

高信頼性・高安全性先行的反応システムに関する研究 Highly Reliable and Highly Secure Anticipatory Reasoning-Reacting Systems

程 京徳*

Jingde CHNEG

This research report presents some current results of our research project “Highly Reliable and Highly Secure Anticipatory Reasoning-Reacting Systems” supported in part by Saitama University.

Keywords: Reactive systems, High reliability, High security, Temporal relevant logic, Anticipatory reasoning

1. 背景と目的

反応的システム (reactive systems) とは、何らかの最終結果を計算することではなく、外部環境との相互作用の進行過程を持続する計算システムである。従来の反応的システムは外部からの刺激に対して受動的にしか反応できないので、信頼性と安全性から見れば、いつも受け身になっており、災害や攻撃を事前に能動的に自己防衛することができない。殆どの災害や故障や攻撃は何らかの兆候が事前にある程度現れるにも関わらず、今まで、災害や故障や攻撃を先行的に予測し損害を未然に防ぐ反応システムに関する研究開発が全く報告されていない。高信頼性・高安全性を有する、「被害を未然に防ぐ」反応システムの実現と実用化は、情報化社会における国民生活の安全・安心の確保にとって極めて重要なことである。

本研究の代表者が提案した先行推論反応システムは、従来の反応システムに時間相関論理に基づく先行予測推論エンジンを付け加え、システム内部状態と外部環境状況変化を計測、監視しながら、災害や故障や攻撃の兆候を検出し、先行推論に基づく予測によって災害や故障や攻撃による損害を未然に防ごうとする次世代反応システムである。本研究プロジェクトの目的は、高信頼性・高安全性を有する先行

推論反応システムを開発しその有効性を実証することである。

2. 研究内容と成果

(1) 時間的・相関的推論を基礎付ける時間相関論理の構築

振る舞いが時間に伴って変化する如何なるシステムにおいても、システムの振る舞いに関する命題の真偽ばかりではなく、それらの命題の間にある相関含意関係や、前提と結論との間にある帰結関係も時間に伴って変化する筈である。一方、「被害を未然に防ぐ」ことにとって、先行推論に基づく予測は不可欠な手段である。あらゆる先行推論にとっては、実世界における時間に関連する物事とそれらの間にある様々な関係を形式的に表現する手段、および、時間に関連する推論の妥当性を基礎付ける形式論理体系が、不可欠なものである。

本研究では、代表者が以前既に提案した強相関論理に、時間に関する様々な性質に対応する時間様相演算子とそれらに関する様々な公理を新たに導入し時間相関論理体系を構築したと共に、先行推論を基礎付ける形式論理体系として時間相関論理が現時点で最適なものであることを示した。そして、時間相関論理に基づいた先行推論の原理と性質を明らかにしている。

* 埼玉大学 大学院理工学研究科 情報数理学専攻
Department of Information and Computer Sciences,
Saitama University, 255 Shimo-Okubo, Sakura-ku, Saitama, 338-8570, Japan

(2) 時間相関論理に基づいた先行推論エンジンの開発

信頼性と安全性から見れば、先行予測反応システムの狙いは、被害を未然に防ぐことである。その役目を果たす中心的な構成部分は、先行推論のための前向き推論エンジンである。先行推論は現実世界の問題について十分事前に推論結果を導き出さなければ、「先行的に予測」の意味からみれば、全く役に立たない。従って、先行予測反応システムの実現と応用に向けて最も重要な課題は、実用に耐えられる高速前向き推論エンジンの開発である。

本研究では、代表者の研究室で既に開発した汎用前向き帰結演算システム EnCal を改良、改造し、先行推論のための高速前向き推論エンジンを分散メモリ型並列計算機上で開発した。

(3) 先行推論反応システムの実現技法

先行推論反応システムは、ソフトシステムバスに基づくシステムとして実現することができると考えている。「ソフトシステムバス」とは、概念的に言えば、ソフトウェア技術で実現し、システムにおける部品を繋げるための、データ伝達・保存機能を持つ通信チャンネルである。「ソフトシステムバスに基づくシステム」とは、自己計測、自己監視、自己制御を行う制御部品群と機能部品群を一本または数本のソフトシステムバスで繋げるシステムである。

本研究では、中枢構成要素の一つとして時間相関論理に基づいた先行推論エンジンを有する、ソフトシステムバスに基づくシステムとして、先行推論反応システムのアーキテクチャーを設計した。

3. 課題

本研究プロジェクトは、現在、以下の課題について研究と開発を進んでいる：先行予測反応システムのプロトタイプの実現、ネットワークにおける故障と攻撃に対する先行予測推論法の構築、ソフトシステムバス・パッケージの開発、先行推論反応システムの事例としての汎用電子アンケート・投票サーバ ENQUETE-BAISE の開発。

公表論文

- 1) J. Cheng, "Temporal Relevant Logic as the Logical Basis of Anticipatory Reasoning-Reacting Systems," in D. M. Dubois (Ed.), "Computing Anticipatory Systems: CASYS 2003 - Sixth International Conference, Liege, Belgium, 11-16 August 2003," AIP Conference Proceedings, Vol. 718, pp. 362-375, American Institute of Physics, August 2004. (**Best Paper Award** awarded at the Sixth International Conference on Computing Anticipatory Systems)
- 2) Y. Goto, S. Nara, and J. Cheng, "Efficient Anticipatory Reasoning for Anticipatory Systems with Requirements of High Reliability and High Security," International Journal of Computing Anticipatory Systems, Vol. 14, pp. 156-171, December 2004.
- 3) F. Shang and J. Cheng, "Towards Implementation of Anticipatory Reasoning-Reacting Systems," International Journal of Computing Anticipatory Systems, Vol. 14, pp. 93-109, December 2004.
- 4) J. Cheng, "Connecting Components with Soft System Buses: A New Methodology for Design, Development, and Maintenance of Reconfigurable, Ubiquitous, and Persistent Reactive Systems," Proceedings of the 19th IEEE-CS International Conference on Advanced Information Networking and Applications, Vol. 1, pp. 667-672, March 2005.
- 5) F. Shang and J. Cheng, "Anticipatory Agents Based on Anticipatory Reasoning," in M. S. Hacid, N. Murray, Z. W. Ras, S. Tsumoto (Eds.), "Foundations of Intelligent Systems, 15th International Symposium, ISMIS 2005, Saratoga Springs, USA, May 25-28, 2005, Proceedings," Lecture Notes in Artificial Intelligence (Subseries of Lecture Notes in Computer Science), Vol. 3488, pp. 445-455, Springer-Verlag, May 2005.