



Achieving Scalability and Self-Adaptivity to Network Bandwidth and Delay for Measurement-based TCP Congestion Control

ネットワーク帯域および遅延にスケラブルな
インラインネットワーク計測に基づくTCPの輻輳制御方式

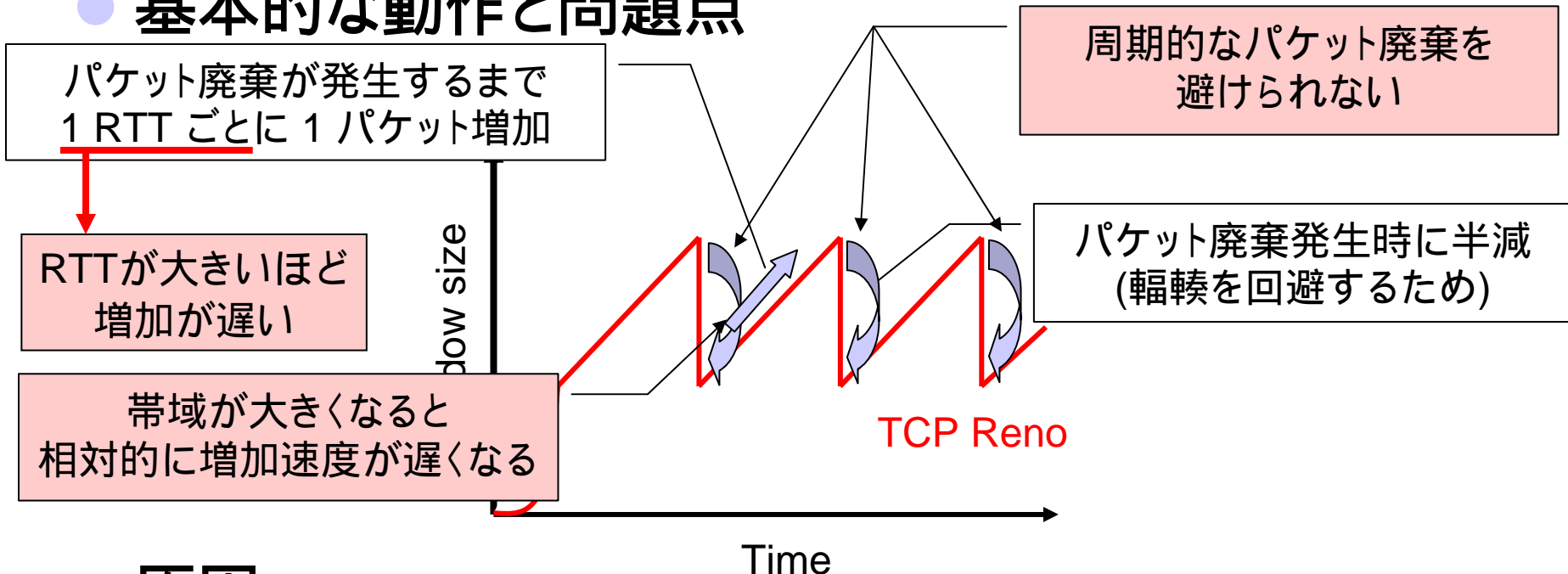
村田研究室
井口 智仁

t-iguti@ist.osaka-u.ac.jp



TCP Reno のウィンドウサイズ制御

● 基本的な動作と問題点



● 原因

- 利用可能帯域に関する情報を持たない
- RTT の大きさに依存する制御を行っている

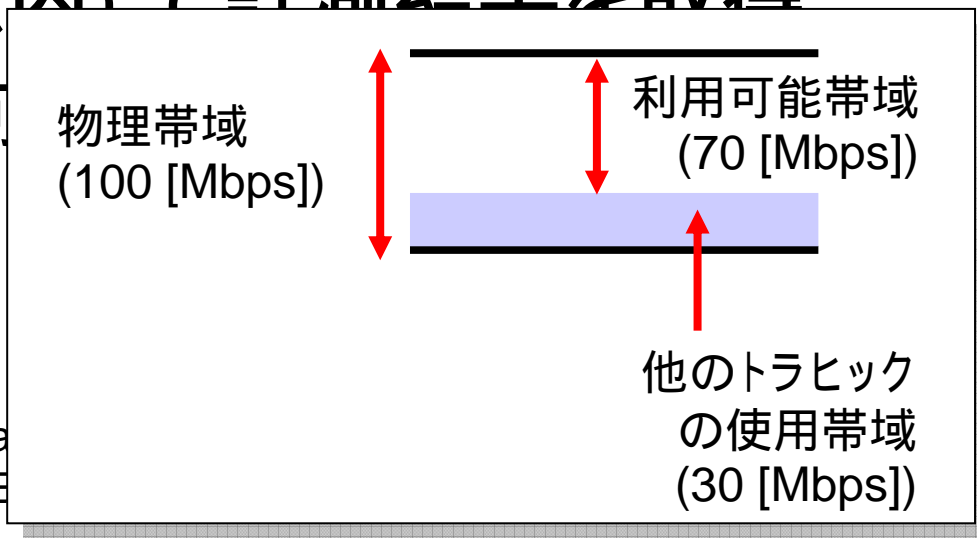
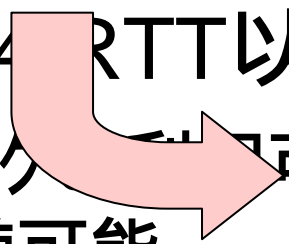
研究の目的

- TCP Reno が持つ問題を解決した新しい TCP の輻輳制御方式の提案
 - 帯域情報を利用したウィンドウサイズ制御アルゴリズム
 - インライン計測によって帯域情報を取得
 - 数理生態学における数学モデルを利用したウィンドウサイズ制御を使用



ImTCP: インラインネットワーク計測手法

- TCPのデータ転送パケットのみを使用して計測
 - TCP のデータ転送と併用可能
- エンド端末間のボトルネックリンクの物理帯域, 利用可能帯域を計測可能
- 高い頻度 (4 RTT以内) で計測結果を取得
 - ネットワーク使用率を素早く追隨可能



参考文献:
M. L. T. Cao, G. Hasegawa, and M. Murata
TCP connection," in *Proceedings of IFIP/IE*



提案方式に適用される数学モデル

● ロトカ・ヴォルテラ競争モデル

- 互いに競争関係にある2種以上の生物の個体数変化を表す

$$\frac{d}{dt} N_1(t) = \varepsilon \left(1 - \frac{N_1(t) + \gamma \cdot N_2(t)}{K} \right) N_1(t)$$

$$\frac{d}{dt} N_2(t) = \varepsilon \left(1 - \frac{N_2(t) + \gamma \cdot N_1(t)}{K} \right) N_2(t)$$

