

2レベルマイクロプログラム制御計算機 3G-7 MUNAP用故障診断システム

松島 穰 山崎 勝弘 奥田 健三 馬場 敬信
(宇都宮大学工学部) (立命館大学理工学部) (宇都宮大学工学部)

1. はじめに

MUNAP (Multi-Nano Program machine) は我々の研究室で試作された並列処理計算機で、(i) 2レベルマイクロプログラム制御方式、(ii) 非数値処理用ハードウェアの装備、(iii) 多重プロセッサ構成を特徴とし、いままで数多くの応用研究がなされてきた[1]。このマシンはコンソールプロセッサにECLIPSE S/130をもち、約2,500個のICで構成される。学生が毎年入れ替わるという大学の研究環境では、試作した計算機システムの保守、故障診断は解決すべき重要な課題である。

本故障診断システムは、MUNAPをマイクロアーキテクチャレベルで理解しているユーザを対象にして、ハードウェアの各種故障の検出と、その原因を素子レベルで追求することを目的としている。

2. システムの構成

本システムは、マイクロ診断システムと、エキスパートシステムの2つからなり(図1)、MUNAPの診断は、図1の①~⑥の繰り返しにより行われる。

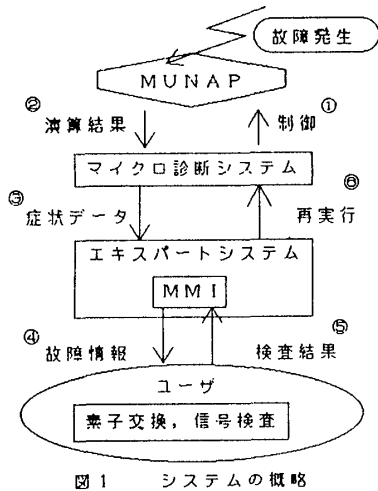


図1 システムの概略

- (1) マイクロ診断システム・・・ユニット(MUNAPを構成する各種演算器、メモリ等を指す)に適用する診断用マイクロプログラムの実行を管理し(①)、その演算結果(②)から異常を検出するとともに、症状データを出力する(③)。この際、各ユニットを診断の依存関係に基づいて階層化し、スタートスマールの考え方により診断を進める。そのため、異常を検出した場合、原因は異常を検出したユニットと、そのユニットの診断の前提条件となるユニットに限定できる。
- (2) エキスパートシステム・・・症状データを基に

Fault Diagnosis System for a Two-Level Microprogrammed Computer MUNAP.
Yutaka Matsushima, Kenzo Okuda, Takanobu Baba:
Utsunomiya University.
Katsuhiko Yamazaki: Ritsumeikan University.

以下のような診断レベルに分けて、被疑信号(故障の原因と思われる信号)を推定し、故障素子の発見を行う。

(レベル1): 症状データから異常の原因と判断した信号を被疑信号とした診断。

(レベル2): 異常の起ったユニット内で症状データには含まれていない信号を被疑信号とした診断。

(レベル3): 異常の起ったユニットの前提条件となるユニットにおいてマイクロ診断では調べられなかった信号を被疑信号とした診断。

各レベル終了時点で故障と修理に関する情報をマンマシンインターフェース部(MMI)を介してユーザに与え、故障した素子の交換を行う(④、⑤)。この後、マイクロ診断を再実行して症状が消えたかどうかを確認する(⑥)。

マイクロ診断結果を直接利用して診断を行うのはレベル1であり、診断としてはこの部分だけで故障の大部分に対応できる。

3. マイクロ診断システム

マイクロ診断システムは診断用マイクロプログラムと診断制御部からなる。診断制御部は図2に示すようなMUNAPのユニットを階層化したデータを持ち、スタートスマールの考え方に基づきグラフの上方から診断を始める。

