

論文内容の要旨

博士論文題目

A study on a trade-off between efficiency and reliability in weakly Byzantine gathering algorithms for mobile agents

モバイルエージェントのための弱ビザンチン集合アルゴリズムの効率と信頼性のトレードオフの関係に関する研究

氏 名 廣瀬 慈恩

(論文内容の要旨)

In recent years, distributed systems, comprising many interconnected computers, have become explosively popular. These systems require fault tolerance and speed enhancement to maintain efficient operation, even when some computers fail. As one of the systems satisfying this requirement, systems using mobile agents have emerged. The agents are software programs that autonomously move among nodes, and they can operate the system efficiently by cooperating. One of the most studied cooperating behaviors is gathering to make the agents, which are initially placed at arbitrary locations in the system and can only communicate with other agents at the same node, meet at a single node and declare the termination at the same time. After all agents gather, they can efficiently communicate and coordinate for future tasks. In this context, one major challenge is the gathering in a situation where some agents may fail. This is especially significant when considering the impact of agent faults on the overall functionality and efficiency of the system.

This dissertation focuses on the gathering in the presence of Byzantine agents, each of which causes Byzantine faults. Byzantine faults are known as the most severe among the various faults of agents because Byzantine agents behave maliciously. As an algorithm tolerates Byzantine agents, the existing fastest algorithm can tolerate any number of Byzantine agents, but it still requires significant time complexity. This dissertation explores the possibility of reducing time complexity by assuming that non-Byzantine agents are the majority in the system, given that, in practice, the incidence of agent faults is not typically high. We provide two efficient algorithms for scenarios with $O(f^2)$ and $O(f)$ non-Byzantine agents, where f is the number of Byzantine agents. These algorithms create groups comprising a sufficient number of non-Byzantine agents, utilizing these groups to reduce time to achieve gathering. Additionally, the second algorithm saves on the number of non-Byzantine agents by using a new technique to reach a consensus on the collected information. To reach consensus, the agents simulate a Byzantine consensus algorithm for synchronous message-passing systems on agent systems. From these results, we theoretically clarify that reliability and efficiency in distributed systems are trade-offs.

氏 名	廣瀬 慈恩
-----	-------

(論文審査結果の要旨)

令和6年1月16日に開催した公聴会の結果を参考に令和6年2月8日に本博士論文の審査を行った。以下のとおり、本博士論文は、申請者が独立した研究者として研究活動が続けていくための十分な素養を備えていることを示すものと認める。

本論文では、弱ビザンチン環境下でのモバイルエージェントの集合問題に関し、以下の成果を達成している。

1. 弱ビザンチンエージェント f 体に対し、正常エージェントが $O(f^2)$ 体存在する場合と $O(f)$ 体存在する場合に対し、集合を達成するアルゴリズムをそれぞれ提案し、弱ビザンチン故障に耐性のある集合アルゴリズムの効率と信頼性の間のトレードオフを示している。
2. モバイルエージェントとは異なる計算モデルであるメッセージパッシングシステム向けのアルゴリズムをモバイルエージェントモデルでシミュレートする技術を提案し、メッセージパッシングシステム向けの耐ビザンチン故障コンセンサスアルゴリズムを利用して効率の良いモバイルエージェント集合アルゴリズムを提案している。

上記の結果は、弱ビザンチン故障に耐性のあるモバイルエージェント集合アルゴリズムに関して基盤となる成果であると評価できる。よって、本論文は、博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。