

転送データサイズの違いによる TCPコネクション間の 不公平性に関する一検討

大阪大学大学院基礎工学研究科

博士前期課程1年 徳田航一

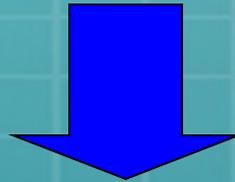
E-mail : kouichit@ics.es.osaka-u.ac.jp

発表内容

- 研究の背景
- 転送データサイズの違いによる不公平性
- hash-RED方式の提案
- TCPスループット解析
- シミュレーションによる提案方式の評価
- まとめと今後の課題

研究の背景(1)

- TCP (Transmission Control Protocol)
 - インターネットトラフィックの大部分を占める
 - ACKパケットを用いた輻輳制御を行う



- さまざまな原因によってスループットの不公平が生じる

研究の背景(2)

- 転送データサイズの違いによるスループットの不公平
 - 帯域や遅延などのネットワーク環境が同じでも発生
- long-livedコネクション
 - 転送データサイズの大きなコネクション
- short-livedコネクション
 - 転送データサイズの小さなコネクション

研究の目的

- エンドホストの変更を行うことなく転送データサイズの違いによる不公平を改善
 - long-livedコネクションとshort-livedコネクションの判別をどのように行うのか
 - short-livedコネクションの優先処理をどのように行うのか

シミュレーションによる 不公平の確認

- ルータのバッファサイズ
 - TCPのスループットを抑えないように大きく設定する
- パケット廃棄
 - 送信側ホストとルータ間に一定のリンクロス p によって生じる

Sender host



500 [Mbps]

50 [msec]



500 [Mbps]

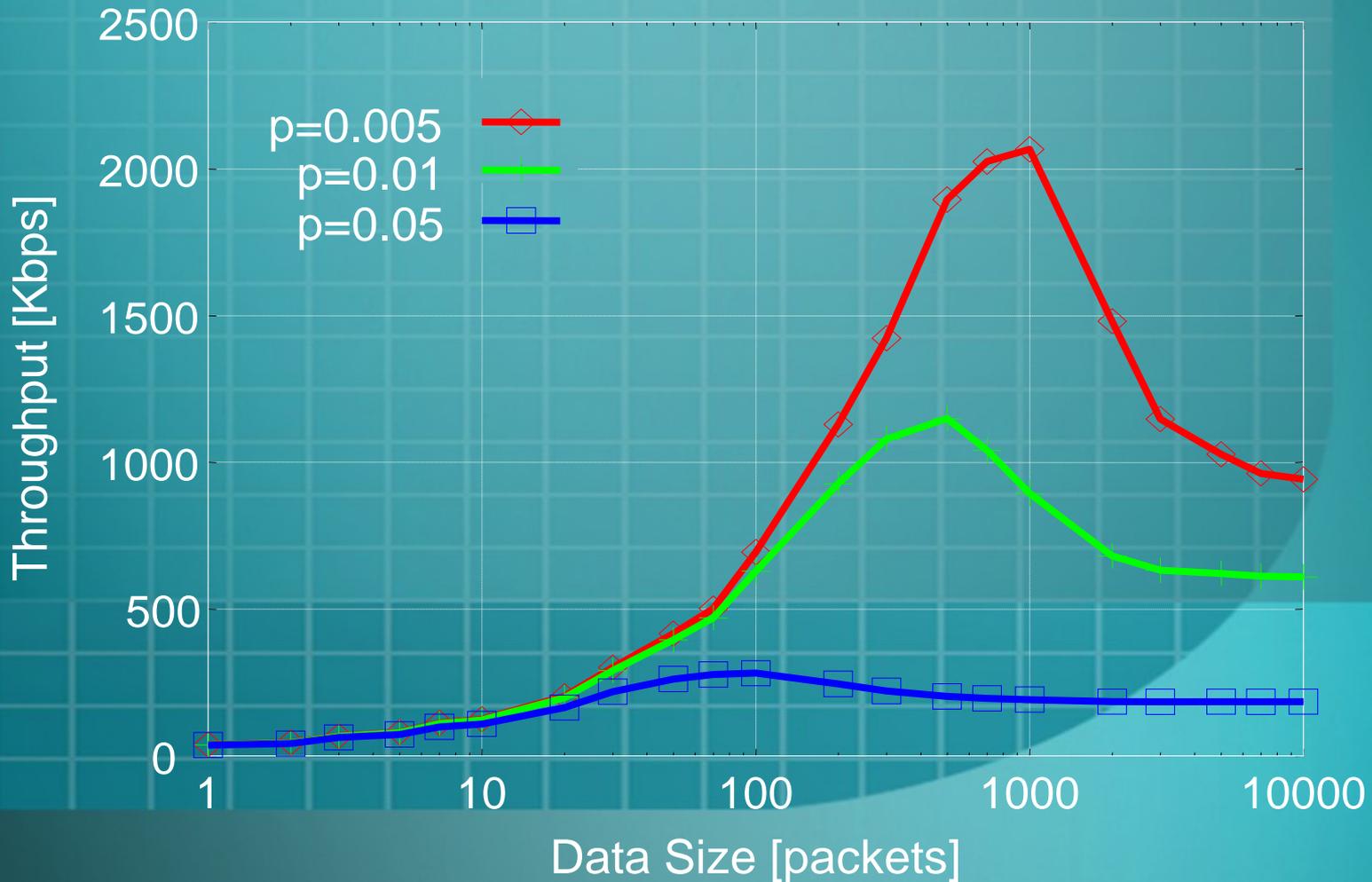
50 [msec]

