

ハードウェア遠隔保守方式†

酒井 保良^{††} 吉田 正勝^{†††} 難波 大二^{†††}
佐藤 雅明^{†††} 森 隆彦^{†††}

コンピュータハードウェアの信頼度の向上, 障害診断時に必要となる保守知識の増大と多様化等に伴い, 保守戦力の集中化と広域保守の必要性が高まってきた。本論文では, 保守上の問題点を解決するためのハードウェア遠隔保守方式に関し, 遠隔保守システム構成法, リモートアクセス機構, 障害現象から過去の障害事例を検索する障害情報集中化機構について提案する。また, 試作した遠隔保守システムを用いた実験結果から, 障害の 95% に対して不良個所を部品取替え単位のレベルで遠隔から指摘可能であることを示している。

1. まえがき

データ通信システムのシステム信頼性を向上するためには, 以下の施策が必要となる。

- (1) 障害発生率の低下
- (2) 障害修復時間の短縮

前者に適用される技術としては, 部品・プログラムの高信頼化技術, フォルトトレラント技術等がある。後者に適用される技術としては, 判断を人手に任すか否かという観点から, 保守支援技術, 自動診断技術等がある。本論文は, 後者の保守支援技術について論じている。

保守支援技術については, 複数のデータ通信システムのハードウェアを遠隔地の専門技術を有する保守者が通信回線を介して保守支援する遠隔保守方式がいくつか報告されている^{1),2)}。しかしながら, これらは, 本体系装置を保守対象としたものであり, データ通信センタで発生するすべての情報処理装置の障害を扱ったものではない。

われわれは, データ通信センタ内で設置台数の多い周辺装置をも保守対象としたハードウェア遠隔保守方式を提案する。

本論文では, 情報処理装置の保守上の問題点を明らかにした後, 対処策を示し, これを実現するためのシステム構成を明確化する。引き続き, 実現上の所要機

能であるリモートアクセス機構, 障害情報集中化機構について論じ, 最後に, 以上で述べた技術を適用したハードウェア遠隔保守システムの試作結果について述べる。

2. 情報処理装置の保守上の問題点と対処策

最近のデータ通信システムをとりまく動向と, これらが情報処理装置の保守に与える問題点, 対処策, および所要機能を表 1 にまとめる。対処策としては, 保守を容易化する観点から故障診断プログラムがある^{3),4)}が経済的, 技術的理由から診断対象範囲, 適中率等を 100% とすることは困難である。このため, 将来とも保守者の技術力に依存する必要がある, 障害となった情報処理装置を通信回線経由で遠隔から保守可能とするハードウェア遠隔保守方式が不可欠となる。

遠隔からの保守支援技術には, 遠隔から情報処理装置にアクセスし診断を行う遠隔診断支援と, 過去の障害事例等を提供する遠隔情報支援の 2 種類が存在するが, 表 1 の問題点を解決するためには両者とも不可欠である。本論文では, これらの両方を対象とした場合に必要となるリモートアクセス機構と障害情報集中化機構について論ずる。

3. システム構成

障害情報の集中化機構を有し, 複数分散設置されたデータ通信センタの広域保守を可能とするための遠隔保守システム構成法について述べる。

保守系の主要な構成要素は, (a) 保守対象装置, (b) 保守ツール, (c) 障害情報, (d) 保守者である。保守は, 保守者が過去の障害事例などの障害情報を参照するとともに, 保守対象装置にアクセスする保守

† Remote Hardware Maintenance System by YASUYOSHI SAKAI (Communication Control System Section, Yokosuka Electrical Communication Laboratory, N. T. T.), MASAKATSU YOSHIDA, DAJI NANBA, MASAOKI SATO and TAKAHIKO MORI (Data Communication System Testing Projects Section, Yokosuka Electrical Communication Laboratory, N. T. T.).

†† 日本電信電話公社横須賀電気通信研究所通信制御研究室

††† 日本電信電話公社横須賀電気通信研究所データ通信試験研究室

表 1 データ通信システムを取りまく動向, 保守上の問題点と対処策
Table 1 Problem on computer maintenance and counterplan.

