

# 高遅延インターネットにおける TCPスループット向上システムの研究開発 (132310006)

升屋正人（研究代表者）

鹿児島大学 学術情報基盤センター

下園幸一（研究分担者）

鹿児島大学 学術情報基盤センター

1

## ブロードバンドなのに遅い？

- 日本のブロードバンドは東京に一極集中
  - 東京から遠いとTCPスループットが小さくなる
    - スループット = 単位時間あたりの伝送量 ÷ 伝送速度
  - 広帯域のFTTHが整備されてもTCPスループットはさほど増加しない
    - 光の速さは変わらない・一度に伝送できるデータサイズも変わらない
    - もともと混雑していなければ広帯域になっても変わらない
- 「東京から遠いと遅い」という事実はあまり知られていない？

2

# 専門家は遅いのを知っていた！

---

- 往復遅延時間0.5秒の衛星インターネットは加速装置なしでは使い物にならない
  - 「超高速」インターネット衛星（きずな）は低速
- 米国のCDN業者akamaiが加速機構の業者を買収
- TCP加速に関するRFC3135は2001年！
- 総務省「インターネットのサービス品質計測等のあり方に関する研究会」（平成25年～）
  - 実効速度との乖離を問題視・携帯電話事業者向け
- 通信事業者による「ベストエフォート」という説明は不正確・不誠実
  - フレッツ光ネクスト準1Gbps！やCAで300Mbps！は理論的 maximum 帯域
  - 世界的に広帯域化が最も進展している国の一つが日本

---

3

## 2011年2月8日 南日本新聞朝刊

---

与論の光通信「遅い」の声 NTT「首都圏との距離原因」

- このほか、平成23年3月の鹿児島県議会で大島郡区選出の県議がブロードバンドの遅さについて質問
  - 平成21(2009)年12月の与論町議会でも

---

4

# ブロードバンドなのに遅い理由

- TCPでは
  - 一度に送信できるデータのサイズは有限
    - TCPウィンドウサイズが上限
  - 到着確認を待って次のデータを送る
    - ACK(確認応答)を待つ
- ⇔トラックが一台しかない運送会社
  - 倉庫が遠いと1日に運ぶことができる荷物が少なくなる
  - 広い道路が整備されても運ぶことができる荷物はさほど増えない
    - 制限速度・トラックの積載量は変わらない
    - 道路の混雑は減るが、もともと空いていれば変わらない

5

# 一台のトラックで運べる荷物は距離次第



- 距離が2倍だと荷物は半分

6

# TCPスループットに影響を与えるもの

## 1. TCPウィンドウサイズ(=1度に送れるデータ)

- =  $\min(\text{フロー制御}, \text{輻輳制御})$ 
  - フロー制御のウィンドウサイズ
  - 輻輳制御のウィンドウサイズ
- TCPウィンドウサイズを拡大すればTCPスループット向上
  - XPをVista以降にバージョンアップ
  - サーバとの間でプロキシ間通信 (PEP・TCPアクセラレータ)
  - サーバの手前に別の輻輳制御を行うプロキシ設置

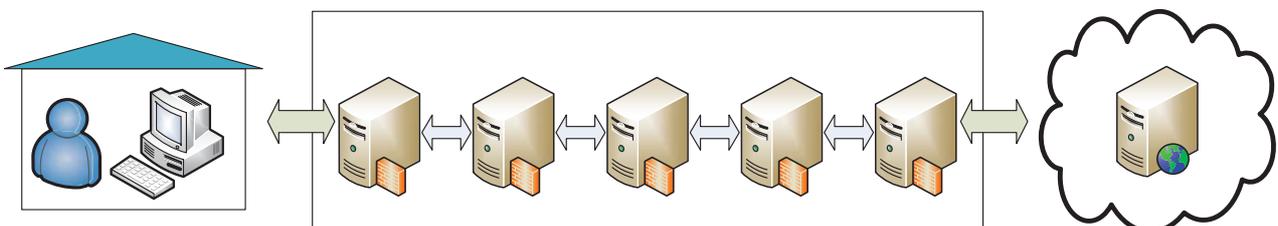
## 2. 往復遅延時間(=サーバとの距離)

- △経路の最適化
  - プロバイダを変える (混雑の回避)
- 通信区間分割を分割すればTCPスループット向上
  - 通信区間の途中にプロキシを設置

7

# TCPコネクションの分割

- 複数のプロキシによりTCPコネクションを分割
  1. 複数セッションによる方法は使わない
  2. ウィンドウサイズに変更を加える仕組み(≡輻輳制御方式の変更)は導入しない
- プロキシ間の往復遅延時間は小さい  
→TCPスループットは向上するはず



