

氏 名 Kiatisevi Pattara

学位（専攻分野） 博士（情報学）

学位記番号 総研大甲第 903 号

学位授与の日付 平成 17 年 9 月 30 日

学位授与の要件 複合科学研究科 情報学専攻  
学位規則第 6 条第 1 項該当

学位論文題目 A Distributed Architecture for Interactive Robots Based  
on a Knowledge Software Platform

論文審査委員	主 査 教授	上野 晴樹
	教授	佐藤 真一
	助教授	Nigel Collier
	助教授	古山 宣洋
	助教授	松井 知子
	教授	白井 良明（立命館大学）

## 論文内容の要旨

Robots have taken more and more important roles in human life. That is, they are not only working in factories and hazardous environment but also being introduced in applications like welfare services and amusement agents, where interaction with human is crucial. In the future, we envision interactive robots assisting humans especially the elderly and the disabled in daily life. Such robots coexist and interact with humans in a human-friendly manner.

To develop such robots we need to address two main problems of how to integrate various robotic components, and how to control robot behaviors so that it interacts with humans reasonably. The first problem involves architectural design of the system in the component level, i.e., how robotic components can be combined into a single system. The second problem involves designing the brain part of the system, which manages robot actions and interactions with human. There are several approaches in designing robot architectures to accommodate these problems, e.g., behavior-based, plan-based, and knowledge-based approaches. In our research group, we have been focusing on the knowledge-platform-based approach using the frame model, and have developed a software platform for robot system development called the *Software Platform for Agents and Knowledge (SPAK)*, in which a general purpose software platform integrating various robot devices and applications is placed at the center of the system.

In this work, we extended SPAK to overcome the problems of representing changing knowledge and limitations in managing human-robot interactions found when deploying SPAK in a robot system. New extensions to the conventional frame model, namely, time-based layer, periodical task evaluator, and priority support for frame-related actions, are proposed and added to SPAK. With the time-based layer, the knowledge manager keeps track of changes of the knowledge contents and provides methods to access this history data. One can, for example, query a frame's age, old values of a slot at an absolute or relative point of time, and set the frame's condition based on this history data. The periodical task evaluator regularly checks the validity of the knowledge contents, fixes it if needed, and executes actions. Designers can specify actions to be done periodically in an event-driven slot, whose contents will be executed by the evaluator. Priority support for frame-related actions allows the knowledge designer a fine-grain control of the execution order of frame-related actions. Each frame can be assigned with a priority value in a system slot. SPAK engine will respect these values when conducting actions like frame instantiation, updating, deactivation, and evaluations. These new extensions can be used via new special system and event-driven slots, and slot flags added to SPAK.

To verify the utility of SPAK and to illustrate how a robot system can be built based on this architecture, a demonstration system on a humanoid robot was developed, with a sample dialogue management application. The knowledge model for the dialogue manager is shown. The current knowledge-based dialogue manager can handle basic human commands, state-based and form-filling dialogues. A multi-agent technique is employed to connect various robotic hardware and software components designed as agents together on the network. The prototype system was set to make dialogue interactions with a human in three scenarios: basic learning,

greeting, and future welfare robot.

This dissertation makes three contributions to the fields of knowledge engineering, dialogue systems, and robotics.

First, the thesis proposes a design concept for the knowledge manager, the brain part of the robot. We based our design on the frame knowledge model because of its simplicity and naturalness, and introduced dynamic extensions to the conventional frame model to support robot behaviors control. Various robotic applications can run and share knowledge among each other on the platform.

Second, the thesis proposes a novel design of a knowledge-based dialogue manager for robot as an application on the platform. The design and internal mechanism are natural, easy for developers to understand. With tight integration with the knowledge base, the dialogue manager can easily make use of the knowledge and facilities provided.

Third, the thesis contributes a knowledge-based robot architecture with an implementation as a robot system that interacts with humans in the laboratory environment. The system components include SPAK, the designed dialogue manager, various software and devices, and a Robovie humanoid robot. With SPAK, we show that it is simple and intuitive to develop a multi-modal interactive robot system.

A SPAK-based robot system has an important feature of frames and agents being integrated seamlessly in a distributed environment. A prototype system with a sample dialogue management application has demonstrated interesting functions for future symbiotic robots. Ultimately, this dissertation demonstrates the concept of employing a knowledge platform as the base layer of a robot system. The platform works as glue connecting various robotic devices and applications together. We believe that this is a major step forward towards achieving intelligent future robots.

## 論文審査結果の要旨

最近ロボット技術に関する研究開発が盛んになり、二足歩行、物体の認識や把持、自律行動、および人のような身体動作を行う人型ロボットが現われており、福祉サービス等への展開が期待されるようになった。しかしながら、多くの研究はロボットの電子機械的メカニズムに関するものであり、人との対話や交流に必要な知的側面の研究が、今後に残された重要な課題の一つであるとともに、色々なロボット用ソフトウェアを統合化するためのソフトウェア・プラットフォームが不可欠である。

Pattara Kiatisevi 君の論文は、人と共存し人を助けることを目指す次世代共生ロボットに関する研究であり、対話ロボットのモデリングと知的対話システムに関する新しい基本モデルと実現技術の提案が中心である。特に、知識処理技術、マルチモーダル技術、エージェント技術、分散ソフトウェア技術、対話マネジメント技術を統合化するための次世代共生ロボットのアーキテクチャーを提案している。また、これを実現するために、Internetの分散環境下で機能するフレーム型汎用知識処理ソフトウェアプラットフォーム SPAK の開発と、これに基づく分散アーキテクチャーを提案し、拡張機能として実時間処理と知的優先処理モデルを付加することによって、実環境下での人とロボットとの対話マネジメントモデルをより容易に実現できることを実証し、今後の方向に重要な示唆を与えた。

論文は8章からなり、第1章・第2章が序論、第3章・第7章が本論、第8章がまとめである。先ず、第1章で、研究の意義、目的と論文の構成を述べ、第2章で本研究の背景である高齢化社会に置ける福祉サービスロボットの重要性を示し、続いてメインテーマに関係の深いフレーム型知識システム、対話システムをサーベイし、実時間ロボットシステムへの展開に必要な要件を指摘し、本論の準備をしている。第3章で、本論文の技術的中核である、知識ベース型分散ロボット・アーキテクチャーを提案している。これは、知識処理技術、エージェント技術、分散処理技術を統合した情報処理モデルであり、様々なロボット用ソフトウェアの統合化を可能とするプラットフォームである。第4章では、前章に基づき、本研究のために開発した分散知識処理プラットフォーム SPAK の設計理念、主たる機能、仕様の概要を述べている。その中で、共生ロボットの開発に不可欠な実時間知識処理と優先処理機能を提案している。第5章で、SPAK の応用として対話マネージャーの基本モデルを提案し、知的対話マネジメントに必要な、質問応答システム、状態認識型対話管理、定型型対話管理の知識ベースによる融合モデルを提案している。第6章では、日常生活場面における福祉ロボットを想定した対話シナリオを例題としたプロトタイプを試作し、提案しているアプローチの有用性を示している。続く第7章では、研究成果の評価を3つの視点、すなわち、ソフトウェア・プラットフォーム SPAK の有用性、知識ベース型対話システムの有効性、および分散知識処理ロボット・アーキテクチャーの新規性を評価し、第8章で、今後の展望を示した。

審査委員会は、本研究が福祉ロボット等の次世代共生ロボットおよび知能システムの発展に関して、重要な学術的かつ技術的提案を与えていると判断し、博士論文として十分な内容であると認めた。