Receiver host



リンクロス率: p

転送パケット数とスループット の関係



不公平が生じる原因

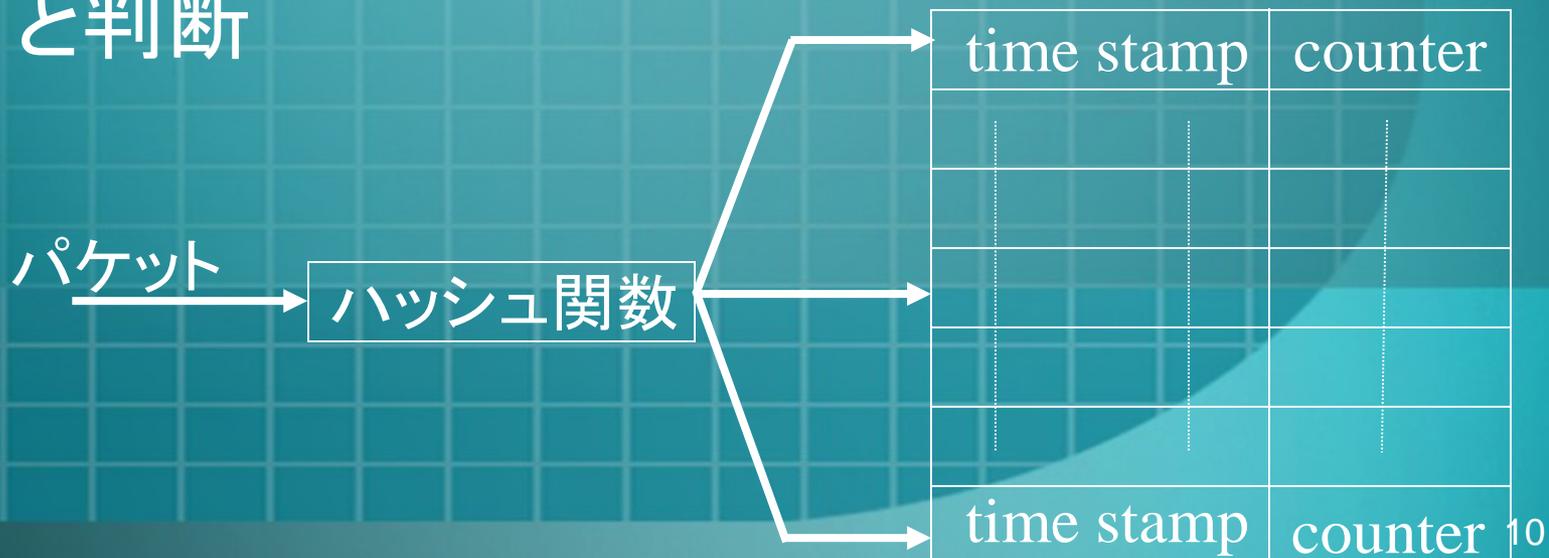
- long-livedコネクション
 - 転送中にウィンドウサイズが大きくなる
 - fast retransmit アルゴリズムによりタイムアウトを回避することができる
- short-livedコネクション
 - ウィンドウサイズが大きくなる前に転送終了
 - fast retransmit アルゴリズムが機能しにくい
ため、タイムアウトになりやすい

