

Advanced Network Architecture Research

IP管理・制御の必要要件 - ネットワークに望むこと -

村田 正幸
大阪大学 大学院基礎工学研究科 情報数理系専攻
先進ネットワークアーキテクチャ研究室
e-mail: murata@ics.es.osaka-u.ac.jp
http://www.ana.ics.es.osaka-u.ac.jp/

Advanced Network Architecture Research

現状のインターネット

- つながらない
 - X プロバイダ、ネットワーク、サーバ
 - X なぜつながらないのかわからない
- 遅い
 - X アプリケーション（ブラウザ）、アクセス系、バックボーン、サーバ
 - X なぜ遅いのかわからない
 - X 同時にダウンロードしても速いものと遅いものがある
- ドキュメント構造がよくわからない
 - X リンクがスパゲッティ状になっている
- どんなサービスがあり、どれを使ったらいいのかわからない
 - ➡ 何がなんだかわからない

M. Murata 2

Advanced Network Architecture Research

電話網の場合

- ユーザQoS = 呼損率
- ネットワークが予測可能なQoS = 呼損率
 - X 過去の蓄積
 - ✓ 成熟産業
 - ✓ トラフィック特性
 - ✓ トラフィックデマンド
 - ✓ 基礎理論（アーラン呼損式）
 - X 単一サービス/単一キャリア
 - X 呼損 相手が不在
 - ✓ 通信相手はひと

M. Murata 3

Advanced Network Architecture Research

アーラン呼損式はなぜ信用できるのか

目標呼損率 回線容量
トラフィック測定 回線増強
呼損率 = ユーザ品質

安定した成長：統計データに関する過去の蓄積
アーラン呼損式

$$B = \frac{\sum_{s=0}^{\infty} \frac{s!}{s!} \frac{\rho^s}{s!}}{\sum_{s=0}^{\infty} \frac{\rho^s}{s!}}$$

i. サービス時間は一般分布
ローバースト

ii. ボアソン到着は普遍的な事実
品質測定 = 呼損率を測る

M. Murata 4

Advanced Network Architecture Research

テレコムコミュニティの見方

- 「ネットワークが提供すべきは信頼性のある接続型」
 - X データを送る前に接続設定を行い、識別子を端末に与える
 - X 接続を設定した後、パラメータ、品質、コストに対する交渉を行う
 - X 双方向通信、順番を保証したパケット転送を行う
 - X 輻輳制御機能を提供する
- 主人公はネットワーク
- アプリケーション
 - X 電話、動画像（テレビ会議）
 - X リアルタイム（人と人とのコミュニケーション）

M. Murata 5

Advanced Network Architecture Research

インターネットコミュニティの見方

- 「ネットワークの仕事はビットを運ぶこと」
 - X いくらがんばってもネットワークが信頼性を確保することは難しい
 - X ホストはそれを受け入れてエラー制御をおこなう
 - X フロー制御は自分でする
- 主人公はコンピュータ
- アプリケーション
 - X telnet, ftp, WWW (http)
 - X パースト的、リクエスト/レスポンス

M. Murata 6

Advanced Network Architecture Research

複雑な制御をどこにおくか？

- コネクションレス型 トランスポート層（ホスト）= ユーザ
 - X ホストの処理能力の向上
 - X 信頼性より高速な転送が必要なアプリケーションもある
- コネクション型 ネットワーク層（ノード）= キャリア
 - X ユーザが希望するのは信頼性の高いトラブルのないサービス
 - X 実時間音声や動画はコネクション型のほうが簡単

M. Murata 7

Advanced Network Architecture Research

電話からインターネットへ

- 垂直志向から水平志向へ
- 国家主義から民主主義へ
- ➡ ユーザは自己防衛できるようになった
 - X（エンド間）性能監視ツール
 - ✓ ping, traceroute, pathchar (pchar), bprobe
 - ✓ GUI化
 - ✓ <http://www-spires.slac.stanford.edu/xorg/nmtf/nmtf-tools.html>
 - X Webによる情報交換
- ➡ ごまかしはきかない

M. Murata 13

Advanced Network Architecture Research

データ系QoS：よくある間違い 思想編

- WDMによってネットワークがじゃぶじゃぶになる時代はすぐやってくる、だから輻輳制御なんていらぬ
 - ➡ 現状、アクセス回線がボトルネックになっているだけ
 - ✓ CATV, DSL, WLL, (?)
- ネットワーク研究者・技術者の使命は究極のネットワークを作ることである
- ネットワークの究極の形はすべてのメディア・サービスを単一のネットワークで扱う統合通信網である

M. Murata 14

Advanced Network Architecture Research

データ系QoS：よくある間違い 技術編

- データ系のQoSはパケット棄却率・遅延
- データ系のQoS保証項目はアプリケーションレベルでの遅延
- アーラン呼損式に相当するのは待ち行列（網）理論に基づく結果
- TCPはもはや古いので、新しい軽量・高性能プロトコルが必要
- TCPがあればネットワーク内部に輻輳制御メカニズムはいらない
- TCPはプロトコルとして同じ振る舞いが規定されているので、公平な通信サービスが提供される
- WDMを導入すれば、ネットワーク速度は波長数分向上升る

M. Murata 15

Advanced Network Architecture Research

データ系QoSとは？

- ユーザの我慢の上に成り立っている
- データ系の通信保証は原理的に不可能
 - X 「64Kbpsを保証する」 = 「アクセス回線のみ保証」 or 「呼損の発生」 or 「64Kbps以上は許さない」
- データ系サービスのQoS
 - X 少なくともパケット遅延・棄却率ではない
 - X ユーザレベルの遅延を「高速化」する
 - 例：Webのドキュメントダウンロード遅延
- 「インターネットサービス」を受け入れるには世代交代が必要（？）

