

モバイルアドホックネットワーク上における TCPパフォーマンスの解析

Analysis of TCP Performance over Mobile Ad Hoc Networks

名城大学 渡邊研 B4
100430100 早川顕太

発表内容

□ 文献

➤ Analysis of TCP Performance over Mobile Ad Hoc Networks

□ 著者

➤ Gavin Holland、Nitin Vaidya

□ 発行元

➤ Kluwer Academic Publishers

□ 発行

➤ 2002年

概要

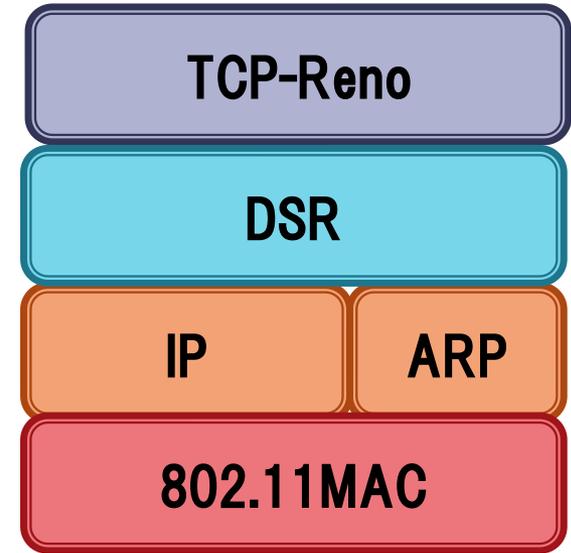
- 研究背景
- DSRプロトコルの解説
- TCP-Renoのスループット解析
 - スループットの理論値
 - スループットの測定
 - TCPの挙動解析と問題点の提示
- 問題点の改善策とその評価
 - 恒常的なトラフィック
 - キャッシュからの経路返答を禁止
 - ELFN技術
- 今後の課題

研究背景

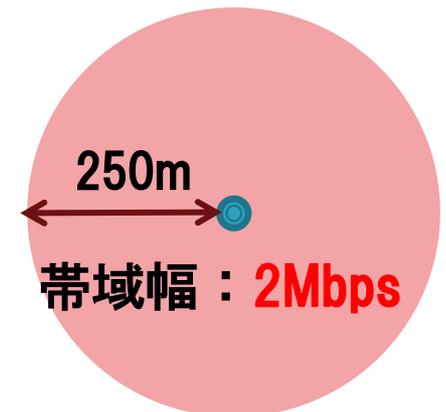
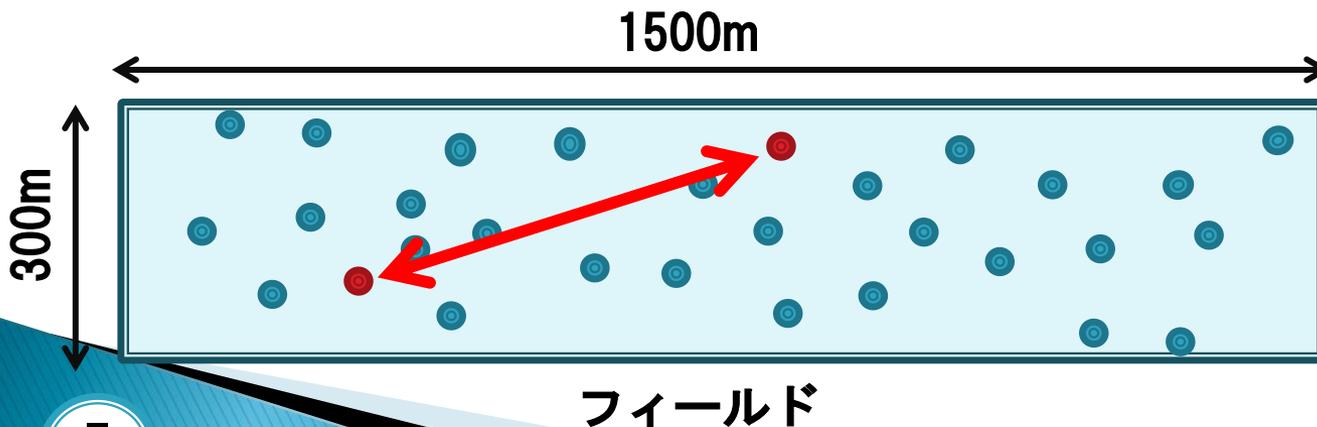
- 無線LANの普及により、MANETの研究が注目を集める
- MANET(mobile ad hoc network)
無線端末のみで構成されるネットワーク
 - アクセスポイント不要
 - 各無線端末はルータの機能を持つ
 - 遠隔ノードとはマルチホップ通信
- 多くの研究は、MANETのルーティング・プロトコルの開発に注目
- MANET上でもTCP/IPの使用は確実
- この研究では、MANETがTCPの性能に与える影響を解析

シミュレーション環境

- ノード
 - 30個のノードがフィールド内をランダムに移動
 - 50通りの移動パターンを用意
 - ノード全体の移動速度は設定可能
⇒設定速度によりシミュレーション時間は異なる
- TCP通信
 - 1組のノードがTCP接続で、一方的なデータ転送
⇒この**スループット**を測定
 - TCPパケットサイズ：1460バイト
 - ウィンドウサイズ：8パケット分



