

Osaka University

Controlled Self-Organized Computing Resource Allocation Method Based on Real World Representation of Potential Field in Multi-access Edge Computing Environment

大阪大学大学院 情報科学研究科
情報ネットワーク学専攻 村田研究室
神田幸大

平成30年度情報ネットワーク学専攻修士論文発表会 2019 / 2 / 13

Osaka University

研究の背景

- モバイルデバイスやセンサー周辺の実世界の情報を収集し活用する様々なサービスの展開が期待されている
 - 例) 車間通信を介して、先行車や対向車からセンサー情報や映像情報を受信し、カーブの先や他車の陰などの死角を把握^[1]
 - 例) 交差点と自動車との通信により、渋滞情報を把握した上での交通流制御^[2]
 - 例) ダイナミックマップ^[3]

(1) S. Patel, J. Van Den Berg, S. Curtis, M. C. Lin, and D. Manocha, "Directing crowd simulations using navigation fields," IEEE transactions on visualization and computer graphics, vol. 17, no. 2, pp. 244-254, Feb. 2011.
 (2) Berlozzi, Massimo and Broggi, Alberto and Fascioli, Alessandra and Graf, Thorsten and Meinecke, M.M., "Pedestrian detection for driver assistance using multi-resolution infrared vision," IEEE transactions on vehicular technology, vol. 53, no. 6, pp. 1666- 1678, 2004.
 (3) "Intelligent transport systems. Co-operative ITS. Local dynamic map," International Organization for Standardization, Geneva, CH, Standard BS EN ISO 18750:20169, Jun. 2016.

Osaka University

エッジルータにおけるリソース競争

- サービスの低遅延化のためにエッジルータにコンピューティングリソースを配置
 - Multi-access Edge Computing (MEC) 環境を想定
- 複数のサービスが収容されるためリソース競争が発生
- サービスごとの時空間的特性に基づいたリソース調停が必要

事故現場解析
交通事故による影響を即時に解析する必要が存在
→時局的局所性が高い

エッジルータ

リソース

データセンター

交差点における交通流制御

情報の収集をする交差点周辺にリソース需要が集中
→空間的局所性が高い

Osaka University

研究の目的 / アプローチ

目的

収容されている複数サービスの特性を考慮してリソース競争に対処する動的リソース制御手法の提案

アプローチ

- エッジルータの管理型自己組織化
- エッジルータは情報交換により自己組織的に動作
 - リソース需要をポテンシャルとして表現
 - ポテンシャルに基づいてリソース配置
- コントローラがエッジルータに動作基準を指示

基準値を設定
コントローラ

エッジルータは基準値に基づき自己組織的に動作

サービスA, サービスB, サービスs

エッジルータ

サイバー空間

物理空間

情報収集

- 全体の情報を必要としないため迅速に動作
- 収容されている各サービスごとにリソース制御

Osaka University

リソース制約に考慮したポテンシャルの拡散

- エッジルータ上の配置可能なリソースは有限
- その制約値に対応するポテンシャルの値を基準値とし、エッジルータは基準値に応じてポテンシャルを拡散
 - ポテンシャルが基準値を超える場合はリソース不足の危険性が生じる
 - リソースが不足している場合、近傍のエッジルータのリソースを利用することを想定
 - ポテンシャルの拡散により、周囲のエッジルータのポテンシャルを増強

基準値 (indicator)

ポテンシャルを拡散

ポテンシャルが基準値に接近

Osaka University

個々のサービスにおけるポテンシャル更新式

$$\frac{\partial I(t, x, y)}{\partial t} = Dp + r - v(I(t, x, y) - p(t, x, y)) + C_i(t, x_i, y_i) \cdot Dv \left(\frac{\partial I(t, x, y)}{\partial x} + \frac{\partial I(t, x, y)}{\partial y} \right)$$

隣接エッジルータへの(からの)拡散量

$$C_i(t, x_i, y_i) = \begin{cases} B_i(t, x_i, y_i) & B_i(t, x_i, y_i) \leq 1 \\ 1 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$B_i(t, x_i, y_i) = \sigma(R_i(t, x_i, y_i)) + \sum_{j \in A_i} [\sigma(R_j(t)) + \sigma(I_j(t, x_j, y_j)) - I_i(t, x_i, y_i) - \alpha]$$

パラメータ・定数

x, y	Coordinate
E_i	Edge router
F_i	Number of steps
$R_i(t, x_i, y_i)$	Amount of sensor information at step t at E_i
$I_i(t, x_i, y_i)$	Potential at step t at E_i
Dv	Coefficient of Dv
Dp	Diffusion coefficient
n	Fixed decrease value
G	Reduction coefficient
r	Positive influence from usage demand
A_i	A set of adjacent edge routers of E_i
$\tilde{I}_i(t, x_i, y_i)$	Guide value at step t at E_i
α	Constant for adjusting diffusion amount
v	Convergence speed

