



ネットワーク計測技術・ ネットワーク経路制御技術

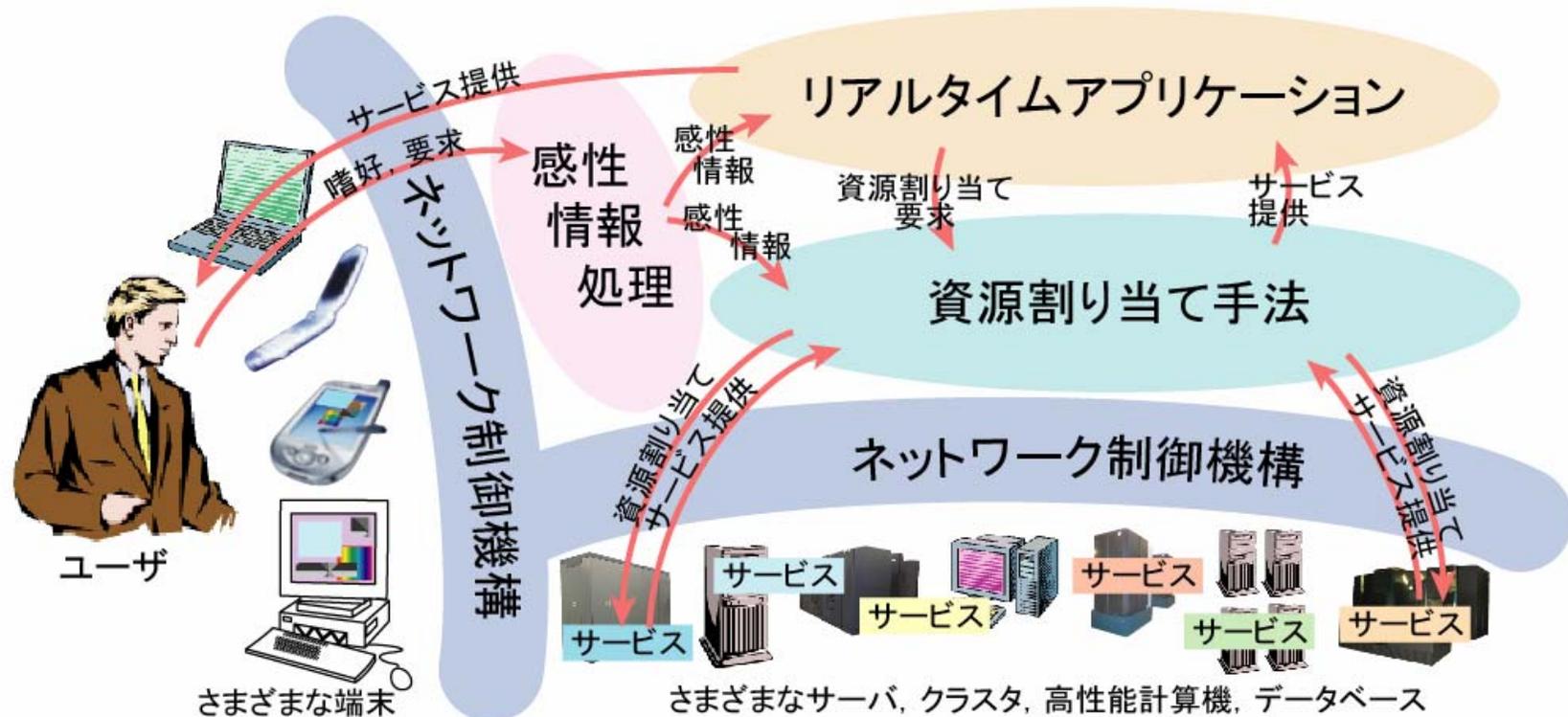
平成17年11月

九州工業大学 情報工学部

鶴 正人



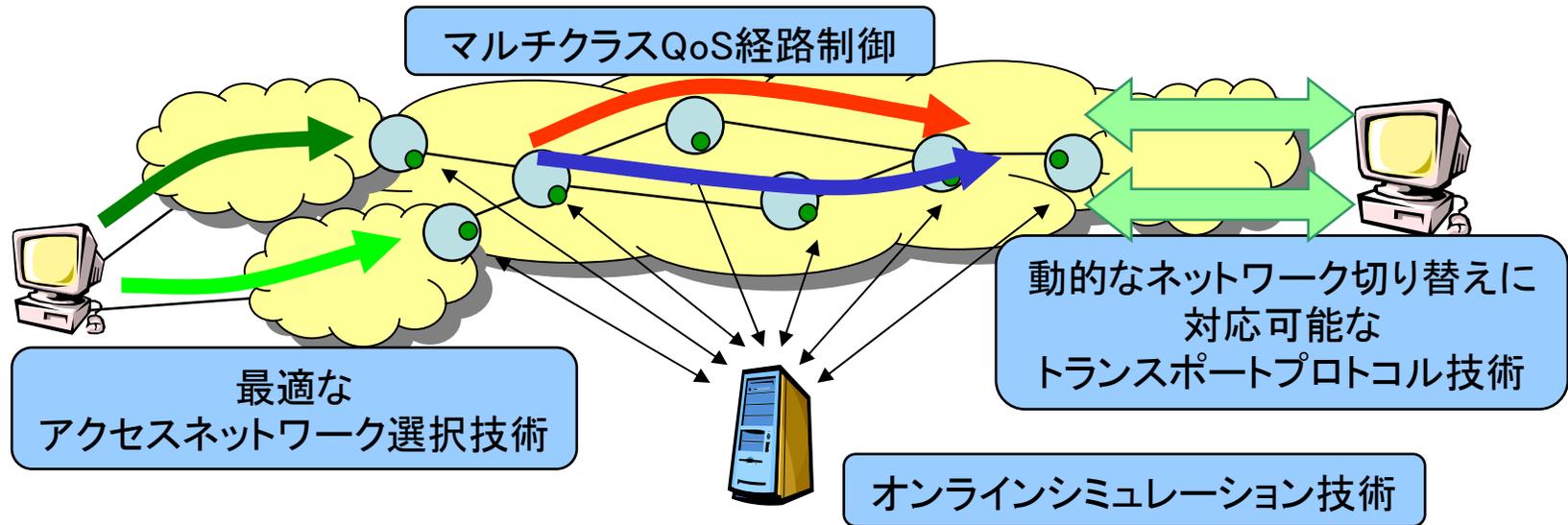
課題(エ) ネットワーク経路制御に関する研究



1. ネットワーク利用状況に基づく経路制御
2. あらたな経路制御に関する応用技術



1. ネットワーク利用状況に基づく経路制御



- (a) マルチクラスQoS経路制御技術
- (b) 計測と経路制御を融合するオンラインシミュレーション技術
- (c) 複数のアクセスネットワークを利用するトランスポートプロトコル技術

