

F 1 分散制御型インテリジェント・ターミナル・システム：H I L I G H Tの概要

久保 隆重・高橋 栄・新井 全勝
今井 和子・高橋 延匡（日立中研）

目 次

- § 1. はじめに
- § 2. H I L I G H Tシステムに含まれる基本的概念
- § 3. ハードウェア構成
- § 4. H I L I G H Tシステムのソフトウェア構成
- § 5. プロセッサ間の通信方式
- § 6. おわりに
- § 7. 参考文献

§ 1 はじめに

インタラクティブ・グラフィックが人間—機械系による情報処理システムの重要な方向であることが認識されて以来、各種メーカーや研究機関により様々なディスプレイ装置やそのためのソフトウェアが実験的に開発され、一部は商業ベースでユーザに提供されている。しかしインタラクティブ・グラフィック・システムにおいては、その夢（実現可能であると言われた、または想像されたこと）と現実（実際に開発されてユーザに提供されてユーザに提供されたシステム）との間のギャップは依然として大きい。

このギャップはハードウェアにおいてもソフトウェアにおいても存在するが、われわれはソフトウェアにおける問題が相対的に重要性を増してきているということを前提としてグラフィック・ソフトウェア・サポートの中で最も基本的な、効率のよいグラフィック・オペレーティング・システムの開発を第1にとりあげた。

ここでわれわれが、汎用のインタラクティブ・グラフィック・システムとして開発したH I L I G H Tシステムの設計理念、システム構成、ソフトウェア構成、プロセッサ間通信方式などについて、その概要を紹介する。

§ 2 H I L I G H Tシステムに含まれる基本的概念

H I L I G H Tシステムは次のような名前の省略形である。

- a. Hitachi Load-Sharing-Type Intelligent Graphic Terminal System.
- b. High Level Interactive Graphics in a Time Sharing Environments.

a, b, はわれわれのシステムを構造的、機能的に表現しているのであるが、このシステムを

設計するときの背景となった基本的な概念を含んでいる。

これらのいくつかの概念がユーザの必要に応じたインタラクティブ・グラフィック・データ処理機能の提供ということを目標にして有機的に組合わされた。

インタラクティブ・グラフィック・データ・プロセッシング・システムにはユーザからみて次の2つの側面がある。

- a. インタラクティブ・グラフィック・ジョブ・プログラムの生成
- b. インタラクティブ・グラフィック・ジョブの実行

まずグラフィック・プログラムの生成という側面から考えてみると、グラフィック・ジョブ・プログラミング・システムとしては次のものが必要であろう。

- (1) 使いやすく、能率のよいプログラミング言語プロセッサ
- (2) プログラミングやデバッグのためのインタラクティブな環境

次にジョブの実行という側面からグラフィック・オペレーティング・システムを考えるためにグラフィック・ジョブについて考察しておく。

ユーザが処理したいインタラクティブ・グラフィック・ジョブは、次のような情報処理機能に分割することができるであろう。

インタラクティブ・プロセッシング

- a. アテンション・ハンドリング機能
 - b. データ処理（解析）機能
 - c. プロセッサ間交信機能
- グラフィック・プロセッシング
- d. 図形入力機能
 - e. 図形出力機能
 - f. 図形処理機能

aの機能はディスプレイ端末でファンクション・キーやライト・ペンによるユーザからの要求（アテンション）とアテンション処理プログラム（ユーザが与えたプログラム、またはシステムに標準に用意されているプログラム）との対応をとるための処理である。

bの機能は通常の数値情報や英数字情報のためのデータ処理機能であり、問題の解析や解法のために必要とされる処理である。

cの機能はインタラクティブ・データ処理のために必ずしも必要ではないが、各種の情報処理要求をみたすために複数個のプロセッサ間で分割処理が行われる場合には、プロセッサ間の交信規約にもとづいてデータや制御情報を受授する機能が必要となる。