Osaka University 7

コントローラによるサービスの時空間的特性に基づく基準値の設定

- 局所性に基づく時空間的なリソース配置がコントローラの目的
 - 空間的局所性が高いサービスはその座標のポテンシャルを維持
 - 時間的局所性が高いサービスはその時間のポテンシャルを維持
- 局所性が高いサービスには高い基準値を設定

空間的局所性に基づく例

空間的局所性が低いサービスのポテンシャル

空間的局所性が高いサービスのポテンシャル

空間的局所性が低いサービスのポテンシャルは周囲に拡散

空間的局所性が高いサービスのポテンシャルを維持

コントローラが基準値を更新

エッジルータがポテンシャルを更新

空間軸

この範囲のエッジルータでリソース融合が発生

Osaka University 8

コントローラの基準値更新式

基準値需要

$$F_i^k(t) = f(\lambda_i^k(t), \mu_i^k(t))$$

$$f(\lambda_i^k(t), \mu_i^k(t)) = w \times \lambda_i^k(t) + (1-w) \times \mu_i^k(t)$$

時間的局所性項

$$\lambda_i^k(t) = C_{te}^k \cdot U_i^k(t)$$

$$U_i^k(t) = b \times p_i^k(t) + (1-b) \times U_i^k(t-1)$$

空間的局所性項

$$\mu_i^k(t) = C_{sp}^k \cdot V_i^k(t)$$

$$V_i^k(t) = b \times p_i^k(t) + (1-b) \times V_j^k(t)$$

基準値

$$T_i^k(t) = \frac{F_i^k(t)}{\sum_{i \in \Theta} F_i^k(t)}$$

パラメータ・定数

Θ	A set of services
θ_i	Service i
τ	Numbers of steps
$\theta_i^t(t, x, y)$	Potential of service θ_i at time t at E_i
$\theta_i^t(t, x, y)$	Guide value of service θ_i at step t at E_i
C_{te}^k	Spatial locality of service θ_i
C_{sp}^k	Window size in the time axis direction
C_{sp}^k	Temporal locality of service θ_i
\mathcal{M}_i^k	A set of surrounding edge routers referenced by edge router E_i
$\rho_i(t)$	Influence value of service θ_i at step t at E_i

Osaka University 9

コントローラによる基準値更新の数値例

- コントローラによる基準値設定により、時空間的特性に基づいたリソース配置が可能であることを示す
 - 本発表では空間的局所性に基づいたものを示す
- 2つのサービスが収容されている場合の数値例を算出
- センシング情報量として、数式で定義された変動モデルを入力
 - エッジルータは等間隔に直線状に接続
 - 変動モデルは、時刻・座標によってセンシング情報量が変動するよう定義
 - $p_i^k(t) = a \sin(\omega x_i + \beta t) + 1.5a$
 - センシング情報量が周期的に変動するモデルを想定
 - 観測対象: センシング情報量・ポテンシャル・基準値の空間軸上の分布

ポテンシャル

ポテンシャルが追従すべきセンシング情報量

ポテンシャルがセンシング情報量を下回っている → リソース不足が発生

コントローラによる基準値の設定と基準値に基づくエッジルータのポテンシャル更新のふるまいを確認

Osaka University 10

数値例: 複数のサービスが収容されているとき

- コントローラが空間的局所性に基づいて各サービスの基準値を設定
 - 各エッジルータの配置可能なリソース量は85
- サービス θ_1 の空間的局所性をサービス θ_0 の空間的局所性の2倍に設定
- 空間的局所性の高いサービス θ_1
 - リソース融合が発生した座標で基準値が高く設定されている
 - 該当範囲でセンシング情報量にほぼ追従
- 空間的局所性の低いサービス θ_0
 - リソース融合が発生した座標で基準値が低く設定されている
 - 該当範囲でのポテンシャルが抑制され、該当範囲の外側のポテンシャルが増強されている
- 空間的局所性に基づいた基準値更新による空間的なリソース増強を確認

サービス θ_1 時刻 $t = 500$

サービス θ_0 時刻 $t = 500$

赤色: センシング情報量

青色: ポテンシャル

緑色: 基準値

黄色 (背景): リソース融合が発生した座標

Osaka University 11

まとめと今後の課題

- まとめ
 - MEC 技術を用いて様々なサービスを提供することを想定したとき、複数のサービスが収容されることにより、リソース融合が発生する恐れがある
 - 実世界変動に追従しつつ、リソース融合を調停する動的リソース制御手法が必要
 - 複数サービスの存在を考慮するコントローラを導入した、エッジルータの管理型自己組織化を行う手法の設計
 - コントローラは各サービスの時間的局所性や空間的局所性を考慮
 - サービスの局所性に基づいたリソース配置を数値例で確認
- 今後の課題
 - コントローラが、サービスの局所性から基準値を算出する際の算出方法の検討
 - より現実性のある実データ・環境設定における評価
 - コントローラが収集する情報量や粒度の検討