

Network Resource Allocation using Real-World Traffic Flow Information inspired by Human Brain Cognition Process

大阪大学 大学院情報科学研究科 村田研究室
博士前期課程2年
安世民

2021 / 2 / 5 令和2年度 情報科学研究科 修士論文発表会

0

ネットワークスライシング技術

- 物理ネットワークを仮想ネットワーク「スライス」に分割
 - 一つのスライスを、一つのサービスプロバイダが占有
 - プロバイダ間の資源競合を回避し、サービスの品質を維持

- 課題：各スライスへの配分資源量の決定手法
 - 従来は現在のトラフィックに基づいて資源を配分
 - ユーザ数増加によるトラフィックが頻繁に変化するため、資源不足が発生
 - 将来のトラフィック予測で事前に十分な資源量を確保し、資源不足を回避

2021 / 2 / 5 令和2年度 情報科学研究科 修士論文発表会

1

実世界情報と通信トラヒック

- 実世界情報は将来の通信トラヒックの予測に有効
 - 例：交通事故および渋滞による通信トラヒックの増加

- モデルの構築は難しい
 - 実世界情報と通信トラヒックとの関係は曖昧であるため

実世界情報と通信トラヒックの関係モデル化するため、人間の脳の認知機能モデル (BAM) を使用

2021 / 2 / 5 令和2年度 情報科学研究科 修士論文発表会

2

Bayesian Attractor Model^[1]

- 人間の知覚情報に基づく情報認知をモデル化
 - 情報を観測し続け、事前に学習した選択肢のどれに近いかを判断
- 状態更新：観測情報 x_t に基づいて内部状態 z_t をベイズ推定によって更新
- 意思決定：事前に学習した選択肢のいずれかを採用
 - 典型的な観測情報 (状態) μ_1, \dots, μ_K を事前に記憶
 - μ_i は z の状態空間上の定点 ϕ_i ($i = 1, \dots, K$) に対応
 - 状態値 z_t が選択肢 i である事後確率 (確信度) $p(z_t = \phi_i | x_{0:t})$ を算出
 - 確信度が閾値 λ を超えた選択肢を採用

[1] S. Bittner, J. Bruneberg, and S. J. Kiebel, "A Bayesian Attractor Model for Perceptual Decision Making," PLOS Computational Biology, vol. 11, Aug. 2015.

2021 / 2 / 5 令和2年度 情報科学研究科 修士論文発表会

3

研究目標とアプローチ

研究目標
実世界情報を使用する、通信トラヒック予測に基づいた資源配分手法の提案

課題1
通信トラヒックのみによる将来の通信トラヒック予測は難しい

アプローチ1
車両台数などの交通流情報 (= 実世界情報) を使用

課題2
通信トラヒックと実世界情報を使用するモデルの構築は難しい

アプローチ2
人間の脳の認知機能モデル Bayesian Attractor Model を使用

提案手法
脳の認知機能モデルに着想を得た交通流情報に基づくネットワークスライス間の資源配分制御

2021 / 2 / 5 令和2年度 情報科学研究科 修士論文発表会

4

資源配分システム

[2] Lun Zhang, Qiuchen Liu, Wenchen Yang, Nai Wei and Decun Dong, "An Improved K-nearest Neighbor Model for Short-term Traffic Flow Prediction," Procedia - Social and Behavioral Sciences, vol. 96, pp. 653-662, Aug. 2013.

2021 / 2 / 5 令和2年度 情報科学研究科 修士論文発表会

5

将来の通信トラフィックの予測

- 時刻 t から予測タイムスロット p までの最大トラフィック量を予測
 - 最大トラフィック量 d'_t を収容できるような資源量を確保
 - 本研究では、 $p=5$

$$d'_t = \max_{t \leq k \leq t+p} d_k$$
- 内部状態 C_i に、必要資源量 D_i を関連付け

$$\hat{D}_i = \max_{t \in C_i} d'_t$$

典型的な観測情報

必要資源量 D_1, D_2, D_3, D_4 → スライスへ配分

2021 / 2 / 5 令和2年度 情報科学研究科 修士論文発表会 6

6

観測情報の生成

- 交通流情報は、SUMO (Simulation of Urban Mobility) で生成
 - 道路網情報：JR 新宿駅周辺 2.4km を OpenStreetMap で生成
 - 車両情報：交通流データセット OpenPFLOW で生成 (実際とスケールが異なるため生成時に平均8分散1の正規乱数を乗算してスケール調整)
 - 生成した交通流情報から、既存の交通流予測手法を用いて予測結果を生成
- 通信トラフィックは、正規乱数を用いて生成
 - 一台の車両が発する通信トラフィックは、平均1分散0.2の正規乱数
 - 全車両の通信トラフィックの総量を時刻 t における通信トラフィック量とする

2021 / 2 / 5 令和2年度 情報科学研究科 修士論文発表会 7

7

提案手法と比較手法

- CA w/ (Cognitive Allocation with road traffic)
 - 通信トラフィックと交通流情報を使用し、認知モデルとしてBAMを使用する手法
- kNN w/ (k-Nearest Neighbor with road traffic)
 - 通信トラフィックと交通流情報を使用し、認知モデルとしてBAMを使用しない (K近傍法を使用する) 手法
 - K近傍法 (K-Nearest Neighbor) : 入力点に最も近い学習点を認知結果として出力する方法
- CA w/o (Cognitive Allocation without road traffic)
 - 通信トラフィックのみを使用し、認知モデルとしてBAMを使用する手法

ポイント

- ✓ BAMが有効に働くかどうか、また有効な場合、どのような点で有効なのか
- ✓ 交通流情報が有効に働くかどうか、また有効な場合、どのような点で有効なのか

2021 / 2 / 5 令和2年度 情報科学研究科 修士論文発表会 8

8

評価結果 (動作確認)

- 各手法の資源配分結果

1タイムスロット=1分

BAMのパラメータ
Sensory uncertainty = 0.3
dynamic uncertainty = 0.8
Confidence threshold = 10^{-10}

- CA w/は、資源不足を回避
- kNN w/は、資源不足を回避したが資源量は頻繁に変更
- CA w/oは、資源不足が発生し、資源量は変更なし
- ✓ 提案手法により、トラフィックに追従し、かつ安定した資源配分を実現

2021 / 2 / 5 令和2年度 情報科学研究科 修士論文発表会 9

9

評価結果 (資源不足割合)

- 配分資源量と資源不足割合の関係
 - 図は7000タイムスロット分のデータを使用した場合

✓ 交通流情報を用いることで資源不足を改善

2021 / 2 / 5 令和2年度 情報科学研究科 修士論文発表会 10

10

評価結果 (資源変更回数)

- 配分資源量が頻繁に変わると、ネットワークが不安定になる
 - サービスプロバイダが安定して資源を確保できず、品質が保証できない
 - ✓ 資源配分の変更回数を抑えた制御が重要
- 表は、7000タイムスロット中に、配分資源量に変更された回数を示す

	CA w/	kNN w/	CA w/o
資源増加回数	151	1202	99
資源減少回数	135	1111	69

- BAMを用いることで、資源変更回数を抑えた資源配分が可能

2021 / 2 / 5 令和2年度 情報科学研究科 修士論文発表会 11

11

まとめと今後の方針

・まとめ

- ・BAMを用いた、交通流情報に基づくネットワーク資源配分制御を提案
- ・提案手法により、トラヒックに追従し、かつ安定した資源配分を実現
- ・交通流情報を用いることで資源不足を回避可能

・今後の方針

- ・様々な環境での評価
 - ・観測対象エリアの変更
 - ・観測情報の生成時に指定するパラメータの変更