

## 無線 LAN 環境における 複合型輻輳制御方式の性能評価と その改善手法



大阪大学 大学院情報科学研究科  
○ 橋本 匡史  
長谷川 剛  
村田 正幸

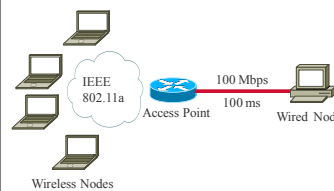
## 研究の背景

- 無線 LAN 環境の高速化
- 高速・高遅延ネットワーク向けの TCP が数多く提案
  - ネットワークの輻輳の指標により分類
    - パケット廃棄の発生: loss-based 手法
    - 遅延の変化: delay-based 手法
    - 両方の組み合わせ: hybrid 手法
  - 主に、有線ネットワークにおいて評価
- 無線 LAN 環境
  - CSMA/CA による伝搬遅延の変化
    - Delay-based 手法に対して悪影響が現れる可能性
  - 上りと下りでネットワーク帯域を共有
    - アクセスポイントの輻輳による TCP 性能への影響

## 研究の目的

- 無線 LAN 環境における TCP 改良手法のシミュレーション評価
  - 遅延の変化に基づく TCP 改良手法を対象に評価
  - アクセスポイントの輻輳による TCP 性能への影響を評価
- 無線 LAN 環境における TCP 公平性の改善
  - TCP レベルの改善手法の提案

## シミュレーション環境



- 無線 LAN: IEEE 802.11a
- 有線リンク
  - リンク帯域: 100 Mbps
  - 伝搬遅延: 100 ms
- アクセスポイントのバッファサイズ: 100 pkts
- 無線端末の送信バッファサイズや広告ウィンドウサイズは十分大きい
- シミュレーション時間: 200 s

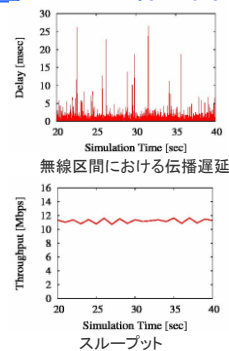
- ns-2 を用いたシミュレーション
  - 無線端末 1 台につき 1 本の TCP コネクション

## 本研究に用いた TCP 改良手法

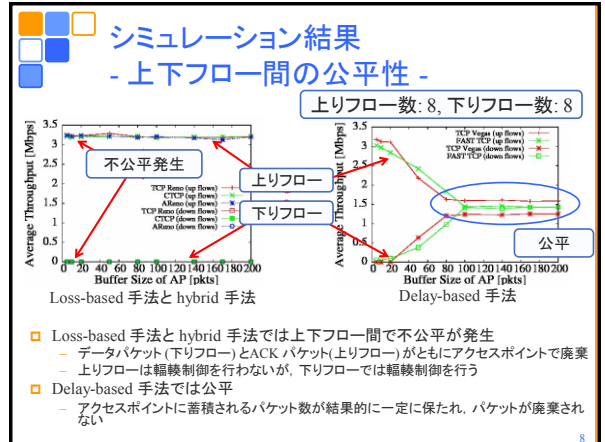
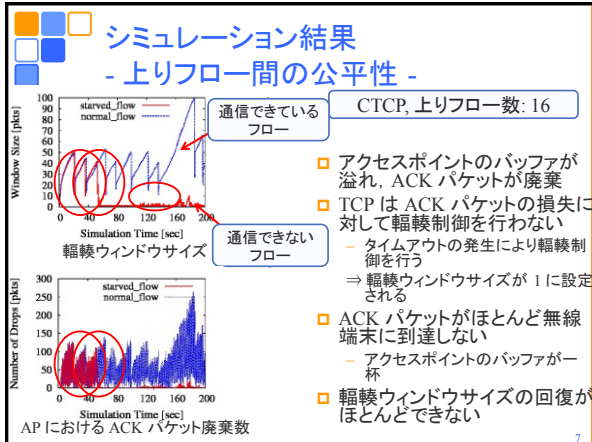
- 遅延の増減に基づいた TCP (delay-based 手法)
  - TCP Vegas
  - FAST TCP
- パケット廃棄の発生と遅延の増減に基づいた TCP (hybrid 手法)
  - TCP-Adaptive Reno (AReno)
  - Compound TCP (CTCP)

