

学生番号	09232030	氏名	坂本 智弘
論文題目	省電力経路制御のための特定ルータ群を起点とした集約リンク選択手法に関する研究		

## 1 はじめに

インターネットの普及拡大に伴う消費電力の増加により、ネットワーク全体を考慮した省電力化が重要である。そこで、低利用率のリンクを経由するトラフィックを迂回させて他経路に集約し、未使用リンクを低消費電力化することが有効と考えられる。そのような省電力経路集約手法としてEAR(Energy Aware Routing)を改良したXEAR(eXtended EAR)が提案されており、代表ルータER(Exporter Router)の最短経路木を利用して各ルータの転送経路を決定するが、ERに負荷がかかりやすい。

本研究では、XEARにおいてERの負荷分散を目的とした複数ERをクラスタ化する手法を提案し、省電力性能と通信性能を調査し、提案手法の有効性を検討する。

## 2 経路集約手法

各手法ともに、トラフィック変動に応じて複数のERを次数(接続リンク数)の高い順に選択する。その後、各ERの最短経路木を作成して不要リンクを削除し、経路表を更新する。

### 2.1 XEAR(既存手法)

ERの最短経路木に含まれないリンクを全て削減対象とする。ER数が少ない場合、リンク削減率が高く、通信性能が劣化するおそれがあるため、ERを複数設定して各ルータからの転送の冗長性を確保する。

### 2.2 クラスタリング手法

XEARにおいて、高次数ルータほど負荷が集中しやすい傾向に着目し、複数ERをクラスタ化して仮想的に1ルータとみなし、他のルータへの最短経路木を作成して転送経路とする。具体的には以下の2手法を提案する。  
 提案手法1: ERの接続リンクを含めたクラスタリングにより、ER周辺の経路冗長化を図る。図1において、ルータ1-3をERとする場合、ERとその接続リンクをクラスタ化し(図中赤線、赤丸)、クラスタを起点として他のルータへの最短経路木を求める(図中青線)。

提案手法2: 全ER間の最短経路リンクのみ含めたクラスタリングにより、経路冗長化を図る(図2参照)。

## 3 シミュレーション評価

ns-2 (Network Simulator Ver.2) により評価する。

トポロジモデル: BA (Barabasi Albert) モデルにより生成したスケールフリーネットワークを想定し、ルータ数 100, 最低次数 2, 平均次数 3.94, 各リンク帯域 100[Mbps], 全リンクコスト 1, 削除リンクのコスト 10000 としてリンク状態型の経路制御を行う。

トラフィックモデル: 全ルータがランダムに 20 ルータへ 1[KB] の UDP パケットをレート 1[Mbps] で送信する。

評価指標:

- 省電力性能:  $\text{リンク削減率} = \frac{\text{削除リンク数}}{\text{全リンク数}} \times 100[\%]$
- 通信性能:  $\text{パケットロス率} = \frac{\text{破棄パケット数}}{\text{送信パケット数}} \times 100[\%]$

## 4 結果, 考察

図3にER数に対するリンク削減率を示す。既存手法("XEAR")と提案手法1, 2("Proposed1", "Proposed2")を比較すると、提案手法は同一ER数に対するリンク削減率が高いことがわかる。これは、既存手法は各ERを起点とした複数の最短経路木を重ね合わせるのに対し、提案手法ではER間こそ経路冗長化され、利

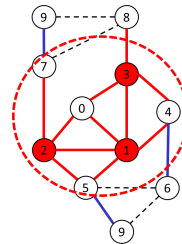


図1: 提案手法1

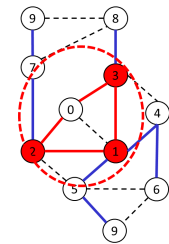


図2: 提案手法2

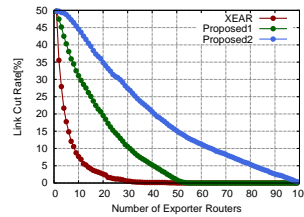


図3: リンク削減率特性

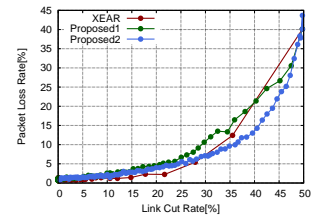


図4: パケットロス率特性

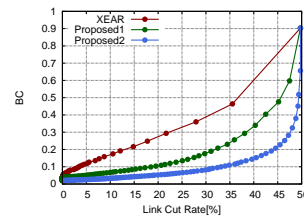


図5: ERの平均BC

用リンクは増えるものの、それらをクラスタ化して、他ルータまでの1つの最短経路木しか構成しないためである。さらに提案手法2ではER間の最短経路を構成するリンクのみを利用するため、提案手法1と比較してER数に対するリンク削減率が高くなる。

次にリンク削減率に対するパケットロス率を図4に示す。図より、リンク削減率が高い場合には提案手法のパケットロス率が低いが、リンク削減率が低い場合には既存手法のパケットロス率が低いことがわかる。提案手法では、クラスタ化によるERの負荷分散が可能である一方、クラスタ外のルータに対しては経路冗長化が行われない。しかし、ER数が少ない場合、クラスタ化によるERの負荷分散が有効であることがわかる。さらに、提案手法2は提案手法1と比較すると同程度のリンク削減率を達成する場合のER数が多くなり、結果としてERクラスタの半径が大きくなることで通信性能が改善される。

また、トポロジ形状から得られる転送負荷の集中度を示すため、リンク削減率に対するERの媒介中心性(BC:Betweenness Centrality)の平均値を図5に示す。図より、提案手法では同程度のリンク削減率に対するERのBCが低いため、転送トラフィック量に関わらずリンク削減率の低下を抑えたより効率的なERの負荷分散が可能であることが確認できる。

## 5 まとめ

本研究ではXEARにおける代表ルータ(ER)の負荷分散を目的としたクラスタリング手法を提案し、省電力性能と通信性能を調査した。提案手法ではERの負荷分散が可能である一方、他のルータには経路冗長化が行われないが、結果から、高リンク削減率の場合には既存手法よりも転送性能が高いことを明らかにし、また、省電力効果を維持したERの負荷分散がトラフィックの変動に関わらず可能であることを確認した。