hash-RED方式の提案

- パケット判別処理
 - hashテーブルを用いる
- パケット優先処理
 - RED (Random Early Detection) をベースにした方式を用いる
- 二つの処理の組み合わせによって公平性を改善する

パケット判別処理

- ・ コネクションIDを基にハッシュ関数を計算
- ・ 関数値によりテーブルのエントリの決定
- ・ 閾値K以上であるとlong-livedコネクションと判断



パケット優先処理

- パケット廃棄率に差をつける
 - short-livedコネクションからのパケット
 - バッファ溢れが起きない限り廃棄しない
 - long-livedコネクションからのパケット
 - 高い確率で廃棄
 - 全体の廃棄率が通常のREDによる廃棄率 p と同じになるように設定



long-livedコネクションとshort-livedコネクションの閾値 K は？

閾値Kの決定方法

- Fairness index $F(K)$ の定義

$$F(K) = \lim_{L \rightarrow \infty} \sum_{i=1}^L P(i) \cdot (\rho(i) - \rho(L))^2$$

- $P(i)$: 転送パケット数が i パケットである確率
 - Webトラフィック分布を示した文献[9]より求める。

[9] Paul Barford and Mark E. Crovella, “Generating Representative Web Workloads for Network and Server,” *in Proceedings of Performance '98/ACM SIGMETRICS*, June 1998.

- $\rho(i)$: i パケット転送したときのスループット
 - 次に述べる解析により求める

TCPスループット解析(1)

- 文献 [5]
 - パケット廃棄率一定
 - 定常状態におけるTCPのスループット
- 文献 [6]
 - 文献 [5]の解析にコネクション確立直後のスロースタートフェーズも含める。

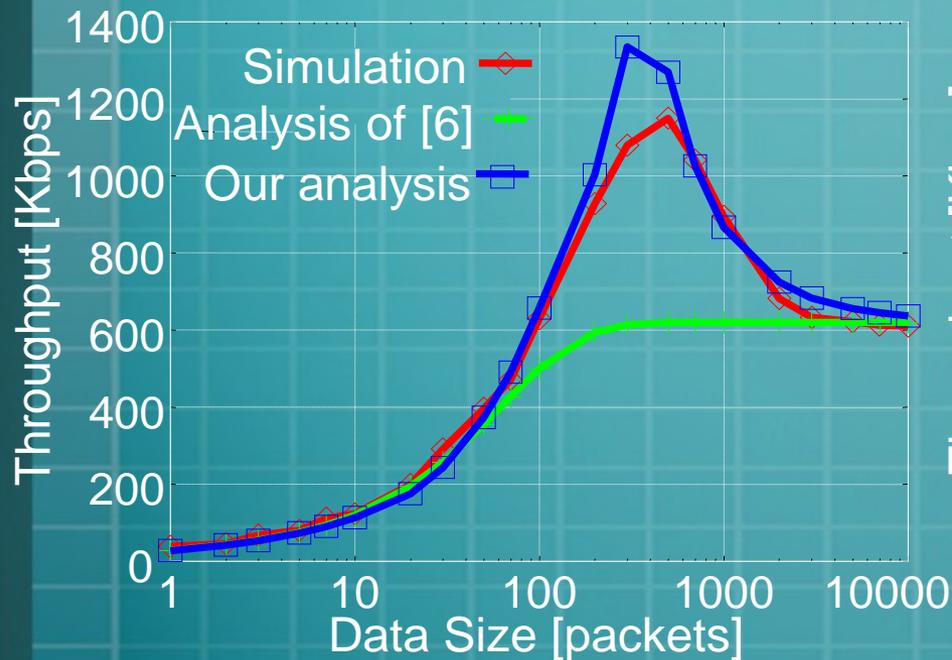
[5] J. Padhye, V. Firoiu, D. Towsley, and J. Kurose, “Modeling TCP Throughput: A Simple Model and its Empirical Validation, “in *Proceedings of ACM SIGCOMM’98*, Sept. 1998.