グラフィック・ジョブは上記の6種の機能を多かれ少なかれ必要とし、これらの処理機能それ自身も処理時間やOSに依存する割合や、実行を要する頻度などで異なる特性をもつ。ある特定の应用到に適合したシステムは、そこで処理されるグラフィック・ジョブの特性を十分に生かしたシステム構成をとることができる。しかしわれわれが目的とした汎用性のあるインタラクティブ・グラフィック・システムにおいては多種類多量のプログラムが必要であるから、第1

の側面すなわちグラフィック・プログラムの生産性をもまた重視しなければならない。

インタラクティブ・グラフィックスの2つのソフトウェアの側面からの要求を満しうるシステムは現時点では次のような概念を含んだものになるであろう。

Load Sharing : この考え方はグラフィック・ジョブを先にのべたように各々いくつかの特性をもつ情報処理機能を必要とする処理単位に分割可能であり、各処理単位を効率的に処理する情報処理システムが存在するインタラクティブ・グラフィックスにおいては有効である。さらに2つの情報処理システムの並行処理によって、一方では得られないレスポンス・タイムを提供することができる利点がある。

Time Sharing : この方式は人間と計算機間のジョブ分割を考えて、多数のユーザが計算機リソースを時間的にシリアルに共用し、端末を介してオンラインでインタラクティブに交信することによってトータル情報処理速度を高速化し、情報処理コストの低下を目的とする。

この考え方を実現している汎用タイム・シェアリング・システムのもつ会話型処理とその豊富な情報処理サービス機能は、汎用のインタラクティブ・グラフィックスにとって不可欠である。我々が汎用タイム・シェアリング・システムとしてHITAC 5020 TSSを基本システムとして採用したのは次のような2次元番地付け方式のTSSで最もよく実現される特徴を利用したかったからである。

- a. テキスト・エディタやデバッグ補助プログラムやコンパイラや各種応用プログラム等のオンライン用ソフトウェアが利用できること。
- b. 大容量メモリからなる情報格納システムがあって、容易にデータを格納したり、アクセスすること、プログラムやデータを共用できること。
- c. システムの拡張性が大きいこと。

Intelligent Terminal : この考え方は計算機と端末間のジョブ分割による情報処理コストの低下とレスポンス・タイムの短縮を動機とするものであり、とくにインタラクティブ・グラフィックスの端末に対しては次のタスクが中央計算機のサポートなしで処理できるものであると定義されている。^{b)}

- a. 安定した、ちらつきのない図形表示機能
- b. 基本的図形要素(文字、線分、円等)を生成する機能
- c. 図形の基本的入出力や処理機能(たとえばライト・ペン・トラッキング、英数字、メッセージの構成、編集、図形の拡大、縮小、移動、コピー等)

このような処理機能を実現するためのある種の知的能力(logic+memory)をもった端末システムとしてH8811 図形処理計算機システムを用いた動機はレスポンス・タイムの短縮ということと、stand alone ユーザに対する適合性のある端末システムへの要請である。

Intelligent Terminal という概念はprocessorとterminal間のLoad Sharingであるという意味でLoad Sharingの考え方と本質的に同じである。

Distributed Control : 2個以上の計算機システムにおけるリソース・マネージメントに

関し、集中管理方式と分散管理方式 (Distributed Control) が考えられるが、後者を採用した理由は、情報処理システムの拡張性を保証し、信頼性を確保し、かつオペレーティング・システムの巨大化による設計開発の困難さをある程度やわらげるためである。またユーザに local intelligence を開放するために、H 8811 側にユーザ・プログラムの実行制御機能をもたせたことにも関係している。

Dual Interactive Processing : HILIGHT システム設計においてわれわれが新しく導入した 2 重会話型処理 (Dual Interactive Processing) 方式は Load Sharing という概念に関係している。Interactive Processing はユーザと計算機間の仕事の分割処理であり、Load Sharing は 2 つの計算機間での仕事の分割処理であることより、この 2 つの処理方式を組合せると人間—計算機—計算機間での分割処理形態が考えられる。

