

学生番号	08232026	氏名	蒲原 達也
論文題目	リンク重要度を利用した省電力経路制御方式の基礎評価に関する研究		

1 はじめに

近年、インターネットが普及し、利用者の増加やサービスの多様化によりトラフィック量、ネットワーク機器が共に増加しているため、ネットワーク機器による消費電力も増加しており、省電力化が急務である。インターネットはスケールフリー性を有することが明らかになっており、高次数ノードの接続リンク程高利用率となる。このことから、一部のリンクやノードに利用が集中すると考えられるため、低利用率リンクを削減または低消費電力状態に移行することで、転送性能を維持した省電力化が可能であるといえる。これまで、トポロジ固有の値である重要度を基に静的なリンク削減を行い、その有効性を示した。しかし、リンク削減による迂回フローの増加、かつ、収容トラフィックの変動により通信性能が劣化するため、削減リンクの復旧方式の検討が必要である。本研究では、リンク利用率に基づいた削除/復旧方式を提案し、省電力経路制御の実現性について検討する。

2 省電力経路制御方式

省電力化制御方式において、リンク削減に関して主に研究が進められてきたが、切断リンクの復旧方式は未検討であった。ネットワークの状態によって通信性能と省電力性能を考慮した通信を行うために、各ノードが最適なリンク削減及び復旧を自律的に行うことが望ましい。

2.1 重要度を用いたリンク削減方式 (先行研究)

全ノードペア間にフロー転送を想定した各リンクの論理的なフローの重なり数である多重度、さら全ノードペア数で正規化した値を重要度と定義し、ノード数 N の重要度を式 (1) で表す。各リンクの重要度に関値 α を設け、重要度が α 以下のリンクを削減対象とする (図 1 左)。

$$\text{重要度} = \frac{\text{多重度}}{NC_2} \quad (1)$$

2.2 利用率を用いたリンク復旧方式 (提案手法)

削減リンクの接続ノードにおいて、ノードに接続された他のリンクの平均利用率に関値 β を設定し、 β 以上の場合、削除リンクを復旧し利用可能とする (図 1 右)。

本研究では、閾値 β によるリンク削減率や、パケットロス率への影響を調査する。

3 シミュレーションモデル

以下に示す対象ネットワークにおいて送信ノードと中継ノードに分類し、シミュレーションを行う。また、dijkstra アルゴリズムを用いて最高次数ノードから全ノードへの最短経路に含まれるリンクを削減対象外にすることで、最低限の接続性を維持する。

ネットワークモデル：スケールフリーネットワークを示す BA (Barabasi-Albert) モデルを想定し、ns-2 を用いてシミュレーションにより評価する。全ノード数 100、送信ノード数 50、最大次数 28、最低次数 2、平均次数 3.94、リンク帯域 100 [Mbps]、リンク数 197 [本] とする。

トラフィックモデル：1000 [byte] の UDP パケットを 2 [Mbps]、宛先数を 10~20 とする。

4 評価指標

- 通信性能： $\frac{\text{破棄パケット数}}{\text{送信パケット数}} \times 100 [\%]$
- 省電力性能： $(1 - \frac{\text{復旧時のリンク数}}{\text{無制御時のリンク数}}) \times 100 [\%]$

5 シミュレーション結果と考察

5.1 復旧閾値 β の推定

定常的なトラフィック転送状態において、徐々にリンクを削減し、その時の全リンクの平均パケットロス率があ

表 1: 各状態における使用リンク数と省電力性能

	$\beta=0.19$	$\beta=0.22$	$\beta=0.24$
無制御時	145	145	145
リンク削減時	78	78	78
リンク復旧時	99	88	84
省電力性能	31.72	39.31	42.06

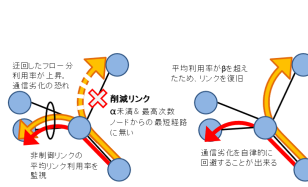


図 1: 提案手法

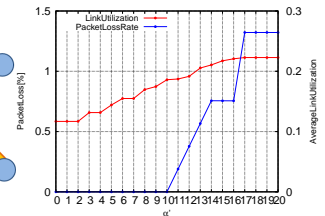


図 2: パケットロス率と平均リンク利用率 (宛先数 10)

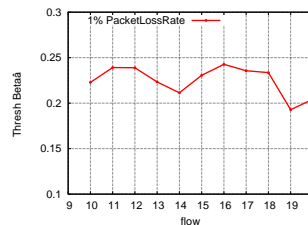


図 3: パケットロス率を許容する平均リンク利用率

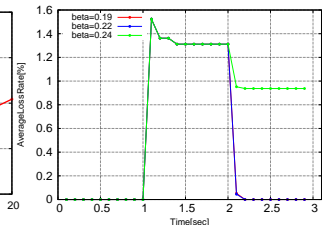


図 4: 提案手法を用いたパケットロス率の推移

る許容値を満たす場合の平均リンク利用率を β とする。そこで、各送信ノードからの発生フロー数 10、送信レート 2 [Mbps] とした場合のリンク利用率に対する削除閾値 α' とそれぞれの関係を図 3 に示す。この図より、 α' の増加に伴い、パケットロス率、及び残余リンクの平均利用率はともに増加する。ここで、許容パケットロス率を 1 [%] とすると、平均リンク利用率は 0.22 となることがわかる。そこで、各ノードからの発生フロー数 (転送トラフィック量) がその値に及ぼす影響を図 3 に示す。この図から、発生フロー数により β が変動することがわかる。平均値は 0.22 であるが、閾値 β が取りうる範囲は 0.19~0.24 であるため、削除/復旧を行うシミュレーションにより、適切な β を推定する必要がある。

5.2 閾値 β の性能に及ぼす影響

リンク復旧閾値 β の影響を調査するため、送信レート 2 [Mbps]、フロー数 10 の UDP を想定し、以下のシミュレーションを行う。通常時 ($0 \leq t < 1$)、リンク削減時 ($1 \leq t < 2$)、提案手法によるリンク復旧時 ($2 \leq t < 3$) と設定し、閾値 β を 0.19, 0.22, 0.24 とした場合のパケットロス率の時間的な推移を図 4 に、使用リンク数を表 1 に示す。図 4 より、提案手法を用いて時刻 $t=2$ でリンクを復旧し、パケットロス率を低減させる事が出来る。表 1 より $\beta=0.19$ ではリンク削減数が少なくなる一方、 $\beta=0.24$ ではパケットロスが発生している。このことから、平均的な値である $\beta=0.22$ が最も望ましい値と推定される。

6 まとめ

本研究では、リンク重要度を用いたリンクの削減、リンク利用率を用いたリンクの復旧により、省電力性能及び通信性能を考慮した通信が可能であることを示した。また、パケットロス率に対する許容値を基に、リンク復旧閾値の導出について示した。