動向	保守上の問題点	対処策	所要機能
装置の高信頼化	保守経験量減少による保守者の技術力維持向上の困難化	診断手続のプログラム化	故障診断プログラム
装置の多様化	必要となる保守知識量増大による保守の困難化	障害情報の集中化(保守経験の共用)	障害情報集中化機構
システム数増加と地理的分散	保守者確保の困難化	保守作業の専門別分業化と広域保守の実現	保守ツールリモートアクセス機構

ツールを操作して行われる。

障害情報は、障害情報集中化策から保守系のなかで唯一である。障害情報は任意の場所から参照可能とする必要があり、保守者、保守対象装置と独立した場所に設置することとなる。

保守ツールは、その動作場所の属性から以下の二つに分類できる。

- ① 保守対象装置上またはその近傍で動作する必要があるもの(保守用プログラム、装置保守盤、測定器等)
 - ② 保守対象装置近傍でも遠隔地でも動作可能なもの(障害情報解析プログラム等)
- ①の保守ツールは、保守対象装置側に設置することとなる。②については、保守ツールが動作する機構の性能、転送情報量、保守対象装置の設計変更等に対する維持管理の必要性等によって適した設置場所が決定される。①の保守ツールおよび保守対象装置近傍に置く②の保守ツールは、システム構成上は保守対象装置に含めることができ、保守対象装置から離れた遠隔地に設置する②の保守ツールは、障害情報に含めることができる。

保守者、保守対象装置間には、広域保守の必要性から、任意の保守者が任意の保守対象装置にアクセス可能とすることが必要である。このことは、複数の保守対象装置と複数の保守者間で接続を変更するための交換機構が必要であることを示している。

したがって、遠隔保守システム構成上の問題は、交換機構と障害情報集中化機構をいかに有機的に結合するかに帰着する。

この2機構の具備形態として次の2方式構成が考えられる。

(i) 交換機構を交換機などにより障害情報集中化機構とは独立に具備する方式構成(図1)

(ii) 交換機構と障害情報集中化機構を情報処理装置により一体化する方式構成⁵⁾(図2)

(i)の方式構成では、保守者が障害情報へアクセスするときには、保守者、保守対象装置間のアクセスパスを切断する必要があるのに対し、(ii)の方式構成では、その必要がなく、しかも以下に示す利点も合わせもっている。

(イ) マンマシンインタフェースの統一が可能となる。

(ロ) 保守対象装置側の負荷が軽減される。

(ハ) 障害情報集中化機構を機能拡充することにより遠隔自動解析への発展が可能となる。

(ニ) 遠隔運転への機能拡張が容易となる。

4. リモートアクセス機構

データ通信センタ内の複数の装置を遠隔からテスト可能とするためのデータ通信センタ内アクセス機構およびリモートテスト法について述べる。

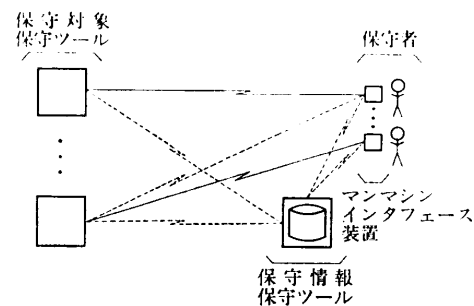


図 1 交換機構, 障害情報集中化機構独立方式

Fig. 1 System configuration disconnected data base from switching mechanism.

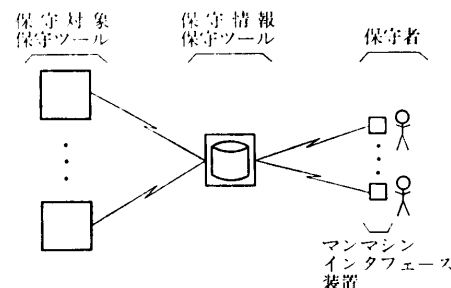


図 2 交換機構, 障害情報集中化機構一体化方式

Fig. 2 System configuration integrated data base and switching mechanism.

