

モバイルエージェント技術とその応用に関する研究動向と考察

福田 直 樹^{†1}

モバイルエージェント技術は、ソフトウェア（エージェント）をネットワークで相互接続可能な複数のソフトウェア実行環境間で移動させながら、そのタスクを実行させ続けることができるようにする技術である。1990年代前半に紹介されたモバイルエージェント技術は、その後複数の大手企業研究所や大学の研究者らによって研究開発が精力的に進められ、いくつもの興味深いシステムが構築された。一方で、2002年を最後にモバイルエージェントの名を冠する国際会議が終了するなど、2000年代半ばからこのテーマを研究する研究者が減少し、大きなブレイクスルーとなる研究成果も出にくい状況が続いていたように思われる。最近になって、モバイルエージェントの基本となる特許の成立から十分な時間が経ちその有効期限が見えてきたこと、クラウドコンピューティングに代表される大規模分散・並列計算基盤の成熟により、それらを利用した MapReduce 等によるアプリケーションの普及やそうした計算資源自体が安価に時間単位で借りられるようになってきたことなどから、再び注目を集める可能性が出てきた。本講演では、モバイルエージェント技術に関する過去から現在までの研究動向を概観するとともに、その今後の可能性について考察する。

A Survey and Analysis of Mobile Agent Technologies and Their Application

NAOKI FUKUTA^{†1}

Mobile agent is a model and technology that realizes software (agents) to travel from a computer to another one via a network connecting them, while performing the tasks. The basic concept of mobile agent and its implementation has been introduced in the early 1990s, and many emerging technologies to enhance it have been studied in major research institutes in strong companies and academic researchers. Although there were a number of impressive implementations in the area, in 2002, the name of “mobile agents” has been dropped from the international conference. Then, after the mid of 2000s, its popularity in researches seems to have been shrunk and it suffers difficulties in producing a big breakthrough. A time has past from then, now we can see the expiration date of the original mobile agent patent(s) and the surrounding environment has dramatically changed to fit its use. For example, the strong emergence of

cloud computing make us much easier to utilize massively large amount of computing resources by unbelievably cheap price in a very fine-grained time period of computation. Furthermore, MapReduce, and other related technologies have been emerged a great need for the use of such computation resources in various purposes. In this talk, I briefly introduce the past and recent mobile agent technologies and present my own analysis about the future of mobile agents.

1. はじめに

モバイルエージェント技術は、ソフトウェア（エージェント）をネットワークで相互接続可能な複数のソフトウェア実行環境間で移動させながら、そのタスクを実行させ続けることができるようにするための技術である¹⁾。1990年代前半に紹介されたモバイルエージェント技術²⁾は、その特徴的な概念と実装から多くの企業・大学研究者からの注目を集め、その後複数の大手企業研究所や大学の研究者らによって研究開発が精力的に進められると同時に、いくつもの興味深いシステムが構築された³⁾⁴⁾⁵⁾⁶⁾⁷⁾⁸⁾⁹⁾¹⁰⁾¹¹⁾。

ところが、2002年を最後にモバイルエージェントの名を冠する著名な国際会議が終了するなど、2000年代半ばからこのテーマを研究する研究者が減少し、大きなブレイクスルーとなる研究成果も出にくい状況が続いていたように思われる。たとえば、多くのモバイルエージェントに関する解説論文は1990年後半あたりに集中している¹²⁾¹³⁾¹⁴⁾¹⁵⁾¹⁶⁾¹⁷⁾¹⁾が、2000年代に入って急激に減少している。また、関係する論文の国内への投稿も、私個人の視点から見ても大きく減少したように感じられた。これは、モバイルエージェント技術の持つ利点を具体的なアプリケーションに生かすことが想定以上に難しく、同時に、基礎研究に多くの時間をかけることなく多くのシステムが先行的に研究開発されてしまったことから、その学術的な意義があいまいになってしまったことなどが原因ではないかと考えられる。このことは、たとえば文献16)に象徴されるように、わざわざモバイルエージェントの利点をこうした記事として大きく書かなければならなくなるような事態となったことから想像できる。また、その基本特許¹⁸⁾の存在が、その商業利用を著しく難しくしてしまった可能性もある。

最近になって、モバイルエージェントの基本となる特許の成立¹⁸⁾から十分な時間が経ち

^{†1} 静岡大学情報学部

Faculty of Informatics, Sizuoka University

その有効期限切れが見えてきたこと、クラウドコンピューティング¹⁹⁾に代表される大規模分散・並列計算基盤の成熟により、それらを利用した MapReduce²⁰⁾²¹⁾などによるアプリケーションの普及や、そうした計算資源自体が安価に時間単位で借りられるようになる基盤が整ってきたことなどから、再び注目を集める可能性が出てきた。

本講演者は、文献 1) でモバイルエージェント技術についての解説を執筆しているほか、これまでに継続してモバイルエージェントの研究を行ってきた¹⁰⁾¹¹⁾²²⁾²³⁾²⁴⁾。本講演では、モバイルエージェント技術に関する過去から現在までの研究動向を概観するとともに、その今後の可能性について考察する。

