

免疫系の情報処理に学んだセンサネットワークの研究

名古屋市立大学 システム自然科学研究科 渡邊裕司 (yuji@nsc.nagoya-cu.ac.jp)

目的 複数のセンサを備えたシステムにおいて、免疫系の情報処理機構に学んだ相互診断エージェントを用いたセンサネットワークモデルを提案し、その基本性能をシミュレーション環境で評価する
特に無線ネットワーク上でエージェントに移動能力を与えた場合の検出精度の違いを調べる

背景

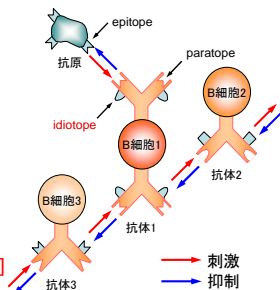
生物に学んだ情報処理システム

- 神経系 → ニューラルネットワーク
- 遺伝系 → 遺伝的アルゴリズムなど
- 免疫系 → ???

免疫系の特徴

- 自己・非自己の認識
- 細胞間のネットワーク
 - ✓ イデオタイプネットワーク説(右図)[Jeme 73]
 - ✓ サイトカインネットワーク、免疫シナプス
- T細胞やB細胞など種類の異なる多数の細胞からなるシステム
- レセプターの多様性(遺伝子の再構成)

相互認識

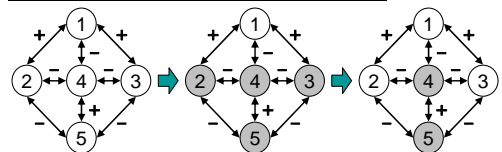


免疫型診断モデル

相互診断エージェント

- 簡単な情報処理能力を持ったエージェント同士を相互に接続
- エージェントは他のエージェントを診断し、自分も診断される相互認識の関係
- 診断結果 T_{ji} をもとに、各エージェントの信用度 R_i をダイナミカルモデルを用いて更新

相互診断の例(犯人捜しパズル)



- + : お互いに信用できる(犯人でない)
- : お互いに信用できない(犯人である)
- : 高い信用度(活性)
- : 低い信用度(非活性)

ダイナミカルモデルによる実現

$$\frac{dr_i(t)}{dt} = \sum_j T_{ji} R_j + \sum_j T_{ij} R_j - \frac{1}{2} \sum_{j \in (k, T_{ik} \neq 0)} (T_{ij} + 1) \quad (1)$$

$$R_i(t) = \frac{1}{1 + \exp(-r_i(t))} \quad \text{Reflection Effect} \quad (2)$$

- $R_i(t)$: ステップ t でのエージェント i の信用度 $[0, 1]$
- r_i : 媒介変数 $(-\infty, \infty)$
- T_{ji} : エージェント j がエージェント i を診断した結果

従来研究では有線ネットワーク上で固定した相手との診断
↓
近年注目の「無線センサネットワーク」への応用のために
無線ネットワークを想定した環境での基本性能を調べる

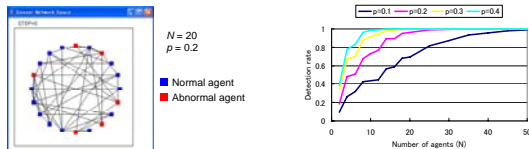
シミュレーション結果

シミュレーション条件

- エージェント数は N とし、状態は「正常」と「異常」のみ
- 診断結果 T_{ji} は、状態が同じならば1、異なれば-1、診断対象外ならば0
- 信用度の初期値 $R_i(0) = 1$ とし、 $R_i(20) < 0.5$ で「異常」と判定
- 異常エージェント数を $0.3N$ とし、異常の検出率を測定(1000環境の平均)

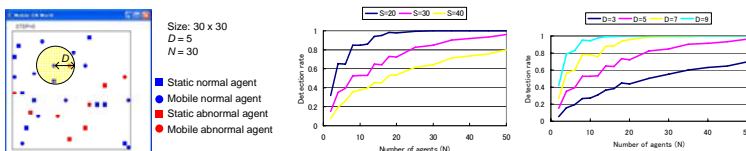
有線ネットワーク上での性能

接続確率 p のランダムグラフ上でエージェント数 N に対する検出率
(他にスモールワールド、スケールフリーネットワーク上でも検証中)



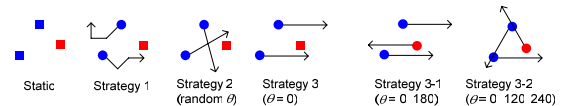
無線ネットワーク上での性能

空間の大きさ S 、診断領域半径 D 、エージェント数 N の変化に対する検出率



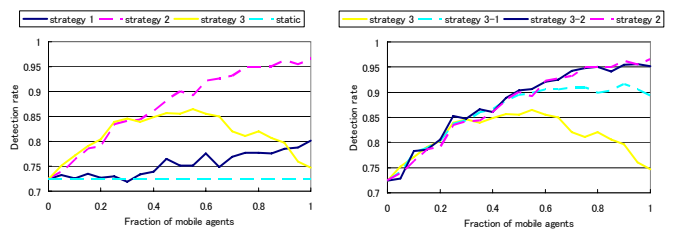
移動エージェントの導入

- 生物の免疫細胞は体内を循環(移動)
→ 一部のエージェントに移動能力を付与
- 移動エージェントの割合と移動戦略を変更



移動エージェントによる効果

移動エージェントの割合に対する各戦略の検出率 ($S=30, D=5, N=20$ の場合)



まとめ

- 移動エージェントの導入による検出率の向上および移動方向の分布による検出率の相違を確認
- 市販の無線センサキット(Crossbow社のMOTE™)を用いたホームセキュリティシステムへの応用
- 本研究成果を10th International Conference on Knowledge-Based Intelligent Information Engineering Systemsにて発表予定(2006年10月イギリス)
- 平成18~20年度の科学研究費補助金(若手研究(B))により継続して研究

