

学生番号	13232204	氏名	星島 健汰
論文題目	省電力経路制御のためのトポロジ情報に基づく集約リンク選択方式に関する研究		

## 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により、ネットワークの省電力化が急務である。そこで、低利用率のリンク/ルータを経由するトラフィックを迂回して他経路に集約し、それらを低消費電力状態にすることが有効と考えられる。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フィックを集約する XEAR(eXtended Energy Aware Routing) が提案されているが、トラフィックの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、トポロジ情報に基づく指標により各ルータが自律的に削減/転送リンクを復旧/削除をすることで、省電力性能を維持しつつ、転送性能の劣化を軽減する手法を提案し、その有効性を調査する。

## 2 省電力経路集約手法

### 2.1 XEAR(既存手法)

ER を起点とした最短経路木を構成し、それに含まれないリンクを全て削除対象とする。トラフィック変動時には次数(接続ノード数)降順で複数の ER を設定して削除リンクを復旧し、転送性能の劣化を抑制する。

### 2.2 復旧リンク選択手法(提案手法)

XEAR では、ER の追加により使用リンクが大幅に増加し、省電力性能を過剰に劣化させるおそれがある。そこで、最短経路木による全ノード間の接続性を維持しつつ、トラフィック変動に応じて削減リンクを一本ずつ復旧する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抑制することで省電力性能を維持する。

復旧リンクの選択には、その両端ノードにおける次数(接続リンク数)を用いる。さらに方式として 1) 最高ノード次数、および 2) 両端ノードの次数和が高い順に復旧することを検討する。

## 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

### 評価指標

- 省電力性能：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。
- 転送性能：リンク多重度  
全ノードペア間の転送を仮定した場合の各リンクにおける論理的なフロー数を表し、その増加は転送性能の劣化を示す。

## 4 シミュレーション結果・考察

### 4.1 リンク復旧時の最大多重度の関係調査

ER 数が 1 の XEAR を適用した場合を基点として全削減リンク中から 1 本選び復旧するときの最大多重度について、選択指標に最大ノード次数を適用した場合を図 1 に、ノード次数和を場合を図 2 に示す。図 1 より、最大ノード次数に接続されるリンクは複数存在するため、選択次第では多重度が効果的に減少するとは言えない。一方図 2 より、ノード次数和を指標とすると、多重度を効果的に減少するリンクを一意に選択可能であることがわかる。以上よりノード次数和手法によるリンク復旧が有効であると考えられる。

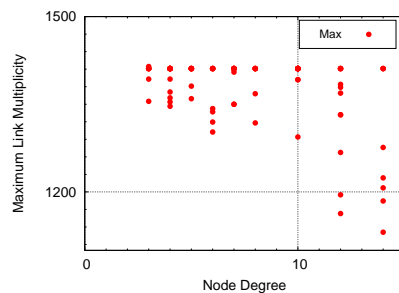


図 1: 最大ノード次数対多重度

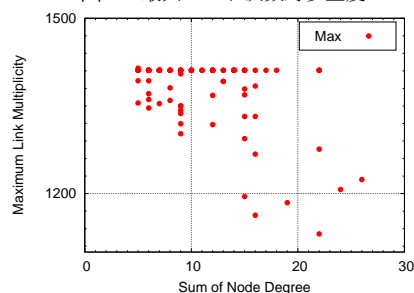


図 2: ノード次数和对多重度

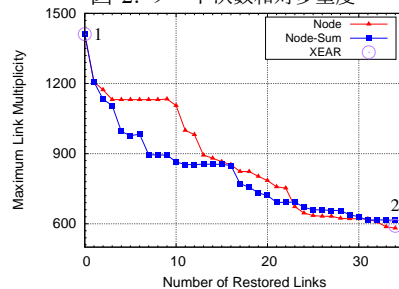


図 3: 復旧リンク数対最大多重度特性

### 4.2 復旧リンク選択手法の比較

XEAR で ER 数 1 のトポロジにおいて、最大ノード次数またはノード次数和を指標としてリンク復旧する場合の復旧リンク数に対する最大多重度を図 3 に示す。赤線が最高ノード次数、青線がノード次数和の結果を示す。また、ER 数 1 及び ER 数 2 の XEAR 適用時の最大多重度と復旧リンク数の部分を丸で示し、ER 数を併記する。なお、ER 数 1 の XEAR 適用時を復旧リンク数 0 とする。

この図から XEAR では、ER 数を 1 から 2 へと変化すると一度に 34 本のリンクが復旧されることになる。一方、提案手法ではリンクを 1 本ずつ復旧するため、より細かな省電力性能の調整が可能となる。ここで最大多重度を 1000 にすることを仮定すると、最高ノード次数手法では 12 本リンクを復旧する必要があるが、ノード次数和手法では、5 本の復旧で同等の効果が得られることから、復旧リンク選択手法として 1 番有効であるといえる。以上から、提案手法では微小なトラフィック変動に柔軟に対応でき、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。

## 5 まとめ

省電力経路集約手法である XEAR では、トラフィック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 を元に、削減リンクの両端ノードのトポロジ情報をもとにリンクを選択し復旧することでトラフィック変動による省電力性能の過剰な劣化を防ぐ復旧リンク選択手法を提案し、その有効性を示した。