プロトコルスタック



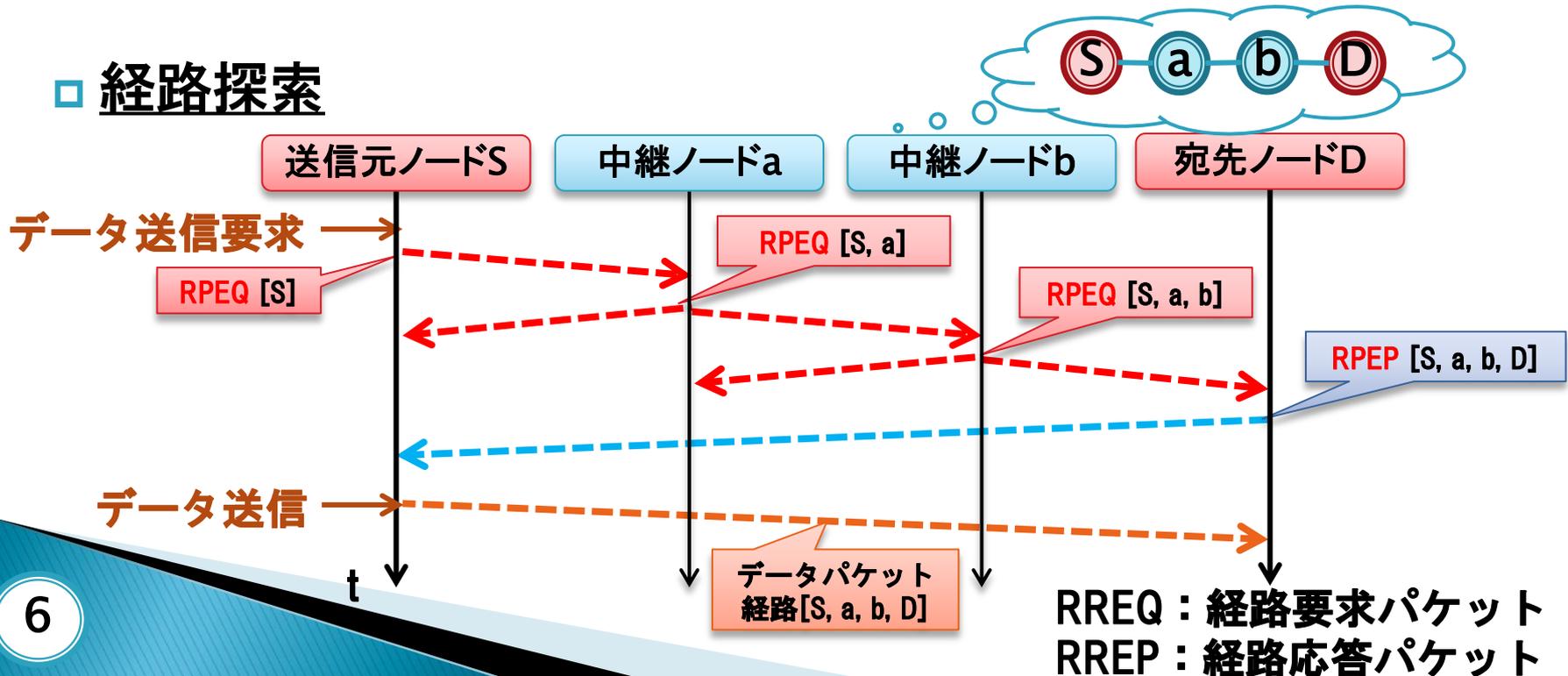
ノードの通信可能な範囲

DSR(Dynamic Source Routing)

□ DSRの概要

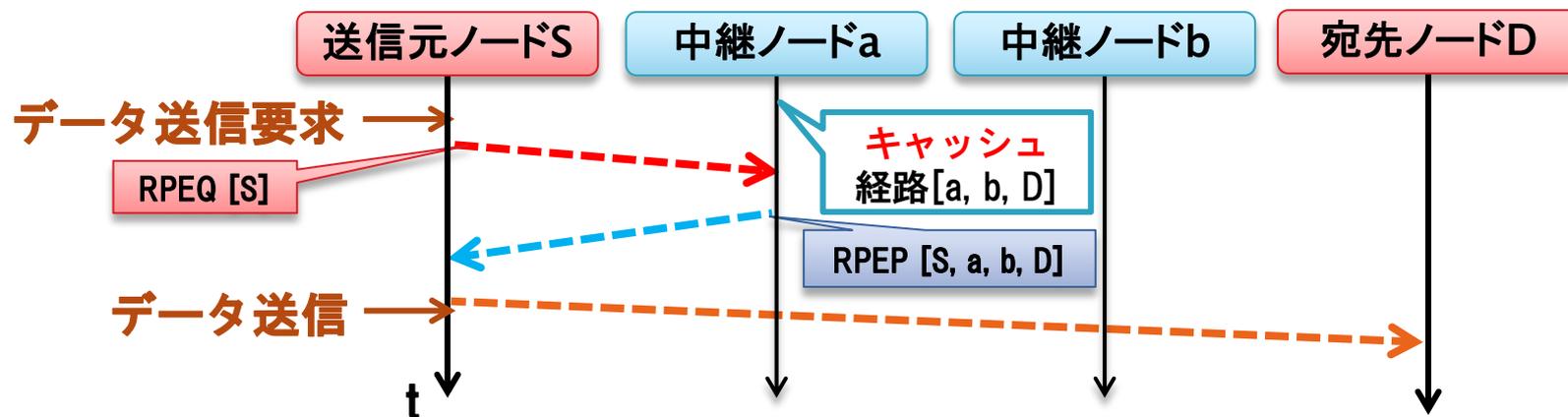
- リアクティブ型：通信要求が発生した際に、宛先の経路を探索
- DSRヘッダ内に、宛先までの完全な経路を格納
- 主機能
 - ・ 経路探索：宛先への経路を取得
 - ・ 経路キャッシュ：経路探索や盗聴により得た経路をキャッシュ
 - ・ 経路維持：リンク形状の動的な変化に対応

