

Advanced Network Architecture Research Group

## センサネットワークのための 進行波現象を利用した通信機構の実装と評価

谷口義明 若宮直紀 村田正幸  
大阪大学 大学院情報科学研究科

2007/7/19 NS研究会 2

Advanced Network Architecture Research Group

## 発表内容

- 研究の背景、目的
- 進行波現象を利用したセンサネットワーク通信機構
  - 実装概要
  - 実証実験結果とその問題点
- 通信機構の改良と動作検証
- まとめと今後の課題

2007/7/19 NS研究会 2

Advanced Network Architecture Research Group

## センサネットワーク

- 無線通信機能を有するセンサ端末を多数配置
- 環境情報を収集、利用
  - 農場、河川、生態観測、等
- 通信機構への要求事項
  - 電力効率の良い制御
    - 電池駆動、交換コスト
  - 自律分散的な制御
    - 多数のセンサ端末を無作為に配置
    - 集中制御は困難

2007/7/19 NS研究会 3

Advanced Network Architecture Research Group

## 進行波現象を利用した センサネットワーク通信機構 [1]

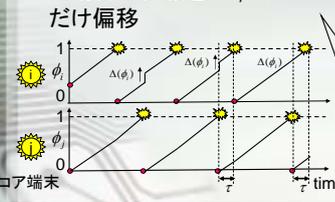
- 任意のセンサ端末(コア端末)を中心とする定期的な情報収集あるいは情報拡散
  - 情報収集 (例: 温度情報)
  - 情報拡散 (例: 制御情報)
- 自律分散的に通信タイミングを制御
  - スリープ制御による消費電力の低減
  - パルス結合振動子モデルによる進行波現象を利用

2007/7/19 NS研究会 4

Advanced Network Architecture Research Group

## 進行波現象を利用した センサ端末の通信タイミング制御方法

- センサ端末は位相  $\phi \in [0, 1]$  を持つ
- 位相が 1 になるとメッセージを送信、位相を 0 に戻す
- コア端末により近いセンサ端末からメッセージを受信した場合は位相を  $\Delta(\phi)$  (PRC: Phase Response Curve) だけ偏移



$$\Delta(\phi) = a \sin \frac{\pi}{g} \phi + b(g - \phi)$$

$$g = (1 + \delta \tau) \bmod 1$$

a, b: パラメータ  
 $\tau$ : メッセージの伝搬間隔  
 $\delta$ : メッセージの伝搬方向

2007/7/19 NS研究会 5

Advanced Network Architecture Research Group

## 研究の目的

- 進行波現象を利用したセンサネットワークのための自己組織型通信機構の実装と評価
  - 提案機構の実システムへの実装
  - システムの実用性、有効性の検証
  - 性能向上のための改良

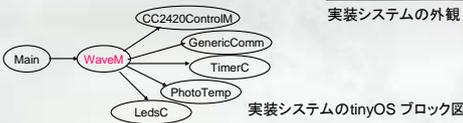
2007/7/19 NS研究会 6

## 実装システムの概要

- Crossbow 社 MICAz MOTE の使用
  - IEEE 802.15.4 + B-MAC (CSMA/CA)
- tinyOS + NesCによるプログラムの作成



実装システムの外観



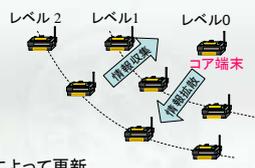
実装システムのtinyOS ブロック図

- 拡張ボードの作成と装着
  - コア端末として設定するためのタクトスイッチ
  - メッセージ送信タイミングにあわせて発光するLED

2007/7/19 NS研究会 7

## センサ端末の持つ情報

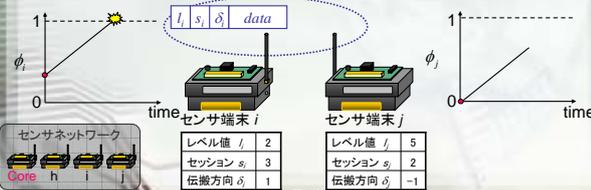
- センサ端末  $i$  の持つ情報
  - タイマ位相  $\phi_i \in [0, 1]$
  - PRC  $\Delta(\phi)$
  - オフセット  $\tau$ 
    - メッセージの伝搬間隔
  - セッション識別子  $s_i$ 
    - セッション開始時にコア端末によって更新
  - レベル値  $l_i$ 
    - コア端末からの最小ホップ数
  - 伝搬方向  $\delta_i$  (-1: 情報収集, 1: 情報拡散)



2007/7/19 NS研究会 8

## センサ端末の動作

- タイマ位相が 1 になるとメッセージをブロードキャスト
- メッセージに含まれるもの
  - レベル値  $l_j$ 、セッション識別子  $s_j$ 、伝搬方向  $\delta_j$ 、センサ情報
  - コア端末は、レベル値  $l_i$  として 0 を、セッション識別子  $s_i$  としてセッション開始以前のものに 1 加えたものを用いる