N : 個体数

K : 環境容量

ε : 種内の自己増殖率

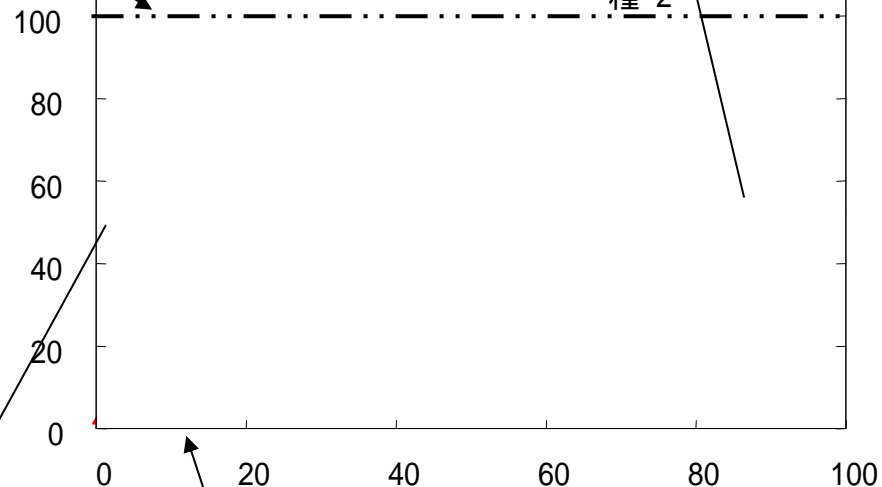
γ : 種間競争による

増加率の低下

増加速度は環境容量に応じて調節される

環境容量

生物の個体数



個体数は公平に収束する

種 1
種 2

新たな生物がこの環境に現れる

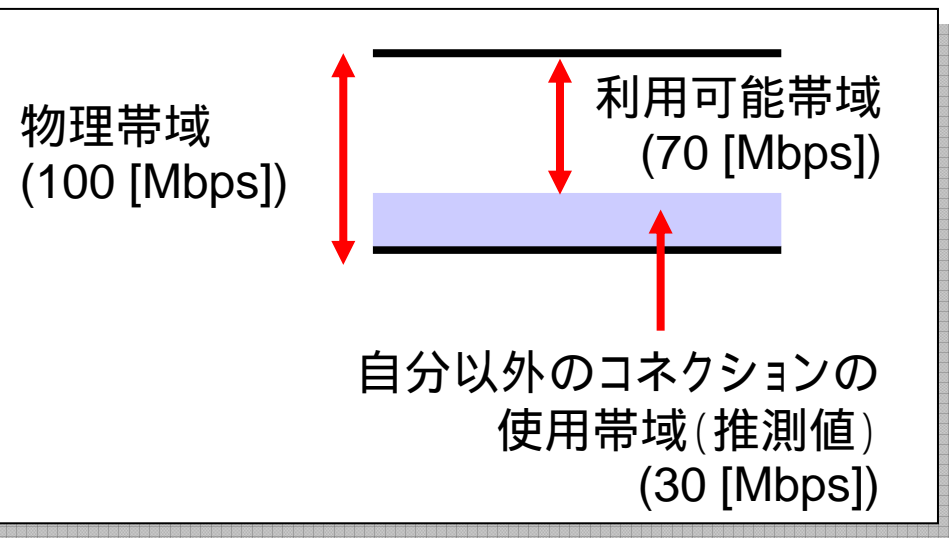


提案方式の輻輳制御への適用

- TCP のデータ転送速度の制御へ変換
 - 個体数 データ転送速度
 - 環境容量 物理帯域
 - 自分以外の生物の個体数
 自分以外のコネクションの使用帯域
 (物理帯域 - 利用可能帯域) として推測する

● ウィンドウサイズ制御式

$$w_i(t) = \frac{w_i(0) \cdot e^{\varepsilon \cdot t \left\{ 1 - \gamma \left(1 - \frac{A_i}{K} \right) \right\}}}{w_i(0) \cdot \left(e^{\varepsilon \cdot t \left\{ 1 - \gamma \left(1 - \frac{A_i}{K} \right) \right\}} - 1 \right)}$$



提案方式の評価



- 数学的解析

- ウィンドウサイズの増加速度
- 提案方式と TCP Reno が共存した場合のスループット比
- パラメータ , の設定方法

- シミュレーション

- ウィンドウサイズの変化
- リンク帯域・伝播遅延時間の増大に対する収束時間の変化
- コネクション数の変化に対する追従性
- コネクション間の公平性
- アクセスリンク帯域が異なる 2 本のコネクションのスループット



シミュレーションによる評価

- ネットワークシミュレータ : NS-2

- 比較対象

- TCP Reno

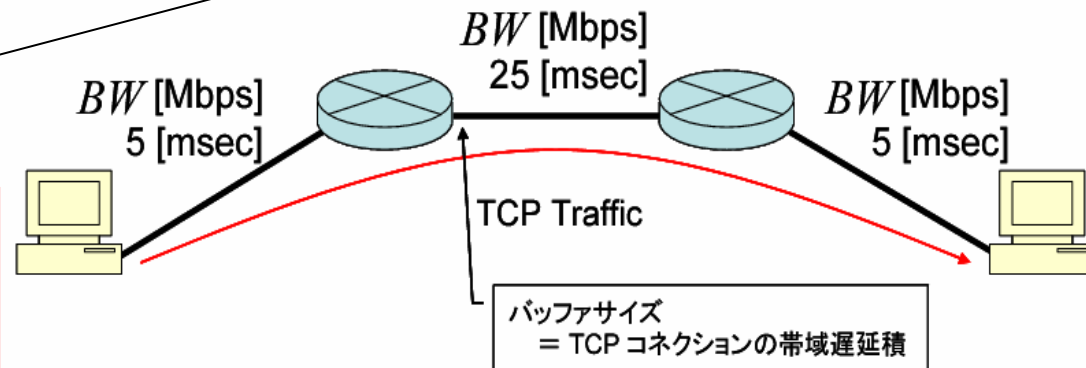
- HighSpeed TCP (HSTCP)

- Scalable TCP (STCP)