4.1 データ通信センタ内アクセス機構

3章で述べたシステム構成から、データ通信センタ内には遠隔地との接点となる装置—遠隔保守制御装置：RMCU と称する一が必要となる。

センタ装置の遠隔診断を行うためには、①障害装置の切分け、②障害装置内の不良個所の切分けが必要である。①に対しては、(1)短時間に広範囲にわたって装置機能の正常、異常の試験ができる保守用プログラムを起動可能とする RMCU からのアクセス機構、②に対しては、(2)装置内部状態の設定・観察ができる装置保守盤等を操作可能とする RMCU からのアクセス機構が必要となる。

保守用プログラムはオンラインサービス中でも起動できる必要がある。このことは(1)が OS との通信機構であることを示しており、RMCU をチャンネルに接続する構成となる。

(2)は、1台の RMCU と複数(N)台の保守対象装置との間の通信が必要であることを示している。1：N の通信形態を実現する接続構成には、①並列接続⁶⁾、②直列接続、③ループ接続⁷⁾、が考えられる。これら3接続構成の比較を表2に示す。並列接続は装置台数に比例した量のアクセス制御部を RMCU に用意

する必要があり、経済的に不利であるが、直列接続とループ接続では大きな差はない。

保守対象装置側には、(a)装置内部へのアクセス機構、と、(b)RMCU との通信機構、が必要である。(a)は保守対象装置ごとに必須のものであるが、(b)は保守対象装置によらず共通のものである。

経済性を重視するシステムでは、(b)を可搬とし保守対象装置間で共用可能とする構成がよい。一方、操作性を重視するシステムでは、(b)をすべての保守対象装置に固定的に設置する構成がよい。また経済性、操作性両者の緩和を必要とするシステムでは保守対象装置を同一機種ごとにグループ化し、グループ単位に(b)を設け、(b)を固定または可搬とする構成とすればよい。

固定、可搬の(b)が混在するアクセス機構の例を図3に示す。

4.2 リモートテスト法

保守対象装置に対してデータ $X(=x_1 \cdot x_2 \cdot \dots)$ を入力しその結果のデータ $Z(=z_1 \cdot z_2 \cdot \dots)$ を観察し、期待値 (Z_E) との比較により保守対象装置の正常、異常を判別することをテストという¹¹⁾。

本節では、保守対象装置に対してデータ X の入力、および結果データ Z の観察を遠隔から可能とするリモートテスト法について論じる。

4.2.1 リモートテストのモデル

リモートテストのモデルを図4に示す。

遠隔地に設置しデータの入力および結果の観察を可能とする手段を操作系と呼ぶ。

表2 RMCU-センタ装置間 1:N 接続構成
Table 2 RMCU-computer equipments interconnection.

	並列接続	直列接続	ループ接続
接続構成			
特徴	(1)装置台数に比例したアクセス制御部を RMCU 側に用意する必要がある (2)⑥の障害が、RMCU と他の装置間の通信に影響を与えることはない	(1) RMCU 側アクセス制御部は装置台数には無関係 (2) 同左 (3)⑥はリポータの役割をもたない	(1) 同左 (2)⑥の障害により RMCU と他の装置間の通信が不能となる場合があるが、バイパス機能等の付加により対処可能 (3)⑥はリポータの役割をもつ

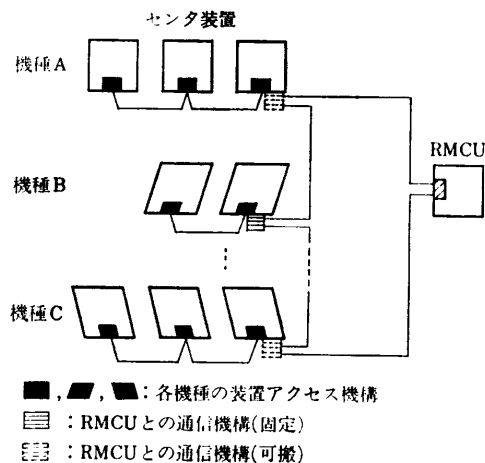
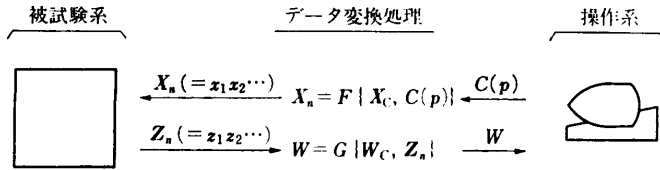


図3 アクセス機構例

Fig. 3 An example of RMCU-computer equipments interconnection.



X_c : コマンド投入時点における被試験系の状態 (各スイッチのオン/オフ状態等) を示すデータ。
 W_c : コマンド投入時点における操作系の状態を示すデータ。

図4 リモートテストのモデル
 Fig. 4 Remote test model.