□ 経路探索

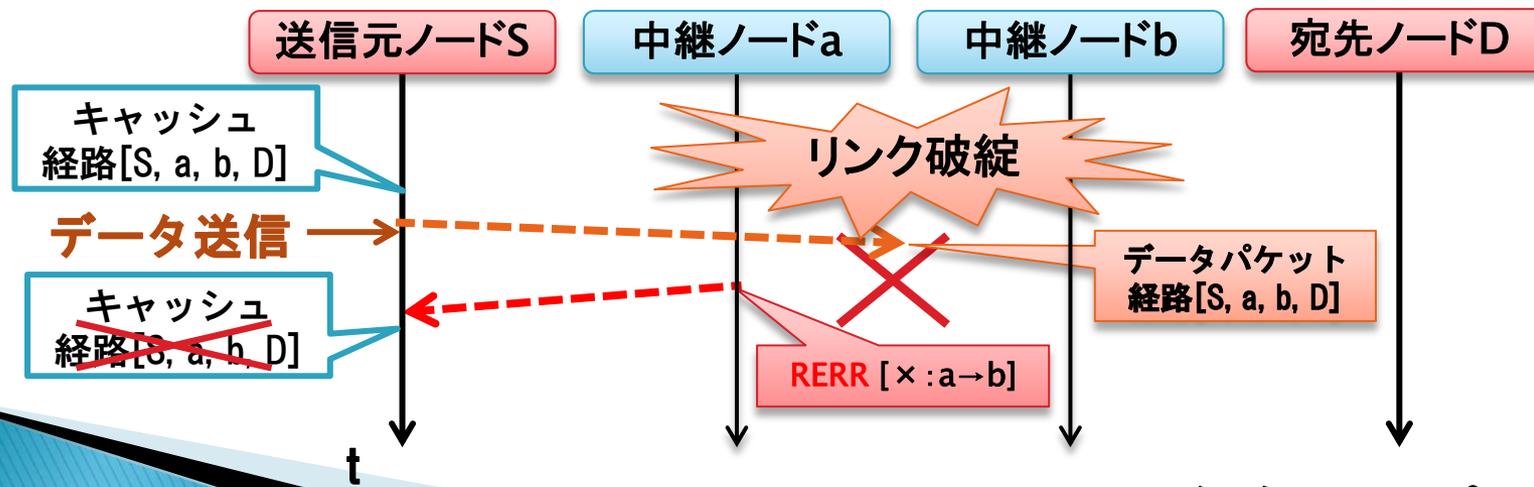


DSR(Dynamic Source Routing)

□ キャッシュによる経路探索の効率化



□ 経路維持



RERR : 経路エラーパケット

スループットの期待値 (1/2)

- 線形なリンク上でスループットを測定
 - TCPスループットはホップ数に大きく依存 (理由は以下の図参照)
 - 確認応答の逆流によりスループットはさらに低下する
 - この測定値をもとに、シミュレーション上のスループットの期待値を計算

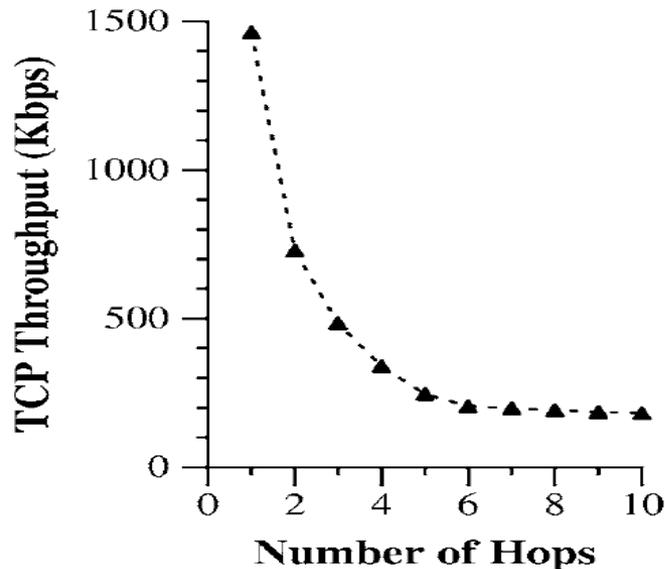
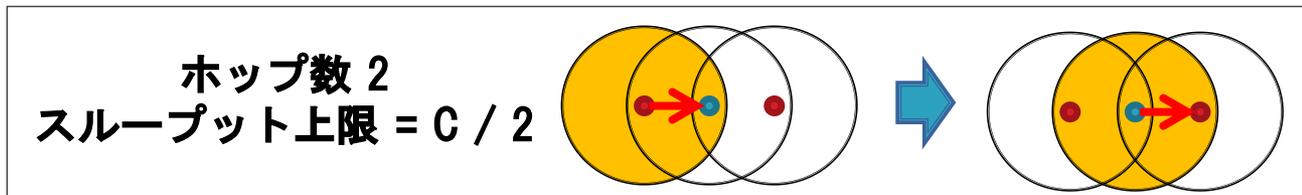
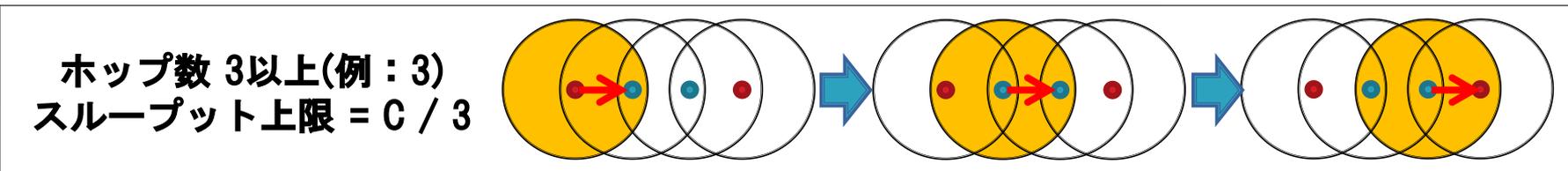