図 1 がその概念図である。このような形態で人間に近い計算機の使用方法としては、予め定められた機能を実行するクローズド方式とよばれるものか、インタラクティブ・ジョブの前処理や後処理の仕事をするために使うかで、インタラクティブな処理はどちらか一方の計算機上のプログラムとの間に存在した。

Dual Interactive Processing は双方の計算機上のプログラムとの交信を同時に可能にする方式である。1 つの Interactive Processing は汎用タイム・シェアリング・システム上のプログラムとの交信であり H 8811 システムをストリーム入出力系の端末制御のためのクローズド・システムとして使用することによって実現される。この Interactive Processing はインタラクティブ・グラフィック用プログラムの生産性を高めることを主目的としている。

もう一つの Interactive Processing は端末計算機システム上のプログラムとの交信であり、これはレスポンス・タイムを向上させることを主要な目的としている。

2 重会話型処理方式の概念図が図 2 である。

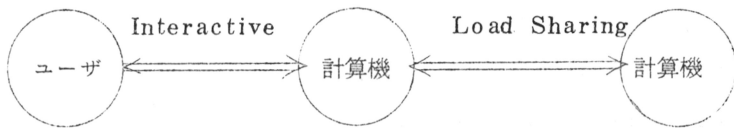


図 1. Load-Sharing + Interactive Processing 方式

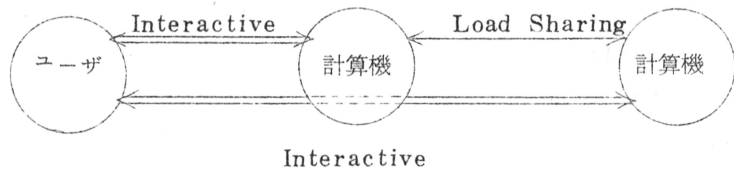


図 2. Dual Interactive Processing 方式

§ 3 ハードウェア構成

HILIGHT システムのハードウェア構成は第3図で示される。³⁾

HITAC 5020 側は HITAC 5020 TSS のために使われるハードウェアが、すべて用いられる。¹⁾ HITAC 8811 には、補助メモリとして磁気ディスク記憶装置を用いることができるが、HILIGHT システムでは使用していない。²⁾

HILIGHT システムのために特別に付加したハードウェアは H-8814 データ交換制御装置 (DXC: Data Exchange Controller) である。H5020 と H8811 とはそれぞれのチャンネル間に、この DXC を置いて接続され、両プロセッサの主メモリ間で最大 1 K バイトを単位とした情報転送が行われる。転送は両プロセッサの I/O 命令のマッチングによって開発され、転送時間は 1.8 ms/1 K バイトであり 4.4×10^6 ビット/秒にあたる。

