

大阪大学 1

## Fast and Accurate Virtual Network Reconfiguration using Two-Pathway Bayesian Attractor Model: Design and Evaluation

西田浩紀  
情報ネットワーク学専攻 村田研究室

研究背景 2

- 情報ネットワークシステムの柔軟かつ低コストな運用管理の需要が増大  
→トラヒック状況に応じて仮想ネットワーク (VN) を再構成
- ベイジアンアトラクタモデル (BAM) を用いた VN 再構成手法 [1]

- BAM を用いてトラヒック状況を同定
  - 特定のトラヒック状況のパターンとそれに対して良好な性能を示す VN のパターンを保持
  - トラヒックを観測する度に現在のトラヒック状況に合致する確率 (確信度) を更新
  - 確信度が閾値に達したとき、トラヒック状況を同定
- 同定結果に応じてコントローラが適切な VN を構成

研究の目的とアプローチ 3

- 目的
  - BAM を用いた VN 再構成手法における速度と精度の両立
  - BAM のパラメータ設定によって認知速度と認知精度がトレードオフの関係
- アプローチ
  - 人間の脳の認知の仕組みに着目し 2 つの BAM を並行に動作
    - 人間の脳は、認知の精度より速度を重視した認知経路 (ファストパスウェイ) と認知の速度より精度を重視した認知経路 (スローパスウェイ) を組み合わせて認知を実行 [1]
- 研究ステップ
  1. 速度と精度を両立するパラメータを設計
  2. 各 BAM の VNT 設計手法を考案

[1] Fujita and T. Do, "Seeing the world in three dimensions, fast-but-rough and slow-but-accurate," *Atlas of Science*, Jan. 2017.

2つの BAM を用いたVN再構成手法 4

- 目的の異なる 2 つの BAM を並行に動作
  - 迅速性を重視したパラメータを持つ FP-BAM
  - トラヒック状況の変化に対して素早く VNT を構成
  - 正確性を重視したパラメータを持つ SP-BAM
  - 正確にトラヒック状況を把握してより適した VNT を構成

パラメータの設計 5

- 速度と精度を高めるVN制御を実現するためのパラメータ設計指針
  - 保持するアトラクタが多いほど多くの状況を想定できるが同定に時間がかかる、等

パラメータ	FP-BAM	SP-BAM
保持するアトラクタの数	$n_f$ : 少ない	$n_s$ : 多い
取得する情報量	少ない	多い
仮想リンクの最大本数	多い	少ない
$q$ (dynamics uncertainty)	大きい	小さい

- 一部パラメータの値は、シミュレーション評価に基づいて設定
  - $q$  (dynamics uncertainty) はFP-BAMにおいて 0.9、SP-BAM において 0.6 に決定

SP-BAM のアトラクタ・VNT 設計手法 6

- トラヒック状況に特化したアトラクタを数多く  $n_s$  個保持
- 想定したトラヒック状況により適した VNT を構成
  - ヒューリスティックアルゴリズムを用いてトラヒック量が多いノード間から順に仮想リンクを形成
- トラヒック流出入量をアトラクタとして保持
  - トラヒックマトリクスを基にトラヒック流出入量を算出

### FP-BAM のアトラクタ・VNT 設計指針 7

- **アトラクタ同士のトラヒックの傾向が異なるアトラクタを保持**
  - 迅速性を重視してアトラクタ数  $n_f$  を小さく設定
  - SP-BAM のアトラクタ  $n_s$  個を特徴によって  $n_f$  個に分類
    - k-means 法を用いて特徴量で分類
    - 特徴量：FP-BAM が観測するノードのトラヒック量
  - 分類されたアトラクタの重心をアトラクタとして保持

### FP-BAM のアトラクタ・VNT 設計手法 8

- **グループ内のアトラクタにより適した VNT を作成**
  1. グループ内の全てのトラヒック状況にヒューリスティックアルゴリズム
  2. グループ内で形成回数が多いノード間に仮想リンクを優先して形成
  3. 物理資源の競合が起きた時は総当たり
    - グループ内のアトラクタのトラヒック状況に対する性能を評価

### シミュレーション評価 9

- **12 ノードのネットワーク・19 ノードのネットワーク**
  - FP-BAM は黄色で示すノードのみを観測
- **トラヒック変動を起こし、トラヒック変動後に 50step 観測を行うシミュレーションを 300 回実行**
- **VNT の最大仮想リンク本数を以下に設定**
  - FP-BAM：各ノードの次数 + 2
  - SP-BAM：各ノードの次数 + 1

### 評価結果 10

- **最大リンク利用率が数値目標を超えるステップ数を削減**
  - 総アトラクタ数を 33 とし、FP-BAM のアトラクタ数  $n_f$  を変更
  - $n_f$  が小さく  $n_s$  が大きいほど、最大リンク利用率が数値目標を超えるステップ数を抑制
  - $n_f = 3$  を用いた FP-BAM により変動に迅速に追従

Configuration	FP (Red)	SP (Green)	SP+BAM (Blue)
avg(BAM(3))	~14	~4	~4
$n_f=3, n_s=30$	~4	~4	~4
$n_f=6, n_s=27$	~4	~4	~4
$n_f=9, n_s=24$	~4	~4	~4

Configuration	FP (Red)	SP (Green)	SP+BAM (Blue)
avg(BAM(3))	~14	~14	~14
$n_f=3, n_s=30$	~14	~14	~14
$n_f=6, n_s=27$	~14	~14	~14
$n_f=9, n_s=24$	~14	~14	~14

### まとめと今後の課題 11

- **目的の異なる 2 つの BAM を用いた VN 再構成手法**
  - BAM の役割・目的を明確化
  - パラメータの指針を設計
    - シミュレーションで各パラメータの方針を獲得
  - VNT 設計手法を考案
    - 役割に応じた VNT を構成できることを確認
  - 12 ノードと 19 ノードのネットワーク上でシミュレーション評価
- **今後の課題**
  - 変動の量や頻度が異なるトラヒック変動に追従した VN 制御を評価
  - 保持するアトラクタの入替
    - 使われていないアトラクタを入替
    - 実トラヒックの傾向に応じたトラヒック状況を想定