操作系からの出力を $C(p)^*$ で表す。また保守対象装置に対する入力を $X_n (= x_1, x_2, \dots)$ で表す。 X_n の各要素の値は、たとえば装置保守盤の各スイッチのオン/オフ状態に対応する。このとき $C(p)$ は、保守対象装置の現在の状態 X_c を変化させるための変化分を指定するものである。ここで $C(p)$ の名称、形式、機能、 X_n の長さ、 X_n の各要素の意味は、装置機種個別に定義される。同様にして、保守対象装置からの出力を $Z_n (= z_1, z_2, \dots)$ 、操作系に対する入力を W 、操作系の現在の状態を W_c で表す。

本モデルにおいてリモートテストは、コマンド $C(p)$ を X_n に変換し保守対象装置へ送信し、結果のデータ Z_n を W に変換し操作系へ送信することによって実現できる。

本論文では、 $C(p)$ を X_n に変換する技術について論じる。なお逆方向のデータ変換技術については、これと同一に論じることができるため説明を省略する。

リモートテストはハードウェアの保守を取り扱うことから、図5に示す実現上の条件がある。技術的課題は以下に示す2点に集約される。

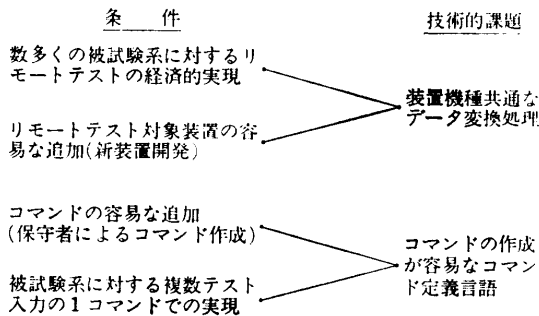


図5 リモートテスト実現上の条件と課題
 Fig. 5 Technical problem in the remote test method.

* p は、たとえばコマンドのパラメータを示す。

- 装置機種間共通なデータ変換処理
- コマンドの作成が容易なコマンド定義言語

4.2.2 データ変換処理とコマンド定義言語

a) 装置機種間共通なデータ変換処理
 装置機種間共通なデータ変換処理を図6に示す。

保守対象装置に対して送信すべきデータ X_n は、 $C(p)$ と X_c により以下の手続きで生成できる。

- $C(p)$ をもとに装置機種個別情報を抽出する。
- 装置機種個別情報から X_c の変更位置および変更値を求め X_n を生成する。

装置機種個別情報は、 $C(p)$ の名称、対応する X_c の変更位置、その変分値等であるが、上記手続きはこれら情報の値とは独立しているため、データ変換処理を装置機種間で共通にすることができる⁸⁾。

b) コマンドの作成が容易なコマンド定義言語
 コマンド $C(p)$ に対応した X_c の変更は、以下の命令を用意することにより実現できる。

- X_c の特定ビットをオン/オフする。
- コマンドのパラメータ p を X_c の特定位置にセットする。
- X_c を X_n とする。
- X_n を送信する。

以上コマンド定義言語の仕様を表3にまとめる。

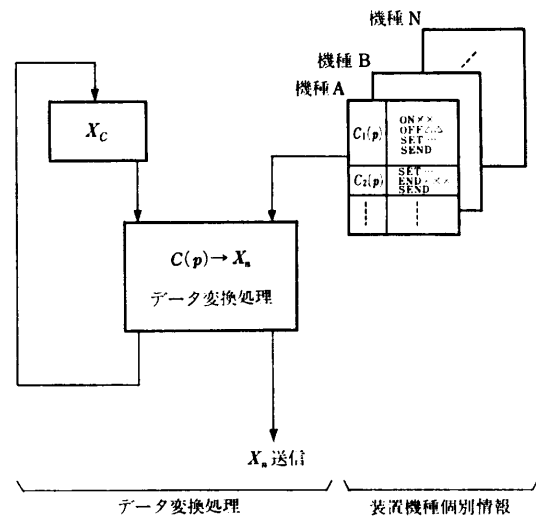


図6 装置機種間共通なデータ変換処理
 Fig. 6 Data conversion process.

表 3 コマンド定義言語の仕様

Table 3 Specification of command definition language.

項番	命令	パラメータ	意味
1	ON	i	X_c のビット i を "1" に設定する.
2	OFF	i	X_c のビット i を "0" に設定する.
3	SET	pj, k, m, i	第 pj パラメータの先頭 k 文字目から m 文字分を X_c の先頭から i ビット目以降に埋め込む.
4	END	—	X_c を X_n とする.
5	SEND	—	X_n を送信する.