8

# 中継すると多く運べる



9

## 分割数とTCPスループット

- TCPスループットの最大値

$$T = \frac{rwin}{RTT}$$

- $n$  分割した場合のTCPスループット

$$T_n = \frac{rwin}{RTT_{max}} - f(n-1)$$
$$RTT_{max} = \max(RTT_1, RTT_2, \dots, RTT_n)$$

- 区間を均等に分割すると

$$RTT_{max} = \frac{RTT}{n}$$
$$T_n = \frac{rwin}{RTT} n - f(n-1) = T \times n - f(n-1)$$

- $f(n-1)$  は  $n-1$  台のプロキシによるオーバーヘッド
- 理論的にはほぼ分割数倍になるはず

10

## ①仮想化環境で検証

- OSはCentOS 6.4 x86\_64
- 仮想化環境をKVMで構築
  - NICはvirtio
- **100MB**のファイルをダウンロードする時間を測定してTCPスループットを計測
  - `dd if=/dev/urandom of=100m bs=1M count=100`
- HTTP/FTPで測定
  - HTTPはApache httpd 2.2.15
  - FTPはvsftpd-2.2.2
  - クライアントはcurl 7.19.7
  - プロキシはsquid 3.1.10・dante 1.3.2
- netemで往復遅延時間を設定
  - `tc qdisc add dev eth1 root netem delay 10ms`

11

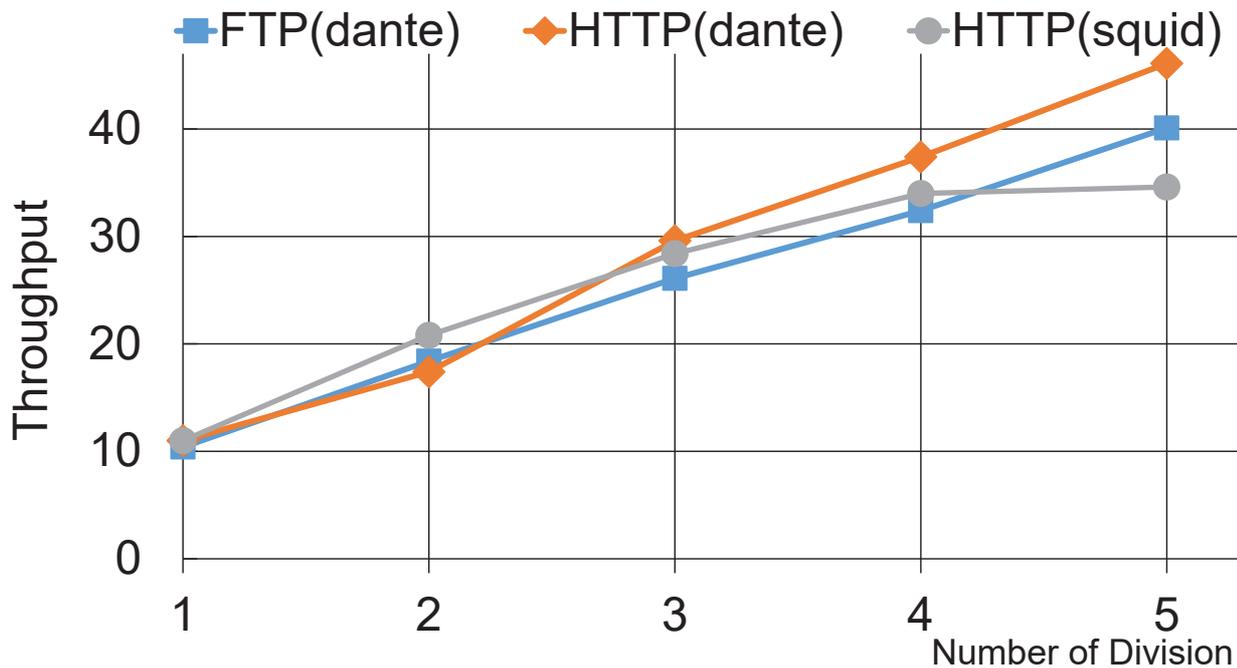
## 分割位置とHTTPスループット(squid)

遅延 (ms)	スループット (MB/s)	向上率 (%)
0-0	11.0	100
40-10	15.0	136
30-20	19.5	177
<b>25-25</b>	<b>20.8</b>	<b>189</b>
20-30	18.1	165
10-40	13.6	124

