

## Internet of Things環境のための情報の時空間局所性制御

小泉 佑揮<sup>a), b)</sup>, 村田 正幸<sup>a), b)</sup>

a) 大阪大学 大学院情報科学研究科  
b) 情報通信研究機構/大阪大学 脳情報通信融合研究センター

## Internet of Things環境における情報爆発

### ■ Internet of Things (IoT)

・膨大な情報が生成される  
→ 情報の価値や寿命を考え、不要になった情報を削除する、もしくは消滅させるという情報のライフサイクルを考える必要がある

### ■ 情報のライフサイクルを実現するため情報の持つ性質を考える

- ・空間的局所性
  - ・例：センサー端末によって収集された情報をモバイル端末で消費
- ・時間的局所性
  - ・例：鮮度が必要な情報（時間限定イベント情報、センシング情報）

### ■ 時空間局所性を持つ情報の管理方法

- ・時空間局所性を持つ情報を保管・管理するために、クラウドの利用は適していない
  - ・クラウド上では、情報が削除されない
  - ・特定の時間・特定の地域の人・モノからのみのアクセスしかない

Opportunistic Networksを利用し、必要な場所で必要な時間だけ局所的な範囲で情報共有するアプローチを考える

2

## 研究内容

### ■ 情報の時空間局所性

- ・空間的局所性
- ・時間的局所性
- ・空間的局所性と時間的局所性の関係

### ■ 時空間局所性を有する情報の共有方法

- ・グラディエントを用いたOpportunistic Network上での時空間局所性を有する情報の共有

3

## 情報の局所性

### ■ 空間的局所性

- ・その情報が有効である空間的範囲が限定的である
  - ・例：駐車場の空き情報 (IoTのSmart Cities)
  - ・その駐車場を利用する空間的範囲は限られている

### ■ 時間的局所性

- ・その情報が有効である時間的範囲が限定的である
  - ・例：時間限定イベント
  - ・イベントを開催している時間のみ有効である

### ■ 空間的局所性・時間的局所性の関係

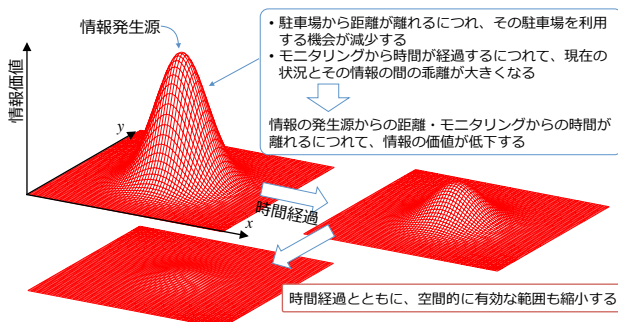
- ・両者は密接に関係がある
  - ・ある店舗の時間限定セールス
    - ・セールスが開催されている時間的範囲内でのみ有効
    - ・その時間内にその店に到達できる空間的範囲でのみ有効
  - ・駐車場の空き情報
    - ・センシングした空き情報は時間経過とともに現在の状況と乖離する
    - ・現在の状況と大きく乖離するまでにその駐車場まで到達できる空間的範囲でのみ有効

2つの局所性を同時に制御する必要がある

⇒ 情報の価値という観点から情報の時間的・空間的局所性を考える

## 情報の局所性の空間・時間変化

IoTのSmart Citiesにおける駐車場情報のモニタリングを例に情報の局所性を価値という観点で考える



5

## 時空間局所性を持つ情報の共有～概要～

### ■ 情報の時空間局所性

- ・時間的局所性と空間的局所性を情報の価値という観点でモデル化
- ・価値に応じて情報の取捨選択を制御

### ■ 情報拡散の基盤

- ・Opportunistic Networks上で情報を共有する
  - ・アドホック通信を用いてノード間で情報を交換する
- ・ブロードキャストで情報を共有する
  - ・通信可能な全てのノードに情報を共有する → 情報の削除は、受信したノードで実施

### ■ 情報の制御

- ・各ノードは情報の価値に応じて受信した情報を取捨選択する
  - ・価値が低い情報は破棄する
  - ・重複して受信した情報は、価値の高い方を残す

### ■ 制御アプローチ

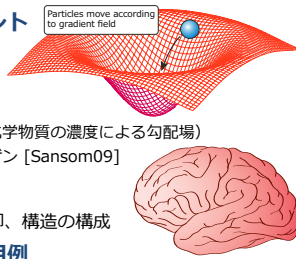
- ・グラディエントを用いた情報の時空間局所性制御

6

# 自然界におけるグラディエント

## 自然界におけるグラディエント

- ・ 力学における場
  - ・ 重力場、電場、磁場
- ・ 生物学における場
  - ・ 胚発達におけるモルフォゲン（化学物質の濃度による勾配場）
  - ・ 大脳皮質発達におけるモルフォゲン [Sansom09]



## 特徴

- ・ 空間的な移動の制御、役割の制御、構造の構成

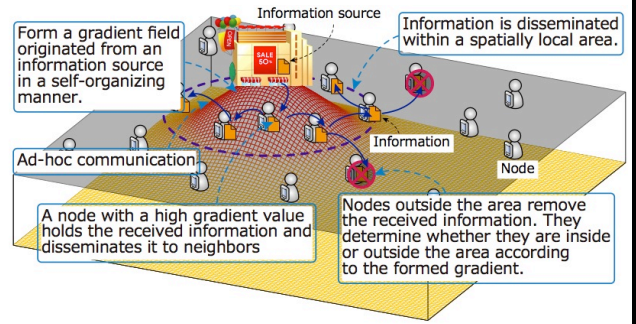
## グラディエントの工学的応用例

- ・ グラディエントにもとづく経路制御

グラディエントの情報の時空間局所性制御への応用

[Sansom09] S. N. Sansom and F. J. Livesey, "Gradients in the brain: the control of the development of form and function in the cerebral cortex," Cold Spring Harbor Perspectives in Biology, vol. 1, p. a002213, Aug. 2009.