図1 線形なリンクにおける、各ホップ数に対するTCPスループットの測定値(C = 2Mbps)



- ➔ : パケット転送
- : 通信を行うノード
- : 中継ノード



C : 無線LANの帯域幅

スループットの期待値 (2/2)

- シミュレーション上でのTCPスループットの期待値(上限値)は以下の式により求まる
 - シミュレーションより、 $t_i (i = 1, 2, 3, \dots)$ を観測し、式に代入
 - この計算式は、ノードの移動速度に依存しない

$$\text{期待スループット} = \frac{\sum_{i=1}^{\infty} t_i \cdot T_i}{\sum_{i=1}^{\infty} t_i}$$

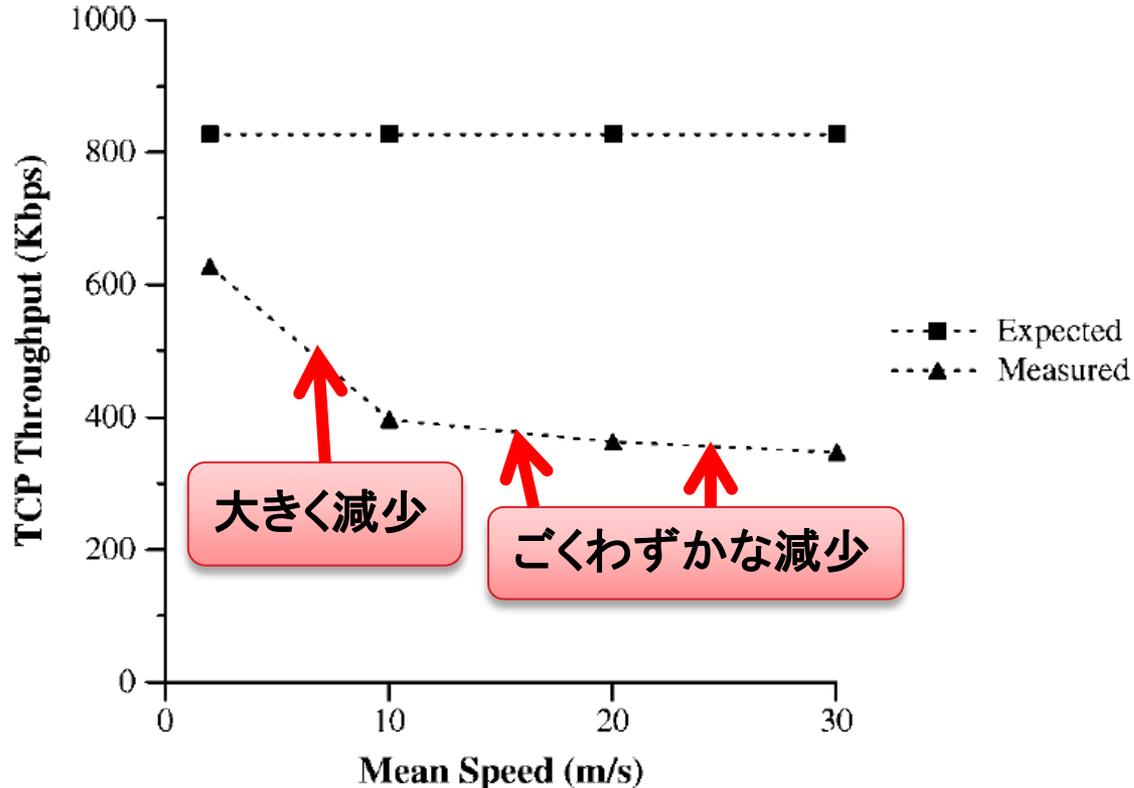
t_i : シミュレーション内で、送信ノードと受信ノードが最短ホップ数*i*でリンクされていた継続時間の合計

T_i : 9ページの図1により求まる、ホップ数*i*のときのTCPスループット

※ リンクが物理的に切れている場合、 $i = \infty$ 、 $T_i = 0$ とする

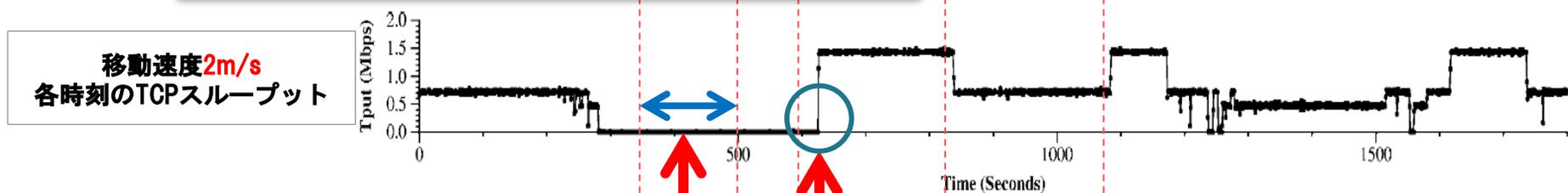
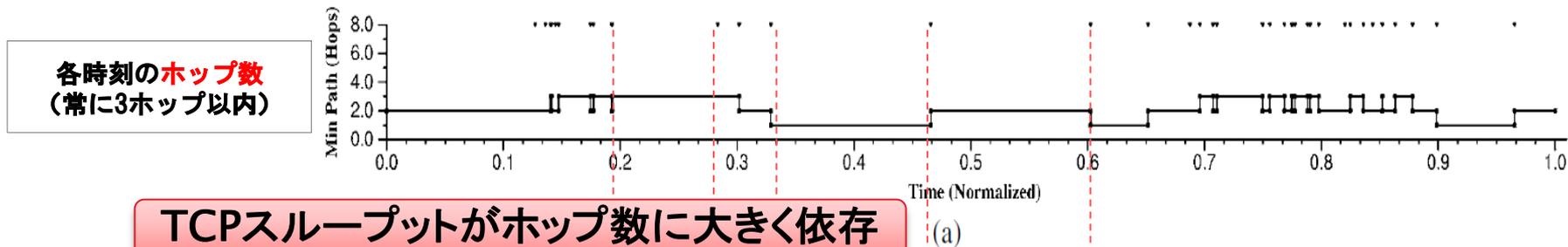
TCP-Renoのスループットの測定

