

学籍番号	11674010	氏名	川本 和樹
論文題目	特定ルータの最短経路木を利用した省電力経路集約方式に関する研究		

## 1 はじめに

近年のインターネット普及拡大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、低利用率リンク/ルータを経由するトラフィックを迂回させて他経路に集約し、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の最短経路木構成リンクを、その隣接ルータのみが利用して転送するEAR(Energy Aware Routing)が提案されているが、省電力効果が不十分である。そこで本研究では全ルータが代表ルータの最短経路木を利用する改善手法を提案し、有効性を明らかにする。また提案手法におけるトポロジ構築時/トラフィック転送時の効果的な経路選択方法について調査する。

## 2 提案手法：XEAR(eXtended EAR)

OSPF(Open Shortest Path First)をベースとし、LSA(Link State Advertisement)により全ルータが同一のトポロジ情報を保持していることを前提とする。

### i 代表ルータの選択

対象ネットワークにおいて次数(接続リンク数)の高いものを選択する(図1:赤ノード)。同次数のルータが複数存在する場合は任意に選択する。代表ルータ数が少ない場合、冗長性が低く、トラフィック変動により通信性能が劣化するため、次数の高い順に複数の代表ルータを設定する。

### ii 削除対象リンクの決定

代表ルータの最短経路木に利用されないリンクを削除対象とする(図1:点線)。代表ルータを複数設定する場合は、どの最短経路木にも利用されないリンクを削除対象とする。

### iii 経路制御

全ルータは削除対象リンクのコストを変更(無限化)してLSAにより新トポロジを通知、経路表を更新する。

## 3 シミュレーション

ns-2(Network Simulator Ver.2)を用いて評価する。  
 ネットワークモデル：スケールフリーネットワーク(BAモデル)を想定し、ノード数100、最小次数2、平均次数3.94、各リンク帯域100[Mbps]、全リンクコストを1、削除リンクのコストを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：全ノードがランダムに20ノードへ1000[Byte]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/通信性能の評価指標を以下で定義。

- 省電力性能：リンク削減率 =  $\frac{\text{削減リンク数}}{\text{全リンク数}} \times 100$
- 通信性能：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 シミュレーション結果/考察

### 4.1 提案手法の有効性

まず、図2において既存手法(EAR)と提案手法(EtoRandom)のリンク削減率を比較する。既存手法では隣接ルータが経路集約を行うため、代表ルータ数の増加に伴いリンク削減率が増加する。一方提案手法では各代表ルータの最短経路木に利用されないリンクを削除するため、代表ルータ数の増加に伴いリンク削減率が減少する。

図3に両手法のパケットロス率を示す。既存手法はリンク削減率の変動幅が小さいが、提案手法ではリンク削減率に応じてパケットロス率が大きく変動している。リンク削減率が等しい場合、既存手法に比べてパケットロスが少ないことがわかる。これは、既存手法では隣接ルータが経路集約を行うことで代表ルータへの負荷が大きくなるのに対し、提案手法では代表ルータ付近のリンクを切断しにくいためである。

### 4.2 最短経路木作成方法：集約リンクの決定

代表ルータを起点とした最短経路木作成時、同コスト経路が存在する場合の経路選択による影響を調査する。代表ルータからの次ホップルータを高次数優先(EtoHighest)、低次数

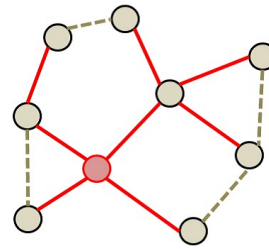


図1: 提案手法の集約リンク

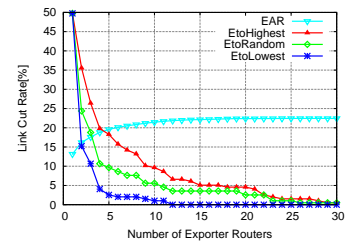


図2: リンク削減率

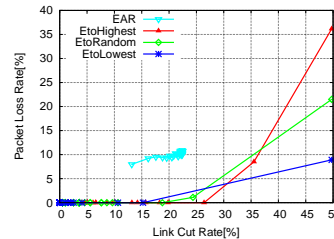


図3: パケットロス率

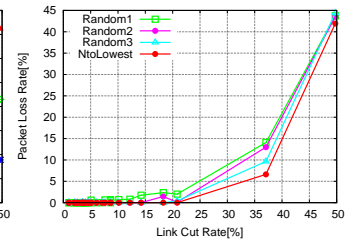


図4: 転送経路の影響

優先(EtoLowest)、ランダム(EtoRandom)に決定する場合のリンク削減率を図2に、パケットロス率を図3に示す。図2より、高次数ノード優先の場合がリンク削減率を高く維持できることがわかる。これは、高次数ノードほど複数の代表ルータの経路木に利用され、利用リンクが重複しやすいためである。しかし図3に示すように、リンク削減率に対するパケットロス率は低次数ノード優先の方が低いことがわかる。これはトラフィックが集中しやすい高次数ノードの経路を避けて負荷分散されるためであるが、代表ルータ数が増加すると各々の最短経路木の構成リンクも分散されるため、リンク削減率は減少する。

### 4.3 転送経路決定方針

集約リンクを利用したトラフィック転送時、同コスト経路が存在する場合の経路選択による影響を調査する。次ホップノードをランダムに設定し、その結果を図4のRandom1-3に示すが、性能が異なることがわかる。ここで代表ルータ数が2(リンク削減率40%程度)の場合、全ノード間通信を仮定した代表ルータの媒介中心性(平均)を比較する。Random1では0.519、Random2では0.503、Random3では0.482であり、高次数である代表ルータに負荷が集中するほど通信性能が劣化することがわかる。低次数ノードほどトラフィック量が少なくなると予想されるため、次ホップノードの次数が低い経路を選択する場合の結果を図4のNtoLowestに示す。このとき代表ルータの媒介中心性は0.475であり、負荷分散された結果、パケットロスが低減されていることがわかる。

## 5 まとめ

本研究では全ルータが代表ルータの最短経路木に経路集約する改善手法を提案し、有効性を示した。またトポロジ構築時/トラフィック転送時の有効な経路選択手法として、同コスト経路が存在する場合、以下の様に次ホップルータを選択することで効果的な省電力化が可能であることを示した。トポロジ構築時

代表ルータを起点とし、トラフィック量が少ない場合は高次数ノード、トラフィック量が多い場合は低次数ノードを優先して構築した経路木を集約リンクとして使用。

トラフィック転送時

送信ノードを起点とし、低次数ノードを優先して転送経路を決定。

研究業績

川本 和樹, 田村 瞳, 川原 憲治, 尾家 祐二, “最短経路木を利用した省電力経路制御における集約ルータ/転送経路選択方式” 信学技報 IN2012-149, Jan.2013