

## A FRAMEWORK FOR MODEL-BASED DIAGNOSTIC EXPERT SYSTEMS

メタデータ	言語: en 出版者: 静岡大学大学院電子科学研究科 公開日: 2008-03-31 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: Purna, Yusuf Wilajati メールアドレス: 所属:
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10297/1243">http://hdl.handle.net/10297/1243</a>

氏名・(本籍)	<b>YUSUF WILAJATI PURNA</b> (インドネシア)
学位の種類	博 士 (工 学)
学位記番号	工博甲第 134 号
学位授与の日付	平成 8 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当
研究科・専攻の名称	電子科学研究科 電子応用工学
学位論文題目	<b>A FRAMEWORK FOR MODEL-BASED DIAGNOSTIC EXPERT SYSTEMS</b> (モデルに基づく診断型エキスパートシステムの枠組みに関する研究)

論文審査委員	(委員長)		
	教授	水 野 忠 則	教授 鈴 木 淳 之
	教授	柳 沢 正	助教授 山 口 高 平

## 論 文 内 容 の 要 旨

Diagnosis is a significant application of *Artificial Intelligence* or *Expert Systems* technology in particular. It is also a hard task since it is required a great deal of various information to do the task. In recent years, research for providing a frame work for it has been actively being done. In the field, model-based approach, which exploits the notions of structure and behavior of a device in performing the task, has received a lost of interests of both researchers and practitioners. Although the approach gives a solution of the problem of diagnosing unanticipated faults-faults that need knowledge lying outside the preset knowledge to be able to be dianosed, it still possesses several drawbacks such as the difficulty in diagnosing structural faults, complex devices, and dynamical faults, and the limitation on the symptom representation, due to lack of information outside the model and clear devision of the diagnostic task.

This thesis describes a piece of research aimed at overcoming the aforementioned drawbacks, by providing a framework for diagnostic expert systems, considering knowledge and strategies that are useful for diagnosis. The proposed framework divides the task of diagnosis into three subtasks, namely *Hypothesis Generation* at which possible fault tyopheses are generated, given a symptom; *Hypothesis Testing* where the fault hypotheses are tested if each of them can account for the symptom or not, and then those which cannot account for the symptom will be discarded; and *Hypothesis Classification* where the fault hypotheses that passed the test will be classified

into an expected order according to some criteria; and classifies information required to diagnose faults into three classes: the *Domain Model*: a class of knowledge useful for modeling the system to be diagnosed, the *Additional Domain Knowledge*: A class of knowledge helpful in diagnosing faults but cannot be derived directly from the system, and *Diagnostic Strategies*: a set of strategies for diagnosis.

In generating fault hypotheses, the framework makes use the *Device Model*, *Process Model*, and *Topological Relative Position* of the domain model of the device to be diagnosed as well as the *Heuristics* and *Naive Physics* of the additional domain knowledge of the device. It also applies the *Qualitative Value Propagation*, *Direct Path of Causality*, and *Structural Fault Localization* as strategies for diagnosing faults. To test generated fault hypotheses, the framework exploits a method identifying types of inconsistent fault hypotheses into three types: *Pseudo Fault Hypotheses*, *Contradicting Fault Hypotheses*, and *Candidate Faults*, and pruning them based on those three types. In the final task, the framework classifies fault hypotheses into different ranked order based on *Component Observability*, *Component Durability*, and *Component Failure Rates* criteria.

The framework was implemented in a computer program called MODEST {MODEL-based Diagnostic Expert SysTEM} using SICStus Prolog running on a SPARC station. Furthermore, to evaluate MODEST, an elementary refrigeration plant was chosen as an application domain. An elementary refrigeration plant is the elementary mechanism of physical systems such as air conditioners and refrigerators, and mainly consists of four components: a compressor, a condenser, an expansion valve, and an evaporator, which are connected each other with conduit, structuring a cyclic system. In the current implementation of MODEST, the 4 main components and conduits as well as 13 process models, 3 topological relative positions, 6 pieces of heuristics, and 6 pieces of naive physics regarding the domain was built.

MODEST was then evaluated using possible faults in the chosen domain. Four possible symptoms: *knocking(compressor)*, *knocking at the compressor*; [*compressor, outtemp (gas), +++*], *the extreme increase of the gas temperature at the output terminal of the compressor*, [*compressor, outtemp (gas), ---*], *the extreme decrease of the gas temperature at the output terminal of the compressor*; and [*compressor, inpress (gas), +++*], *the extreme increase of the gas temperature at the input terminal of the compressor*; was chosen in the evaluation. After generating fault hypotheses, given the four symptoms, it turned out that MODEST could detect the faults causing the symptoms although unfortunately generated inconsistent fault hypotheses as well. It even showed that it could detect a structural fault causing symptom *knocking (compressor)*, which is actually difficult to be diagnosed by the current model-based diagnostic systems. Regarding the inconsistent fault hypotheses, MODEST could reduce the number of the faults to almost 40% – 60% of the earlier number so that it could provide smaller numbers of fault hypotheses that must be considered. Furthermore, given the information on component durability, observability, and failure rates, MODEST could lead us to promptly detect the faults.

## 論文審査結果の要旨

現在、実用化されている多くの診断型エキスパートシステム(ES)は、経験則のみを知識ベース化しているため、予め想定していなかった状況に対処できないなどの問題があることから、近年、モデルに基づく診断(MBD)型のエキスパートシステムに関する研究が進展しつつある。しかしながら、MBDを実問題上で有用とするための知識や戦略の整理が進んでいないことから、複雑な装置の故障診断や構造的故障診断などには対処できないという問題がある。

本論文では、以上の問題を解決するために、診断タスクを仮説生成、仮説検査、仮説分類という3種類のタスクに分け、各タスクにおいて有用な知識と診断戦略を提言した後、MBDシステムの具体的な構築法を示し、実問題に適用してその有用性を確認している。

仮説生成タスクにおいては、対象モデルを、部品の機能や構造などを記述した装置モデル、様々な物理プロセスを記述したプロセスモデル、部品間の相対的な位置関係を記述した位相相対位置モデルから構成するとともに、付加的な対象知識を、異常兆候と物理状態を関連づけた経験的知識、物理学の常識を記述した素朴な物理知識から構成した。また、診断戦略は、物理パラメータの定性値を伝播する定性値伝播、物理パラメータの流れを逆向きに辿る因果関係パスの処理、相対位置モデルを用いた構造的故障の局所化、という3種類の戦略から構成した。

仮説検査タスクにおいては、異常兆候と一致しない故障仮説群を疑似故障仮説、矛盾故障仮説、候補故障仮説に分類し、これらの故障仮説を刈り込む方法を検討した。

仮説分類タスクにおいては、部品の観察容易性・耐久性・故障率により、多数の故障仮説をランク付けする方法を考察した。

以上の考察に基づいて、本MBDシステムをワークステーション上でProlog言語により実装した後、空調機故障診断問題に適用した。その結果、「コンプレッサの出力ガスの温度上昇」という異常兆候から「バルブの故障」という機能的故障、ならびに、「コンプレッサのノッキング」という異常兆候から「コンプレッサ中の導管からの冷媒漏れ」という構造的故障を診断することができた。さらに、その診断プロセスにおいて、不用な多数の故障仮説を刈り込んだり、故障仮説のランク付けも妥当に行っていることを確認した。

以上の結果より、本論文で提案されたMBDシステムの枠組みは、MBD研究における、より複雑な故障への対処という課題に対する一つの解決策を具体的に示したと評価できる。よって、本論文は博士(工学)の学位を授与するに十分な内容を有するものと認める。