

## マルチシンク構成のセンサネットワークにおける ロバストな情報収集メカニズムの提案と評価

○木利 友一  
菅野 正嗣  
村田 正幸

## センサネットワーク

- 多数のセンサノードから構成される  
情報収集用の無線ネットワーク

### メリット

- 広い観測領域
- 敷設コストの安さ
- 従来の点としての情報を面の情報として入手可能



シンク      センサノード      イベントの影響範囲

2007/3/9      情報ネットワーク研究会      2

## 単一シンク構成の限界とマルチシンク構成

### 単一シンク構成のセンサネットワーク

- 電力が枯渇したセンサノード
- 残余電力のあるセンサノード



- Converge-cast (多対一通信) とマルチホップ通信をもたらす消費電力の不均一性 [2]
- センサネットワークにおける本質的な問題
- シンクノードが単一故障点

### マルチシンク構成のセンサネットワーク

- 中継負荷の分散による長時間稼動
- ロバスト性の向上

2007/3/9      情報ネットワーク研究会      3

## センサネットワークの課題

### ロバスト性

- 不安定なトポロジ
  - センサノードの残余電力の枯渇
  - センサノードの故障
- 特殊な役割を担う要素の存在
  - シンクの故障が大きな影響
- 劣悪な通信品質
  - 無線ネットワーク特有の伝送誤り率の高さ

環境への適応性  
自己修復性

### スケーラビリティ

- 数百、数千オーダーのセンサノードの配置
  - 集中制御は困難

自己組織性  
創発性

2007/3/9      情報ネットワーク研究会      4

## 群知能からの着想

- 蟻や蜂の群れとしての行動
  - それぞれの個体は単純
    - 周辺の状況、周辺の個体のみと相互作用を繰り返す
    - 種として持っているルールに従い自己の行動を決定
  - 個体の行動が群れとしての最適な制御となって発現
    - 環境変化への高い適応性
    - 高いロバスト性
    - スケーラビリティに富む

センサネットワークにおいても望ましい性質

→ 適応性のあるロバストなセンサネットワークを群知能を用いて実現できないか

2007/3/9      情報ネットワーク研究会      5

## 研究の目的

- ロバスト性のある情報収集メカニズムの提案**
  - マルチシンク構成のセンサネットワークが対象
  - 群知能の適用

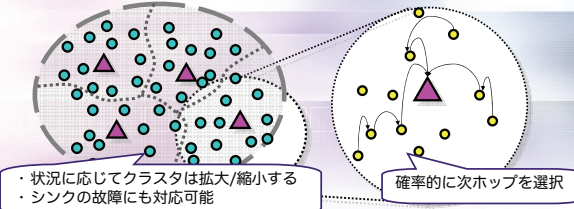
### ロバスト性

- ネットワークの変化に対して
  - センサノードの故障
  - シンクの故障
- 伝送誤りに対して
  - 無線ネットワークの劣悪な通信品質でも動作

2007/3/9      情報ネットワーク研究会      6

## 提案手法の概要

- ネットワークをシンクノードの数と同数のクラスタに分割
  - Ant-based Clusteringを適用した動的なクラスタリング
  - クラスタに所属したセンサノードは、そのクラスタのシンクにデータを送る
- 各クラスタ内で、シンクノードまでのルーティングを行う
  - Ant Colony Optimization (ACO)を適用



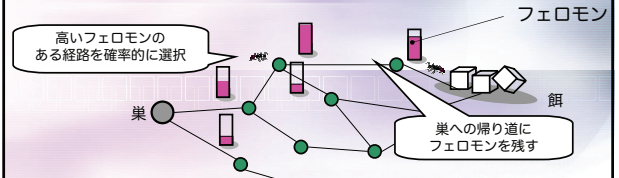
2007/3/9

情報ネットワーク研究会

7

## Ant Colony Optimizationの原理

- 蟻の採餌行動に見られる性質
  - 蟻は経路を選びながら餌を探す
  - フェロモンが強く残っている経路ほど選ぶ確率が高い
  - 巣へ戻るとき、その経路にフェロモンを残す
    - そのフェロモンがまた他の蟻をひきつける
  - 良い経路ほど高いフェロモンを持つようになる



2007/3/9

情報ネットワーク研究会

8

## フェロモン分布の実現

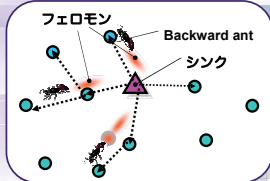
センサノードからのパケットをシンクノードまで届けるには：  
シンクに近くなる経路ほど高いフェロモンを持たせる必要

