

## シンクライアントトラフィックの性能向上のための 遅延解析とTCP層最適化

小川 祐紀雄

株式会社製作所  
システム開発研究所  
(大阪大学 大学院情報科学研究科)  
E-mail: yukiyo.ogawa.xq@hitaohi.com

長谷川 剛

大阪大学  
サイバーメディアセンター

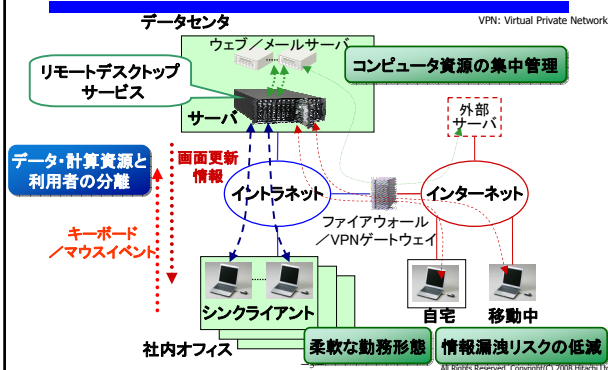
村田 正幸

大阪大学  
大学院情報科学研究科

## 発表内容

- シンクライアントシステムの構成
- 関連研究、問題点、目的と検討方針
- シンクライアントトラフィックのモデル化
- シンクライアントトラフィックの遅延解析
- インタラクティブデータフローの性能改善
- まとめと今後の課題

## シンクライアントシステムの構成



## 関連研究、問題点

### シンクライアントシステム通信

- X11, Citrix® ICA, Microsoft® RDPなど
- 持続的接続を用いる対話型のTCP通信
- 文字情報・ウィンドウ画面情報など、様々な大きさのデータの転送

ICA: Independent Computing Architecture  
RDP: Remote Desktop Protocol  
DRSrv: Differentiated Services  
TCP: Transmission Control Protocol  
HTTP: Hypertext Transfer Protocol  
RED: Random Early Detection

### 関連研究

- シンクライアントシステムの性能 - ネットワーク遅延による性能低下 [5],[6]
- 対話型TCP - TCP Nagle アルゴリズム、遅延ACKによる応答性能低下 [7],[8]
- 持続的接続を用いるTCPであるHTTP/1.1
  - TCP のスロースタート再スタートに転送性能低下 [12],[13]
- 転送データサイズの異なる複数TCP フローの競合
  - キューイング遅延やパケットロス不公平、DiffServやREDによる解決 [14]-[16]

### 問題点

広域ネットワーク環境での利用時などにおけるネットワーク遅延に伴う性能低下に対し、シンクライアントシステム通信特有の応答遅延発生仕組みと改善策が示されていない

## 目的と検討方針

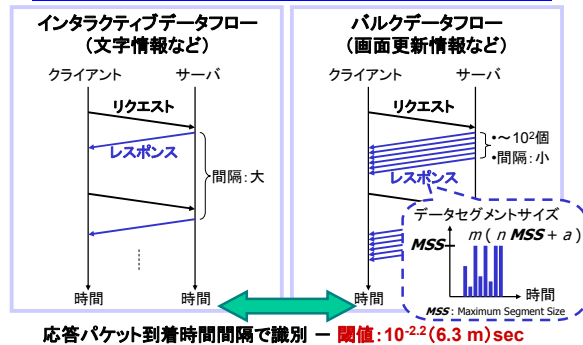
### 目的

- 利用者の不満
  - 高遅延ネットワーク環境で利用する場合にストレス
  - 特に、キーボードで、直接、文字入力を行っている時に滑らかに入力できない場合
- シンクライアントシステムで発生するトラフィック(シンクライアントトラフィック)
  - インタラクティブ/バルクデータフローがTCP接続中に混在
    - ✓ インタラクティブデータフロー: キーボード入力に対する文字情報出力など
    - ✓ バルクデータフロー: マウス入力に対する画面情報出力など
- 利用者は、「キーボード入力に対する文字情報出力」の遅延に敏感
  - ⇒ インタラクティブデータフローの遅延を最小化、トラフィック全体の性能を維持

### 検討方針

- 社内試行システム(約200台、Microsoft® RDP利用)を、約1ヶ月間、観察
- シンクライアントトラフィックをモデル化、実トラフィックから評価用トラフィックを抽出
- シミュレーションにより性能低下の原因を明確化、改善策を提案し評価

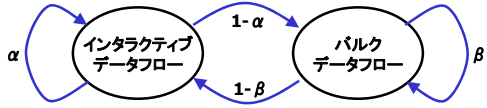
## シンクライアントトラフィックのモデル化 - シンクライアントトラフィックの特徴



## シンクライアントトラフィックのモデル化

- 二状態によるモデル化と評価用トラフィックの抽出

### 二状態によるモデル化



イントラネットからの接続時 -  $\alpha = 0.91, \beta = 0.58$

### 評価用トラフィックの特徴

(一評価用トラフィック(300秒あたり))