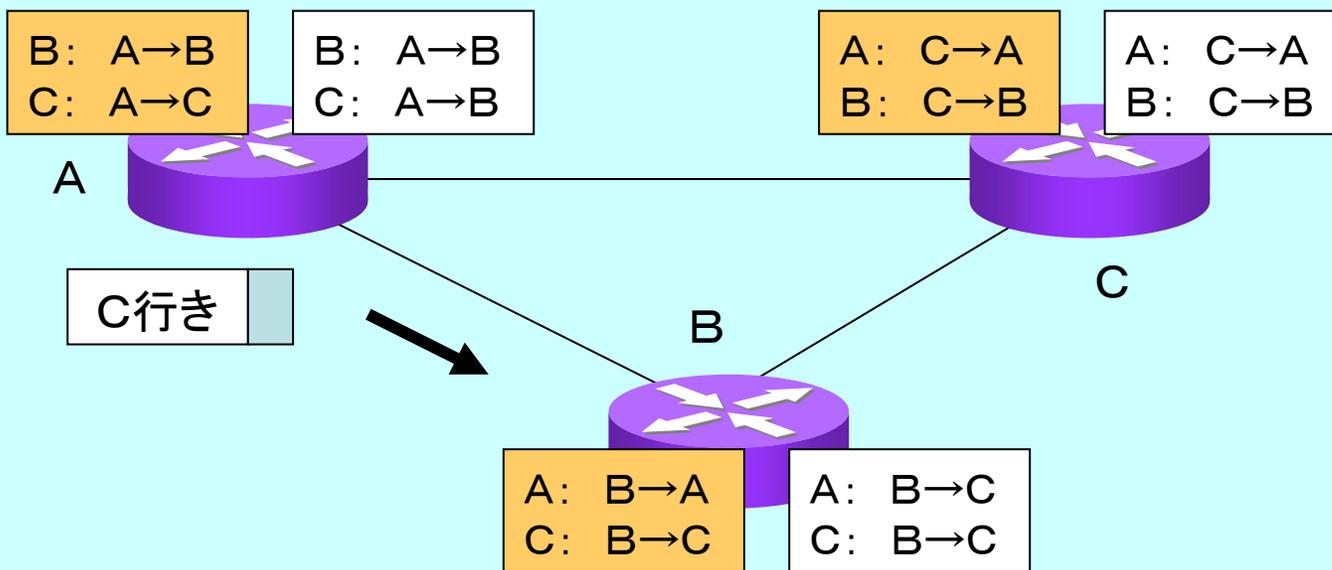


1-(a) マルチクラスQoS経路制御技術

複数の経路表 を用いた 経路制御機構

- ◆ 複数の経路を利用して負荷分散(混雑の解消)
- ◆ 要求に応じた複数の経路を提供.
 - 品質の差別化, 優先度指定を実現可能
 - アプリケーション毎のパス指定を実現可能
 - 多様な情報を経路選択のパラメータとして使用可能

- ネットワーク内のルータが複数の経路表(転送表)を有する.
- ネットワークの入り口(エッジ)において, 使用する経路表を決定.
- ネットワーク内部ではエッジルータの指定に従った経路表を使用.



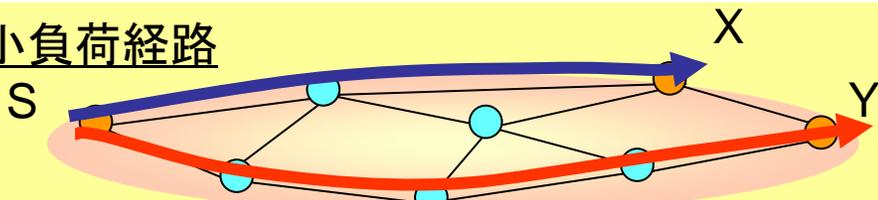


複数経路表を用いた経路制御技術

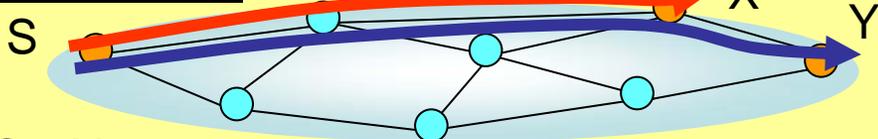
～成果～

複数経路表を用いた負荷分散手法の性能評価

最小負荷経路

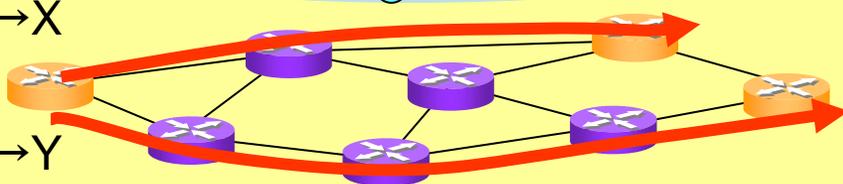


最短ホップ経路



S→X

S→Y



二種類の経路表を作成

- ・最小負荷経路 (LLP)
- ・最短ホップ経路 (SP)

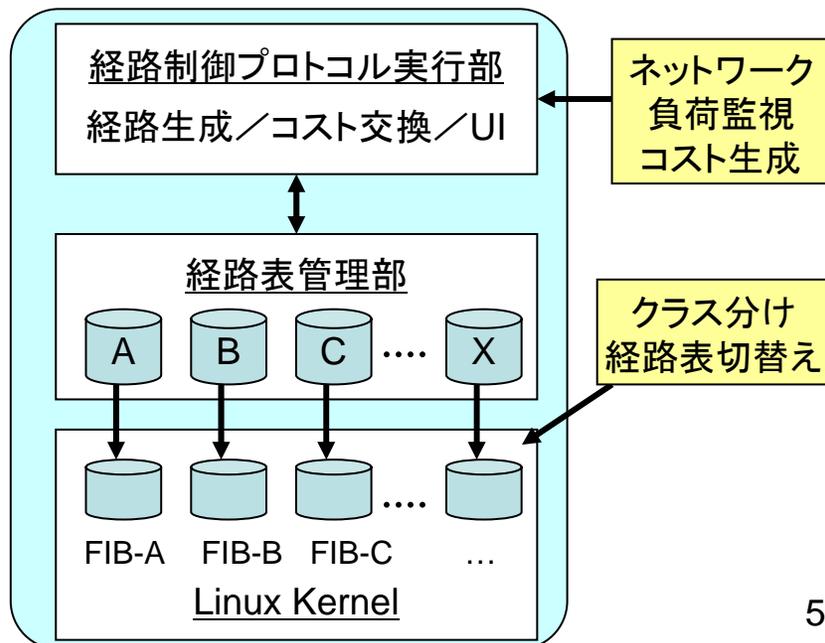
トラヒッククラス、ネットワークの状況に応じてエッジルータが経路表を決定

シミュレーションにより

複数クラストラヒックに対し
負荷分散の効果を確認

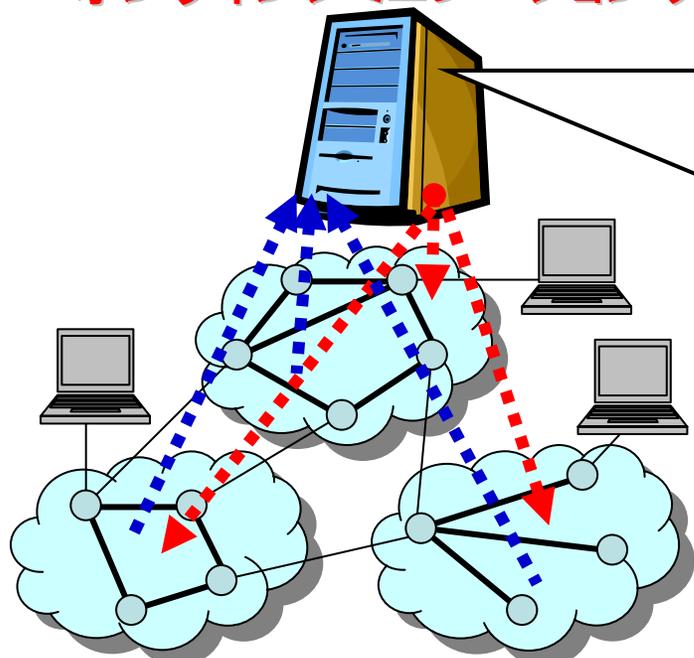
複数経路表を有するルータの実装

- ◆ Linux で動作するルーティングソフトウェア zebra を拡張し、複数経路 (forwarding table) を有するルーティング機構を実装
 - ✓ 複数コスト / 複数経路管理機能
 - ✓ エッジルータでのフロー識別機能
 - ✓ リンク利用率取得機能