コマンドの追加, 作成は, 表 3 に示す①~⑤の命令を $C(p)$ に対応して組み合わせることにより容易に可能となる.

5. 障害情報集中化機構

5.1 データ構造

障害情報集中化機構は, 装置障害発生時の障害現象データ, 不良個所データ等を障害事例データとして 1 個所に集中管理するものである.

集中化した障害情報の, 事後保守と予防保守への適用は以下のように考えられる.

- ① 障害発生時に, 障害現象をキーとして過去に同一現象を呈した不良個所, 探索方法等の障害事例を参照する (事後保守)
- ② 特定装置の障害履歴を参照する (予防保守)
- ③ 特定装置機種別の障害履歴を参照する (予防保守)

上記に示すように, 障害情報集中化機構は図 7 に示すような多目的利用が可能な探索空間をもつデータ構造とすることがある.

5.2 障害事例検索時における障害現象の表現法

障害発生つと障害事例を蓄積していく障害情報集中化機構においては, 蓄積している障害事例数が少ないときに詳細なレベルで障害現象の指定を行うと, 同一現象を呈した障害事例が存在しない確率が高い. 一方, 障害事例数が増加したときには, 不良個所を絞るためにできるだけ障害現象を詳細に指定したいという要求がある. 本節では, これらの問題に対処するため, 障害事例検索時における障害現象の表現法について述べる.

保守者は, 障害発生時, アラームランプ点灯の有無, メモリエラーランプ点灯の有無等複数の要素の組合せで障害現象を多元的に捉えている. 障害現象のおのおのの要素を障害現象種別と呼ぶ. 障害情報集中化機構における障害現象と不良個所との関係を図 8 にモデル化する. X 座標は障害現象種別, Y 座標は不良個所, Z 座標は障害事例数を示している. 図 8 は, 障害現象種別が A, B, C の 3 種類存在し, おのおのがそれぞれ l, m, n 個の取りうるパターンをもっているときの例である. A_i, B_j, C_k は, 各障害現象種別とする値を示している. 障害が 1 件発生するたびに該当位置の障害事例件数 (Z 座標の値) が 1 増加する.

($A_n \wedge B_m \wedge C_k$) なる障害現象を呈する障害が発生し

- ① 障害現象から障害事例を検索 (↓)
- ③ 特定装置機種から障害事例を検索 (↘)

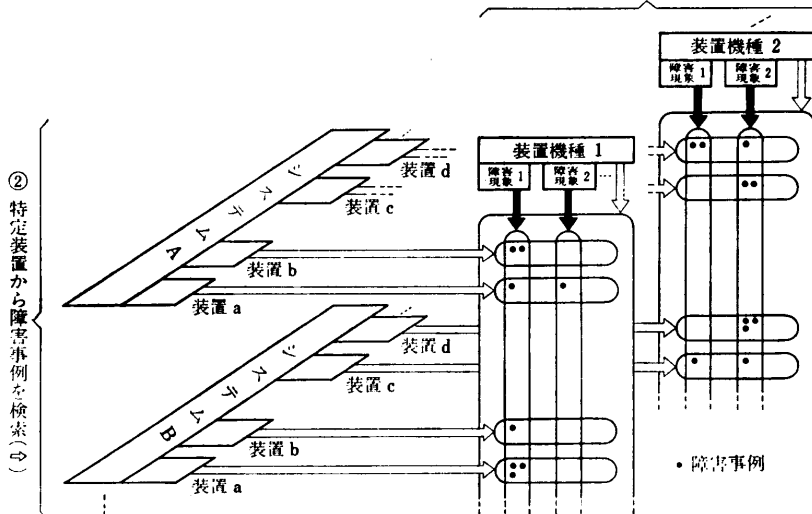


図 7 障害情報集中化機構のデータ構造
Fig. 7 Data structure in data base.

* \wedge は AND 条件を示す.