	インタラクティブデータフロー	バルクデータフロー
フロー数	934.1	198.4
パケット数	934.1	1,467.0 (7.4/フロー)
バイト数	128,188.9 (137.2/パケット)	1,373,366.2 (936.2/パケット)

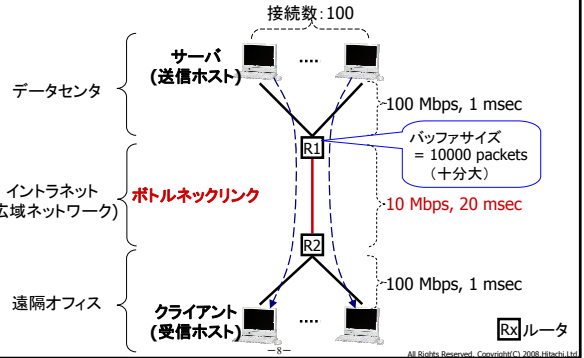
・フロー間の平均時間間隔: 0.24秒

-7-

All Rights Reserved. Copyright(C) 2008 Hitachi Ltd.

## シンクライアントトラフィックの遅延解析

- シミュレーションモデル

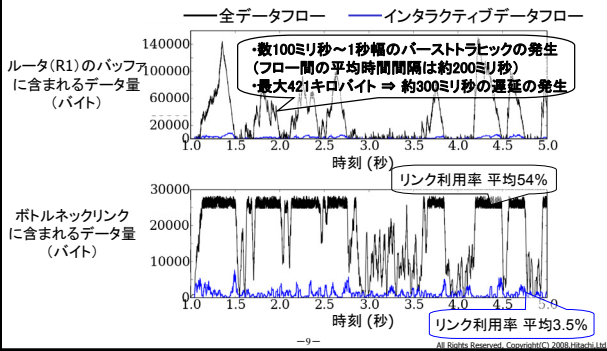


-8-

All Rights Reserved. Copyright(C) 2008 Hitachi Ltd.

## シンクライアントトラフィックの遅延解析

- インタラクティブ/バルクデータフローの概要

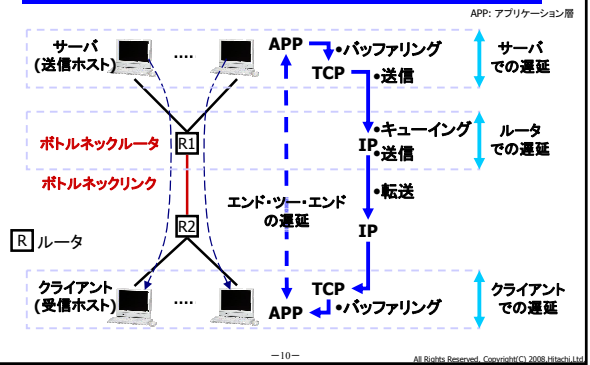


-9-

All Rights Reserved. Copyright(C) 2008 Hitachi Ltd.

## シンクライアントトラフィックの遅延解析

- 主な遅延の要因

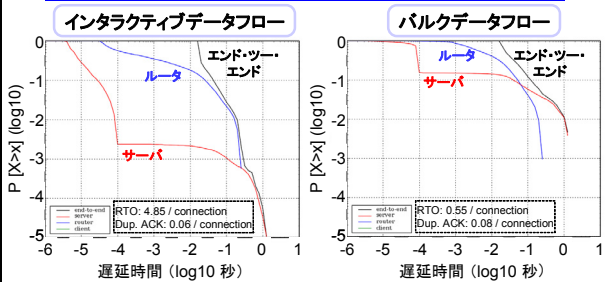


-10-

All Rights Reserved. Copyright(C) 2008 Hitachi Ltd.

## シンクライアントトラフィックの遅延解析

- 遅延分布



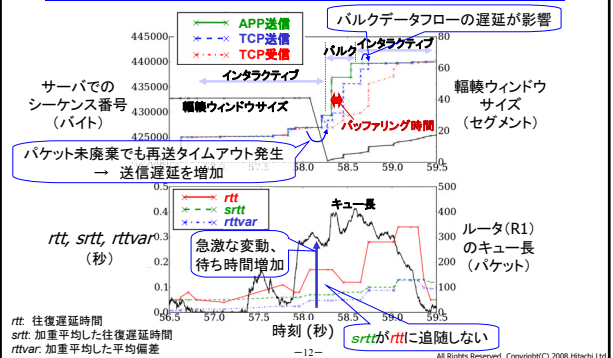
- ・低遅延部分 - ルータでの遅延(キューイング時間)が支配的
- ・高遅延部分 - サーバでの遅延(バッファリング時間)が支配的

-11-

All Rights Reserved. Copyright(C) 2008 Hitachi Ltd.

