

Congestion Control Mechanisms for Alleviating TCP Unfairness in Wireless LAN Environment

無線 LAN 環境における TCP フロー間の公平性改善のための輻輳制御手法

中野研究室
橋本 匡史

研究の背景

- IEEE 802.11に基づく無線 LAN の普及
 - 公共の施設およびオフィスや家庭など
 - 多人数のユーザーが同時にアクセス
- 利用されるネットワークアプリケーションの変化
 - Webトラフィックなどの下り中心のトラフィック
 - P2Pファイル共有による上下トラフィックも増加

無線 LAN が混雑している状態においても、無線資源をユーザ間で等しく共有したい

→ ユーザ間の公平性が重要

無線LAN環境における TCP フロー間の公平性

- 無線 LAN 環境において TCP フロー間に不公平が発生
 - 原因
 - アクセスポイントの輻輳によりバッファ溢れが発生
 - TCPは ACK パケットの損失には輻輳制御を行わない

上りフローの ACK パケットが廃棄される
タイムアウトによってのみ送信レイトが低下し、送信レイトがほとんど向上しない

上りフローの ACK パケットと下りフローのデータパケットが廃棄される
上りフローの送信レイトはそのまま、下りフローの送信レイトは低下

研究の目的

無線 LAN 環境における TCP フロー間の公平性問題に対してトランスポートレベルの改善手法を提案

- トランスポートレベルの公平性改善手法の提案
 - データパケットだけではなく、ACK パケットの損失に対しても輻輳制御を行なう
- 実無線 LAN 環境を利用した実験評価
 - 複数ベンダのアクセスポイントおよび無線 NIC を利用
- 提案手法における、公平性とネットワーク帯域の利用効率のトレードオフを評価するための評価指標を提案
 - 公平かつ利用率 100% のときのスループットを定義し、それから各フローのスループットがどれだけ離れているか、を表す

提案手法の概要

- 着眼点
 - アクセスポイントにおけるバッファ溢れによる TCP ACK パケットの損失に着目
 - ACK パケットの損失 = アクセスポイントにおける輻輳発生とみなす
- 動作の概要
 - TCP 送信側が受信した ACK パケットのシーケンス番号を監視し、ACK パケットの損失を検出
 - 1 RTT 内に廃棄されたACKパケットの累積数が閾値を越え、輻輳ウィンドウを半減

実験環境

- ノート PC: 10 台
- アクセスポイント: 1台
- デスクトップ PC: 1台

IEEE 802.11a

Client stations (laptops) Access point Wired node (desktop)

Access Points	
Vendor	Product name
Buffalo	WAPS-HP-AM54GS4
NEC	Aterm WR8500N
Corega	CG-WLR300NNH

Wireless Interface Cards	
Vendor	Product name
Buffalo	WLI-CB-AGHP
NEC	Aterm WL54AG

実験方法と評価指標

実験方法

- ノートPC 1台につき1本のTCPコネクションを生成
 - lperf を利用してパルクデータの転送
- 合計フロー数が10本になるように上下フローの本数を変化させて実験

実験条件

- 実験時間: 180秒
- 試行回数: 10回
- Delayed ACKは無効化
- アクセスポイントの独自無線機能は無効化

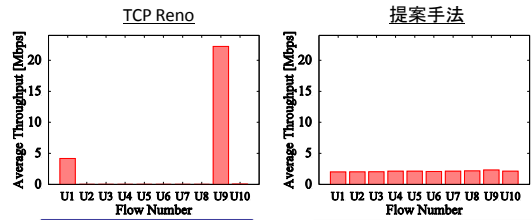
評価指標

- 公平性
 - 各フローのスループットおよび fairness index を利用
- ネットワーク帯域の利用効率
 - 合計スループットを利用
- 公平性と利用効率のトレードオフの関係
 - 提案指標を利用

7

各フローの平均スループット

上りフロー数: 10本, 下りフロー数: 0本



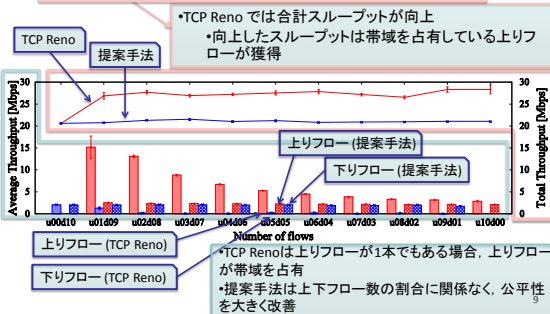
•数本の上りフローが帯域を占有し、残りのフローはほとんど通信できていない

•公平性を大きく改善

8

上下フローの1本あたりの平均スループットと合計スループット

•公平性とスループットのトレードオフの関係 (提案指標による評価)
最大で 0.12 (TCP Reno) → 0.64 (提案手法) に向



9

まとめと今後の課題

まとめ

- 無線 LAN 環境における公平性改善手法を提案
 - ACK パケットの損失をアクセスポイントの輻輳の指標に利用
- 公平性と利用効率のトレードオフを評価するための指標を提案
- 実無線 LAN 環境を利用した実験評価
 - 提案手法は上りフロー間だけでなく上下フロー間の公平性を大きく改善
 - 提案手法は公平性と利用効率のトレードオフ関係を考慮しても、公平性改善効果は大きい
 - 提案手法は delayed ACK を利用することにより、公平性の改善効果を損ねることなく合計スループットを約 20% 向上させることが可能

今後の課題

- 有線環境を含めた様々な環境における提案手法の性能評価
 - Planet Lab 環境を利用
- 提案手法の公平性改善効果およびスループットのさらなる向上

10