- 50通りの移動パターンについて、各々の移動速度 (2m/s、10m/s、20m/s、30m/s)で測定
各移動速度の平均のTCPスループット



TCP-Renoのスループットの解析

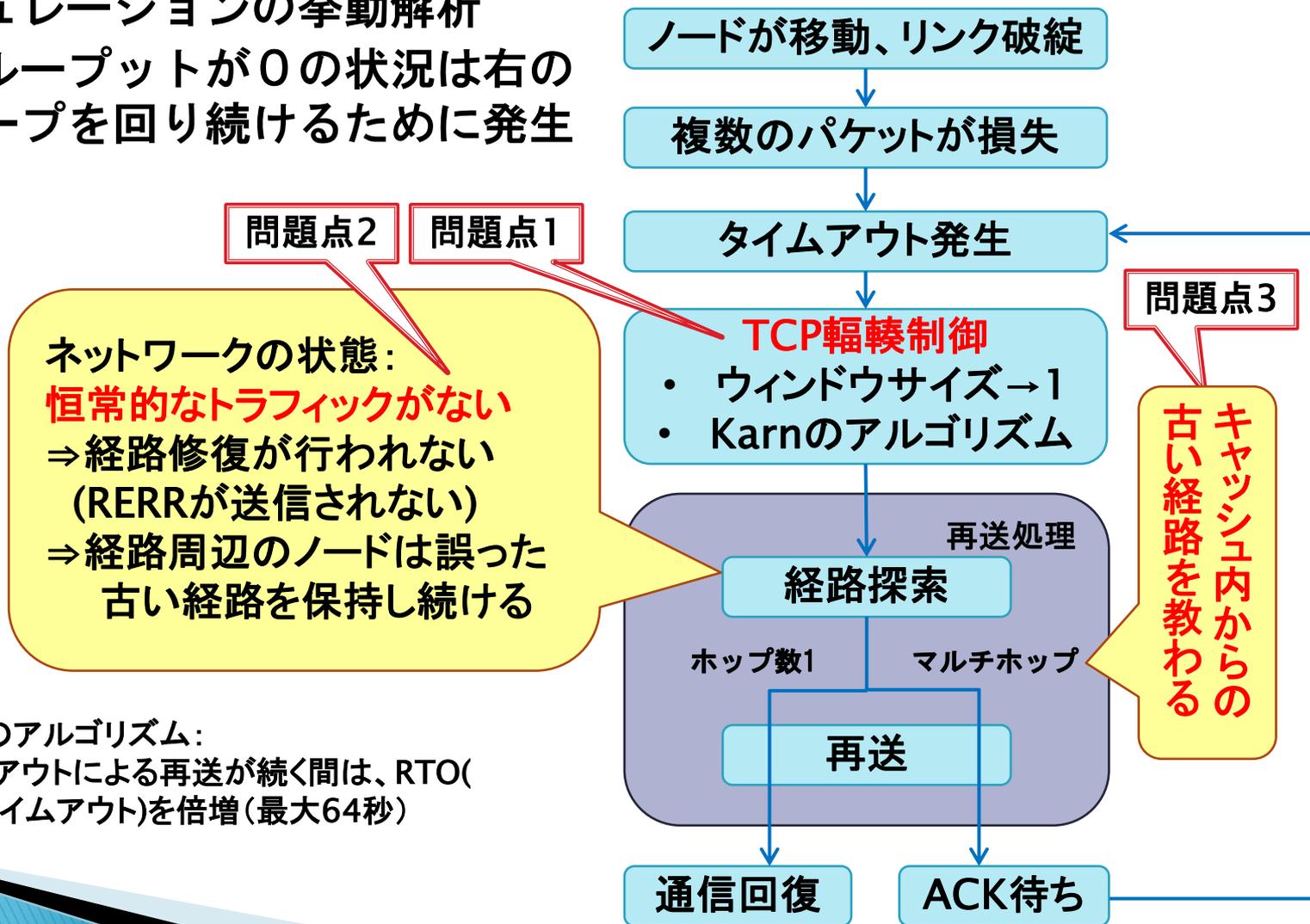
□ 具体的な行動パターンでの解析



※ 赤の縦線(図上の点)はその時点で最小パスの経路が変更されたことを示す

TCP-Renoのスループットの解析

- シミュレーションの挙動解析
 - スループットが0の状況は右のループを回り続けるために発生



Karnのアルゴリズム:
タイムアウトによる再送が続く間は、RTO(再送タイムアウト)を倍増(最大64秒)