1-(b) 計測と経路制御を融合する オンラインシミュレーション技術 ～概要と構成～

オンラインシミュレーションサーバ



実ネットワーク

制御パラメータ反映

状態推定、制御
パラメータ調整

結果収集、制御
パラメータ変更

状態収集

トポロジ情報収集

シミュレーション
パラメータ

シミュレーション
パラメータ入力

トポロジ構築 /
シミュレーション
実行

機能

1. ネットワークトポロジ情報の収集
2. 以下動作の繰り返し

1. ネットワーク状態収集
2. シミュレーション実行
3. 状態推定、制御パラメータ調整
4. 制御パラメータの反映

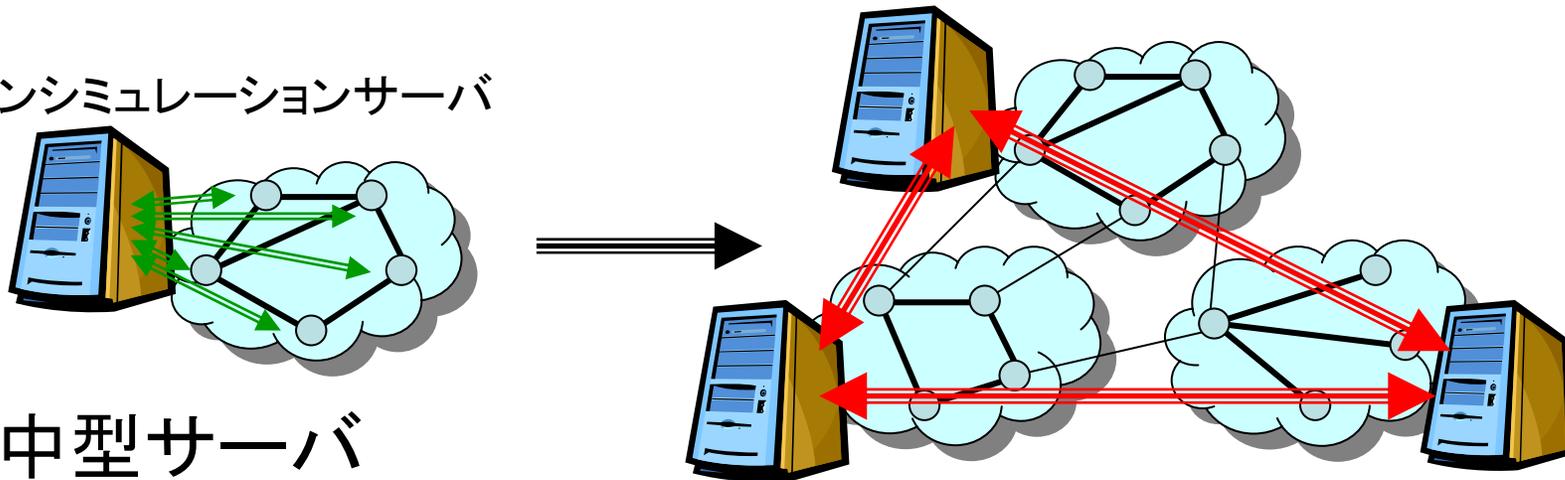
概要

ネットワークの状態に基づく自動的
フィードバック制御機構の提供



分散型システムへの拡張

オンラインシミュレーションサーバ



- 集中型サーバ

- 制御対象ネットワーク規模：小

- 分散型システム

- 複数サーバによる計測/シミュレーション/推定の連携

- トポロジ/トラヒック種別/トラヒック優先度別のサーバ配置

➡ 大規模ユビキタスネットワークへの適用性の検討

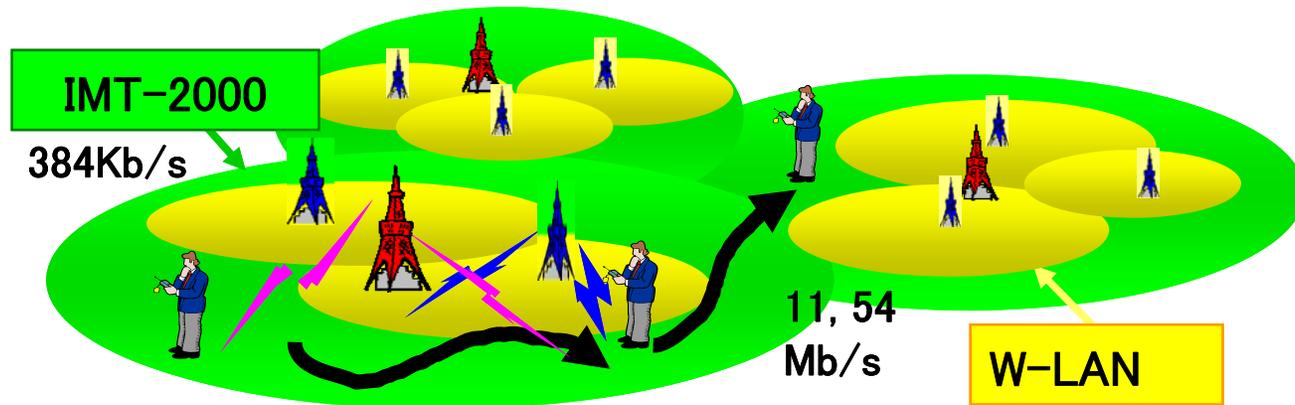
PDNS - Parallel/Distributed NS [1]

- 時間単位での同期方法の実装と性能調査



1-(c) 複数のアクセスネットワークを 利用するトランスポートプロトコル技術 ～ユビキタスネットワーク～

- 多種多様な無線通信規格の登場
 - 無線LAN(802.11x)、Wi-MAX(802.16)、802.20、etc...
- 各規格の通信特性(通信速度、範囲)は大きく異なる