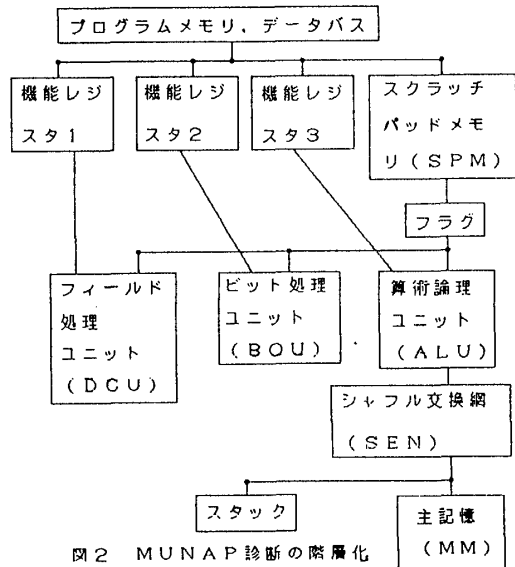


図2 MUNAP診断の階層化

例えば、"ALU"を診断する時には"プログラムメモリ、データバス"、"機能レジスタ3"、"SPM"、"フラグ"の4つを前提条件として先に調べる必要がある。

各ユニットの診断方法は以下のように大別できる。

- (1) メモリ: SPM, MM等
- ① メモリを"FFFF"で初期化する。
- ② アドレスの上位からメモリの内容を読んで、正しけ

れば”AAAA”を書き込み、そうでなければ読み出したメモリの値とアドレスを異常情報として出力する。

③書き込む値を”5555”に変えて、アドレスの下位から②と同様の処理を行う。

④値を変えて②、③と同様の処理を行う。

(2) 演算器: ALU, BOU, DCU, SEN等

①演算器に用意されている全ての演算を行う。

②結果が異常であれば、その値を出力する。

③異なる値で同様の処理を行う。

診断を階層化することにより、あるユニットで故障が発見されても、それに独立なユニットの診断には影響しない。例えば、ALUで故障を発見してもBOU, DCUの診断が可能である。また、故障の起こったユニットの全演算処理の診断を行うので、1つのユニット内の複合故障にも対応できる。このシステムから出力される症状データはSPMを例にとると以下のようになる。(図3)

```
address=00 read=FFFE write=AAAA
address=01 read=FFFE write=AAAA
.
.
address=FF read=FFFE write=AAAA
```

図3 SPMの症状データの例

この例ではSPMの全アドレス空間(00~FF)においてメモリに値FFFFを書いた後、読み出してみるとその値がFFFEに変わってしまっていることを示している。また、オプションとして任意のマイクロプログラムを選択し実行できるので、これを利用して更に細かい診断を行うことができる。

4. エキスパートシステム

計算機の故障診断を行うエキスパートシステムとしてSHOOTX[2]、LES[3]があるが本システムではマイクロ診断からの豊富な症状データを基に診断を行うことができる。

4.1 診断の流れ

診断の流れをレベル1を例にとり説明する。

(1) 被疑部分の同定・・・被疑信号により、症状に直接関係したと思われる信号と関係しなかったと思われる信号に分ける。さらに入出力関係を表したフレームデータを用いて両方の全信号の経路を割り出す。ここで、症状と無関係な信号の経路は正常であると判断する。そして、症状と関係がある信号の経路から正常と思われる信号の経路を除き、残った部分を被疑部分とし、その中に含まれる信号を新しく被疑信号とする。

(2) 確信度の設定・・・全ての被疑信号に対し過去の故障歴を考慮して、確信度を20以下の整数の範囲で初期設定する。

(3) 確信度の更新・・・複数の被疑部分に共通する被疑信号を調べ、そのような被疑信号が存在していれば、重複の度合により確信度の値を増やし診断の優先順位を上げる。

(4) 確信度の検査・・・(2)、(3)により設定、更新した確信度とその他の情報より以下の状況に応じて素子の交換をユーザに提案する。この際、判断の基準として確信度に21のしきい値をもうけ、これを越ええると、その信号が2つ以上の被疑部分に共通に使用されたと判断する。

(a) 直接交換を要求・・・被疑信号のうち確信度がしきい値を越えているものがあつた場合、もしくは被

疑信号を生成している素子の全ての入力信号が正常で、かつ出力信号が異常と判断された場合は、その信号を出力する素子の交換を提案する。

(b) 信号検査の後、交換を要求・・・上記に当てはまらない場合は、確信度の大きいものから、ユーザに検査のためのマイクロプログラムの実行を要求し、信号の入出力関係を辿って被疑部分を限定し、交換する素子を決定する。

(a)、(b)において素子交換に当たっては、素子周辺のコネクタ、配線の検査も併せて行う。

(5) マンマシンインターフェース・・・(4)で提案した交換部分と被疑信号名を受け取って、ユーザの必要に応じて、マルチウィンドウで階層的に交換部分周りの回路図、およびその実装図をグラフィック表示する。

(6) システムの終了判定・・・(4)、(5)で故障素子を交換した後、異常の起つたユニットのマイクロ診断プログラムの再実行をユーザに要求し、症状が消えればシステム全体の実行を停止する。また症状が除去できない場合はレベル2、3に処理を移行し、そこで同様の処理を行う。

4.2 素子の入出力関係の表現

MUNAPの信号の入出力関係をフレーム型の知識で表現しているため、信号に着目した診断を行うことができる。またハードウェアの局所的な変更にも柔軟に対応できる。

素子を1つ1つフレームで表現するとその数が膨大になるため、本システムでは数個から十数個の素子をひとまとめにして信号の入出力関係をフレームで表現し、さらにそのフレームを階層化して、1つのユニットを表現している。そのため、より細かい診断が必要な部分は、他のものより細かく階層化してある。

例えばSPMの場合、16個のメモリ素子はまとめて1つのフレームで表現してあるが、さらにそのフレームの下に16個のメモリ素子1つ1つに対応するフレームを持つ。そのため、図3の様な症状が起つた場合、故障の原因を素子1つに限定できる。

5. おわりに

診断マイクロプログラムはMUNAP上に、診断制御部はECLIPSE-S/130上にアセンブリ言語で作成し、エキスパートシステム部分はNEWS-821上にK-Prologを用いて作成した。現在、限定した範囲におけるシステムの評価を行っている。

文献

- [1] Takanobu Baba: "Microprogrammable Parallel Computer-MUNAP and Its Applications": The MIT Press, Computer Systems Series(1987).
- [2] 古関、和田、西田: "マルチプル知識利用 故障診断システムSHOOTX": 第33回情処全大 1L-6(1986).
- [3] T.J.Laffey, et al.: "Reasoning About Fault Diagnosis with LES": IEEE Expert, Vol.1, No.1, pp 13-20(1986).