## シンクライアントトラフィックの遅延解析

- サーバでの遅延発生例



-12-

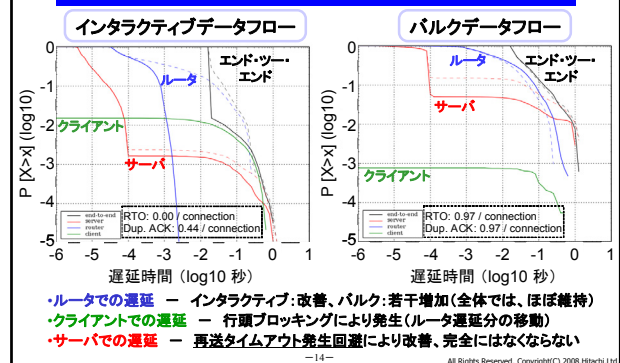
All Rights Reserved. Copyright(C) 2008 Hitachi Ltd.

## インタラクティブデータフローの性能向上 - 性能向上手法の検討

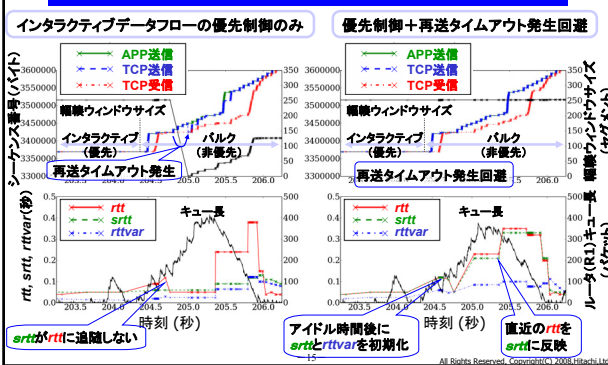
課題	インタラクティブデータフローとバルクデータフローの関係	
	アプローチ1 - TCPコネクションに共存	アプローチ2 TCPコネクションを分離
ルータでのキューイング遅延	<ul style="list-style-type: none"> <li>インタラクティブデータフローのキューでの待ち時間の減少</li> <li>各フロー毎にキューを設定、インタラクティブデータフローを優先キューを用いて転送</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>【隘路】</li> <li>パケット追いつきの危険性</li> <li>往復遅延時間への影響</li> <li>遅延時間変動の増大</li> </ul>
サーバでのバッファリング遅延 (再送タイムアウトの発生回避)	<ul style="list-style-type: none"> <li>アイドル時間後のキュー長さ変動 (遅延時間変動) への対応</li> <li>「送信時間間隔 &gt; 再送タイムアウト値」⇒ <math>srtt</math>, <math>rttvar</math> を初期化</li> <li>急激なキュー長さ変動 (遅延時間変動) への即応</li> <li>より最近の往復遅延時間を再送タイムアウト値に反映</li> <li><math>srtt \leftarrow (1-g) srtt + g rtt</math>, <math>g = 1/8 \Rightarrow 7/8</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>【隘路】</li> <li>往復遅延時間への影響</li> <li>測定回数減 (アイドル時間増)</li> </ul>

$rtt$ : 往復遅延時間,  $srtt$ : 加重平均した往復遅延時間,  $rttvar$ : 加重平均した平均偏差

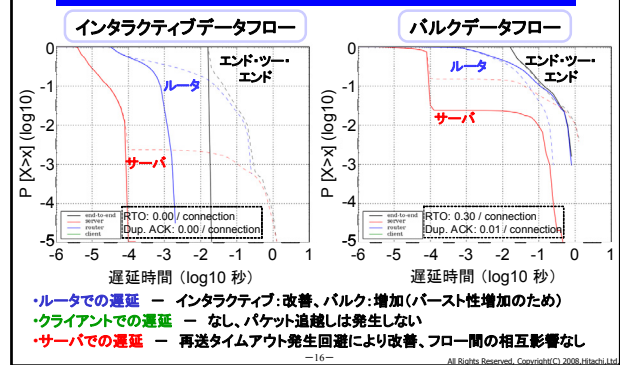
## インタラクティブデータフローの性能向上 - バルクデータフローと同一コネクションに共存する場合



## インタラクティブデータフローの性能向上 - 再送タイムアウト発生回避の例



## インタラクティブデータフローの性能向上 - バルクデータフローとコネクションを分離した場合



## まとめと今後の課題

### まとめ

- シンクライアントシステムの広域ネットワークでの利用時を対象にシンクライアントトラフィックの性能向上手法を検討
  - インタラクティブデータフロー (文字情報入出力など) の遅延最小化
  - 全体性能の維持
- インタラクティブデータフローの遅延の主な要因
  - 大半はルータでのキューイング遅延、サーバでの送信遅延も存在 (遅延大)
  - トラフィック量変動に伴う再送タイムアウト発生により、サーバでの遅延が増加
- インタラクティブデータフローの優先制御と再送タイムアウト発生回避により遅延時間を減少
- インタラクティブ/バルクデータフロー間の影響をなくすためにはTCPコネクションの分離が必要

### 課題

- ルータのバッファサイズが十分に大きくない場合 (パケットドロップ発生時) の改善策
- 様々なネットワークポロジでの検討