[6] N. Cardwell, S. Savage, and T. Anderson, “Modeling TCP Latency,”
in *Proceedings of IEEE INFOCOM’00*, pp. 249-271, Mar. 2000

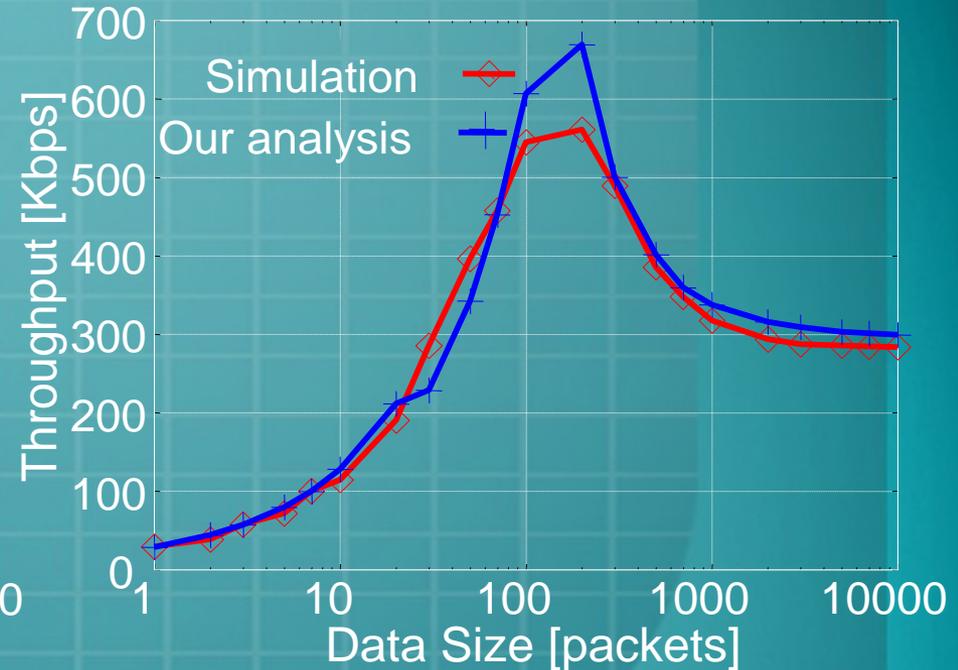
TCPスループット解析(2)

- hash-RED方式
 - パケット廃棄率を転送中に変化させる
- 文献[5]と[6]を拡張
 - パケット廃棄率がパケットごとに変化する場合を想定
 - コネクション確立直後のスロースタート及び輻輳回避フェーズのより正確なモデル化

解析の数値例



廃棄率 $p=0.01$ の場合



0-20パケット目まで廃棄率0
21パケット目以降は廃棄率0.03

閾値Kの決定方法

- Fairness index $F(K)$ の定義

$$F(K) = \lim_{L \rightarrow \infty} \sum_{i=1}^L P(i) \cdot (\rho(i) - \rho(L))^2$$