- シンクは周期的にbackward antを送信
  - Backward antは経路するセンサノードにフェロモンを残す

Backward antが運ぶフェロモンの値：

- ホップごとに減少
- 残余電力が小さいノードを経由すると減少

↓  
センサノードに十分な残余電力があり、シンクまでの経路長が短い経路ほど高いフェロモンを持つ



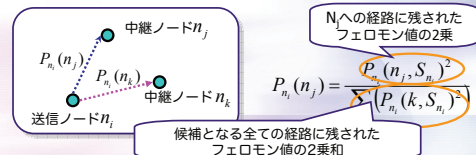
2007/3/9

情報ネットワーク研究会

9

## クラスタ内ルーティング

- フェロモンの値に応じて確率的に次ホップノードを選択する



- センサノードは隣接センサノードと周期的にフェロモンを交換
  - 周辺のセンサノードの経路にあるフェロモンの把握
  - 生存確認
    - 一定時間フェロモンを交換できなければそのノードは故障と判断

- 故障と判断したセンサノードへの経路は選択する経路の候補から取り除く
  - これだけで故障ノードへの対応が可能

2007/3/9

情報ネットワーク研究会

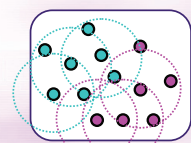
10

## Ant-based Clustering

- 幼虫や卵を大きさ順に並べる蟻の群知能
  - 周辺の幼虫と類似度が小さい(サイズの異なる)幼虫を拾い上げ
  - 類似度の大きい幼虫が多く存在する場所へ置く

この動作を繰り返すことで、  
周辺の情報のみを用いて幼虫のサイズ別のクラスタが形成

「類似度」を「所属するクラスタの望ましさ」で置き換え



### 所属するクラスタの望ましさ

- 所属するセンサノードの残余電力
- 所属するセンサノードのシンクからの距離
- シンクが正常稼動

フェロモン交換と同時に動的にクラスタリング

2007/3/9

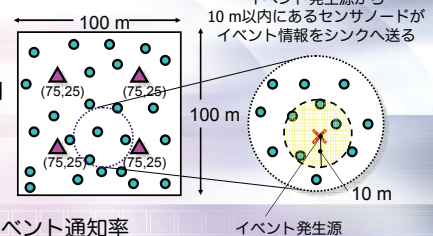
情報ネットワーク研究会

11

## シミュレーション条件

- ns-2を用いたシミュレーション

センサノード:200台  
シンク:4台  
送信距離:10 m



- 評価指標：イベント通知率

イベントについて、  
シンクが受信できたパケット数÷センサノードが送信した全パケット数

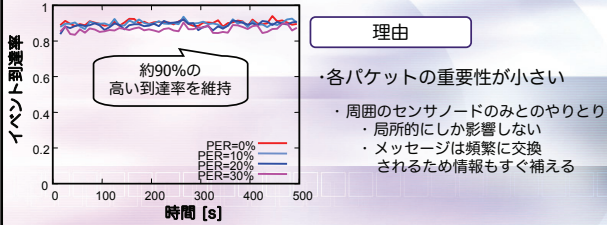
2007/3/9

情報ネットワーク研究会

12

## 伝送誤りに対するロバスト性

- イベント到達率は伝送誤りにほとんど影響を受けない



提案手法は劣悪な通信品質でも対応できる

2007/3/9

情報ネットワーク研究会

13

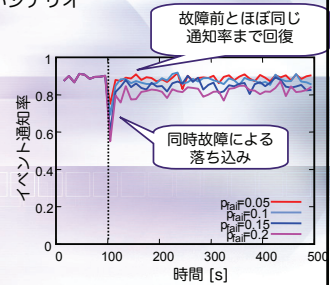
## センサノードの故障に対するロバスト性

- $t=100[s]$ にセンサノード $200 \times p_{fail}$ 台を同時故障させる

- ランダム故障よりも厳しいシナリオ
- PER=10%

わずかな時間で通知率は回復

- 確率的なルーティングが寄与
- 故障ノードを次ホップノードの候補から外すだけで故障への対応が可能



2007/3/9

情報ネットワーク研究会

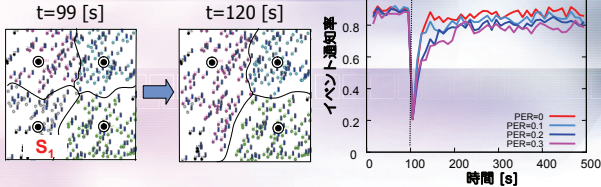
14

## シンク故障に対するロバスト性

- (25,25)に位置するシンク $S_1$ を $t=100[s]$ で故障させる
- 影響がわかりやすいように、 $S_1$ 周辺にだけイベントを発生させる

シンクが故障しても自己修復可能

Ant-based clusteringにより、  
クラスタが3つに収斂



2007/3/9

情報ネットワーク研究会

15

## まとめ

- マルチシンク構成のセンサネットワークを対象に群知能を適用したロバスト性のあるデータ収集手法の提案
  - 伝送誤りに対してロバスト
  - センサノード故障に対してロバスト
  - シンク故障に対してロバスト

今後の課題

- パラメータの影響についての評価
- 集中制御との性質の違いを明らかにする

2007/3/9

情報ネットワーク研究会

16