

Advanced Network Architecture Research Group

パルス結合振動子モデルにおける 進行波状態を応用した センサネットワークのための 自己組織型通信機構

大阪大学 大学院情報科学研究科
谷口 義明
y-tanigu@ist.osaka-u.ac.jp

Advanced Network Architecture Research Group

発表内容

- 研究の背景、目的
- パルス結合振動子モデル
 - 完全同期状態と進行波状態
 - 所望の進行波の生成
- 提案機構
- シミュレーション評価
- まとめと今後の課題

2006/7/19
NS研究会
2

Advanced Network Architecture Research Group

研究の背景

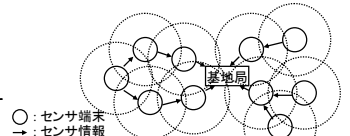
- センサネットワーク
 - 無線通信機能を有するセンサ端末を多数配置
 - 環境情報を収集、利用
 - 農場、河川、生態観測、等
- センサネットワークにおける通信機構への要求事項
 - 電力効率の良い制御
 - 電源容量が制限
 - 自律分散的な制御
 - 多数のセンサ端末が無作為に配置
 - 集中制御は困難

2006/7/19
NS研究会
3

Advanced Network Architecture Research Group

同期型センサ情報収集機構 [2]

- 観測領域からの定期的な情報収集
 - センサネットワークの周縁部から同期を取りつつ順次基地局へセンサ情報を転送
 - センサ端末同士の局所的な相互作用によって同期
 - スリープ制御による消費電力の低減
- アプリケーションによっては他の形態の通信が必要
 - 基地局あるいは情報発生源からの周期的な情報拡散



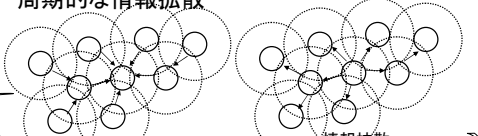
2006/7/19
NS研究会
4

[2] N. Nakamiya, M. Murata, "Synchronization-based data gathering scheme for sensor networks", IEICE Transactions on Communications, vol. E88-B, no. 873-881, Mar. 2005.

Advanced Network Architecture Research Group

研究の目的

- 様々な形態の通信に自律的に適応する通信機構の提案
 - 全センサ端末から基地局への周期的なセンサ情報の収集
 - 情報発生源からセンサネットワーク全体への周期的な情報拡散

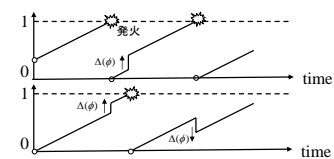


2006/7/19
NS研究会
5

Advanced Network Architecture Research Group

パルス結合振動子モデル

- 振動子 i は位相 $\phi_i \in [0, 1]$ を持つ
- 位相が 1 に達すると発火し 0 に戻る
- 振動子 i が発火すると、結合関係にある振動子 j は刺激を受け位相を $\Delta(\phi_i)$ だけ偏移
 - $\Delta(\phi)$: PRC (Phase Response Curve: 位相応答曲線)



2006/7/19
NS研究会
6

完全同期状態と進行波状態

- 初期位相やPRCの性質によって振動子は以下の状態に遷移
 - 完全同期状態: 全振動子が完全に同期して発火
 - 進行波状態: 振動子間で固定の位相差を保ち発火

2006/7/19 NS研究会 7

様々な進行波

- PRCやパラメータを適切に設定することで所望の進行波を生成可能
 - 直線状
 - 平面状

2006/7/19 NS研究会 8

所望の進行波を生成する PRC (1)

- 振動子の配置
 - 端にペースメーカー P
 - 近隣振動子からの刺激を受けず一定時間間隔で発火
 - 情報収集源あるいは情報拡散源に相当
- 直線状に N 個の振動子
 - ペースメーカーにより近い近隣振動子からのみ刺激を受ける
- 進行波の形状
 - 拡散状: ペースメーカー、振動子1、...、振動子 N の順に時間間隔 τ 毎に発火
 - 収集状: 振動子 N 、振動子 $N-1$ 、...、ペースメーカーの順に発火

2006/7/19 NS研究会 9

所望の進行波を生成する PRC (2)