移動端末が複数インタフェースを保持(マルチホーミング)、通信状態に応じて切替

⇒ いつでもどこでも高速にインターネットへ接続可能(ユビキタス)な環境が実現

無線ネットワーク間をシームレスに移動するための
トランスポートプロトコル(リアルタイム/ノンリアルタイム通信)を開発

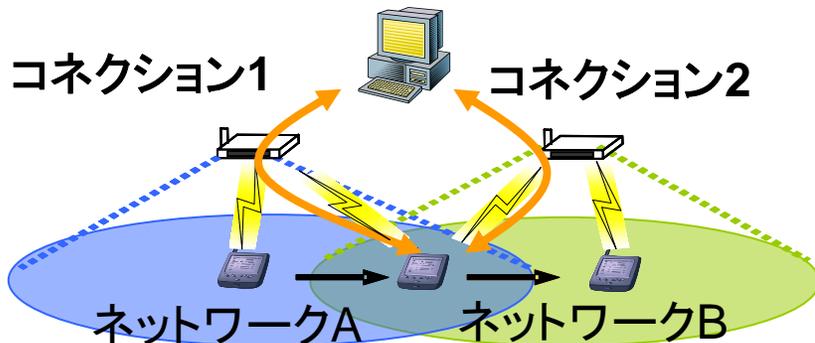
1-(c) 複数のアクセスネットワークを利用するトランスポートプロトコル マルチホーミングとクロスレイヤを用いた ハンドオーバ制御



- ✦ ハンドオーバ時には通信性能が**急激に劣化**
- ✦ レイヤ2、3のハンドオーバ処理による**通信不能時間**の発生
- ✦ 無線リンクの**通信品質劣化**による影響

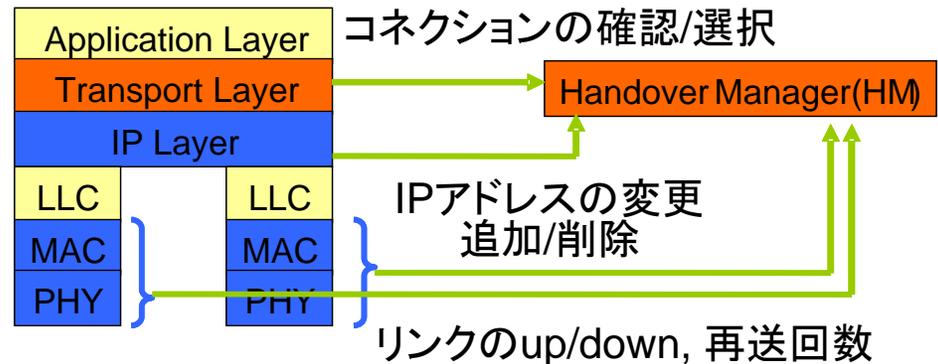
マルチホーミング

- ✦ 複数コネクションを同時に利用し、レイヤ2、3によるハンドオーバ処理中のパケットロスを削減 (**シームレス通信**)
- ✦ 複数のコネクションの状態を調査し、**最適なネットワークを選択**可能 (マルチパス転送を利用)



クロスレイヤ

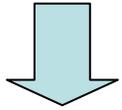
- ✦ Handover Manager (HM)に情報を提供
- ✦ リンクのアップ/ダウンを通知し、使用可能な無線インタフェースを検知
- ✦ MAC層からフレームの再送回数を通知: 無線リンク状態を素早く検知し、状態の良いネットワークを選択 (**迅速なハンドオーバ決定**)
- ✦ IPレイヤからIPアドレスの変化を通知: 移動を検知し、状態に応じて送信量を変化





2. あらたな経路制御に関する応用技術 ～目的～

ユビキタス環境のための経路制御技術により
制御されたネットワークが提供する資源の有効利用



最適な経路制御による応用技術の開発

(a) リアルタイムアプリケーション

- マルチメディア情報やセンサデータの同期処理
- 実時間マルチメディア処理を実現

(b) 最適な資源割り当て手法

- 様々な資源の利用状況や経路制御情報を考慮した資源割り当て

(c) 感性情報処理

- ユーザの嗜好等の感性情報に基づく視点からのコンテンツやサービス

2-(a) リアルタイムアプリケーション ～研究目標～

- 1 超高速ネット(**SCRAM NET**)を用いたリアルタイムアプリケーションの開発
 - ①アバタとのマルチモーダル対話
 - ②実時間**対戦**型仮想ゲーム
 - ③**RFID・カメラ利用**移動ロボット・モバイルシステム
(屋内、屋外環境)
 - ④ヘリカルスキャンCT画像の臓器横断的高速診断システム
- 2 通常ネットワークへの移植
- 3 最適資源割り当てと経路制御されたネットワークへの移植
- 4 上記の1と3のシステムの性能比較

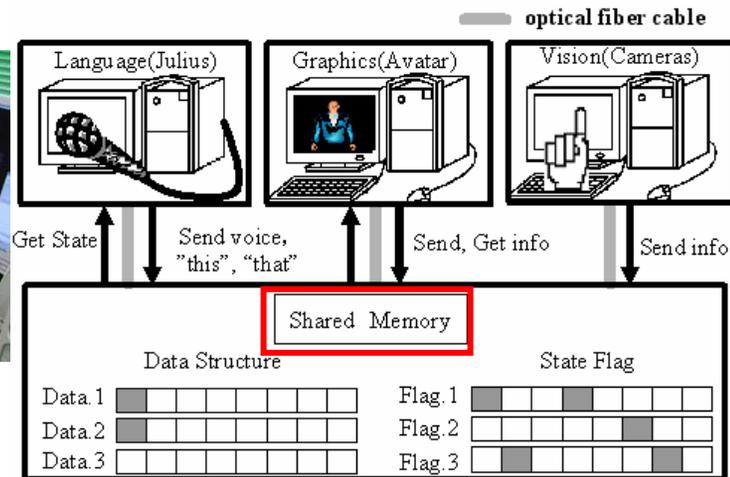


アバタとの音声と指さし対話システム

スクラムネットを用いた
 音声認識
 画像認識
 発話合成

TCP通信での遅延最小化

→ 非同期マルチスレッドソケット通信の実装中



多感覚同期仮想システム

2機のPCでの実時間対戦型
 エアホッケーゲーム

描画, 衝突音の同期
 → 力覚同期へ進める

Player2のパドルの位置情報



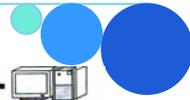
VORTEX
 形状記述
 衝突モデル
 物理モデル

DIRECT X
 音の生成
 (Player1)



GL: 描画

DIRECT X
 音の生成
 (Player2)