- FAST TCP

帯域遅延積の大きい
ネットワークに対応できる方式

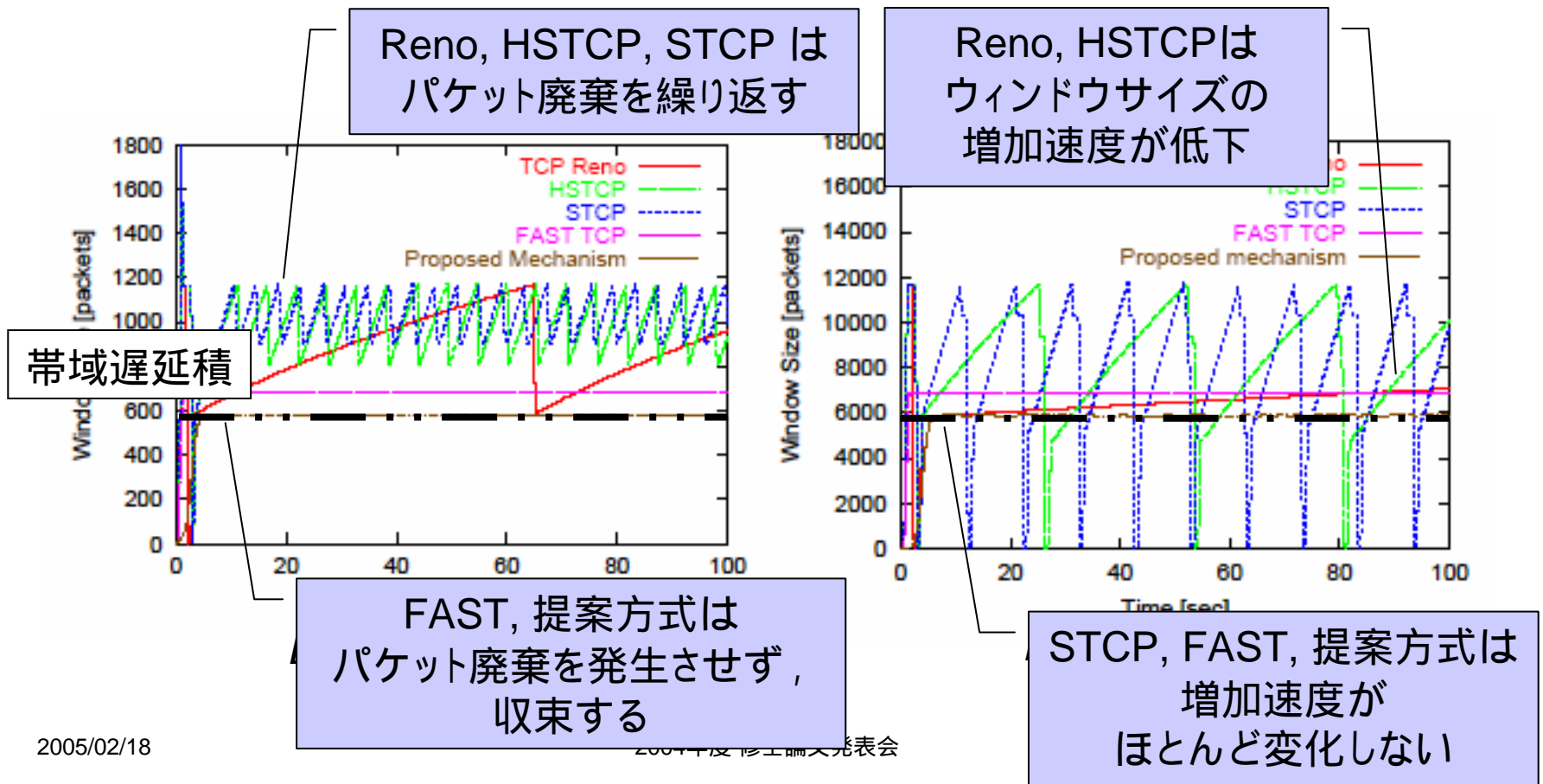
輻輳の検出にパケット廃棄ではなく
RTT を用いている
(TCP Vegas の改善)





結果: ウィンドウサイズの変化

- 帯域 BW は 100 [Mbps], 1000 [Mbps]



まとめと今後の課題



● まとめ

- 帯域計測に基づくTCPの輻輳制御を提案
- 解析とシミュレーションで次の性質の実現を確認
 - 帯域, 遅延の変化に対応する
 - コネクション間でウィンドウサイズを公平に収束させる

● 今後の課題

- 異なる遅延を持つコネクション間の公平性評価
- 帯域計測結果の誤差を考慮した制御
- 実ネットワーク上での実装実験による性能評価