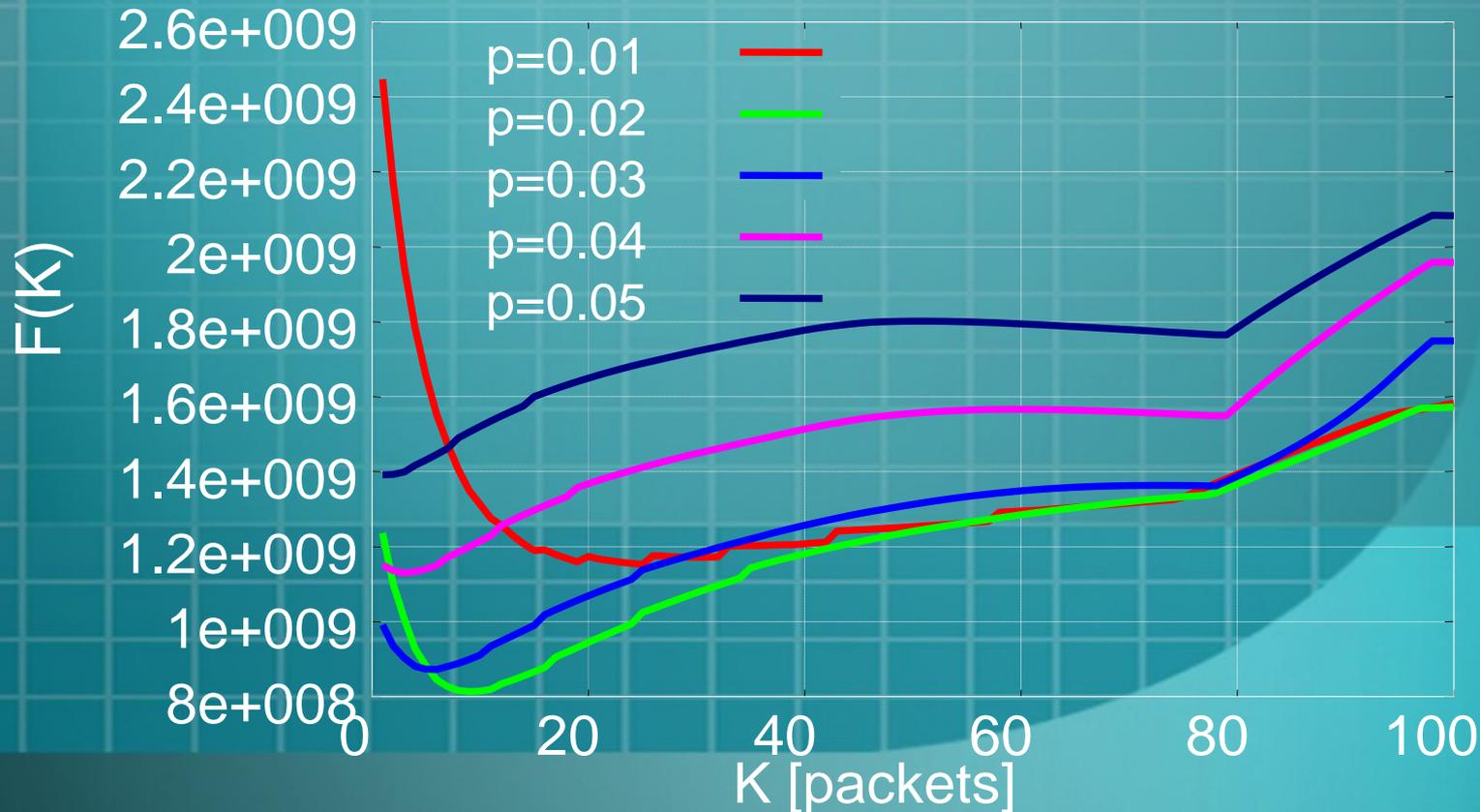
- $P(i)$: 転送パケット数が i パケットである確率
 - Webトラフィック分布を示した文献[1]より求める。

[1] Paul Barford and Mark E. Crovella, “Generating Representative Web Workloads for Network and Server,” *in Proceedings of Performance '98/ACM SIGMETRICS*, June 1998.

