

学生番号	10232074	氏名	東島 誠
論文題目	リンク特性を考慮したルータ経路木に基づく省電力経路集約方式に関する研究		

## 1 はじめに

インターネットの普及拡大に伴う消費電力の増加により、ネットワーク全体を考慮した省電力化が必要である。そこで、低利用率のリンクを経由するトラフィックを迂回して他経路に集約し、未使用リンクを低消費電力状態にすることが有効と考えられる。そのような省電力経路集約手法として XEAR (eXtended EAR) が提案されている。この手法では代表ルータ ER (Exporter Router) を起点とした最短経路木を利用して各ルータの転送経路を決定する。リンク帯域/コストが均一なネットワークにおける有効性は示されているが、異なる場合の検討が必要である。

本研究では、帯域が不均一なネットワークにおいて XEAR を使用する場合に、リンクコスト設定による省電力性能/通信性能への影響を調査し、コスト決定方針を検討する。

## 2 XEAR

ある代表ルータ (ER) を起点とした最短経路木に含まれないリンクを全て削減対象とする。ER 数が少ない場合、リンク削減率が高く通信性能が劣化するおそれがあるため、ER を複数設定して各ルータからの転送の冗長性を確保する。ここで、ER はリンク帯域が均一な場合は高次数ノードから選択するが、ここではリンク帯域の不均一性を考慮し、接続リンクの合計帯域が大きい順とする。

## 3 シミュレーション評価

ns-2 (Network Simulator Ver.2) により評価する。

トポロジモデル: BA (Barabasi Albert) モデルにより生成したスケールフリーネットワークを想定し、ノード数 100、最低次数 2、平均次数 3.94、リンク帯域として 1[Gbps] (広帯域) と 100[Mbps] (狭帯域) とし、広帯域リンクが 1 割、3 割、5 割存在する場合を想定する。なお、広帯域リンクと狭帯域リンクにおける設定コスト比は (1:1), (2:3), (1:2), ... のように示す。

トラフィックモデル: 全ノードがランダムに複数の宛先ノードへ 1[KB] 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:  $\text{リンク削減率} = \frac{\text{削除リンク数}}{\text{全リンク数}} \times 100[\%]$
- 通信性能:  $\text{パケットロス率} = \frac{\text{破棄パケット数}}{\text{送信パケット数}} \times 100[\%]$

## 4 結果, 考察

### 4.1 設定コスト比の影響

まず、広帯域リンクが 1 割の場合のコスト比の影響を調査するため、図 1 に ER 数に対するリンク削減率を示す。この図より、ER 数の増加に伴ってリンク削減率は減少しており、狭帯域リンクのコストが高いほど減少の度合いが緩やかとなる。これは、狭帯域リンクのコストが高くなることで、各 ER を起点とした最短経路木に広帯域リンクが多く含まれ、狭帯域リンクが削減されやすくなるためである。また、コスト比 (1:3) ~ (1:5) では ER 数を多く設定してもリンクが削減される。これは、狭帯域リンクのコストが大きくなると、どの ER 起点の経路木にも含まれない狭帯域リンクが生じるためである。

次に、ER 数に対するパケットロス率を図 2 に示す。ER 数が増えるほどリンク削減率が減少するためパケットロス率も減少する。コスト比が (1:2) より大きい場合はリンク削減率も大きくなるのでパケットロス率も高くなる。また、コスト比 (1:1), (2:3), (1:2) の場合は ER 数を増やすことでリンク削減率を 0% まで下げることができ、その中でも (2:3) の場合が最もパケットロスを抑えている。これは、広帯域リンクから転送されてきたパケットを狭帯域リンクに転送するときに、狭帯域リンクでは転送が間に合わず多くのパケットロスが発生するため、広帯域リンクよりも狭帯域リンクのコ

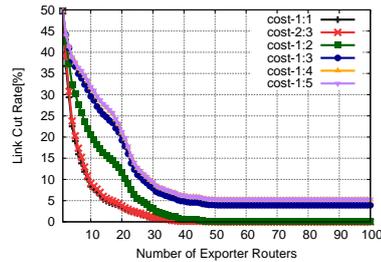


図 1: リンク削減率特性

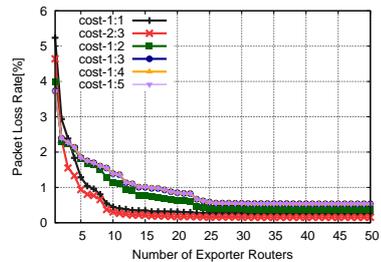


図 2: パケットロス率特性 (宛先数 40)

表 2: パケットロス率特性 (ノード数 500 ER 数 250 転送宛先数 10)

コスト比\広帯域リンクの割合	1 割	3 割	5 割
(1:1)	0.138	0.258	0.408
(2:3)	0.876	0.550	0.448
(1:2)	2.232	1.118	0.812

ストを高くして転送経路に広帯域リンクを優先することでパケットロス率が低くなるが、狭帯域リンクのコストを高くしすぎるとトラフィックが広帯域リンクに集中し過ぎてしまうので、結果としてコスト比 (2:3) の場合が最適となる。

### 4.2 広帯域リンク割合の影響

図 1, 2 に相当する結果は示さないが、ネットワークにおける広帯域リンクの割合が 3 割や 5 割と変化しても、最適設定コスト比は (2:3) となる。これは、広帯域リンクが増加しても、広帯域リンクと狭帯域リンクが隣接する箇所は存在するため、主なパケットロス発生の原因は変わらないためである。このことから、最適コスト比は、ネットワーク内ノード数と接続トポロジに依存することが考えられる。

### 4.3 ノード数の影響

ノード数が 100, 500 の場合の最高次数の平均はそれぞれ 24.6, 61.2 であり、ノード数の増加に伴い最高次数の平均が高くなるので、ER の次数がより大きくなり転送負荷が大きくなる。よって、ER の負荷を軽減する必要がある。

表 2 にノード数を 500 とし、ER 数を 250 とした場合のパケットロス率を示す。表より、広帯域リンクの割合によらず、コスト比 (1:1) が最もパケットロス率が低くなる。これは、次数が高いノードほど広帯域リンクを多く持つため、各リンクを同等に扱うコスト比 (1:1) が高次数の ER の負荷を軽減するためである。

## 5 まとめ

本研究ではリンク帯域の不均一性を考慮した場合の XEAR におけるリンクコスト決定方針の検討を目的としたシミュレーションを行い、コスト比の影響を調査した。結果より、広帯域リンクの割合にかかわらず、ノード数が 100 の場合は広帯域リンクと狭帯域リンクの設定コスト比は (2:3) が最適であることを示した。しかし、ノード数の増加時には ER における転送の負荷を分散するためにコスト比を (1:1) とする必要があると考えられる。