- 初期位相によらず所望の進行波を生成するPRCの条件

$$\begin{cases} 0 < \Delta(\phi) \leq 1 - \tau - \phi & (0 \leq \phi < 1 - \tau) \\ \Delta(\phi) = 0 & (\phi = 1 - \tau) \\ 1 - \tau - \phi \leq \Delta(\phi) < 0 & (1 - \tau < \phi < 1) \end{cases}$$
- 条件を満たすPRCの一例

$$\Delta(\phi) = a \sin \frac{\pi}{1 - \tau} \phi + b(1 - \tau - \phi)$$

a, b: 進行波に達するまでの速度を決めるパラメータ
 $\tau < 0.5$ であれば拡散状、 $\tau > 0.5$ であれば収集状の進行波

2006/7/19 NS研究会 10

進行波状態を応用した通信機構

- コア端末
 - 情報の拡散源あるいは収集源となるセンサ端末
 - 同時に高タワー台
 - アプリケーションの要求する期間、通信
- センサ端末が持つ情報
 - タイム位相 $\phi_i \in [0, 1]$
 - PRC

$$\Delta(\phi) = a \sin \frac{\pi}{1 - \tau} \phi + b(g - \phi), \quad g = (1 + \delta_i \tau) \bmod 1$$
 - パラメータ δ_i
 - 情報伝播の方向を制御 -1で情報収集、1で情報拡散
 - レベル値 l_i
 - コア端末からの最小ホップ数
 - セッション識別子 s_i
 - オフセット τ

2006/7/19 NS研究会 11

センサ端末の動作

- タイム位相が 1 になるとメッセージをブロードキャスト
 - 情報
 - レベル値 l_i
 - コア端末の場合 0
 - パラメータ δ_i
 - セッション識別子 s_i
 - コア端末の場合、自身がコア端末になる以前のセッション識別子に 1 を加えたもの
- タイム位相が τ から $1 - \tau$ の間はスリープ

2006/7/19 NS研究会 12

Advanced Network Architecture Research Group

メッセージ受信時の動作

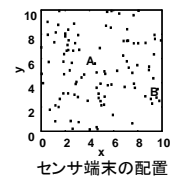
- センサ端末 i がセンサ端末 j からメッセージを受信
 - セッション識別子が $s_j > s_i$
 - 新しい通信が開始されたものと判断
 - レベルを $l_i = l_j + 1$ 、セッション識別子、パラメータを受信したものに更新、刺激を受ける
 - セッション識別子が一致
 - レベルが $l_j < l_i$
 - $l_i = l_j + 1$ とした上で刺激を受ける
 - レベルが $l_j = l_i - \delta_i$
 - 受信した情報を自身の情報と集約
- 刺激を受けたセンサ端末は PRC にもとづいて位相を偏移

2006/7/19 NS研究会 13

Advanced Network Architecture Research Group

シミュレーション設定

- 設定
 - 領域 10×10
 - センサ端末数 100 台
 - ブロードキャスト半径 2
 - オフセット $\tau = 0.1$
 - PRCのパラメータ $a=0.01, b=0.5$
- シナリオ
 - 時刻 0 から時刻 20
センサ端末 A を情報拡散を行うコア端末
 - 時刻 20 から時刻 40
センサ端末 B を情報収集を行うコア端末



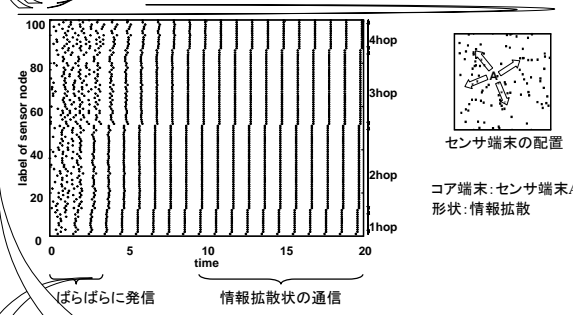
センサ端末の配置

2006/7/19 NS研究会 14

Advanced Network Architecture Research Group

シミュレーション結果 (1)

時刻 0 から時刻 20



センサ端末の配置

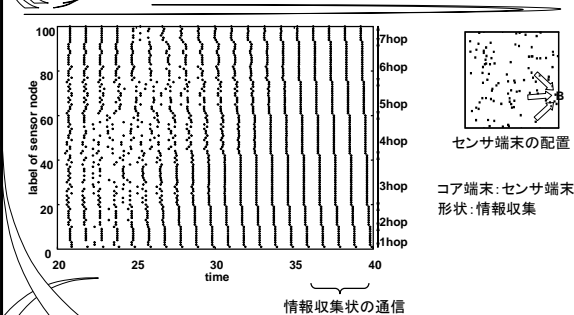
コア端末: センサ端末A
形状: 情報拡散

2006/7/19 NS研究会 15

Advanced Network Architecture Research Group

シミュレーション結果 (2)

時刻 20 から時刻 40



センサ端末の配置

コア端末: センサ端末B
形状: 情報収集

2006/7/19 NS研究会 16

Advanced Network Architecture Research Group

まとめと今後の課題

- まとめ
 - アプリケーションの要求に応じた形態の通信に適応可能な通信機構の提案
 - シミュレーションによる動作確認
- 今後の課題
 - ネットワークポロジが変化する環境での評価および提案機構の改良
 - センサ端末の追加、故障、除去
 - 不安定、非対称な無線リンク
 - 実機を用いた実装実験

2006/7/19 NS研究会 17