

Osaka University

Fractal Virtual Network Method for Achieving Efficiency and Robustness

坂本 昂輝
情報ネットワーク学専攻 村田研究室

情報ネットワーク学専攻修士論文発表会 2018 / 2 / 14

Osaka University

研究の背景

- 仮想ネットワークを用いたネットワークサービスの収容
 - インターネットを通じたサービスの多様化
 - サービス毎に仮想ネットワークを構成することで、ネットワークの性能面およびネットワーク管理者の様々な管理面に関する要求に応じることが可能
 - 仮想ネットワーク：物理ネットワークを論理的に分割することで構成するネットワーク
- サービスとして IoT (Internet of Things) 環境を想定
 - 多種多様なセンサー等が IoT を構成し、大規模化
- 大規模な仮想ネットワークのトポロジー設計
 - IoT サービスを十分な通信品質および可用性を確保して提供するためには、仮想ネットワークが高い通信効率および頑健性を備えておくことが必要

Osaka University

[3] Y. Shio, "A configuration method of virtual networks with hierarchical robustness inspired by the fractality of brain functional networks," Master's thesis, Graduate School of Information Science and Technology, Osaka University, Feb. 2016.

フラクタル性を有する仮想ネットワーク構成法[3]

- フラクタル性に着目し頑健性を備えた仮想ネットワークを構成
 - フラクタル性：ネットワークの一部が全体と同様の構造をもつ性質

$$M(r) \sim r^{d_f}$$

r : リンク長, $M(r)$: r で到達可能なノード数

- フラクタルネットワークはノード故障に対して頑健
- 次数特性のみにもとづいて仮想ネットワークを構成
- 課題：ネットワークの物理的な側面を考慮していない
 - 通信効率の低い仮想ネットワークを構成する可能性 5 + 8
 - 仮想ノードが配置される物理ノード間が物理的に遠く、仮想リンクが多く物理リンクを経由する可能性
 - フラクタル次元の固定化
 - フラクタル次元の増加はリンク長の増加に繋がりが、その結果、到達可能ノード数が増加し、通信効率も上昇

Osaka University

[4] L. Daqing, K. Kamide, A. Bund, and S. Havin, "Dimension of spatially embedded networks," Nature Physics, vol. 7, pp. 48-48, Feb. 2011.

研究の目的とアプローチ

- ネットワークの物理的な側面 (ノードの配置、リンク長) を考慮することで、任意のフラクタル次元を示すフラクタル仮想ネットワークの設計指針を示す
- フラクタル次元と通信効率・頑健性の関係を明らかにする

文献[4]では、次数を満たす保証がないため改良

- アプローチ
 - リンク長分布がべき分布に従うようにネットワークを構築
- ネットワーク構成フロー[4]
 - Parameters: ノード数 n , 平均次数 λ , べき分布に従うリンク長分布の指数 δ
 - Step 1. ノードの配置
 - n ノードを 2 次元正方形格子状に配置
 - Step 2. 次数の決定
 - 平均 λ のポアソン分布に従い次数を決定
 - Step 3. リンクの構築
 - 決定した次数を満たすように、指数 δ のべきリンク長分布に従ってリンクを構築

Osaka University

リンクの構築

- リンク長分布がべき分布に従うようにリンクを構築
 - リンク長分布がべき分布であるため、スケールに依らず同様の構造をとる

Osaka University

[19] V. Latora and M. Marchiori, "A measure of centrality based on network efficiency," New Journal of Physics, vol. 9, p.188, June 2007.

評価概要

- 評価項目
 - フラクタル次元と通信効率・頑健性の評価
 - ネットワーク規模の影響評価
 - ランダムネットワークとの比較評価 (本発表では割愛)
- 評価指標
 - 通信効率 (Efficiency)^[19]

$$E(G) = \frac{1}{n(n-1)} \sum_{i \neq j \in G} \frac{1}{d_{ij}(G)}$$
 - n はノード数, G は対象ネットワーク, d_{ij} はノード i から j への最短ホップ長
 - 頑健性 (Robustness)

$$R_{S_r} = \frac{E_{S_r}(G) - E_{S_r}(G - S_r)}{E_{S_r}(G)}, \quad E_{S_r}(G) = \frac{1}{n(n-1)} \sum_{i \neq j \in G - S_r} \frac{1}{d_{ij}(G)}$$
 - S_r は半径 r の故障ノード群

- ● S_r に含まれるノード
- ● 通信効率の計算対象となるノード