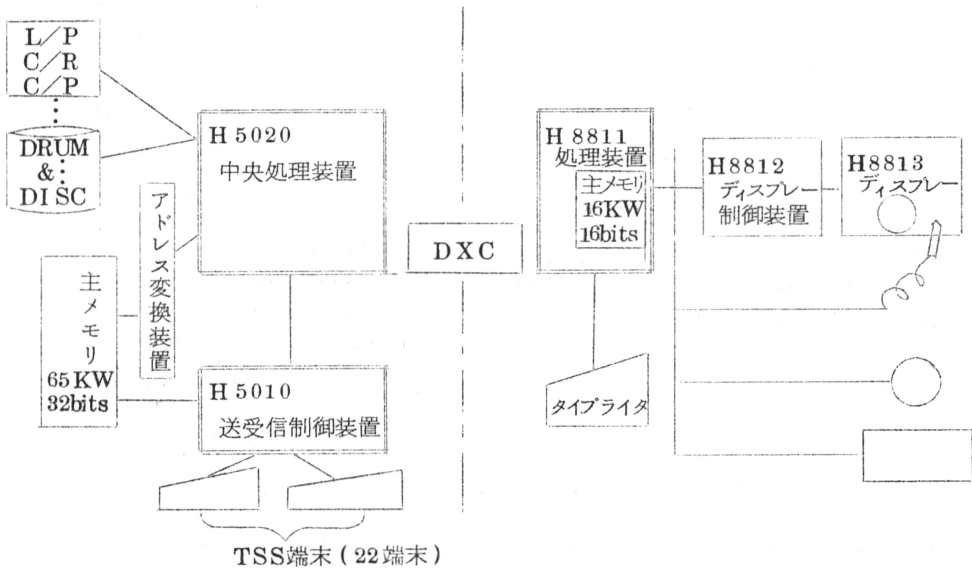


図3 HILIGHTハードウェア構成

§ 4 HILIGHTシステムのソフトウェア構造

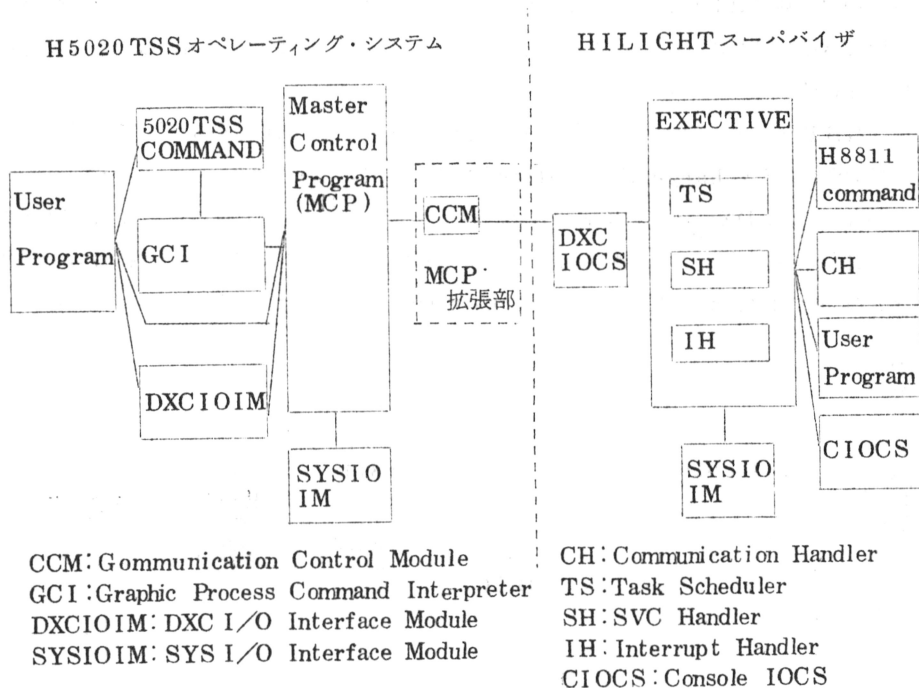
汎用性のあるインタラクティブ・グラフィック・システムを志向したHILIGHTシステムは、ほとんどすべてのユーザの要求を満足させる機能をもたなければならない。

このためにHILIGHTでは、次の3つの動作モードをもっている。⁴⁾

- (a) Stand Alone Mode (H8811 ジョブ)
- (b) Time Sharing Terminal Mode (H5020 ジョブ) H8811 ジョブ)
- (c) Intelligent Terminal Mode (H5020 ジョブ+H8811 ジョブ)

HILIGHT がどのモードで動作するかはユーザが自分のグラフィック・ジョブをどのように分割するかによって依存している。ユーザ・プログラムが両方の計算機で動作し、ユーザ・ジョ

ブを処理するモードを Intelligent Terminal Mode とよんでいるが、このモードにおいて必要とされる機能を実現するためのソフトウェアの概略が図4である。



実線は各モジュール間の制御の移動を表わす。
(SVC: 割り込み: Jnmp 命令などによる)