# 時空間局所性を有する情報の共有 ～イメージ図～



# 時空間局所性を持つ情報の共有 ～情報共有制御の手順～

メタ情報
・ 情報の価値
コンテンツ

情報の構造

## 1. 情報の発信源は、現在の情報の価値をメタ情報として記述して情報を通信可能な全ノードに共有

- ・ 制御情報と必要な情報を同時に共有する

## 2. データを受信したノードはメタ情報に記述されている価値に応じて情報を取捨選択

- ・ 情報の価値が閾値  $\beta$  より低い場合は、情報を破棄する
- ・ 情報の価値が閾値  $\beta$  より高い場合は、ステップ3の情報価値更新に移行する
- ・ 複数の情報を受信した場合は、価値が最も高い情報を残して、他は破棄する

## 3. 情報の価値更新

- ・ 各ノードは情報のグラディエント生成モデルに沿って情報の価値を更新する
  - ・ 一定の時間間隔  $\gamma$  ごとに  $\alpha \cdot g$  で時間減衰させる
    - ・  $g$ : 情報の価値,  $\gamma$ : 更新間隔,  $\alpha$ : 価値の減衰定数

## 4. 通信可能な全ノードに情報のコピーを配布する

- ・ 情報を受信した相手ノード以外のノードに情報のコピーを配布する
  - ・ 受信側で情報の削除の制御を実施するため、相手がその情報をすでに受信しているかどうかの確認はしない

# グラディエントを用いた情報の時空間局所性制御

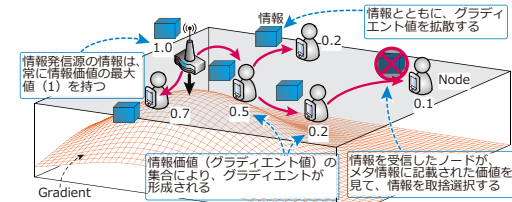
## ■ 前提条件

- ・ 各情報はグラディエント値  $g_i(t)$  を持つ ( $t$  は時刻,  $i$  は情報のID)
- ・ 情報は発生したときに常に  $g_i(t) = 1$  (最大のグラディエント値)

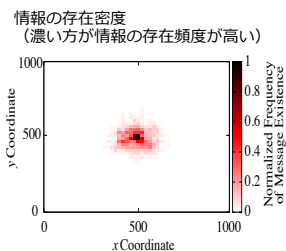
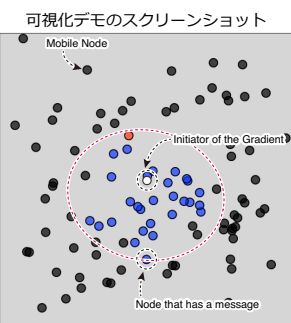
## ■ グラディエント生成方法

$$g_i(t) = \begin{cases} g_i(t) - \theta & \text{When nodes receive the content} \\ \alpha \cdot g_i(t - \gamma) & \text{otherwise} \end{cases}$$

- ・  $\alpha$  は1より小さい定数,  $\theta$  は定数,  $\gamma$  はグラディエント更新間隔
- ・  $g_i(t) > \beta$  であるノードは受信した情報を保持し、そうでなければ破棄する
- ・  $g_i(t) > g_j(t)$  である情報を保持している場合は、情報を破棄する

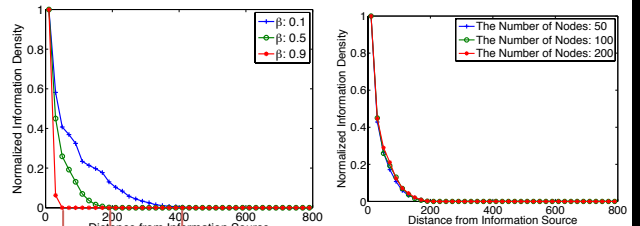


# グラディエントを用いた時空間的局所性制御 ～デモ～



# 局所性の範囲制御

## 情報源からの距離と情報の存在密度



空間的局所性の厳密な制御は不可能であるものの、 $\beta$  を調整することで、情報が拡散する範囲 (空間的局所性) を制御可能

ノード密度の変化に対して、空間的局所性が変化しない  
↓  
制御が容易である (ただし、移動速度には依存する)

## まとめ

### ■ IoT環境における情報爆発

- ・クラウドにのみ依存するのは困難である
- ・→ Opportunistic Networksを利用し、必要な場所で必要な時間だけ局所的な範囲で共有するアプローチも必要

### ■ 情報の局所性

- ・空間的局所性
- ・時間的局所性

### ■ グラディエントを用いた情報の時空間局所性制御

- ・自然界に存在するグラディエントの概念を応用
  - ・シンプルな機構でラフな局所性制御を実現

### ■ 今後の課題

- ・情報の時空間局所性のモデル化