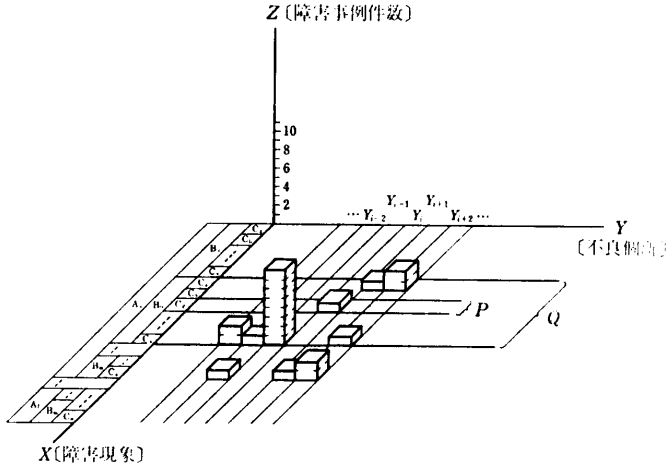


図 8 障害現象と不良個所との関係のモデル (障害現象種別が3の例)
Fig. 8 A model of relation between symptom and faulty point.

た時に、障害現象をすべての障害現象種別 $[A_a \wedge B_b \wedge C_c]$ で表現すると、図中Pで示す障害事例がこの障害に対応する。本図の例では、不良個所の範囲は1個所と狭いが該当する障害事例が1件しか存在しない。蓄積した障害事例数が少ない場合には、該当する障害事例が存在しない場合もある。そこで一部の障害現象種別 $[A_a \wedge B_b]$ で表現すると、図中Qで示す障害事例がその障害に対応する。この場合、対応する障害事例数は16件と多いが、不良個所の範囲は6個所となり、前の場合に比較して広がる。

以上のことから、障害発生のおとど障害事例を蓄積し

ていく障害情報集中化機構において、障害現象の表現は、蓄積している障害事例数に応じて最良の性能(適中率, 分解能)を引き出すために、障害現象種別を AND, OR の任意の組合せで自由に指定可能とする方式を採る必要がある。

6. 遠隔保守システムの試作

筆者らは、電電公社の超大型情報処理装置を有するデータ通信システムのセンタ装置を対象とした、遠隔保守システムを試作した。本章では、試作システムの概要と試作システムを使用した遠隔診断実験の結果を述べる。

6.1 試作システム構成

試作システムは、図9に示す構成をとっており、主要な構成要素は次のとおりである。

6.1.1 データ通信センタ

- (i) データ通信センタ内では、ホスト上で動作する保守用プログラムを制御するためのインタフェースおよび本体装置、周辺系の制御装置の装置内部情報を直接変更・観察可能とするためのインタフェースを設けている。後者のインタフェースでは、ループ接続を採用するとともに、ビット透過性のある伝送機能を満たす HDLC 手順を採用している^{9),10)}。
- (ii) ループに接続される、設置台数の多い周辺系

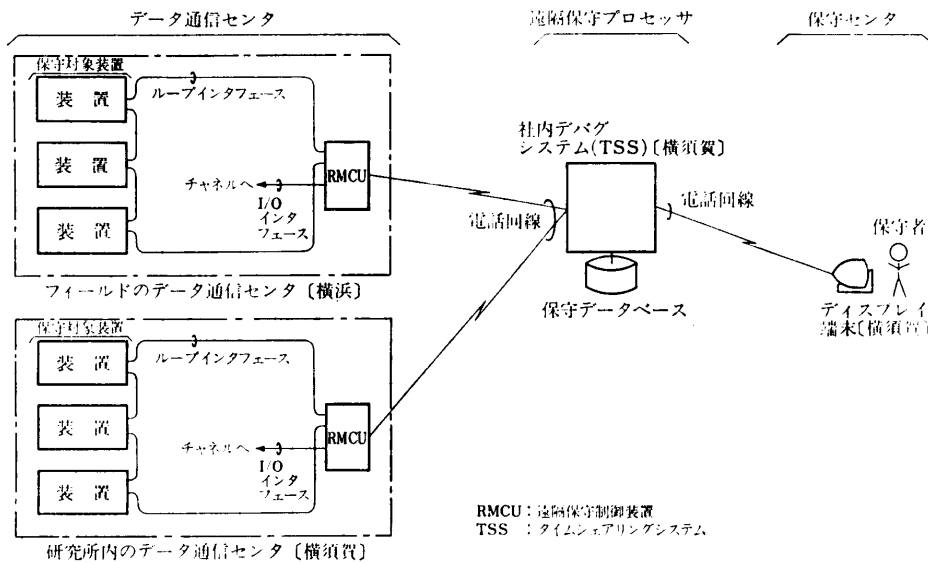


図 9 試作システムの構成

Fig. 9 Experimental remote hardware maintenance system configuration.

