

4Bb-9 Delay, Throughput, Fairness のバランスを考慮にいたした ネットワーク Sharing Scheme の評価基準の提案

山崎大輔[†] 木村成伴[‡] 海老原義彦[‡]

筑波大学理工学研究科[†] / 電子・情報工学系[‡]

e-mail: yama@netlab.is.tsukuba.ac.jp

1 はじめに

近年コミュニケーションネットワークにおいて、ユーザのネットワーク資源を共有する方法として様々なアルゴリズムが考案されている。従来、そのネットワーク利用のアルゴリズムの評価方法としてスループット、遅延、フェアネスの3つの評価基準に基づいて、ネットワークパワーと呼ばれる評価基準を用いてネットワークの評価をおこなってきた。

本研究ではアルゴリズムの統合的な評価基準としてネットワークパワーの拡張を行い、その特性を明らかにした。

2 従来のネットワークの評価基準

基本的なネットワークの評価基準としては、スループット (Throughput), 遅延 (Delay), 公平性 (Fairness) がある。その他に総合的な評価に良く使われる基準としてネットワークパワー (Network Power) が挙げられる。

2.1 スループットと遅延について

スループット: ネットワーク内で単位時間に転送されるデータの量。

遅延: データを送信しはじめてから、最初のビットが相手先に届くまでの時間 γ を全体のスループット λ をユーザのフロー C をリンクの容量とすると、

$$Delay = \frac{1}{\gamma} \sum \frac{\lambda}{C-\lambda}$$

と表される。

Daisuke Yamazaki[†], Shigetomo Kimura[‡], Yoshihiko Ebihara[‡]

Master Program of science and Engineering[†] / Institute of Information Sciences and Electronics[‡], University of Tsukuba

2.2 フェアネスについて

一般的にスループットと遅延とフェアネスは互いにトレードオフの関係にある。

本論文では要求したフローに対する実際に流したフローの割合 (スケールングファクター) s_i の分散が小さいことをもって公平性が高いと定義する。

$$Fairness = \frac{1}{s} (\bar{s} - \sqrt{\sum (s_i - \bar{s})^2 / w})$$

2.3 ユーザへの帯域割り当て

各ユーザに帯域要求やパスのホップ数に応じたリンクの帯域を割り当てる。

Equal/Proportional Sharing: 要求帯域によって割当帯域を決める方法。前者は要求帯域に関係なく一定、後者は要求帯域に比例した帯域を割り当てる。

Link/Network Sharing: ユーザのパスのホップ数によって割り当て帯域を決める方法。前者はホップ数に関係なく一定、後者はホップ数に反比例した帯域を割り当てる。

$$C_i(p) = \frac{C_i m_i(p)^\theta}{h_i(p)^\tau \sum (\delta_i(q)^\theta / h_i(q)^\tau)}, i \in L, p \in W$$

θ は Equal/Proportional sharing のレベル, τ は Link/Network sharing のレベル

2.4 ネットワークパワー

スループットと遅延とフェアネスは互いにトレードオフの関係にある。それらを考慮にいたしたネットワークの総合的な評価基準としてネットワークパワー (Network Power) が提案されている [1][2]。また, Generalized Power ともいう。

$$Power = \frac{Throughput}{Delay} = \frac{(s_p)^2}{\sum (s_p) / (C_i - s_p)}$$

で表される。スループットは大きければ大きいほど良く、遅延は小さければ小さいほど良いので、妥当な評価基準と言える。

2.5 従来の研究とその問題点

Chang の論文によるとネットワークパワーを最大にするような状態はスタティックルーティングの場合、普通の準凹関数の最小値問題として解け、ダイナミックルーティングの場合は準凹関数の最小値を解く問題と、2分木法による最大値を求める問題として解けることがわかっている [3]. しかし、Network Power を扱った論文ではフェアネスを他のパラメータと同様に扱ったものはない。

3 提案する評価基準の定義

本論文では Network Power にフェアネスを考慮にいった評価基準を提案する。

3.1 評価基準の定義

拡張した Network Power(Expanded Network Power) の定義を行う。

$$\begin{aligned}
 E - Power &= NetworkPower * Fairness \\
 &= \frac{(s_i \gamma)^2}{\sum (s_i \gamma) / (C_i - s_i \gamma)} \\
 &\quad * \frac{1}{\bar{s}} (\bar{s} - \sqrt{\sum (s_i - \bar{s})^2 / w})
 \end{aligned}$$

3.2 実験

図1のようなネットワーク構成に対して実験を行った。拡張したネットワークパワーによるネットワークの評価は以下の流れで行う。

- 1 各ユーザから帯域の要求を受け取る。
- 2 各ユーザの要求に沿って各方式による帯域の割当を行う。
- 3 各ユーザのスループット、遅延、フェアネスを計算し、拡張したネットワークパワーを計算する。

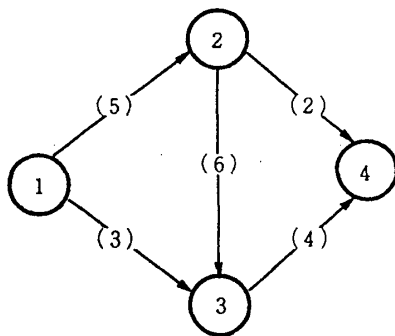


図1：実験に用いたネットワーク構成

3.3 実験結果

実験結果は表1の通り。

	ELS	PLS	ENS	PNS
Throughput	9.5	10.5	10.25	10.65
Delay	2.095	1.926	1.835	2.066
Fairness	0.9385	0.9434	0.7963	0.7595
Power	4.534	5.452	5.587	5.155
E-Power	4.2553	5.144	4.449	3.915

表1：実験結果

3.4 考察

PLS(Proportional Link Scheme) が一番良いという結果になった。理由としてはスループット、遅延、フェアネスのどの要素も他の帯域割当方式の中間にあって高い値を示していることがあげられる。よって3つのパラメータのバランスが取れている帯域割当ほど E-Power の値が大きくなっている。

4 まとめと今後の課題

ネットワークの利用アルゴリズムの評価基準として Network Power を拡張した E-Power という新しい評価基準を提案し、さまざまな帯域割当方式を比較してみた。

E-Power を大きくするにはスループット、遅延、フェアネスを他の帯域割当方式と比べて、極端に偏らないようにするのがよいことが分かった。今後の課題としては、各ネットワーク構成に対して様々な実験を行うことによって、この評価基準の正当性を検証してゆく。

参考文献

- [1] K.Bharath-Kumar :Optimum End-to-End flow control in networks Conf.Rec.,Int.Conf.Com. 1980,pp.23.3.1-23.3.6,June
- [2] K.Bharath-Kumar and J.M.Jaffe :A new approach to performance oriented flow control, IEEE Trans.Com.,vol.C-23,pp.1062-1069.
- [3] S.Chang :Fair Integration of Routing and Flow Control in Communication Networks,IEEE Trans,Com.,vol.40,No.4,April 1992.