M. Murata 16

Advanced Network Architecture Research

高速・高品質化に向けた技術課題


- 課題1：実時間系QoS保証；diff-servは解決策となるか
- 課題2：バックボーンの高速度化；IP over WDMは解決策となるか
- 課題3：プロトコルの高速度化；新しいトランスポートプロトコルは必要か？
- 課題4：エンドホストの高速度化
- 課題5：ネットワーク機能の再配分
- 課題6：公平性の問題
- 課題7：ネットワークプロビジョニング
- 課題8：パケット交換網の基礎理論

M. Murata 17

Advanced Network Architecture Research

課題4：エンドシステムを含めた性能？

- パケット伝送時間がネットワーク性能を決めるわけではない
- ✗ 回線容量
- ✗ ルータ処理能力
- ✗ ホスト（サーバ・クライアント）処理能力
- ✗ アプリケーション



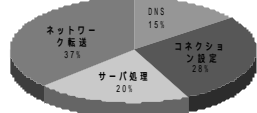
M. Murata 23

Advanced Network Architecture Research

アプリケーションの遅延配分

Webページのダウンロードの場合

- エンドシステムの重要性
- ネットワーク高速化の限界
- 重要なのはバランスのとれた資源配分



参考文献：藤田 靖征, 村田 正幸, 宮原 秀夫, “Webサーバシステムのモデル化と性能評価,” 電子情報通信学会論文誌, 1998.

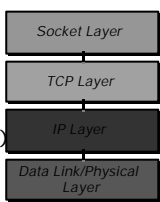

Produced from <http://www.telcordiacom/pub/huitema/stats>

M. Murata 24

Advanced Network Architecture Research

高速プロトコル処理システム

- ソケット層プロトコルの高速化（バッファ管理）
- エンドシステムのプロトコル処理高速化（ゼロコピー）
- ネットワークにおけるプロトコル高速化（TCPの輻輳制御メカニズム）
- ネットワークの高速化（IP over WDM）

MAPOS: 20Gbps

M. Murata 25

Advanced Network Architecture Research

課題5：通信処理機能の再配分

- エンドホストに頼りすぎ
 - ✗ TCPによる輻輳制御
 - ✓ 輻輳制御は本来ネットワーク機能
 - ✗ 「公平なサービス」を阻害する
 - ✓ 輻輳制御を行わないホスト（バグ、コードの改変）
 - ✓ 「サービスの有料化」に対する障害
- 通信処理機能の再配分
 - ✗ フロー制御、誤り制御、輻輳制御、経路制御
 - ✗ RED、DRR、ECN、diff-serv、int-serv (RSVP)、ポリシールーティングは輻輳制御のネットワークへの回帰
 - ✗ ただし、過度の回帰はインターネットのメリットをなくす

M. Murata 26

Advanced Network Architecture Research

課題6：公平性の問題

- 資源が無限大になる時代がやってくることはない
 - ✗ 帯域を埋めるようなアプリケーションがあれば、ネットワークが機能しないのは自明
 - ✗ データ系は帯域に合わせて送信する
- 帯域をいかに公平に分配するか？
 - ✗ TCPの輻輳制御は公平ではない
 - ✓ いったんウィンドウサイズを下げると（短期的に）大きくならない
 - ✓ RTT、帯域による不公平性
 - ✓ ルータによる処理の必要性；RED、DRR
 - ✗ 実時間アプリケーションとデータ系アプリケーションの帯域の配分？

M. Murata 27

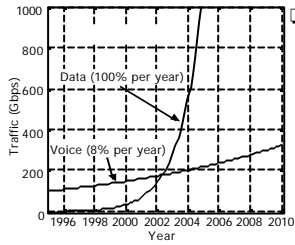
Advanced Network Architecture Research

課題7：ネットワークプロビジョニング

- 現状はネットワークトラフィックの振り舞いの把握と分析
 - ✗ “Cooperative Association for Internet Data Analysis,” <http://www.caida.org/>
 - ✗ “Internet Performance Measurement and Analysis Project,” <http://www.merit.edu/ipma/>
- 意味のあるデータを拾い出せるか？
 - ✗ 経路制御による非安定性
 - ✗ TCPのセグメント再送
 - ✗ 実時間アプリケーションのレート適応・遅延適応制御
 - ✗ 低利用率は
 - ✓ 輻輳制御のため？
 - ✓ 低速アクセス回線のため？
 - ✓ 低速エンドホストのため？

M. Murata 31

インターネットトラフィックの成長



- USの例
 - × 音声; 年8%
 - × データ; 年100%
 - × 3年で1桁上昇
- × K.G. Coffman and A.M. Odlyzko, "The size and growth rate of the Internet," <http://www.research.att.com/~amo>

ネットワークプロビジョニングの課題

- (少なくとも) ネットワークプロビジョニングレベルでの品質予測
- 回線交換にない新たな問題
 - × 品質とは何か?
 - × 品質を測定できるか?
 - × サービス品質の課金への反映?
 - × マルチメディアトラフィックの予測の困難性
 - × ネットワーク測定では不十分
- ネットワークトラフィック測定 分析 回線容量設計
 - × フィードバックループを前提としたネットワーク設計論の確立
 - × 柔軟な帯域設定を持つネットワークが大前提 (ATM、フォトニックネットワーク)
 - × Webトラフィック、Webサーバ、ネットワーク遅延 (RTT) のモデル化