の制御装置と遠隔保守制御装置との通信機能については、経済化を重視して周辺系の制御装置間で共用可能な可搬形としている。

6.1.2 保守センタ

保守者の駐在場所である保守センタには、設置の容易なディスプレイ端末を置いている。

6.1.3 遠隔保守プロセッサ

保守センタのディスプレイ端末とデータ通信センタの遠隔保守制御装置に通信回線で接続され、遠隔保守システムの制御と管理を行う遠隔保守プロセッサは、会話形式の通信が可能なタイムシェアリングシステムを利用している。本プロセッサ上には、障害事例を蓄積した保守データベースを具備している。

6.2 遠隔保守機能

試作システムは、データ通信センタ、保守センタ、遠隔保守プロセッサを構成要素とする一つのネットワークを構成している。ネットワークを利用する形態

を“**交信系**”と呼ぶと、試作システムでは以下の交信系を提供している。

6.2.1 リモート交信系

遠隔保守プロセッサを介して保守センタとデータ通信センタとの間で交信を行う形態。

6.2.2 データ通信センタ・ローカル交信系

データ通信センタと遠隔保守プロセッサとの間で交信を行う形態。

6.2.3 保守センタ・ローカル交信系

保守センタと遠隔保守プロセッサとの間で交信を行う形態。

以上のネットワーク利用形態を**図 10**に示す。

試作システムではこのネットワークの利用形態に対応して**図 11**に示す機能を提供している。

6.3 遠隔診断実験

実験は、本体系装置、周辺系の制御装置の計4台の装置に設定した184ポイントの擬似障害を遠隔から診

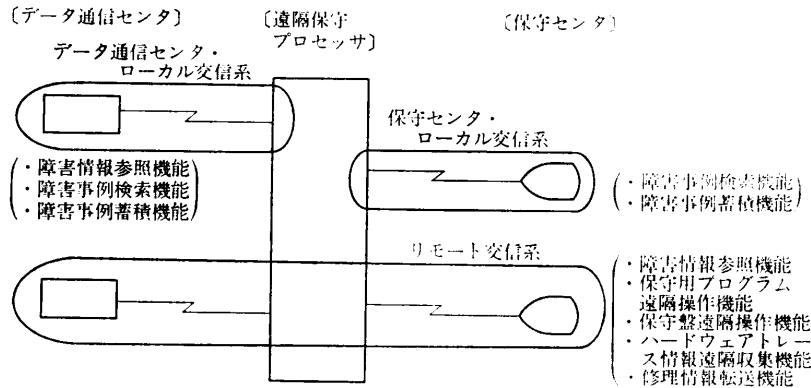


図 10 遠隔保守システムの利用形態 () 内に実行可能な機能を示す。

Fig. 10 Modes of remote hardware maintenance system.

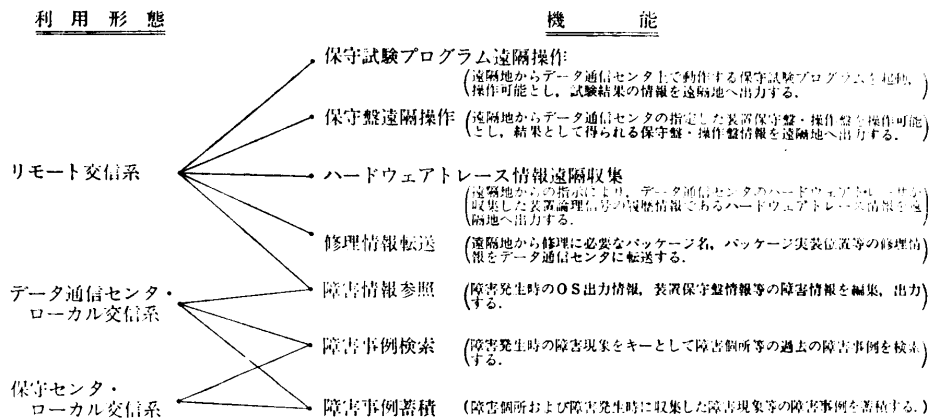


図 11 試作システムの主要な具備機能

Fig. 11 Main function of experimental remote hardware maintenance system.