TCP-Renoのスループットの解析

□ 判明した問題点とその改善策

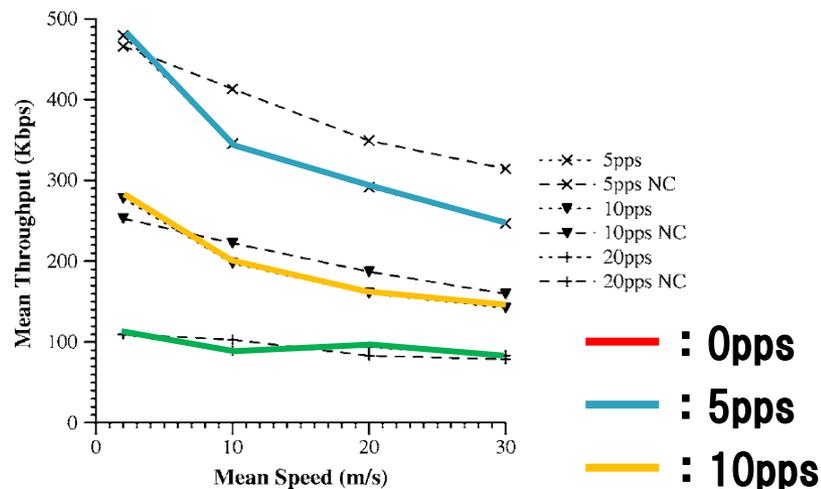
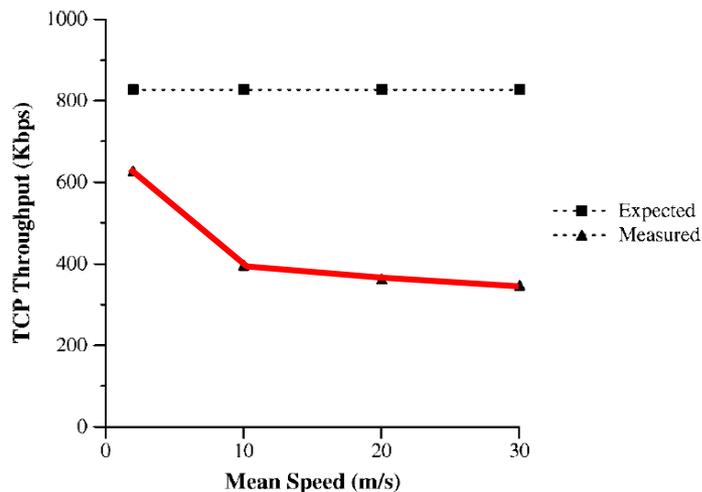
- **(問題点1)** TCPはリンク破綻を考慮しないため、輻輳制御を行う
 - 改善策：リンク破綻が通知されたTCPはそれに応じた処理を行うように改造
- **(問題点2)** 恒常的なトラフィックが存在しないため、経路修復が行われない
 - 改善策：恒常的なトラフィックをMANET上に流す
- **(問題点3)** 経路探索に対し、周辺ノードがキャッシュ内の古い経路を返す
 - 改善策：RREQに対し、キャッシュ内の経路からRREPを返すのを禁止

問題点2の改善策と評価

□ 恒常的なトラフィックの導入

- 10つのCBR(固定ビットレート)接続を8ノード上に構成
512バイトの packets を5pps, 10pps, 20ppsの各々で転送し、評価
- シミュレーション結果

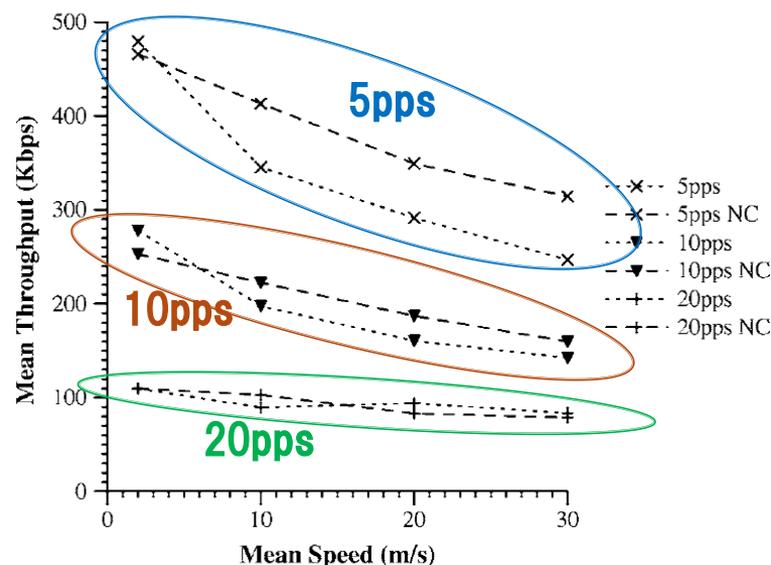
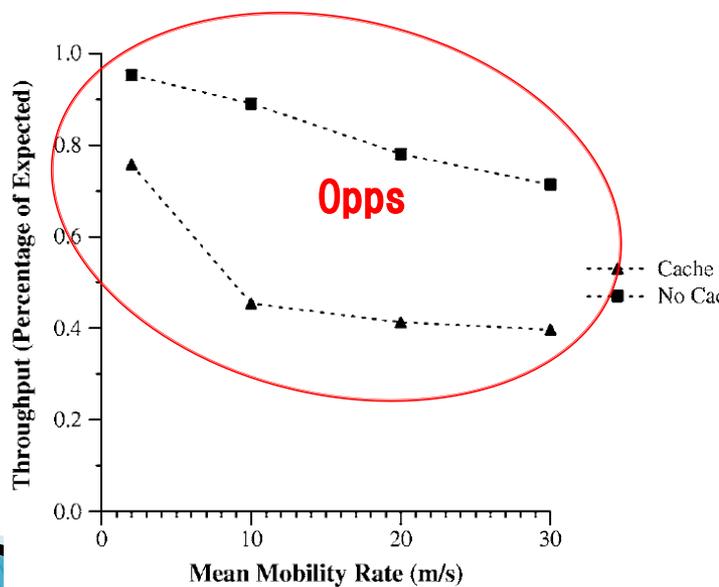
経路修復は捗るが、データ送信時もトラフィック(衝突)が増えるので結果的にスループットは下がり、失敗