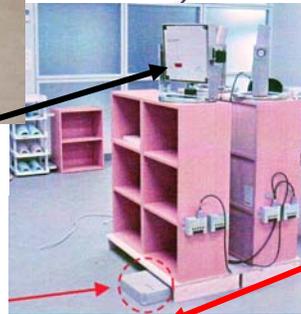
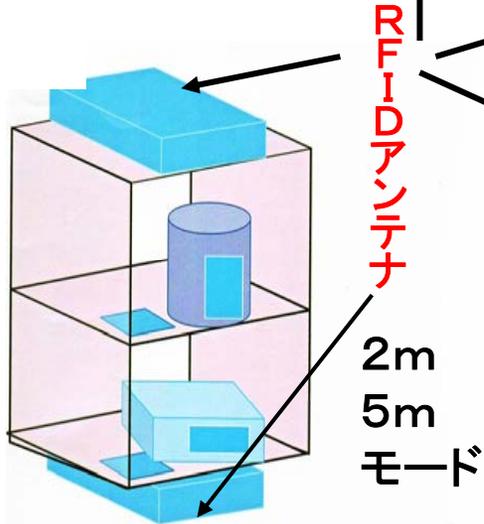
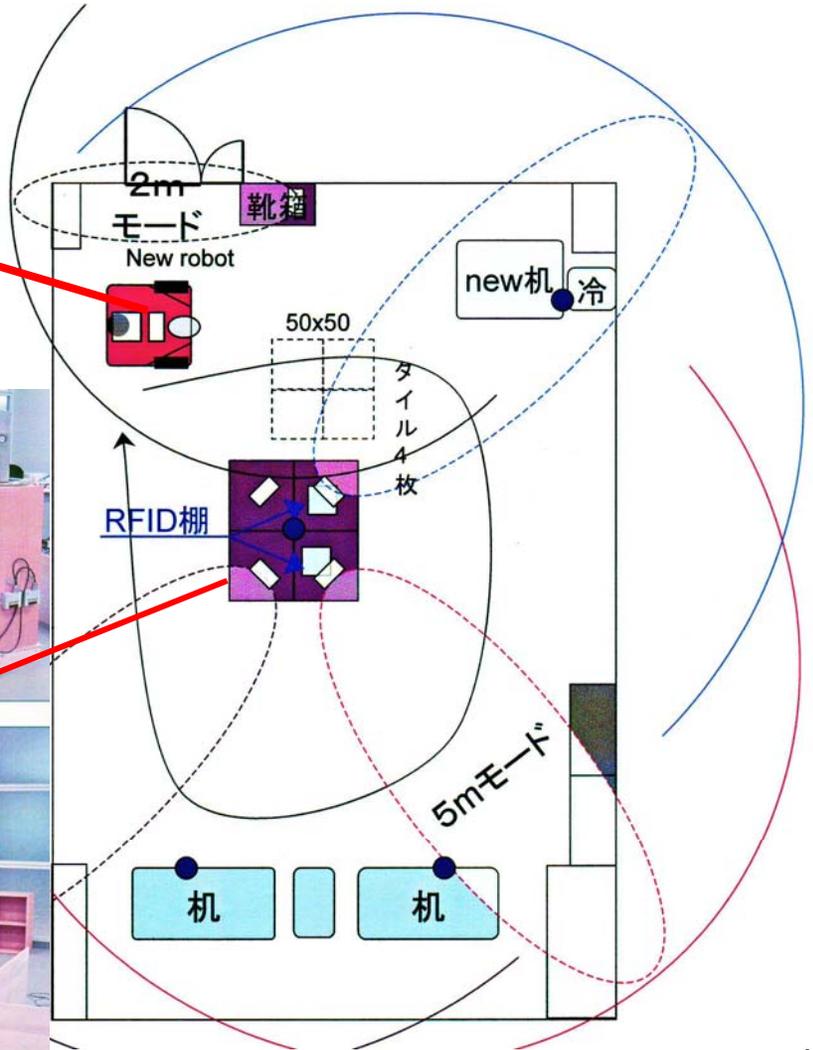
RFID移動ロボット、RFID棚

ネットワークカメラ

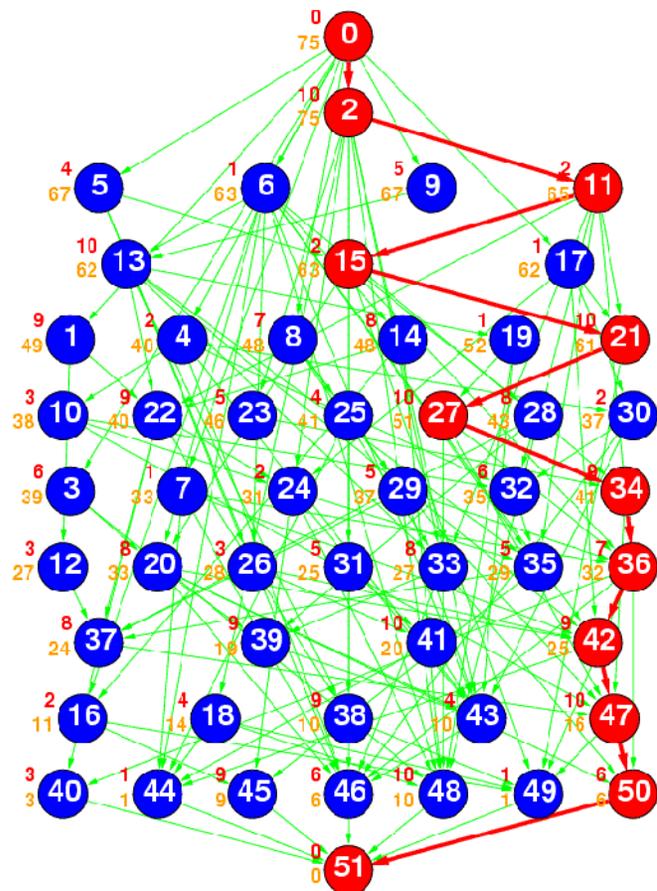
無線通信



並列画像処理



2-(b) 最適な資源割り当て手法 ～目的～



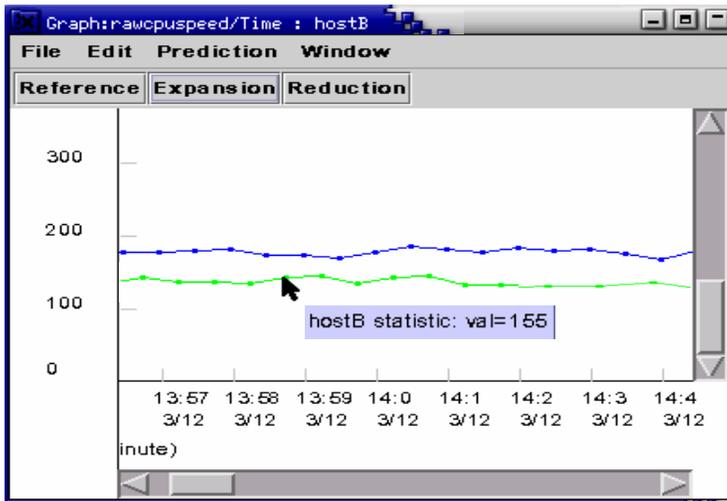
分散プログラムの例

- 資源割り当て手法の **目的**
 - 適切にマクロタスクを資源に割り付けることにより, 計算時間を短くする
 - **感性情報に基づく割り当て**
 - 分散プログラム - MFGで表現
- MFG(マクロフローグラフ)
 - ノード - マクロタスク, 粗粒度タスク
 - 矢印 - タスク間の依存関係
 - 利用者またはコンパイラが生成
- ヒューリスティック・アルゴリズム
 - CP 法, CP/MM 法