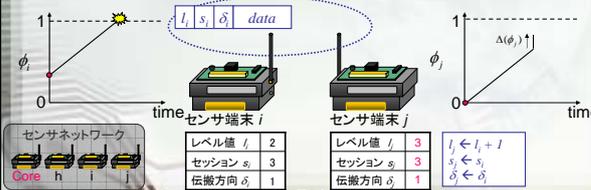


センサネットワーク	センサ端末 i	センサ端末 j
レベル値 $l_i$	2	5
セッション $s_i$	3	2
伝搬方向 $\delta_i$	1	-1

2007/7/19 NS研究会 9

## メッセージ受信時の動作 (1)

- セッション識別子  $s_j < s_i$ 
  - 新しい通信が始まったものと判断
  - レベル値  $l_j$ 、セッション識別子  $s_j$ 、伝搬方向  $\delta_j$  を更新
  - 刺激を受け、タイマ位相  $\phi_i$  を調整



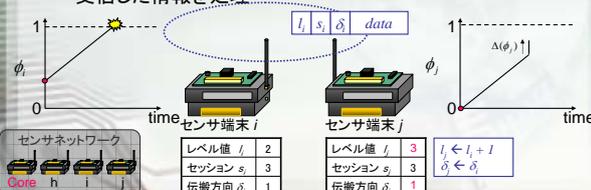
センサネットワーク	センサ端末 i	センサ端末 j
レベル値 $l_i$	2	3
セッション $s_i$	3	3
伝搬方向 $\delta_i$	1	1

$l_j < l_i + 1$   
 $s_j < s_i$   
 $\delta_j < \delta_i$

2007/7/19 NS研究会 10

## メッセージ受信時の動作 (2)

- セッション識別子  $s_j = s_i$ 、レベル値  $l_j > l_i$ 
  - レベル値  $l_j$ 、伝搬方向  $\delta_j$  を更新
  - 刺激を受け、タイマ位相  $\phi_i$  を調整
- 上流ノードからのメッセージ (i.e.,  $l_j = l_i - \delta_i$ )
  - 受信した情報を処理



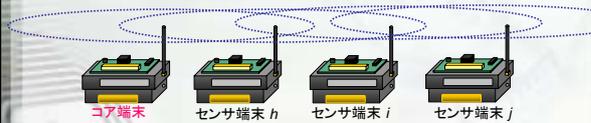
センサネットワーク	センサ端末 i	センサ端末 j
レベル値 $l_i$	2	3
セッション $s_i$	3	3
伝搬方向 $\delta_i$	1	1

$l_j < l_i + 1$   
 $\delta_j < \delta_i$

2007/7/19 NS研究会 11

## 進行波の発生

- メッセージのやり取りを繰り返すことで進行波が発生
  - 情報収集状
    - 時間間隔  $\tau$  毎にコア端末へ向かってメッセージが伝搬
  - 情報拡散状
    - 時間間隔  $\tau$  毎にコア端末から順にメッセージが伝搬



2007/7/19 NS研究会 12

### スリープ制御

- 進行波生成後、タイマ位相が  $\tau$  から  $1-\tau$  の間スリープ
- 消費電力が節減
  - アクティブ時: 110mW
  - スリープ時: 48 $\mu$ W

2007/7/19 NS研究会 13

### 実験による動作検証

- センサ端末の設定
  - 周期 3秒、オフセット  $\tau=0.3$ 秒
- 実験シナリオ
  - コア端末なし
  - #6を情報拡散状の通信を行うコア端末に設定
  - #11を情報収集状の通信を行うコア端末に設定

2007/7/19 NS研究会 14

### パケットロスへの対策

- 衝突によりパケットロスが発生
  - 同じレベル値を持つセンサ端末が同じタイミングでパケットをブロードキャストするため
- 実験における平均配送率は**87%**
- パケットロスへの対策(改良機構)
  - パケット送信タイミングを分散させ、衝突を回避
  - センサ端末毎にランダムなオフセット  $\tau_i$  ( $0 \leq \tau_{min} < \tau_i \leq \tau_{max} = \tau$ ) を使用

2007/7/19 NS研究会 15

### 改良機構の実験検証

- パケットロス率の軽減
  - 近隣センサ端末数とパケットロス率の関係
- 情報の配送率の改善
  - 前述の実験と同構成の実験で平均配送率は**87%→95%**に改善

2007/7/19 NS研究会 16

### まとめと今後の課題

- まとめ
  - 進行波現象を利用したセンサネットワーク通信機構の実装
  - パケット衝突の回避法の提案と評価
    - ・ パケットロス率の改善
    - ・ 情報の配送率の改善
- 今後の課題
  - より大規模、障害物の多い、電波環境の悪い環境での実験および提案機構の改良
  - 進行波生成までに要する時間の高速化

2007/7/19 NS研究会 17

Thank you