- $\rho(i)$: i パケット転送したときのスループット
 - 次に述べる解析により求める

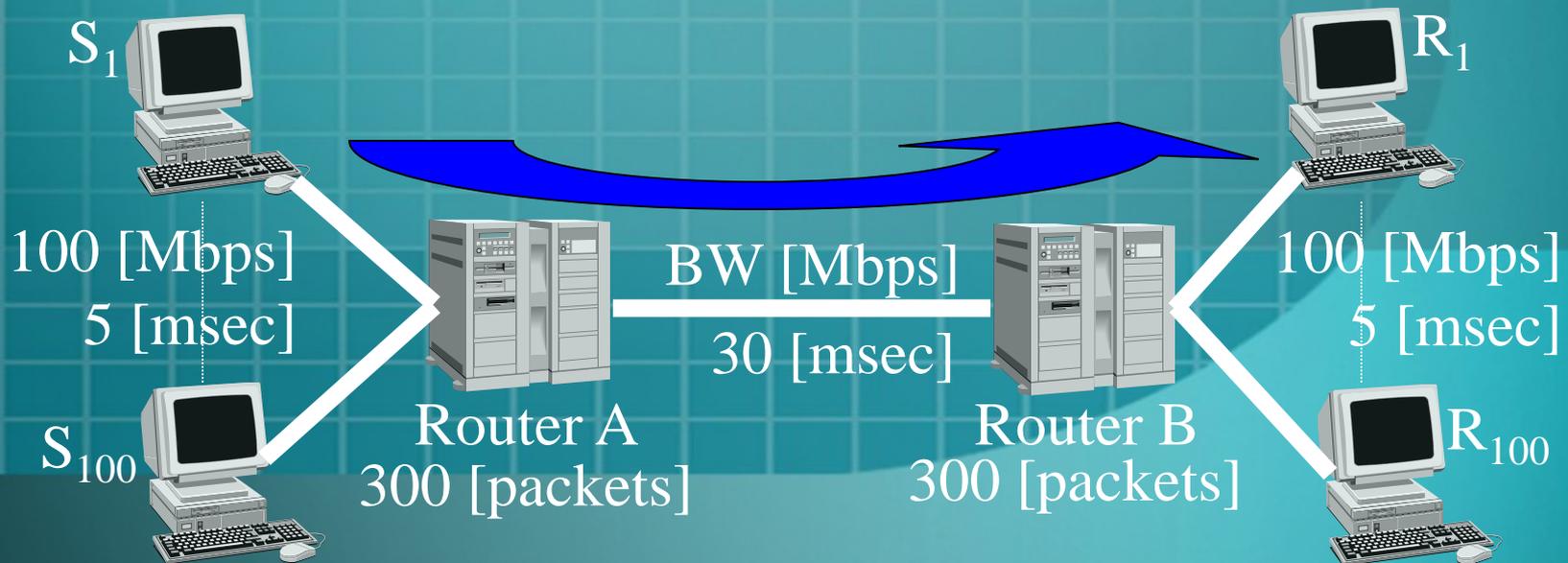
KとF(K)の関係

- F(K)が最小になるように閾値Kを決定する



シミュレーションモデル

- 提案方式の評価は、以下のモデルを用いる
- ルータAに提案方式を適用する

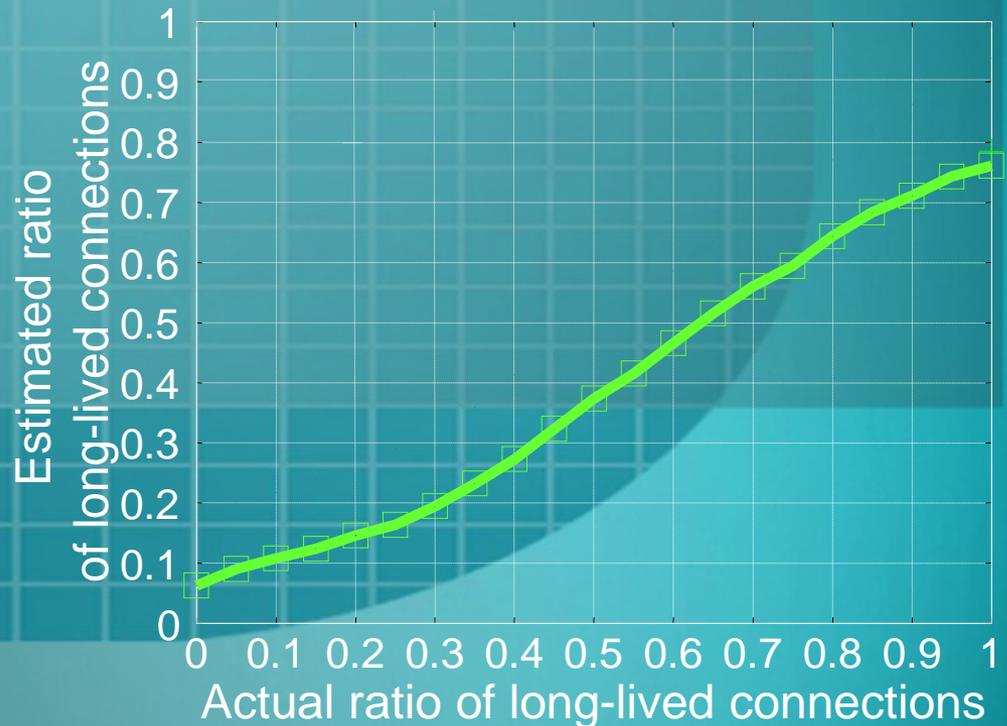


パケット判別処理の評価

- long-livedコネクションのホスト数とルータでlong-livedコネクションと判定される割合の関係

転送データサイズ分布

	long-lived connection	short-lived connection