断する方法で行った。擬似障害ポイントの選定は、回路の故障率で重み付けをして実際の故障発生状況に擬似させた。また保守者の能力による実験結果への影響を避けるため、あらかじめ定めた手順に従って実験を行った。

実験の結果、約 95% の障害に対して、本体系装置、周辺系の制御装置とも部品取替単位で不良箇所を指摘できた。また遠隔診断に必要な操作量（ディスプレイ端末からの入力コマンド数）は、装置にある複数のスイッチ操作を 1 コマンドで実行するマクロコマンドを用いた結果、障害装置を直接操作して診断する場合の操作量（スイッチの操作回数）の約 1/4 まで削減できた。

7. む す び

データ通信システムの情報処理装置を通信回線経由で遠隔から保守可能とするハードウェア遠隔保守方式について、システム構成および所要機能の実現技術を論じ、次にその技術を適用した遠隔保守システムの試作結果を述べた。

遠隔保守システムは以下に示す特徴を有している。

- (1) 障害情報の投入、検索が可能な障害情報集中機構を有する一つの情報処理装置を中心に、複数のデータ通信センタおよび複数の保守用端末をスター状に結合するシステム構成を採ることにより、任意の保守者が過去の障害情報を参照しながら、任意のデータ通信センタにアクセスすることを可能としている。
- (2) データ通信センタには、遠隔地との接点となる遠隔保守制御装置と複数の情報処理装置とをループ状に接続するアクセス機構を設けることにより、設置台数の多い周辺装置に対する遠隔からのアクセスを経済的に実現している。
- (3) 装置機種間共通の処理と装置機種個別の情報とを分離することにより、装置機種間共通処理の重複作成を避け、多数の装置機種に対する遠隔からのアクセスを経済的に実現している。

試作システムを用いて行った遠隔診断実験の結果、約 95% の障害に対して部品取替単位で遠隔から不良箇所を指摘できることが明らかとなり、本方式により保守上の問題点解決の見通しが得られた。

本方式は、①障害情報集中機構の機能拡充による遠隔自動解析、②機能拡張による遠隔運転、の実現可能性をもっている。これらは今後の問題として残されている。

謝辞 本論文の執筆ならびに遠隔保守システムの試作に当たり貴重なご助言をいただいた研究開発本部 戸田巖副本部長、当研究所データ通信研究部 新井克彦部長に深謝する。

参 考 文 献

- 1) 当麻, 田代, 森田: リモートメンテナンス, 信学誌, Vol. 64, No. 7, pp. 757-759 (1981).
- 2) 当麻: コンピュータシステムの保守, 信学誌, Vol. 62, No. 8, pp. 894-899 (1979).
- 3) 飯田, 野瀬, 森, 山川: DIPS-11 故障診断の概要, 通研実報, Vol. 26, No. 3, pp. 917-924 (1977).
- 4) 野瀬, 松本, 藤原, 林: DIPS-11 モデル 10 用故障診断プログラム, 通研実報, Vol. 28, No. 5, pp. 811-823 (1979).
- 5) 相川, 吉田, 藤井: 遠隔保守システムの構成, 情報処理学会第 24 回全国大会, pp. 113-114 (1982).
- 6) たとえば Metcalfe, R. M. and Boggs, D. R.: Ethernet Distributed Packet Switching for Local Computer Networks, *Comm. ACM*, Vol. 19, No. 7, pp. 395-404 (1976).
- 7) たとえば Skatrud, R. O.: Loop, Communications within Supermarket Store Systems, International Conf. on Comm. pp. 30-6—30-11 (1976).
- 8) 難波, 佐藤, 森: 保守盤遠隔制御法に関する一考察, 昭和 56 年度電子通信学会情報・システム部門全国大会予稿集, p. 2-187 (1981).
- 9) 阿部, 西村, 永沢, 中田, 高橋: DCNA のデータリンクレベルおよびトラントポートレベル仕様, 通研実報, Vol. 27, No. 11, pp. 2309-2334 (1978).
- 10) 阿部, 出口, 和木, 渥美: DCNA 共通プロトコルの機能拡充, 通研実報, Vol. 28, No. 11, pp. 2345-2356 (1979).
- 11) Chang, H. Y., Manning, E. and Metzger, G.: Fault Diagnosis of Digital Systems p. 159, Wiley-Interscience, New York (1970).

(昭和 57 年 10 月 21 日受付)

(昭和 58 年 4 月 19 日採録)