

学生番号	12232063	氏名	波左間 貴大
論文題目	空間的統括 TE における経路制御切替指標の調査に関する研究		

1 はじめに

インターネットにおいて、トラフィック量増加に対する輻輳回避、もしくは電力消費量削減のための省電力化が重要である。任意の送受信ノード間に複数の通信経路が存在する場合、構成リンク/ノードの利用状況に応じて、経路集約/分散を行うことを空間的なトラフィックエンジニアリング (Traffic Engineering:TE) といい、利用状況が少ない場合は省電力化を意識して、一方、多い場合は輻輳回避を目的とした経路制御指針の切替が必要である。

これまで、省電力 TE の性能、輻輳回避 TE の性能は個別に検討されてきた。そこで本研究では、ネットワーク利用状況に応じて転送経路制御指針を決定する統括 TE 実現のため、まず、経路集約/分散によるネットワーク全体の通信性能を明らかにする。次に、各構成ノードが自律的に判断して経路切替を実現する指標について検討する。

2 空間的統括 TE

ネットワークの利用状況に応じて、転送経路制御指針である省電力 TE, 通常転送, 輻輳回避 TE を切替える。

制御指針

- 省電力 TE:XEAR(eXtended Energy Aware Routing) に基づき、代表ルータ (ER) からの最短経路木構成リンクのみ利用する経路にて転送 (ここでは ER 数 2)
- 通常転送:OSPF(Open Shortest Path First) に基づき、一つの最小コスト経路にて転送
- 輻輳回避 TE:ECMP(Equal Cost MultiPath) に基づき、任意の送受信ノード間に最小コスト経路が複数存在する場合、その全ての経路にて転送

3 シミュレーション

ns-3(Network Simulator Ver.3) により評価する。

ネットワークモデル: ノード数 100, 各リンク帯域幅 1[Gbps], 全リンクコスト 1, 最小次数 (ノードの接続リンク数)2, 平均次数 3.94 のスケールフリーネットワーク, 平均次数 4.00 のランダムネットワーク

トラフィックモデル: 全送受信ノードペア間で 1.5[KB] の UDP を送信レート T[Mbps] の CBR で 10000 パケット送信

評価指標

- ネットワーク負荷:
平均ネットワーク利用率 $L = \frac{\text{ネットワークの流入トラフィック量}}{\text{リンクの帯域幅} \times \text{全リンク数}}$
- 通信性能: パケットロス率 = $\frac{\text{全廃棄パケット数}}{\text{全送信パケット数}}$

4 シミュレーション結果・考察

4.1 空間的統括 TE とパケットロス率特性

図 1 にスケールフリーネットワークにおいて、平均ネットワーク利用率 L に対するパケットロス率を示す。図中、各経路制御を省電力 TE:”aggregation”, 通常転送:”normal”, 輻輳回避 TE:”dispersion”とする。ここで、パケットロス率 10^{-3} 未満を通信性能の許容値とすると、図 1 より、 L に対する各経路制御の適用範囲は以下のように示される。

- 省電力 TE: ($L < 0.066$)
- 通常転送: ($0.066 \leq L < 0.083$)
- 輻輳回避 TE: ($0.083 \leq L < 0.098$)

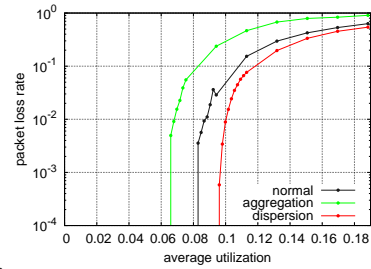


図 1: 平均ネットワーク利用率対パケットロス率

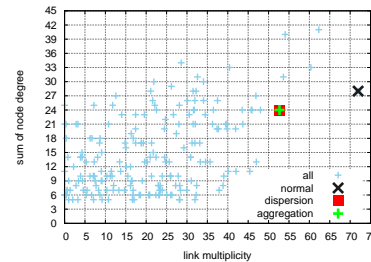


図 2: リンク多重度対リンク次数和

4.2 空間的統括 TE における監視対象ノード/リンク

4.1 より、平均ネットワーク利用率がわかれば各経路制御を切替可能であるが、ネットワーク規模が大きくなるとその計測は困難であるため、各リンク/ノードが自律的に判断して切替えることになる。そのため、効率的に判断/切替を行うリンク/ノードを特定することが重要となる。

図 2 にスケールフリーネットワークにおいて各リンクの多重度に対する両端ノード次数和の分布 (図中”all”) を示す。ここで、多重度とは、全送受信ノードペア間の通信を仮定した場合の論理的な多重フロー数のことである。さらに、各経路制御において L が切替指標を越えてパケットロス率が 10^{-3} 以上となるパケットロス発生リンクの多重度と次数和も示す。ここで、パケットロス発生リンクの多重度と両端ノードの次数和がネットワーク中の全リンクに対する順位を示すと以下のようなになる。なお、() は両端ノードの次数の順位を示す。

- 省電力 TE 多重度:6 位, 次数和:27 位 (1, 51 位)
- 通常転送 多重度:1 位, 次数和:11 位 (1, 13 位)
- 輻輳回避 TE 多重度:6 位, 次数和:27 位 (1, 51 位)

以上より、想定したトポロジにおいて自律的に制御切替を行うためには、リンク多重度については上位 6 位、リンク次数和については顕著な特徴は見られないが、各ノード次数に着目すると最大次数ノードに接続されているとわかる。したがって、最大次数ノードの多重度上位の接続リンクの監視により空間的統括 TE の実現が可能であると考えられる。なお、接続状況の異なる複数のスケールフリーネットワークトポロジの調査により次数上位 4 ノード、ランダムネットワークにおいては次数上位 6 ノードの監視で同様の切替指標が得られるということが確認された。監視ノード数の違いは、調査することにより、次数上位のノード次数がスケールフリーネットワークの方が高いことが影響していると考えられる。

5 まとめ

本研究では統括 TE において、ネットワーク利用率に対する全体的な通信性能を示し、自律的に切替判断可能なリンク/ノードの指標を示した。さらに、同一条件の複数ネットワークや異種ネットワークに関しても調査することにより、多様なネットワークにおける統括 TE の実現可能性を示した。