

学生番号	08232090	氏名	柳 大地
論文題目	省電力化経路制御方式の実装実験に関する研究		

1 はじめに

インターネットの普及に伴うネットワーク構成機器の数、及び消費電力量の増加に対処するため、ネットワーク全体の省電力化は急務となっている。その手法として、トラフィックの経路集約を行い転送に利用しないルータやリンクを削減することが考えられ、複数ルータのスパニングツリーを利用した省電力経路集約方式が提案されている。これは、ネットワーク中の最高次数ノードを代表ルータとし、全ルータが代表ルータのスパニングツリー (SPT:Shortest Path Tree) を利用して経路集約を行う。現在シミュレーションによりその有効性が確認されているが、実装評価は行われていない。そこで本研究では、テストベッドネットワークにおいてこの手法を実装し、その実現性と転送性能について検討する。

2 複数ルータのスパニングツリーを利用した省電力経路集約方式 (先行研究)

この手法では、OSPF(Open Shortest Path First) によるルーティングを仮定し、ネットワーク中の各ルータはLSA(Link Stateadvertisement) により、同一のトポロジ情報を保持しているものとする。代表ルータを選択し、全てのルータが代表ルータのスパニングツリーを利用してトラフィックを転送する。経路集約により転送に用いないリンクを切断リンクとし、そのリンクコストを十分に大きくしトラフィックを迂回させることで省電力化を図る。この手法による経路集約の例を図1に、挙動を以下に示す。

1. LSA を用いて代表ルータの SPT(図1 赤矢印) を計算する。
2. SPT において、各ルータと代表ルータの間のリンクの向きを変更する(図1 青矢印) ことで各ルータのルーティングツリー MPT(Modified Path Tree) を作成する。
3. MPT において転送に用いないリンクを切断リンクとする。
4. 切断リンクのコストを変更し、経路再構築を行う。

代表ルータを複数設定する場合、各代表ルータの SPT に用いられないリンクのみが切断リンクとなる。

3 実験概要

テストベッドネットワークの構成を図2に示す。Sender i -Receiver j ($1 \leq i, j \leq 3$) 間でルータ群を経由してトラフィック転送を行う。なお、リンク速度は全て 100[Mbps] である。以下に実験手順を示す。

1. 送信端末群：トラフィック送信コマンド iperf を用いて、各受信端末に UDP トラフィックを 10 分間送信する。
2. ルータ群：代表ルータの SPT を計算し、コスト変更の判定を行う。コスト変更を行うルータは、送信端末がトラフィックを送信し始めてから 2 分後に経路集約を行い、さらにその 4 分後に集約前の経路に戻る。

なお、本実験ではルータ群の各ルータは事前に同一のトポロジ情報を保持しており、この情報を用いて経路集約を行う。評価指標には転送性能としてパケットロス率 P_L を用いる。 P_L は転送パケット数に対する破棄パケットの割合である。

4 実験結果

4.1 経路切替時間

ノード i - j 間のリンクを $link(i, j)$ とし、図2において送信端末群から 15[Mbps]、及び 20[Mbps] の UDP トラフィックを送信した時の転送トラフィック量の推移をそれぞれ図3, 5に示す。削減対象となるリンク、及びトラフィックが集中するリンクとしてそれぞれ $link(4, 12)$ 、 $link(2, 12)$ に着目する。2分後に経路集約を行った結果、各図において $link(2, 12)$ に流れるトラフィック量は増加し、 $link(4, 12)$ に流れるトラフィック量は減少していることがわかる。これは、Sender3 が

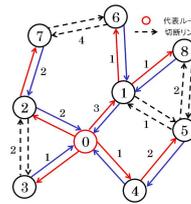


図1: SPT を利用した経路集約

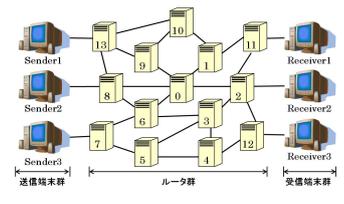


図2: テストベッドネットワーク

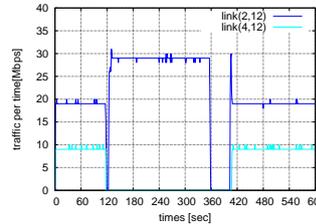


図3: 転送トラフィック量 (15[Mbps])

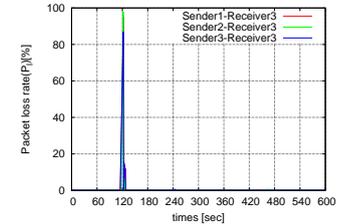


図4: パケットロス率 (15[Mbps])

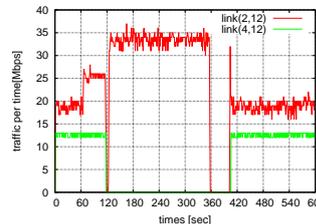


図5: 転送トラフィック量 (20[Mbps])

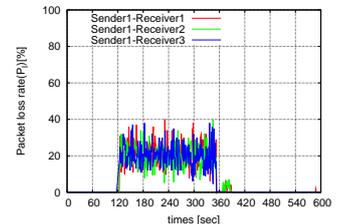


図6: パケットロス率 (20[Mbps])

ら Receiver3 へのトラフィックが経由する $link(4, 12)$ が削減対象となり、その分が $link(2, 12)$ に迂回するためである。6分後に集約前の経路に戻ると、集約時にそれぞれのリンクで増加、及び減少していたトラフィック量は切替後瞬時に集約前と同じになるわけではなく、ある程度時間が経過してから同じになることから、OSPF による経路の再構築にはある程度の時間を要することがわかる。それぞれのグラフにおいて、集約前と同等のトラフィック量になるのは切替後約 50 秒付近であることから、経路再構築に要する時間は約 50 秒であるといえる。

4.2 経路切替が転送性能に与える影響

送信トラフィック量が 15[Mbps]、20[Mbps] の時のパケットロス率の推移をそれぞれ図4, 6に示す。15[Mbps] の場合、経路切替時にパケットロスが起きている以外ではほとんどロスは発生していない。送信トラフィック量が 20[Mbps] になると集約後パケットロスが発生するが、これは経路切替を行った結果特定のリンクにトラフィックが集中するためである。このことから、トラフィック量に応じたリンク削減手法の検討が必要である。

4.3 実現性の検討

本実験ではトポロジ情報を予め各ルータに与えているが、LSA によるトポロジ情報の交換によりトポロジ情報を取得すればさらなる実現性の向上につながると考えられる。現状、経路切替には OSPF デーモンの再起動を要する。このことから、コスト変更に伴い OSPF が自動で LSA 情報を伝達し経路の再構築ができれば、再起動に伴って生じるパケットロスや経路再構築に要する時間による通信性能の劣化を抑制することができ、SPT を利用した経路集約手法をより忠実に実装可能であると考えられる。

5 まとめ

複数ルータの SPT を利用した省電力経路集約方式をテストベッドネットワークに実装し、転送実験により実装における転送性能と実現性についての検討を行った。結果より、経路切替が可能であることを確認し、経路切り替えに要する時間を明らかにした。