Data size	Pareto Avg=1000[KB] Shape=1.13	Pareto Avg=10[KB] Shape=1.13
Think Time	Pareto Avg=20[s] Shape=1.5	Pareto Avg=2[s] Shape=1.85

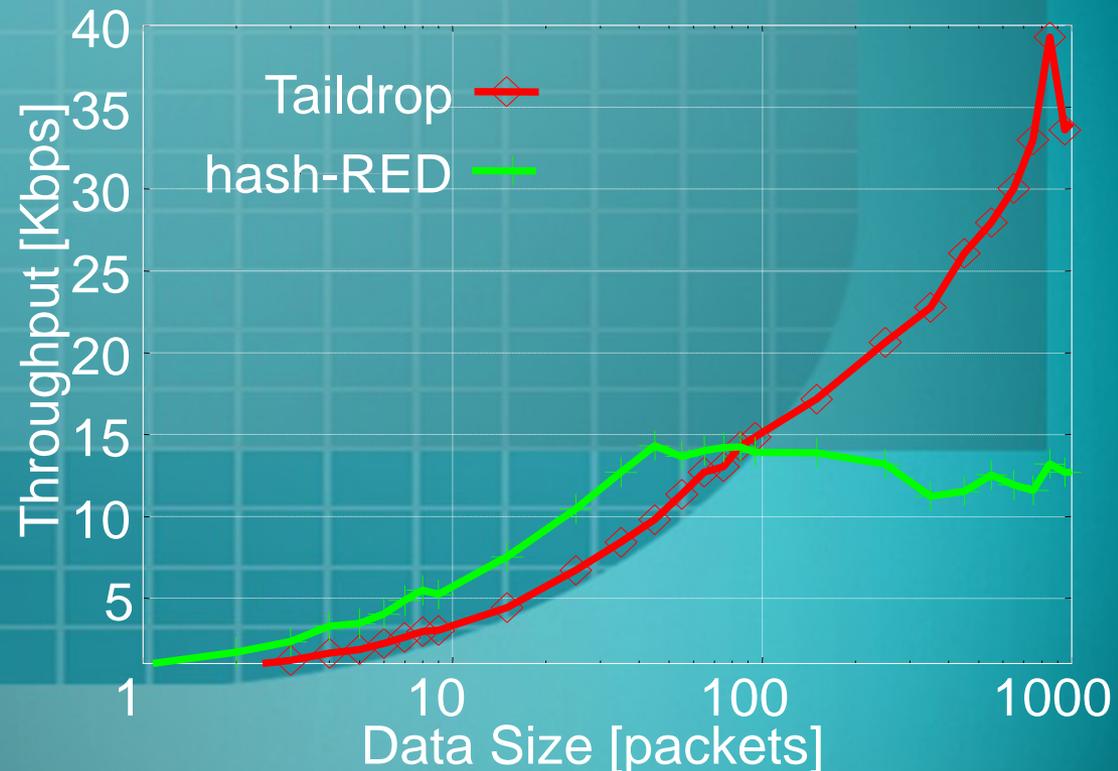


公平性の評価

- 転送ドキュメントサイズがWebドキュメント分布に従った環境でのシミュレーション

ボトルネックリンクの利用率

Tail-drop	0.954
hash-RED	0.952



まとめと今後の課題

- まとめ
 - hash-RED方式の提案
 - エンドホストの変更をすることなく、short-lived コネクションの不公平性を改善
- 今後の課題
 - 詳細な評価
 - 提案方式の実装