

学生番号	21676111	氏名	萱野 友哉
論文題目	情報指向ネットワークにおける公平性を意識したステートフル フォワーディング輻輳制御方式に関する研究		

1 はじめに

情報指向ネットワーク (Information Centric Network, ICN) では, ルータによるキャッシングにより要求者 (Consumer) の受信性能が向上する. しかし, 膨大な要求に対するコンテンツ返信の結果として輻輳発生が予想される場合, 提供者 (Producer)/キャッシュルータの位置を意識した輻輳制御が必要であり, 中継ルータで迅速に対応可能なステートフルフォワーディング方式が有効と考えられる. 本研究では, 本手法の RTT 公平性が低いという問題に着目し, その改善手法を検討する.

2 ステートフルフォワーディング

中継ルータにおいて Producer/キャッシュルータからのコンテンツ受信量が受信リンクの帯域幅を超えないように Consumer からの要求を制御する方式である.

2.1 既存手法 [1]

Consumer はコンテンツ要求 (Interest) を Producer へ送信し, 各ルータはリンク i のコンテンツ名 n における想定受信コンテンツ量 $T[\text{pps}]$ が制限値 $L_{i,n}[\text{pps}]$ (初期値はリンク帯域 W_i) 以上の場合, Interest を破棄し Consumer に向け NACK を送信する. Consumer/下流ルータは受信パケットの内容に基づき, Interest 送信レート $rate_i$ /制限値を (1)(2) に従い調整する. しかし, NACK の連続受信による $rate_i$ /制限値の過度の低下を抑制するため, $rate_i$ 減少後の送信 Interest に対する Data/NACK を受信するまで, $rate_i$ を変更しない.

$$\text{Data 受信: } rate_i' = rate_i + 1. \quad (1)$$

$$\text{NACK 受信: } rate_i' = rate_i/2. \quad (2)$$

2.2 提案手法

既存手法は, Data 受信毎に $rate_i$ を増加するため, Producer に対する RTT が大きい Consumer においてスループットの RTT 公平性が低下する恐れがある. そこで, TCP をベースとした $rate_i$ 更新方式を提案する. 各 Consumer における $rate_i$ の増加は (1) に従い, NACK 受信後は (2)' に従う (*送信レート増加率 $C = 1$ のとき, TCP と同意). ここで, NACK 受信時の $rate_i$ の半分の値を k , Interest を送信中の Consumer 数を m とし, (3) により, Consumer 間で均等に帯域を割り当てることで公平性の改善を図る.

$$\text{NACK 受信: } rate_i' = rate_i + \frac{C}{rate_i * RTT}. \quad (2)'$$

$$C = \max(1, (L_{i,n}/m - k) * RTT). \quad (3)$$

3 シミュレーション環境及び評価指標

図 1 のトポロジにおいて, Consumer の単位時間あたりの Data 受信量であるスループット, Fairness Index F , リンク利用率 $\rho = \frac{\text{平均スループット}}{\text{ポトルネットワークリンク帯域}}$ を評価する. トポロジの影響を調査するため, 6 つの Consumer が異なる Producer からコンテンツを取得する 1 on 1 および, 1 on 1 において $c_{1,2}, c_{2,2}, c_{3,2}$ が遅れて送信する 1 on 1 diff, 6 つの Consumer が全て $p_{1,1}$ からコンテンツを取得する 1 on 6 の 3 パターンを想定する.

表 1. 各手法の F, ρ

index	method	1 on 1	1 on 1 diff	1 on 6
F	previous	0.770	0.686	0.650
	proposed	0.999	0.994	0.942
ρ	previous	0.738	0.760	0.736
	proposed	0.747	0.760	0.663

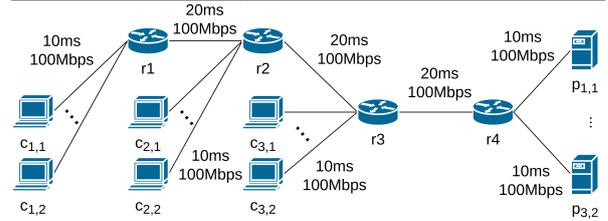
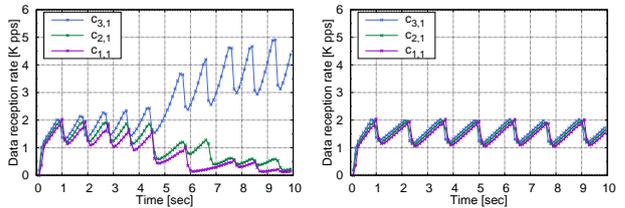


図 1. シミュレーショントポロジ



(a) 既存手法

(b) 提案手法

図 2. 1 on 1 におけるスループット

4 結果と考察

1 on 1 におけるスループットを示した図 2 より, 既存手法は時間経過によって RTT が大きい Consumer のスループットが低下するため F が 0.770 と低いものに対して, 提案手法ではほぼ等しいスループットを達成するため F が 0.999 と高いことがわかる. これは, 既存手法では $rate_i$ の増加度が RTT に依存すること, および $L_{i,n}$ が低下したことに起因する NACK を $c_{1,1}, c_{2,1}$ が受信することが原因である. なお, 表 1 より, 提案手法は送信タイミングが異なる場合 (1 on 1 diff) や要求プレフィックスに重複がある場合 (1 on 6) でも (3) により RTT や Consumer 数の影響を廃するため, 既存手法と比較して ρ を大きく損なうことなく高い F を示すことがわかる.

5 まとめ

ICN ルータにおいて輻輳制御を行う際にルータが Consumer 数を把握することにより, 異なる RTT を有する Consumer 間で帯域を割り当てるのが可能となり, RTT 公平性を改善する効果があることを示した.

参考文献

- [1] T. Kato, M. Bandai, "Avoiding Excessive Rate Reduction in Rate Based Congestion Control for Named Data Networking," Journal of Information Processing, vol. 26, 2018, pp. 29-37.

研究業績

萱野友哉, 川原憲治, "情報指向ネットワークにおけるステートフルフォワーディング輻輳制御方式: RTT 公平性の改善", 信学会 ソサイエティ大会, 2022 年 9 月.