

Advanced Network Architecture Research Group
http://www.anarg.jp

Frog Call-Inspired Self-Organizing Transmission Scheduling Scheme for Wireless Sensor Networks

蛙の発声行動に着想を得た自己組織スケジューリング手法の提案

大阪大学 大学院情報科学研究科
情報ネットワーク学専攻 博士前期課程2年 村田研究室
牟田園 明

研究の背景

- 生物に学ぶ自己組織型ネットワーク制御
 - 蟻の採餌行動 (ルーティング)
 - 魚や哺乳類の皮膚のパターン形成 (クラスタリング)
 - 蛍の集団発光 (スケジューリング)
- 自己組織性をもたらす要因
 - 個体間での局所的なやり取り
 - 柔軟性をもたらすランダム性
 - 経験に基づくフィードバック

生物システムのネットワーク分野への適用

Advanced Network Architecture Research Group 平成20年度 修士論文発表会
http://www.anarg.jp

蛙の交互合唱行動

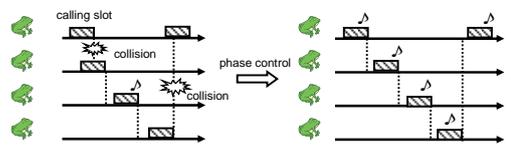


ニホンアマガエル

Advanced Network Architecture Research Group 平成20年度 修士論文発表会
http://www.anarg.jp

蛙の交互合唱行動

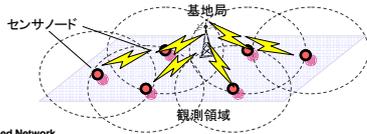
- 雌を惹きつけるための広告音
- 局所的なやりとりで自己組織的にタイミングを逆相同期
- 他の雄との鳴き声の干渉を回避



Advanced Network Architecture Research Group 平成20年度 修士論文発表会
http://www.anarg.jp

センサネットワークへの適用

- データ送信タイミングを調整する位相制御
- 位相制御によりパケット衝突を回避するデータ収集
 - ノードが定期的にセンシングした情報を基地局に送信
 - 交互にデータ送信することでパケット衝突を回避
 - 送信失敗時の再送信が不必要
 - 送信失敗を削減し高いデータ収集率を実現
 - データが基地局に到達するまでの遅延を短縮

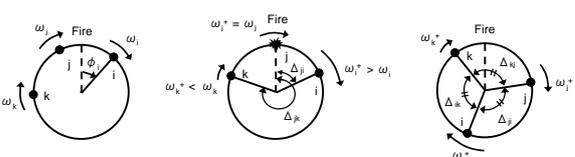


Advanced Network Architecture Research Group 平成20年度 修士論文発表会
http://www.anarg.jp

位相制御メカニズム

- パルス結合振動子 [5] によりモデル化
- 正負の刺激を与え合うことで発火速度を調整
- 均等な位相差かつ刺激の総和量0で安定逆相同期

位相 $\varphi \in [0, 2\pi]$, 角速度 $\omega = d\varphi / dt$, 位相差 $\Delta_{ij} = \varphi_i - \varphi_j$
 位相距離 $\delta_{ij} = \min(\Delta_{ij}, 2\pi - \Delta_{ij})$, $\omega_i^* = \omega + \alpha \sin(\Delta_{ij}) \exp(-\delta_{ij})$

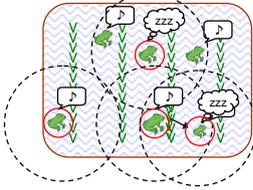


Advanced Network Architecture Research Group 平成20年度 修士論文発表会
http://www.anarg.jp

[5] R.E. Mirollo and S.H. Strogatz, "Synchronization of pulse-coupled biological oscillators," *Journal of Applied Mathematics*, vol.50, pp.1645-1662, Dec. 1990.

蛙のサテライト行動

- 鳴かずに身を潜めるサテライト行動
 - 鳴いて消耗する体力の損失 > 鳴いて雌を獲得する利益
 - 体のサイズや鳴き声の大きさ、競合相手の数から判断



センサネットワークでのスリープ制御に適用

- 冗長な端末の電力抑制
- カバレッジの分散
- 衝突を回避する帯域の割当



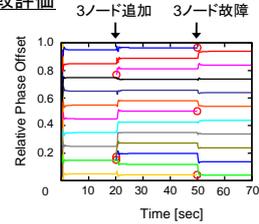
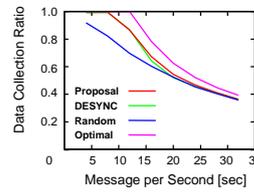
Advanced Network
Architecture Research Group
http://www.anarg.jp

平成20年度 修士論文発表会

7

位相制御の結果

- 端末数によらず自己組織的に逆相同期を達成
- パケットロスに対する頑強性やトポロジの変化に対する適応性
- 他の手法とデータ収集率を比較評価



ランダムな手法より
高いデータ収集率を実現

トポロジ変化に対する適応性



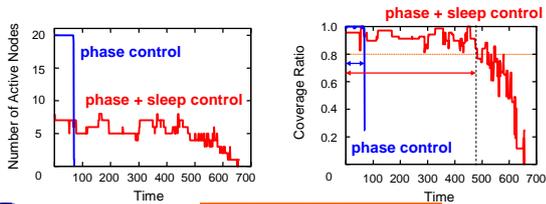
Advanced Network
Architecture Research Group
http://www.anarg.jp

平成20年度 修士論文発表会

8

スリープ制御の結果

- 位相制御と位相・スリープ制御を比較
- ノード数20で起動ノード数とカバレッジ率を評価
- 通信環境に応じた通信帯域の割り当て
- カバレッジを保ちつつネットワークを長寿命化



Advanced Network
Architecture Research Group
http://www.anarg.jp

8割のカバレッジに対して
6.7倍のネットワーク長寿命化

9

まとめと今後の課題

- 生物の持つ自己組織性に注目
- 蛙の発声行動に着想を得た送信スケジュール手法を提案
 - 送信タイミングを調整する位相制御
 - 通信環境に応じたスリープ制御
- シミュレーションによる評価
 - ランダムな手法と比較してデータ収集率を最大24%改善
 - スリープ制御により、8割のカバレッジ率を目的とした場合にネットワーク寿命を6.7倍長期化
- 同期安定性の数学的な解析
- マルチホップが必要となるネットワークへの応用
- 分散型手法との情報依存度の比較評価



Advanced Network
Architecture Research Group
http://www.anarg.jp

平成20年度 修士論文発表会

10

ありがとうございました



Advanced Network
Architecture Research Group
http://www.anarg.jp

平成20年度 修士論文発表会

11