等分割となる位置にプロキシを設置した場合のTCPスループットが最大

12

# 分割数とTCPスループット



$$T_n = T \times n - T \times 0.3(n - 1)$$

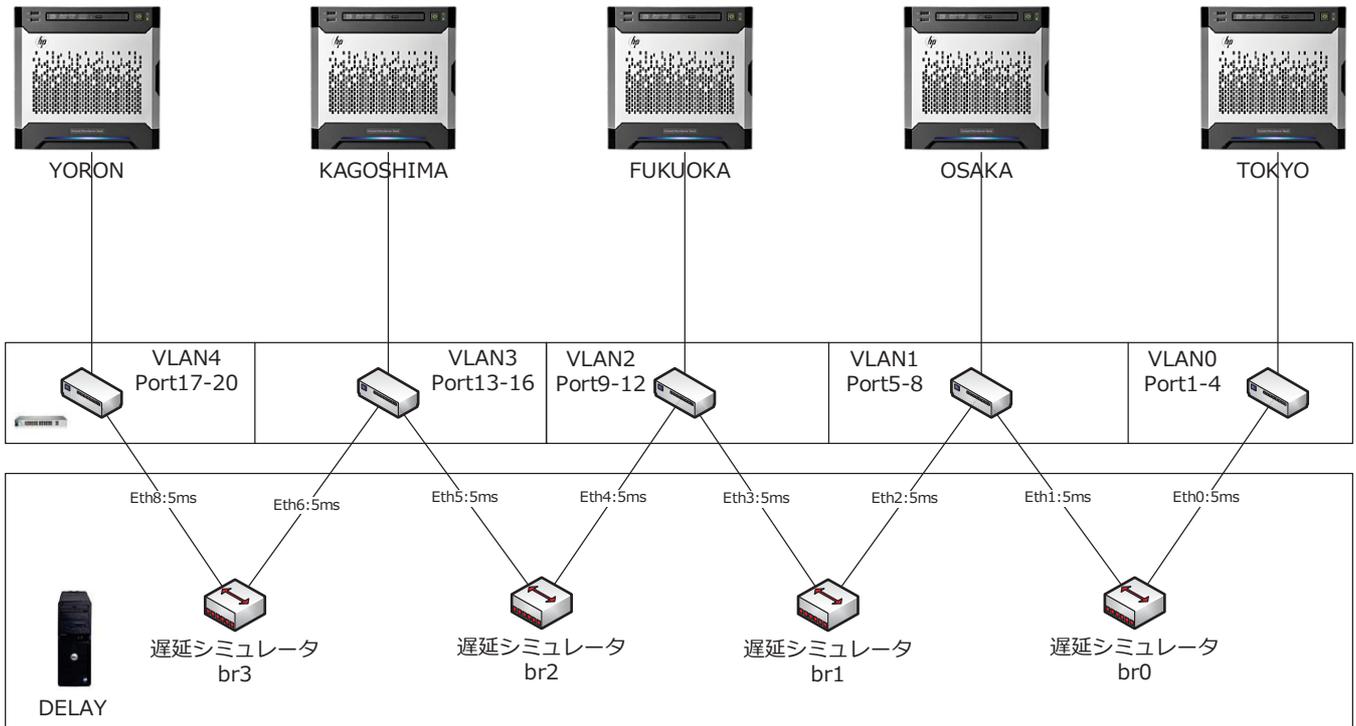
13

## 仮想化環境では…

- プロキシによるTCPコネクション分割によりTCPスループットを向上させることができる
  - SOCKSプロキシdante・HTTP/FTPプロキシsquidともに効果を確認
- 区間を等分割した場合に最大の効果
- 分割1区間あたり70%の向上効果
  - オーバーヘッドは30%
- 仮想NICは特殊では？
  - 仮想環境内では3.2Gbps以上