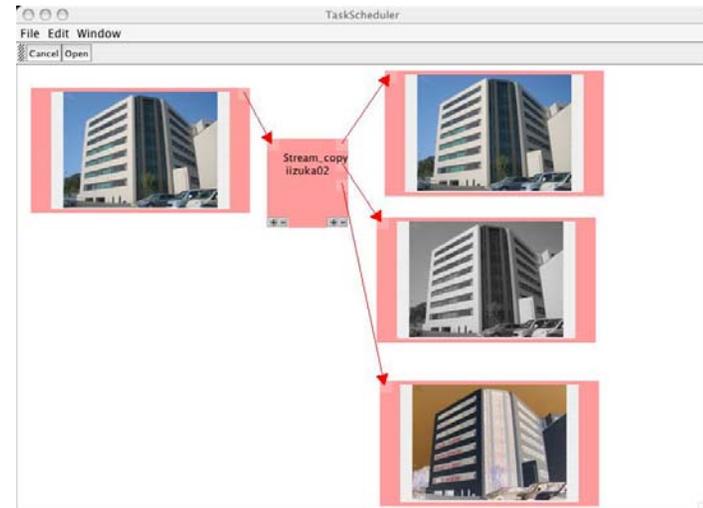


進捗状況

- プラットホームソフトウェアの開発
 - リアルタイムアプリケーションをネットワーク通信機構の上で実行して評価
 - ユビキタス環境向けの資源割り当て手法, 感性情報処理手法を研究, 評価
 - タスク間の情報の受け渡しとして**ストリーミングをサポート**
 - **GUI部品**をアイコンに置けるようにした



資源情報サーバ(RIS)
予測値と実測値を並べて表示

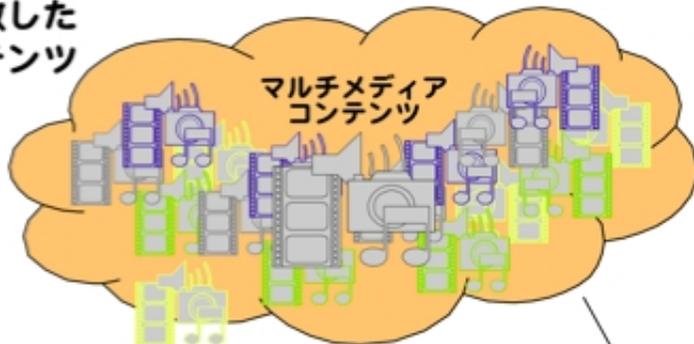


資源割り当て機構
並列分散実行モニタリング



2-(c) 感性情報処理

ネットワーク上に分散した
マルチメディアコンテンツ



感性情報利用技術
(アプリケーション)



感性検索技術
(主観に基づく検索)

なにか「さわやかな」印象の
コンテンツを探してるんだけど



User X の感性に
基づくコンテンツ検索

User X: “さわやかな”
bright blue > 60%
and ...

User X にとって
「さわやかな」とは？



感性情報取得技術
(コンテンツ特徴抽出)

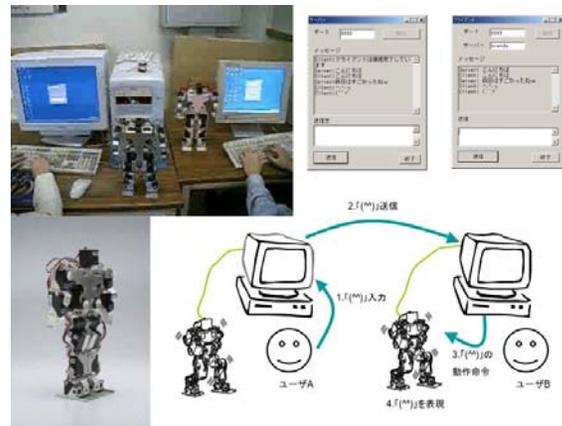
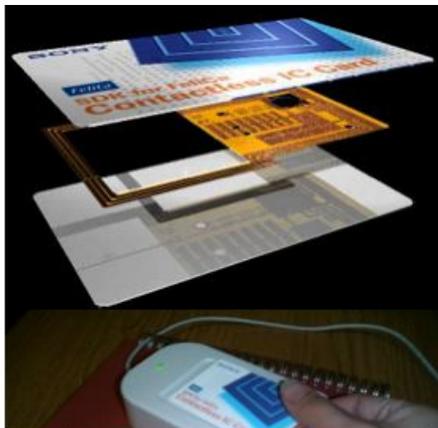
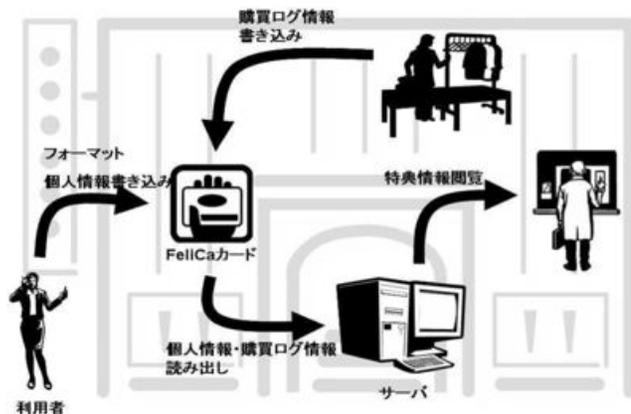
学習による
感性モデル構築

感性情報管理技術
(感性モデルの管理)





感性情報利用技術 (アプリケーション)



購買ログ情報出力リコメンデーション

Nakano Kaoriさんへの商品のリコメンド

商品情報一覧

Submit Close 新商品から 前回の来店日から Recommendation Detail

arrival	inum	iname	price	snum	sname	floor	c'word
2005-01-07	2	shoes	10000	4	I1	2	ladies
2005-01-07	3	skirt	20000	4	I1	2	ladies
2005-01-18	17	knit	20000	4	I1	2	ladies
2005-01-10	18	shirt	15000	4	I1	2	ladies
2005-01-07	36	shirt	25000	5	I2	2	ladies
2005-01-07	39	hat	10000	5	I2	2	ladies
2005-01-14	34	skirt	20000	5	I2	2	ladies
2005-01-14	35	skirt	25000	5	I2	2	ladies

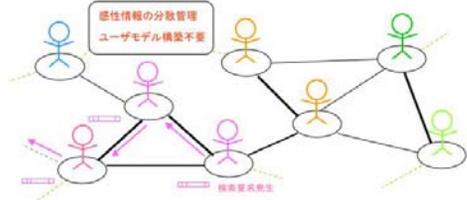
商品の画像

FeliCaを利用した
リコメンデーションシステム

小型ヒューマノイドロボットを用いた 感情表現に関する研究

感性情報処理

- P2Pネットワーク+感性情報検索
 - ・人が保持するコンテンツには、それを集めた人の感性が反映されているだろう
 - ・そこで、コンテンツに対して、その所有者にそれから受ける印象 (感性情報) を付与・公開してもらう
 - ・すると、コンテンツに対して人間が受ける印象 (感性情報) をクエリとして、コンテンツ検索が可能になる
 - ・さらに、同じような感性を持つ人間を検索を通じて組織化することも可能になる