## シミュレーション結果

### - 無線区間の遅延変動による影響 -



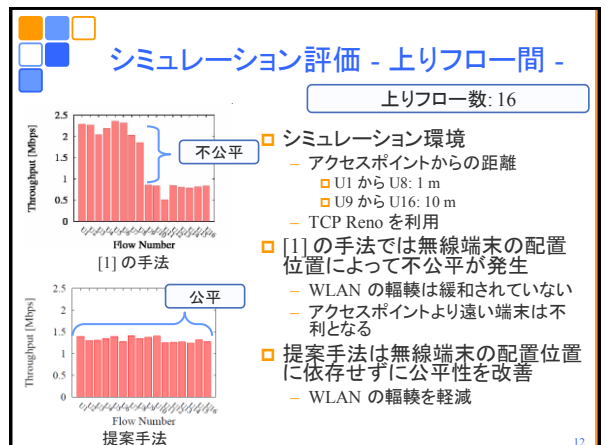
- FAST TCP, 上りフロー数: 2
- 無線区間の伝搬遅延の幅
    - 大きくても約 25 ms
  - スループットの変動は約 1 Mbps
    - Delay-based 手法でなくても同程度の変動が発生
    - 遅延の変動に無関係な変化
  - スループットに対する伝搬遅延の変動の影響がほとんどない
    - 無線端末におけるデータパケットのバッファリングにより抑えられる
  - 他の delay-based 手法や hybrid 手法においても同様な結果



- ### 公平性についてのまとめ
- アクセスポイントの輻輳が原因
    - アクセスポイントと無線端末の送信機会が等しいため
  - 上りフロー間の不公平
    - ACK パケットが大量に廃棄されているにもかかわらず、輻輳制御を行わないことに起因
  - 上下フロー間の不公平
    - データパケットの損失に対しては輻輳制御を行うが、ACK パケットの損失に対しては輻輳制御を行わないことに起因

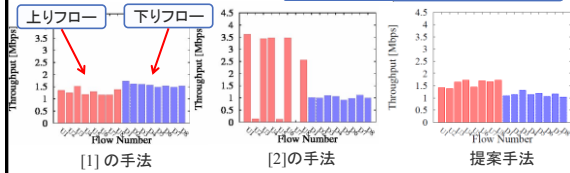
- ### 既存の改善手法
- MAC プロトコルのパラメータを変更する手法[1]
    - アクセスポイントの送信を優先
      - キャリアセンス間隔を他の無線端末より短くする
      - 通常ハードウェアによって実装されているため、変更コストが大きい
  - アクセスポイントのキュー管理機構を変更する手法[2]
    - アクセスポイントのバッファを ACK パケット用とデータパケット用に分割
    - 上りフロー間の公平性に対して考慮していない
    - パラメータの設定が難しい
  - IEEE 802.11e
    - フローの優先度に応じてクラスを分類することにより QoS を実現
    - 無線端末間の公平性の改善につながらない
- [1] Y. Fukuda and Y. Oie, "Unfair and inefficient share of wireless LAN resource among uplink and downlink data traffic and its solution," IEICE Transactions on Communications, vol. E88-B, pp. 1577-1585, Apr. 2005.
- [2] J. Ha and C.-H. Choi, "TCP fairness for uplink and downlink flows in WLANs," in Proceedings of IEEE Global Telecommunications Conference 2006, pp. 1-5, Nov. 2006.

- ### 提案手法
- ACK パケットが大量に廃棄されることに着目
  - ACK パケットの損失に対して輻輳制御
    - ACK パケットのシーケンス番号を監視
      - 増加幅が 2 パケット分以上である場合は ACK パケットが損失したと検出
    - 1 RTT 中に検出された ACK パケットの損失数が閾値  $thresh\_ack\_losses$  以上である場合に輻輳制御を行う
      - 1 RTT 待機したのち、誤検出でなければ輻輳が発生したと判断
        - 例えば、パケット順序の入れ替え
    - 輻輳ウィンドウサイズを半減



## シミュレーション評価 - 上下フロー間 -

上りフロー数: 8, 下りフロー数: 8



- シミュレーション環境
  - 全無線端末はアクセスポイントから 4 m に配置
- 提案手法と [1] の手法は上下フロー間の公平性を改善
- [2] の手法は下りフロー間の公平性は改善しているものの、上りフロー間では不公平が発生
  - 大量に ACK パケットが廃棄される状況が改善されていないため

13

## まとめと今後の課題

- まとめ
  - 無線 LAN 環境における TCP 改良手法の性能評価
    - Delay-based 手法と hybrid 手法に対して、無線区間の伝搬遅延の変動による影響はほとんどない
    - TCP フロー間の公平性
      - アクセスポイントの輻輳が深刻な不公平を起こす
      - Loss-based 手法や hybrid 手法では不公平が発生
      - Delay-based 手法は公平性を実現可能
  - TCP フロー間の公平性の改善する手法の提案
    - ACK パケットの損失に対して輻輳制御を行う
    - 提案手法により TCP フロー間の公平性の改善が可能
- 今後の課題
  - 無線リンクエラーを考慮したシミュレーション評価
  - さらなる公平性の改善

14