

新しい分散型多数決アルゴリズムを開発 ～センサネットワークの智能化に貢献～

名古屋大学大学院工学研究科の東 俊一 教授は、北九州市立大学の永原 正章 教授と共同で、センサネットワークにおいて2値信号の交換で多数意見を決定する分散アルゴリズムを開発しました。

センサネットワークとは、センサノードと呼ばれる計測、記憶、通信の機能を有する端末を、計測対象をカバーするように多数配置して、分散計測を行うシステムです。そこで必要とされる機能のひとつとして知られるのが「多数決」です。たとえば、計測対象が「正常」か「否」かを判定するときには、各センサノードがそれぞれ独立に正常か否かを測定し、その「多数」をセンサネットワーク全体としての結論にすることが行われます。

一方、センサネットワークでは、センサノードの機能が限られていることが多く、そのような場合には多数決を行うことは容易ではありませんでした。本研究では、そのような場合のひとつとして、各センサノードが情報交換をするときに、単位時間あたりに0か1のいずれかの情報しか送信できない状況を検討しました。そして、各エージェントが近傍のエージェントと情報交換をするとき、「0を知らせる」か「1を知らせる」を確率的に決めるアルゴリズムを開発しました。この方法によって、各エージェントをつなぐネットワーク構造が、強連結かつ平衡という性質を満たすときには、ネットワーク構造の情報を使うことなく多数意見が決定できることを数学的に証明し、センサネットワークでの異常検出問題に応用できることを示しました。

本研究成果により、センサネットワークの智能化への貢献が期待されます。

この研究成果は、2020年11月17日付米国科学雑誌 IEEE Transactions on Control of Network Systems のオンライン版に掲載されました。

【ポイント】

- ・センサネットワークにおいて、それを構成するセンサノード間での情報交換が2値（0か1）に限られる場合に、多数意見を分散的に決定するアルゴリズムを開発した。
- ・このアルゴリズムは、ネットワーク構造が、強連結かつ平衡という性質を満たす場合には、ネットワーク構造の情報を使うことなく、多数意見を決定することができる。
- ・多数決アルゴリズムは、センサネットワークの知能化において不可欠な機能であるが、本成果はそのための主要技術となることが期待される。

【研究背景と内容】

センサネットワークとは、センサノードと呼ばれる計測、記憶、通信の機能を有する端末を、計測対象をカバーするように多数配置して、分散計測を行うシステムである（図1）。

センサネットワークにおいて必要とされる機能のひとつが「多数決」である。たとえば、計測対象が「正常」か「否」かを判定したいときには、各端末がそれぞれ独立に、正常か否かを測定し、測定結果の多数をセンサネットワーク全体としての結論とすることが行われる。多数決は、すべてのセンサノードの情報をどこか一か所に集めれば簡単に実行できるように思えるが、

センサノードの数が膨大となる場合、情報を「一元的に集約」するのは、通信量やリアルタイム性の観点から難しい。そこで、このような集中的な方法ではなく、センサノード同士が局所的な情報交換をするだけで多数を決定する分散的な方法が必要となる。

本研究では、各センサノードの情報交換が、単位時間あたりに0か1に限られる場合に、センサノードの多数意見を分散的に決定するアルゴリズムを開発した。このアルゴリズムは、各センサノードが近傍のセンサノードと情報交換をするとき、「0を知らせる」か「1を知らせる」を確率的に選択するが、この確率は、マルチエージェントシステム（注1）の分野で古くから知られている合意アルゴリズム（注2）によって定めている。これにより、各センサノードをつなぐネットワーク構造が、強連結かつ平衡という性質を満たす場合は、このアルゴリズムによってネットワーク構造の情報を使うことなく多数意見が決定できる（図2）。本研究ではこれを数学的に証明するとともに、センサネットワークによる異常検出に応用できることを示している。

【成果の意義】

センサネットワークでは、コストの観点から、各エージェントの機能が極めて限られることが多い。特に、メモリ容量や通信能力が限られていることが多く、そのような場合にも多数決を実施できるアルゴリズムが求められていた。本成果は、そのような場合の主要技術になることが期待される。また、センサネットワークだけでなく、スマートグリッドやスマート交通システム（一般的にはマルチエージェントシステムと呼ばれ

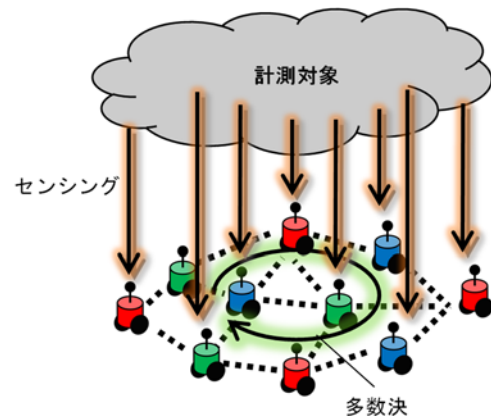
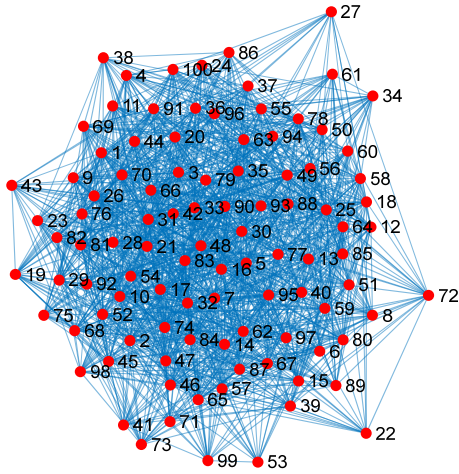
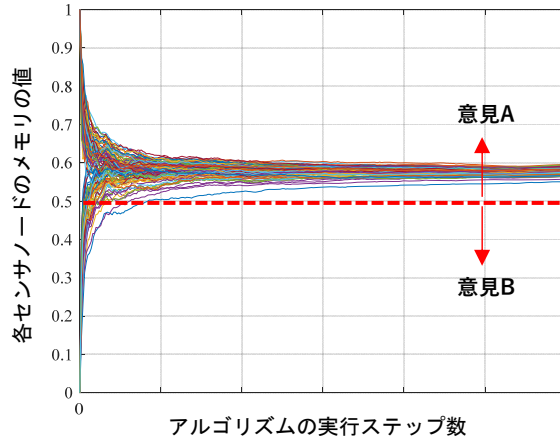


図1：センサネットワーク

る) などにおける多数決問題にも利用することができる。



(a) ネットワーク構造



(b) 各エージェントのメモリの値

図 2 : 開発したアルゴリズムの実行例

59%が意見A、41%が意見Bのときにアルゴリズムを実行した例。メモリの値が0.5以上の値に収束すれば意見Aが多数、0.5以下であれば意見Bが多数であることを意味する。今回は0.5以上の値に収束しているので意見Aが多数であったと判定している。

【用語説明】

- 注 1) マルチエージェントシステム : 多数のサブシステムが相互作用するシステムのこと。
- 注 2) 合意アルゴリズム : マルチエージェントシステムにおいて、各エージェントの状態を同じ値にすること。

【論文情報】

雑誌名 : IEEE Transactions on Control of Network Systems

論文タイトル : Majority Determination in Binary-valued Communication Networks

著者 : 東 俊一、永原 正章

DOI : 10.1109/TCNS.2020.3038839