pps : paket per seconds

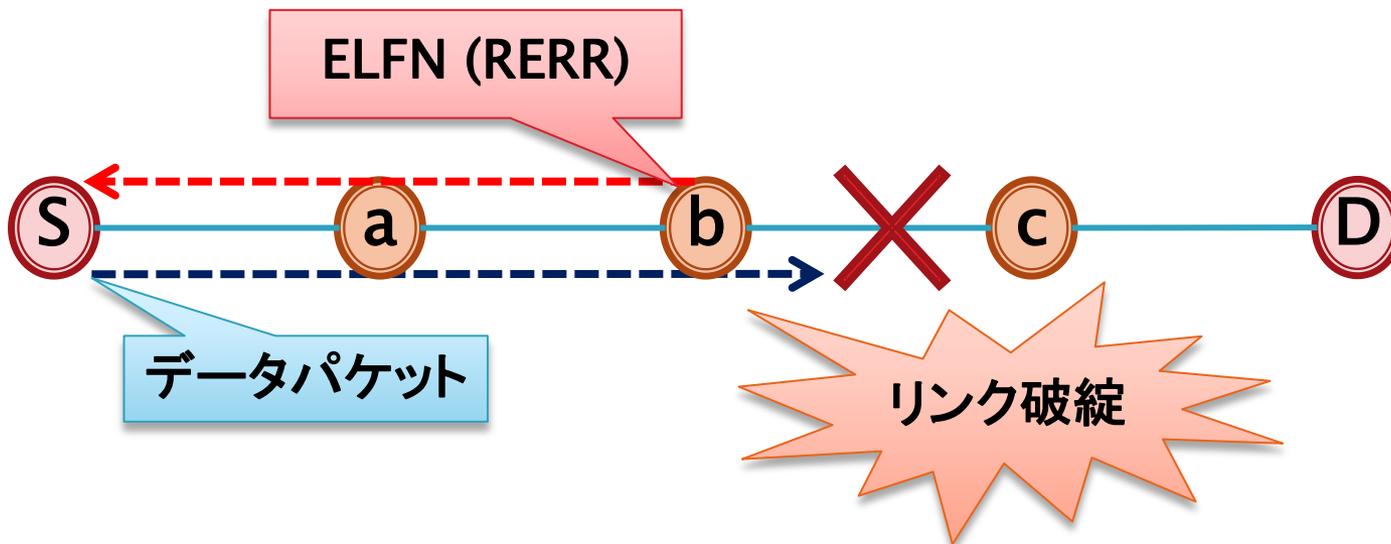
問題点3の改善策と評価

- キャッシュ内の経路を使用したRREPの返信を禁止
 - 大幅なスループットの改善に成功
 - ただし、恒常的なトラフィックを増加させると、スループットの差はなくなっていく
- 理由：恒常的なトラフィックがキャッシュ内の経路修正を妨げるので、キャッシュから古い経路を返さないという行為は意味がなくなる



問題点1の改善策と評価 (1/3)

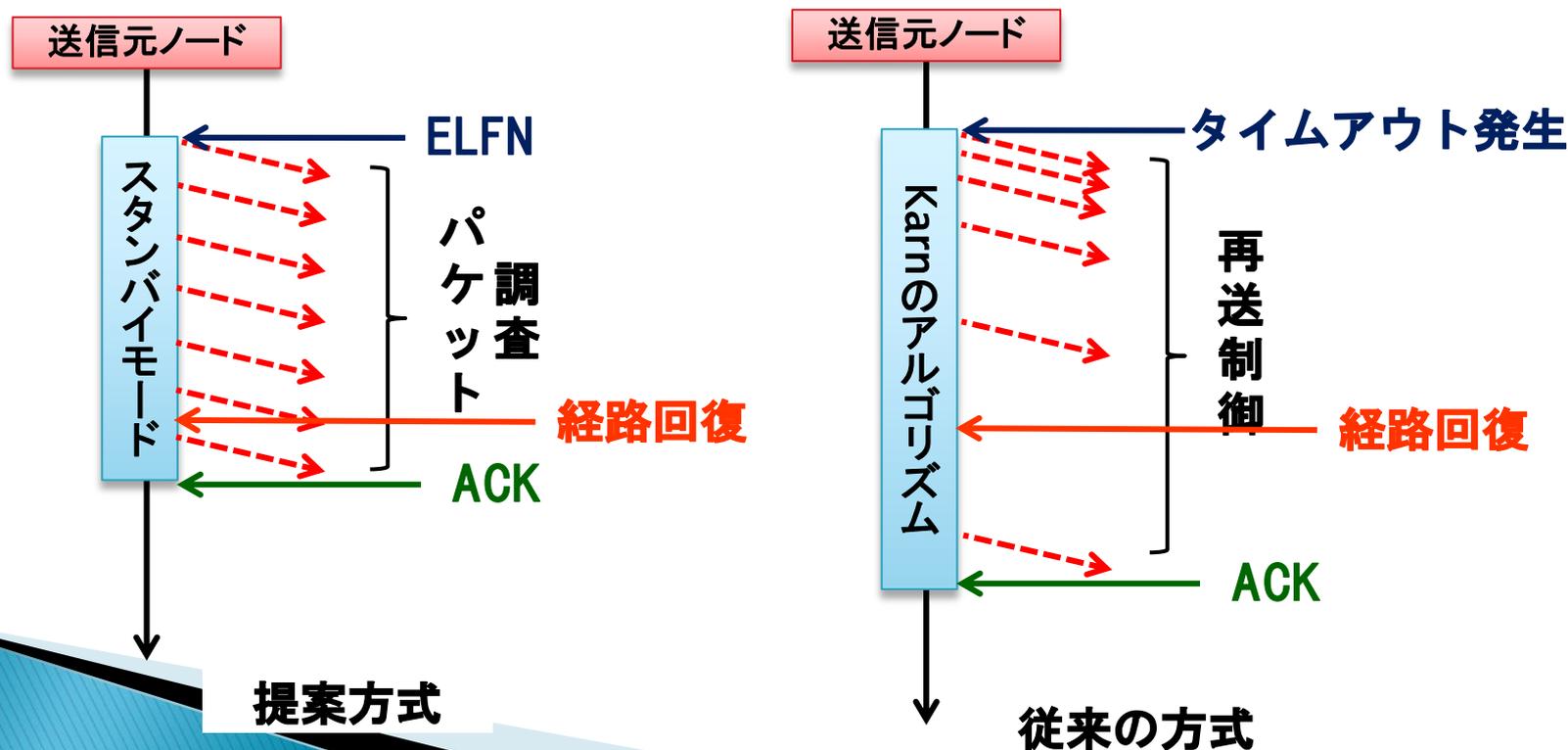
- TCPがリンク破綻を知る仕組み
 - DSRルーティングプロトコルのRERR(経路エラーパケット)を、データパケットのTCP/IPヘッダを含むように改造
 - このパケットをELFN(Explicit Link Failure Notification)と呼ぶ



