

|      |   |    |       |
|------|---|----|-------|
| 学籍番号 | 10674005                                | 氏名 | 岩村 幸歩 |
| 論文題目 | 省電力経路制御におけるトポロジ情報を利用した削減対象リンク選択方式に関する研究 |    |       |

## 1 はじめに

近年、インターネットの普及拡大に伴うネットワーク機器の増加のため、省電力化は重要な課題である。その方法として、あるフローの転送経路が複数存在することを仮定し、最短経路中に低利用率のリンクまたはルータが存在する場合、該当箇所を迂回して他経路を利用することにより低帯域化もしくは遮断することが有効である。しかしトラヒックは変動するため、該当リンク/ルータの特定は困難であり、トポロジ構造から一意に特定できることが望ましい。

そこで本研究では、各リンクに対しトポロジ構造から決定する重要度という指標を利用した削減対象リンク選択方式を提案する。提案方式に対して各種トポロジにおけるリンク削減率の上限を明らかにし、転送トラヒック量がリンク削減率やパケットロス率に及ぼす影響について調査する。さらに、各ルータの接続リンクの利用度を基に、動的に対象リンクの設定・解除を行う省電力制御のための基本方針について明らかにする。

## 2 省電力経路制御における削減リンク選択方式

### 2.1 リンク重要度を用いた選択方式 (提案方式)

全ノードペア間の転送を仮定し、各リンクにおける論理的なフローの重なり数である多重度を全ノードペア数で正規化した値を重要度と定義する。各リンクの重要度に対して閾値  $\alpha$  以下のリンクを削減対象リンクとする。このとき非対象リンクのコストを1, 対象リンクのコストを10に設定してフローを迂回させ、低速度状態に移行することで省電力化を図る。

### 2.2 Steiner Tree を用いた選択方式

リンク削減において全ノードペア間の通信維持が前提条件となるが、これを満たす最小トポロジは全ノードペア間のSteiner Tree(最小経路木)と等しくなる。そこで近似アルゴリズムであるSCTF (Selective Closest Terminal First) を利用してSteiner Treeトポロジを算出し、それ以外のリンクを一意に削減対象とする方式の省電力性能を調査し、提案方式と比較する。

### 2.3 リンク利用率を用いた選択方式

提案方式ではトポロジ構造から得られる重要度を指標に用いるが、実際のネットワークでは通信状況は動的に変化する。そのため、各ノード毎に接続リンクのトラヒック量増減を反映するリンク利用率を用いて、自律的に削減リンクを判断することが現実的であるため、各リンクの平均リンク利用率を指標に用いた場合の性能評価を行い、提案方式と比較して動的制御の方針を検討する。

## 3 シミュレーション

スケールフリーネットワーク (図1右) にBA(Barabasi-Albert)モデル, ランダムネットワーク (図1左) にWaxmanモデルを仮定し、ns-2を用いたシミュレーションにより評価する。それぞれノード数100, 最低次数2, 平均次数3.94, リンク帯域100[Mbps]とする。トラヒックモデルは1000[byte]のUDPパケットを1[Mbps]のCBRで送信する。また、無制御時の平均リンク利用率をネットワーク(NW)トラヒック量と定義し、NWトラヒック量の影響を調査する。

性能評価指標として設定閾値に対する正規化制御可能リンク数を電力削減率と定義する。また転送性能は平均パケットロス率により評価する。

## 4 シミュレーション結果・考察

### 4.1 提案方式の電力削減効果

図2に閾値  $\alpha$  に対する電力削減率を示す。 $\alpha$ を高くしていくと削減リンク本数も多くなるが、一定閾値以上になると通信が

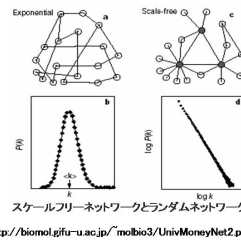


図1: トポロジと度数分布

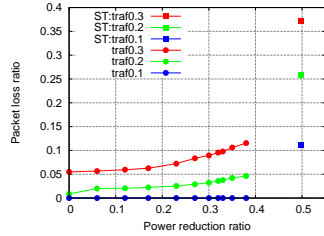


図3: 性能比較 (Steiner Tree)

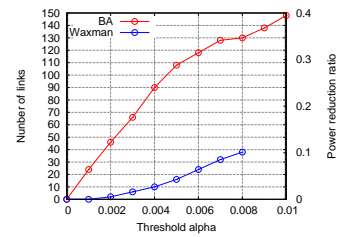


図2: 提案方式の電力削減率

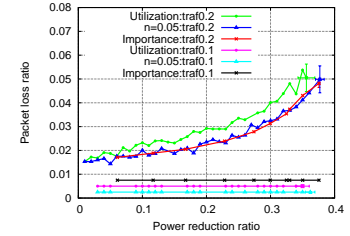


図4: 性能比較 (利用率)

断絶されるノードペア即ち孤立ノードが発生する。そこで、孤立ノード発生時点を電力削減の上限とすると、BAモデル (図中赤線 BA) で約38%, Waxmanモデル (図中青線 Waxman) で約9.5%が最大電力削減率となり、提案方式はBAモデルにおいて省電力効果が高いことがわかる。

### 4.2 提案方式とSteiner Treeとの性能比較

図3に、BAモデルにおける提案手法とSteiner Treeの転送性能を示す。NWトラヒック量 (図中traf) は0.1~0.3とする。Steiner Treeでは制御リンク数196本, 電力削減率約50%まで制御可能であるが、NWトラヒック量0.2の時のパケットロス率は約26%となる。提案手法では、最大電力削減率は約38%であるが、パケットロス率は約5%に抑えられる。これは、提案手法では重要度の高い、即ち利用率の高いリンクは制御されにくい、Steiner Treeでは代替経路が存在した場合、リンク利用率に関わらず制御対象となるためである。

### 4.3 提案方式とリンク利用率を用いた選択方式の比較

図4より、BAモデルにおいてはリンク利用率を制御指標に用いると (図中緑線 Utilization), 電力削減率とパケットロス率共に提案方式 (図中赤線 Importance) と比較して性能が劣化する。そこで改善方式として、BAモデルにおいて高次数ノードの接続リンク程重要度が高いことから、リンク利用率にリンク接続ノードの次数和を反映させた以下の式で評価値を算出する。

$$\text{評価値} = (\text{リンク利用率}) * (\text{リンク接続ノードの次数和})^n$$

上式において  $n = 0.05$  とした場合 (図中青線  $n = 0.05$ ), 重要度の性能とほぼ一致することから、接続リンクの利用率と次数情報を用いることで、各ノードが自律的に削減リンクを判断して動的に制御することが可能であることがわかる。

## 5 まとめ

本研究では、トポロジ情報を利用した経路集約のための削減リンク選択方式を提案し、Steiner Treeとの性能比較より重要度を用いた経路集約が通信品質の劣化を抑制できることを示した。またリンク利用率を用いる方式を検討し、リンクの接続ノード次数を反映させることで各ノードが自律的に削減リンクを判断する動的制御が実現可能であることを示した。

### 研究業績

- [1] 岩村 幸歩 他, "省電力経路制御における削減対象リンク選択方式" 電子情報通信学会 ソサイエティ大会 Sept. 2011.