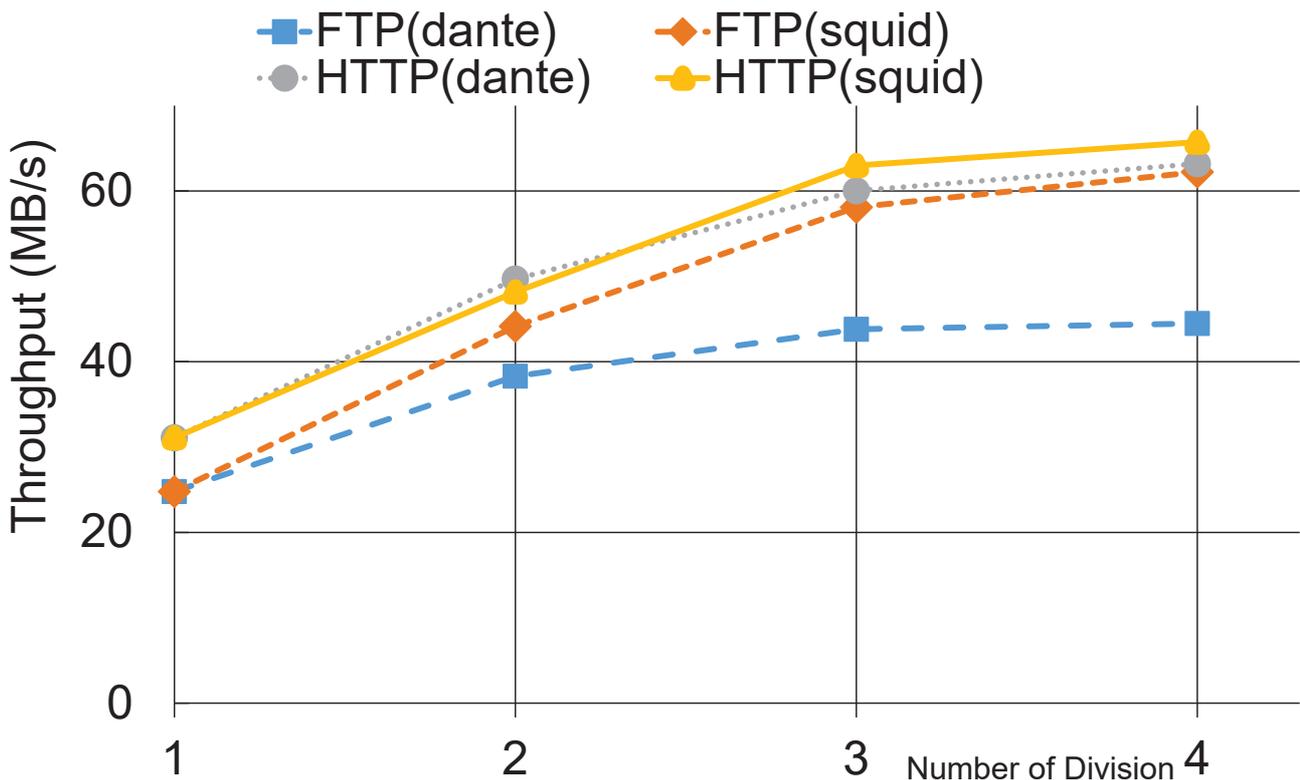
14

## ②遅延シミュレータで検証



15

## 分割数とTCPスループット(64MiBダウンロード)



16

## 遅延シミュレータ(実サーバ)では…

---

- プロキシによるTCPコネクション分割によりTCPスループットを向上させることができる
  - SOCKSプロキシdante・HTTP/FTPプロキシsquidともに効果を確認
  - Squidの方が効果高
- 区間を等分割した場合に最大の効果
- 3分割までは仮想化環境と同等の向上効果
- 4分割では効果低下
  
- 回線混雑の影響が考慮されていないのでは？
  - 輻輳は発生しないのでフロー制御のみ

---

17

## ③インターネット環境で検証

---

- 大阪・福岡・鹿児島にプロキシを設置
  - HP ProLiant DL320e Gen8 v2(Xeon E3-1240v3, 8GBメモリ)
  - アクセス回線：フレッツ光ネクスト隼
  - ISP：OCN IP1
  - ルータ：NEC UNIVERGE IX2105
  - 大阪：NTTデータ堂島ビル内
  - 福岡：富士通DC(百道)
  - 鹿児島：鹿児島大学
- 与論ー東京間のスループットを計測
  - 東京：「さくらのVPS」4GBプラン(仮想4コア)
  - 与論：フレッツ光ネクスト隼・OCN IP1

---

18

## プロキシ位置と往復遅延時間(ミリ秒)

位置	対与論	対東京	与論-東京
なし			38.6
鹿児島	31.8	21.2	53.0
福岡	26.6	26.4	53.0
大阪	30.5	12.6	43.1

