、削除リンクを一本のみ復旧した時のリンク多重度を表 1 に示す。

図 1 から、多重度和 (“Multi-Sum”) / 次数和手法 (“Degree-Sum”) では距離和手法 (“Distance-Sum”) よりも復旧リンク数に対する多重度の改善率が高く、復旧リンクの選択方針として、ER 周辺リンクの復旧が有効である。表 1 から、距離和手法および多重度和手法では復旧リンクの多重度が平均多

表 1: 復旧リンク 1 本の場合のリンク多重度

	平均	最大	復旧リンク
リンク復旧前	128.32	792	-
距離和	127.03	792	28
多重度和	126.90	792	62
次数和	126.45	742	114

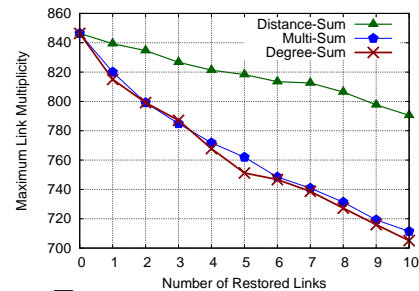


図 1: 復旧リンク数対最大多重度特性

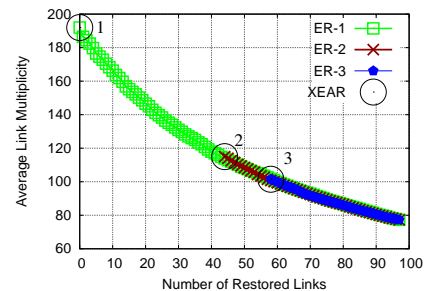


図 2: ER 数毎の平均多重度特性

重度に比べ低く、また、最大多重度の値がリンク復旧において改善されない。距離和手法では、末端ノード周辺ではノード数が少なく、復旧リンクが用いられにくいことが、多重度和手法では、リンク削除後の論理トポロジの多重度を用いるため、両端ノードの多重度和が元々の物理トポロジにおけるリンクの利用されやすさを反映しないことが原因と考えられる。一方、次数和手法では復旧リンクの多重度は平均値に近く、また、他手法に比べて平均値/最大値ともに低いため、リンク選択手法として次数和手法が最も適しているといえる。

4.2 ER 数による提案手法の性能比較

代表ルータ数 1~3 の XEAR と、各ルータ数におけるトポロジを起点として逐次削除リンクを復旧する拡張手法の平均リンク多重度の比較を行う。図 2 に復旧リンク数に対する平均多重度の値を示す。図中、XEAR の値を丸で示し、ER 数を併記する。また、“ER-n” で ER 数が n 個の拡張手法の結果を示し、ER 数 1 の XEAR を復旧リンク数 0 とする。

図 2 から、同じ復旧リンク数において、XEAR と拡張手法の多重度はほぼ等しい。さらに、復旧リンク数の変化を比較すると、XEAR では値が離散的に変化するのに対し、拡張手法では復旧リンク数を 1 本ずつ調整するため、より細かい省電力性能の調整が可能である。以上から、拡張手法は微小なトラヒック変動に対し、省電力性能の過剰な劣化を抑えた転送性能の保証が可能であるといえる。

5 まとめ

省電力経路集約手法として XEAR が提案されているが、負荷変動時に省電力性能を過剰に劣化させる問題があった。本研究では XEAR において削除リンクをトポロジ情報をもとに逐次選択し復旧することで、トラヒック変動による省電力性能の大幅な劣化を防ぎつつ転送性能の保証を行う拡張手法を提案し、その有効性を示した。

研究業績

- [1] 坂本 智弘, 川原 憲治, 尾家 祐二, “トラヒック変動を考慮したノード経路木の重畳に基づく省電力経路集約手法,” 信学技報 IN2014-117, Jan 2015.