感性情報に基づく P2Pネットワーク検索



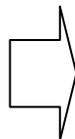
課題(ア) ネットワーク計測に関する研究

多様性・可変性の著しいユビキタスネットワーク上の品質管理



課題: 大規模ネットワーク上のスケーラブルな品質・状態計測

極めて多数の点で
各種特性を常時計測



多量の計測データを
収集, 統合, 解析



間接的・部分的計測
から各種特性を推定

計測センサ技術

- 高精度アクティブ計測・パッシブ計測
- 分散協調制御(計測, データ収集)
- 高度なプロトコル解析

NW特性推定技術

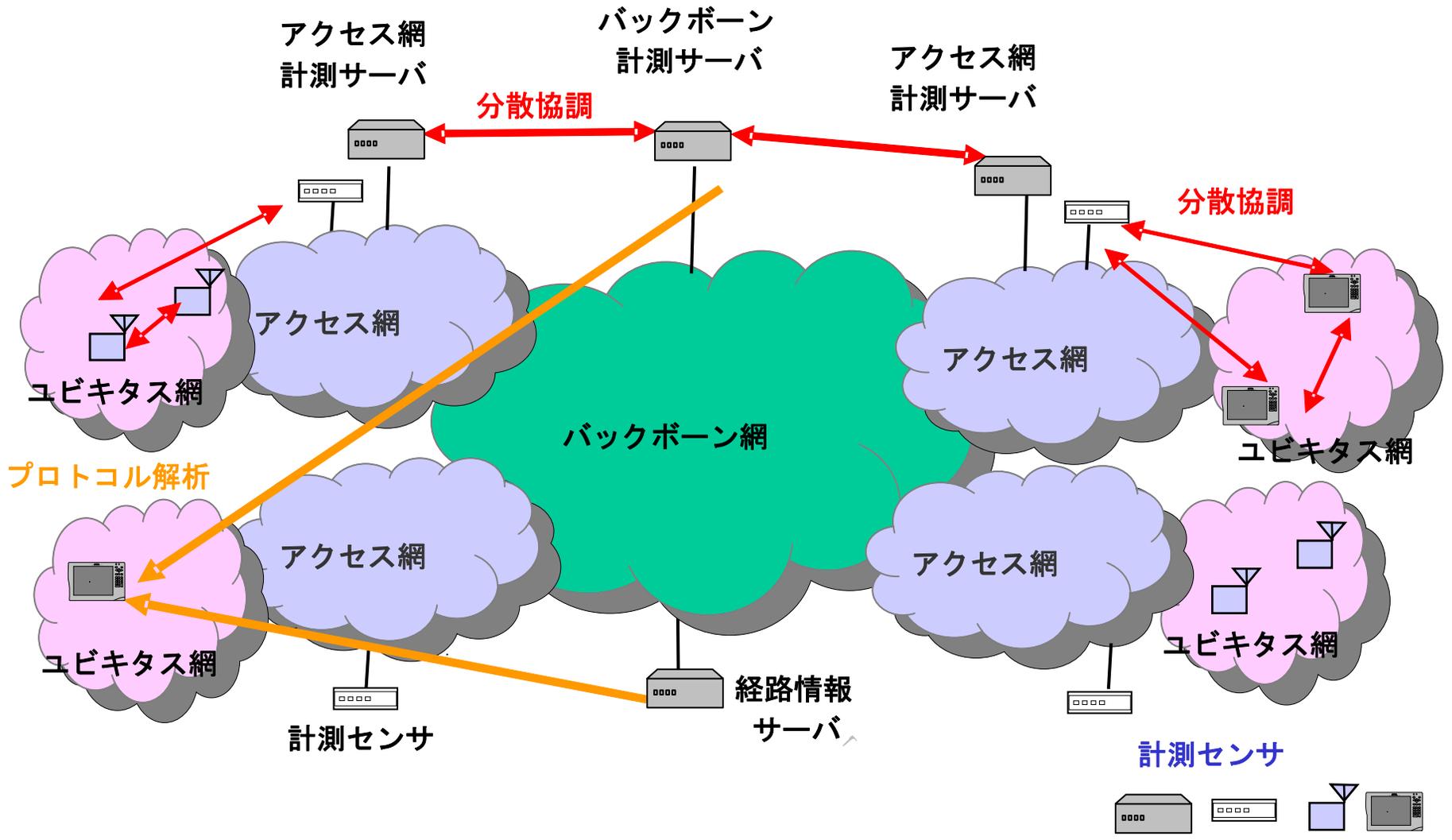
- 通信品質や内部(区間)状態の推定
- 大域的流量の推定
- 高度な統計手法(NWTモグラフィ等)

KDDI研究所

九州工業大学



ユビキタスネットワーク計測全体イメージ





● スケーラビリティを実現するための推定技術の動向

◆ 間接的・部分的計測からの推定

▶ ネットワークトモグラフィ、高度なサンプリング、時系列予測

◆ 複数の計測の組み合わせによる推定

▶ 局所計測と大域計測、アクティブ計測とパッシブ計測

● 本プロジェクトでの研究対象例

◆ エンドツーエンドフローの通信品質の推定

▶ 周辺分布計測と少数の同時結合サンプル計測の組み合わせ

◆ ネットワーク内部区間の特性・状態の推定

▶ 複数パスの特性の計測からのネットワークトモグラフィ

◆ 大域的フローの流量(ODトラヒック行列)分布の推定

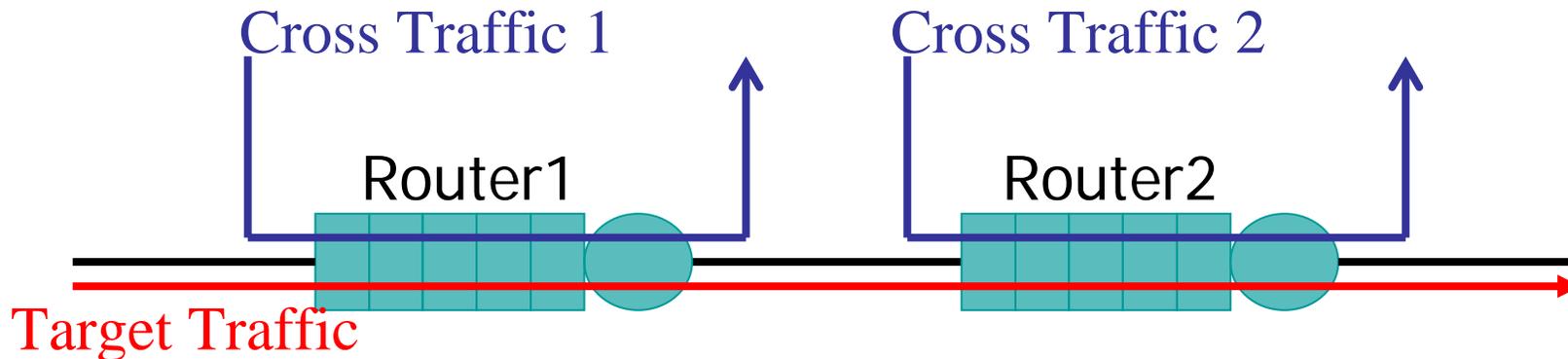
▶ 複数地点での集約フローの計測からのネットワークトモグラフィ

◆ 通過するトラヒック内の異常フローの存在の推定(検知)