19

## プロキシ位置とTCPスループット (8MiBダウンロード)

位置	TCPスループット (Mbps)	向上率(%)
なし	48.2	
鹿児島	65.8	137
福岡	58.6	122
大阪	48.1	100

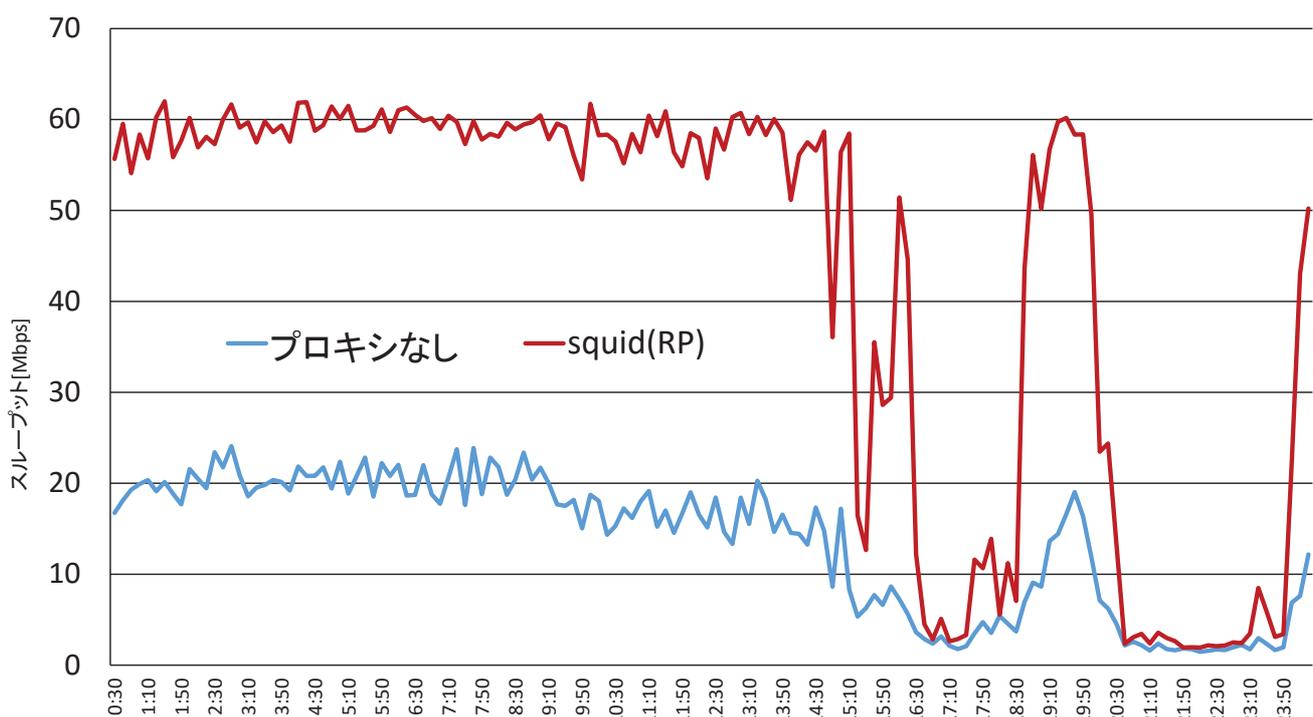
20

# インターネット環境では…

- プロキシによるTCPコネクション分割によりTCPスループットを向上させることができる
  - HTTPプロキシsquidで効果を確認
- 区間を等分割した場合に最大の効果ではない
- 経路の中間にプロキシを置くことは困難
  - ISPによって経路が異なる
  - 大阪でIXに接続しているISPであれば大阪が有効なはず
- 時間帯により効果が異なる？
- 輻輳制御アルゴリズムが効いてくる⇒PEP

21

## 時間帯別加速効果 (OCN鹿児島—<大阪VPS>—東京VPS)



22

## 実用化に向けて

---

- プロキシを区間の中央に設置
  - ○区間分割効果により速度向上
  - ×利用者の制限が難しい
- プロキシをサーバ側とユーザー側に設置
  - ○プロキシ間通信最適化により速度向上
  - ×サーバ側への設置が難しい
- プロキシを区間の中央とユーザー側に設置
  - ○実用化可能（大阪のVPSサービス利用）
    - 認証情報はユーザー側機器内に設定
  - ◎さらに速度向上（PEP）

---

23

## まとめ・社会的意義

---

- 往復遅延時間 50 ミリ秒の環境で 50 Mbps 以上のTCPスループットを 50 千円以下で実現する目標を達成
- 遠隔地からのインターネットアクセスが速くなり、東京から離れた地域においてもブロードバンドの恩恵を享受できるようになる。

---

24