問題点1の改善策と評価 (2/3)

ELFNを受信したTCPが行う処理

- ① ウィンドウサイズとRTOを一時停止
- ② スタンバイモードへ移行
 - ・ 調査パケット(単なるTCPパケット)を一定の間隔で送信し続ける
- ③ ACKが返ってくると、状態を元に戻し通信を再開



問題点1の改善策と評価 (3/3)

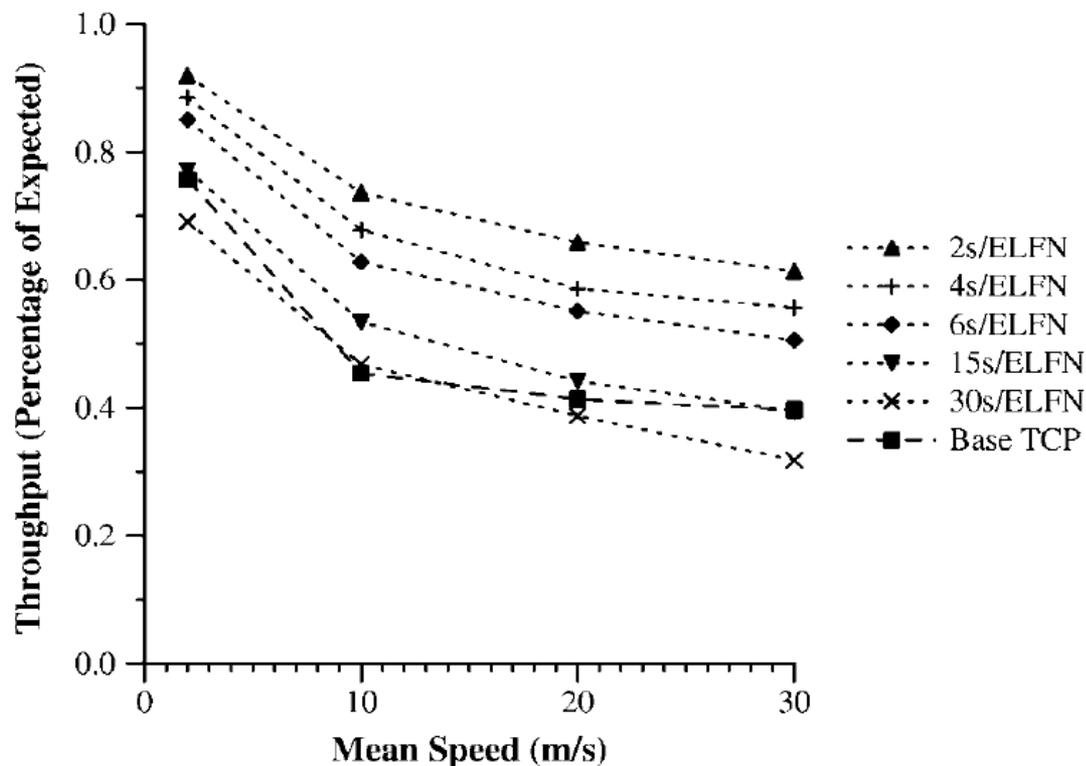
□ シミュレーション結果

➤ 調査パケットの送信間隔が2s, 4s, 6sの時、大幅なTCPスループットの改善

※ 調査間隔の設定は、まだ試作段階

➤ 改善した理由

経路回復してから再送を行うまでの時間が短い



今後の課題

- 他のルーティングプロトコル上での、TCPスループットの解析
- MANETの研究において、ルーティングプロトコルの研究が活発である

しかし、プロトコルスタック全体によって引き起こされる問題の解析とその解決を行う研究が必要である

参考文献

- ジョーンズ・ホプキンス大学 コンピュータサイエンス学科
ワイアレスラボ DSRの講義スライド
➤ <http://www.cs.jhu.edu/~cs647/dsr.pdf>
- 早稲田大学 理工学部 電子・情報通信学科 谷山健太
平成15年度 修士論文「アドホックネットワークにおけるディス
ジョイントなマルチパスルーティングプロトコル」
➤ http://www.katto.comm.waseda.ac.jp/~tani_ken/study/tani_ken2004grad_thesis.pdf