参 考 文 献

- 1) 新谷虎松, 大園忠親, 福田直樹: モバイルエージェントの応用 – マルチエージェントシステムのためのモビリティの利用, 人工知能学会誌, Vol.16, No.4, pp.488–493 (2001).
- 2) White, J.E.: Mobile agents make a network an open platform for third-party developers, *IEEE Computer*, Vol.27, No.11, pp.89–90 (1994).
- 3) Ohsuga, A., Nagai, Y., Irie, Y., Hattori, M. and Honiden, S.: PLANGENT: An Approach to Making Mobile Agents Intelligent, *IEEE Internet Computing*, Vol.1, No.4, pp.50–57 (1997).
- 4) Lange, D. and Oshima, M.: *Programming and deploying Java mobile agents with Aglets*, Addison-Wesley (1998).
- 5) Gray, R.S., Kotz, D., Cybenko, G. and Rus, D.: D'Agents: Security in a multiple-language, mobile-agent system, *Mobile Agents and Security* (Vigna, G., ed.), Lecture Notes in Computer Science, Vol.1419, Springer-Verlag, pp.154–187 (1998).
- 6) Sato, I.: MobileSpaces: A Framework for Building Adaptive Distributed Applications using a Hierarchical Mobile Agent System, *Proc. of IEEE International Conference on Distributed Computing Systems(ICDCS2000)*, pp.161–168 (2000).
- 7) Tarau, P.: Intelligent Mobile Agent Programming at the Intersection of Java and Prolog, *Proc. of The Fourth International Conference on The Practical Application of Intelligent Agents and Multi-Agents(PAMM'99)*, pp.109–123 (1999).
- 8) Suri, N., Bradshaw, J.M., Breedy, M.R., Groth, P.T., Hill, G.A. and Jeffers, R.: Strong Mobility and Fine-Grained Resource Control in NOMADS, *Proc. of 2nd International Symposium on Agent Systems and Applications and 4th International Symposium on Mobile Agents(ASA/MA2000)*, pp.2–15 (2000).
- 9) 川村隆浩, 田原康之, 長谷川哲夫, 大須賀昭彦, 本位田真一: Bee-gent: 移動型仲介エージェントによる既存システムの柔軟な活用を目的としたマルチエージェントフレームワーク, 電子情報通信学会論文誌 (D-I), Vol.J82-D-I, No.9, pp.1165–1180 (1999).
- 10) Fukuta, N., Ito, T. and Shintani, T.: MiLog: A Mobile Agent Framework for Implementing Intelligent Information Agents with Logic Programming, *Proc. of the First Pacific Rim International Workshop on Intelligent Information Agents (PRIIA2000)*, pp.113–123 (2000).
- 11) Fukuta, N., Ito, T. and Shintani, T.: A Logic-based Framework for Mobile Intelligent Information Agents, *Poster Proc. of the Tenth International World Wide Web Conference(WWW10)*, pp.58–59 (2001).
- 12) 本位田真一: 動きはじめたモバイルエージェント, 情報処理, Vol.39, No.8, pp.812–815 (1998).
- 13) 田井秀樹, 山本 学: 移動エージェント技術の現状と今後の課題, コンピュータソフトウェア, Vol.16, No.5, pp.2–13 (1999).
- 14) 佐藤一郎: モバイルエージェントの動向, 人工知能学会誌, Vol.14, No.4, pp.598–605 (1999).
- 15) Schoder, D. and Eymann, T.: The Real Challenges of Mobile Agents, *Comm. of ACM*, Vol.43, No.6, pp.111–112 (2000).
- 16) Lange, D. and Oshima, M.: Seven Good Reasons for Mobile Agents, *Comm. of ACM*, Vol.42, No.3, pp.88–89 (1999).
- 17) Fuggetta, A., Picco, G.P. and Vigna, G.: Understanding Code Mobility, *IEEE Trans. of Software Engineering*, Vol.24, No.5, pp.342–361 (1998).
- 18) White, J.E., Halgeson, C.S. and Steedman, D.A.: US Patent 5,603,031, filed 8 July 1993, issued 11 February 1997 (1997).
- 19) Hayes, B.: Cloud Computing, *Communications of the ACM*, Vol.51, No.7, pp.9–11 (2008).
- 20) Dean, J. and Ghemawat, S.: MapReduce: Simplified Data Processing on Large Clusters, *Proc. the 6th USENIX conference on Symposium on Operating Systems Design & Implementation - Volume 6* (2004).
- 21) Dean, J. and Ghemawat, S.: MapReduce: A Flexible Data Processing Tool, *Communications of the ACM*, Vol.53, No.1, pp.72–77 (2010).
- 22) Yamaya, T., Shintani, T., Ozono, T., Hiraoka, Y., Hattori, H., Ito, T., Fukuta, N. and Umemura, K.: MiNet: Building Ad-hoc Peer-to-Peer Networks for information Sharing based on Mobile Agents, *Proc. of 5th International Conference on Practical Aspects on Knowledge Management(PAKM2004)*, pp.59–70 (2004).
- 23) Fukuta, N.: A Mobile Agent Approach for Flexible Peer-to-Peer File Retrieval, *Proc. of IEEE/ACIS International Conference on Computer and Information Science(ICIS2010)*, pp.599–604 (2010).
- 24) Fukuta, N.: A Preliminary Empirical Analysis of Mobile Agent-Based P2P File Retrieval, *Proc. Selected Papers of IEEE/ACIS International Conference on Computers, Networks, Systems & industrial Engineering(CNSI2011)*, pp.143–154 (2011).