▶ 通信先ホスト数の統計的分析からのワーム拡大、迷惑P2P等の検知



複数ルータを通過するフローの遅延特性の推定



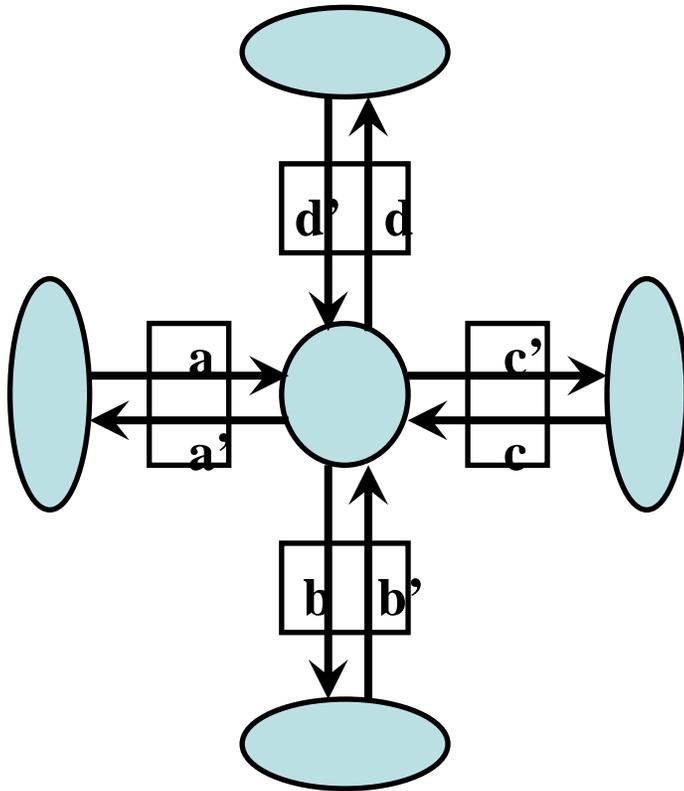
- エンドツーエンドフローの遅延変動(キュー遅延)特性を把握したい
- 各ルータでフロー内の各パケットが局所的に体験するキュー遅延を計測し、それらの分布(=周辺分布)を得る
- フロー内の少数のパケットに対して多地点連携計測により大域的に体験するキュー遅延を計測し、結合分布上のサンプルを得る



- ◆ 両方の計測データを組み合わせることで、ルータでのキュー遅延間の相関が強い場合でも高精度な結合分布推定が可能



複数ルータを縦断する大域フローの流量特性の推定



- 大域的フローの流量特性を把握したい (ODトラフィック行列)
- 観測可能な集約フロー流量: 8種
 - $Y = (a \ b \ c \ d \ a' \ b' \ c' \ d')$
- 観測困難な個別フロー流量: 12種
 - $X = (ab' \ ac' \ ad' \ a'b \ bc' \ bd' \ a'c \ b'c \ cd' \ a'd \ b'd \ c'd)$

関係: $Y = AX$ (行列Aは退化)



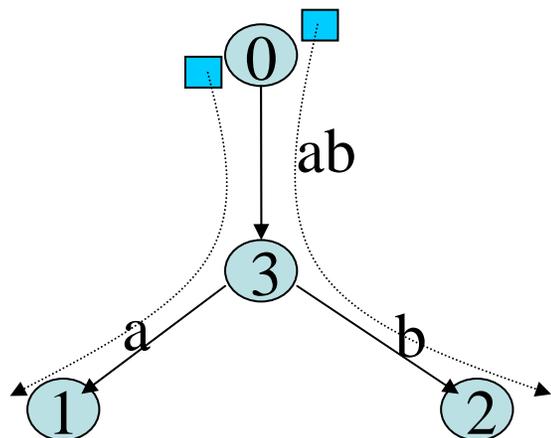
- ◆ Yを繰り返し観測して、Xの統計的特性を推定
- ◆ 少数のXのサンプルも観測してYと組み合わせることで、X内の相関が強い場合でも高精度に推定することが可能

例: ISPを囲む4つの外部ネットワーク間トラフィック

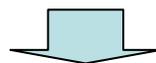


ネットワーク内部区間のキュー遅延特性の推定

- ネットワーク内部区間のキュー遅延の分散を把握したい
- パケットペア (片方はパスa、他方はパスb) を送信し、各パスに沿ったキュー遅延 (Y_a, Y_b) を多数回計測 → $Cov[Y_a, Y_b], Var[Y_a], Var[Y_b]$
- 仮定: 区間abでパケットペアの2個のパケットの経験するキュー遅延は、統計的に同じ特性 $\sim Y_a = X_{ab} + X_a$ かつ $Y_b = X_{ab} + X_b$
- この時、 Y_a, Y_b の共分散 = X_{ab} の分散 (X_{ab}, X_a, X_b の独立性から)



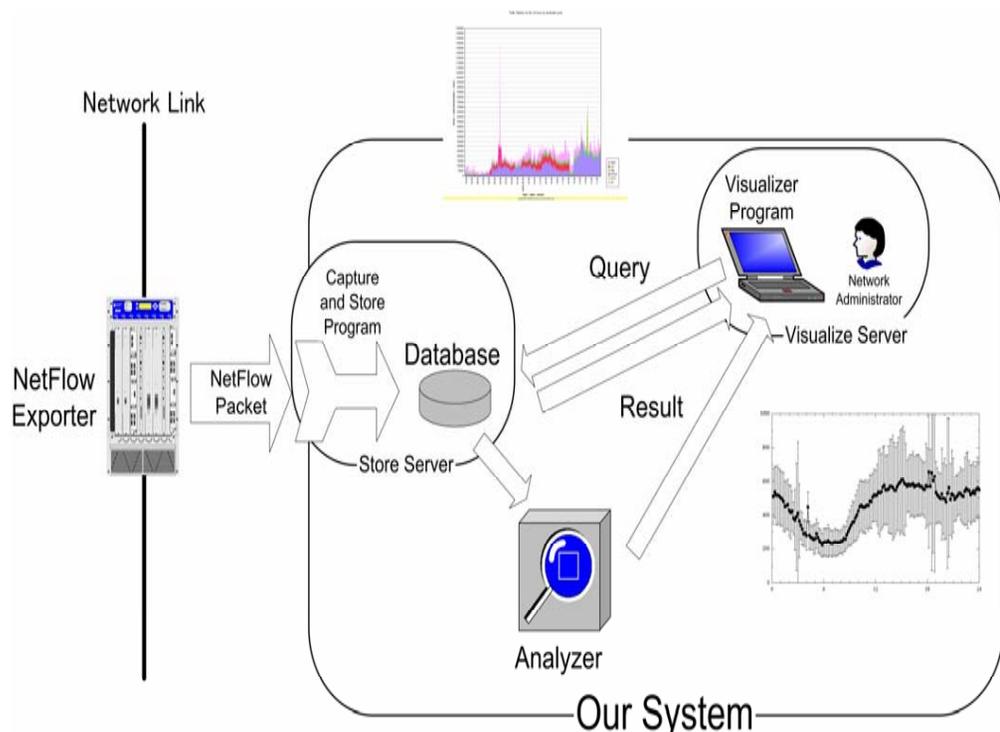
$$\begin{aligned}
 Cov[Y_a, Y_b] &= Var[X_{ab}], \\
 Var[Y_a] &= Var[X_{ab}] + Var[X_a], \\
 Var[Y_b] &= Var[X_{ab}] + Var[X_b]
 \end{aligned}$$



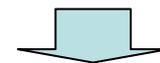
- ◆ 各区間のキュー遅延 X_{ab}, X_a, X_b の分散を推定
 $Cov[Y_a, Y_b], Var[Y_a], Var[Y_b]$ から
 $Var[X_{ab}], Var[X_a], Var[X_b]$ が解ける



サンプリング計測を用いた異常トラフィック検知



- 通過トラフィック内の異常フローの存在を推定(検知)したい
- フローレベルサンプリング計測 (図はNetFlowの場合)
- トラフィック量の変動では検知できない異常



◆ 通信先ホスト数の変化から検知

異常トラフィック検知の様子