図4. HILIGHT システムのソフトウェア構造

他のモードでの処理は、図4のソフトウェア・モジュールの一部を使って実現される。したがってモードの間の移行は全くスムーズに行うことができる。

ITモードではユーザのジョブはH5020 TSSとH8811システムで動作するプログラムによって起動される1つのメイン・タスクやシステム・タスクなど合計32個のタスクとこれらを実行管理するためのEXECUTIVEによって処理される。システム・タスクには図4のコマンド・タスクやDXCIOCS(H-5020 TSSとの通信制御)やCIOCS(コンソール入出力制御)やCH(ジョブ制御用プログラム)やSYSIOIM(G-プロセスからのストリーム入出力制御)などが主なものである。ユーザ・タスクにはユーザ・メイン・プログラム・タスクやこれが生成するライトペンやファンクション・キーなどアテンション処理用タスクが主なものである。

H5020 TSS側のジョブは、TSS中の1つのプロセス(Graphic Process)が割り当てられ、MCPの制御のもとで通常のforeground Processと基本的には同じ制御を受けて処理される。H5020 TSSにHILIGHTのために追加されたものは、CCM(H8811との

通信制御), DXCIOIM(ユーザプログラムからの通信マクロの受付け), SYSIOIM (Gプロセスからのストリーム入出力制御)などがある。

H5020 TSSのジョブはH8811のジョブ制御プログラムからの通信マクロによる制御をうけて起動される。両方のジョブ・プログラムは同時並列に2つのプロセッサ上で実行されるが、これらのプログラム間の実行制御およびデータ転送のための通信マクロが設けられている。

§ 5 プロセッサ間の通信方式

HILIGHTにおいて、H8811 凶形処理計算機システムを機能的にはインテリジェント・ターミナルと考えることができるが、物理的にはDXCを介して直接結合 (direct coupled) した多重プロセッサ・システムである⁵⁾

H-5020 と H-8811 のシステム双方にプロセッサ間交信を行うための通信制御プログラム (CCP)を組み込んでいる。この通信制御プログラムによって次のような通信マクロがそれぞれAXCへのIO命令の系列へ展開され実行される。

HILIGHT システムでは次のような通信マクロを用意している。

(1) OPEN	←	ジョブ依頼要求	
(2) CLOSE	→	ジョブ終了通知	
(3) STRANSMIT	↔	データ送信 (システム・レベル)	
(4) SRECEIVE	↔	データ受信 (システム・レベル)	
(5) TRANSMIT	↔	データ送信 (ユーザ・レベル)	
(6) RECEIVE	↔	データ受信 (ユーザ・レベル)	
(7) CQUIT	←	ジョブ中断	
(8) QUIT	←	ジョブ終了	← H8811 より
(9) LOCK	→	交信禁止	→ H5020 より
(10) UNLOCK	→	交信禁止解除	

この通信マクロはジョブ制御用通信マクロとデータ転送用通信マクロに大別されるが、(3)~(6)がデータ転送用通信マクロである。

現在システム・レベルのデータ転送機能は5020 TSSの上のジョブ・プログラムがユーザと交信するために、H8811に置いた特別のプログラム (SYSIOモジュール)などに利用されている。

H5020 プロセッサとH8811 プロセッサは通常の多重プロセッサ・システムのように同格ではない。またスケールも相当に異っている。このような関係のプロセッサ間の交信を考えたときには、特に小型の端末計算機の特長性が交信方式に影響を与えることがある。ここで、HILIGHT システムにおけるプロセッサ間交信方式の特徴について述べておこう。

(1) データ転送方式

非同期処理をしているジョブ・プログラムが互に TRANSMIT, RECEIVE,あるいは

STRANSMIT, SRECEIVEを出し合い、ジョブ・プログラム・レベルで入力要求と出力要求の対応関係が成立しているという前提でデータ転送が行われる。双方のジョブ・プログラムは非同期に動作しているので両者の同期調整を行う必要がある。同期調整に成功すると、指定された出力エリアから入力エリアへ直接データが転送されるH8811が小容量(32KB)のため、unbuffered方式を採用している。

(2) 分散管理方式

両プロセッサを制御的には対等の関係において、双方の通信制御プログラム(CCP)は、ほとんど同一機能をもつものをおいた。

(3) 多重通信制御

両方のシステムのCCPに対して、ユーザ・レベルやシステム・レベルのプログラムから多重に通信要求が発生する。通信マクロはそれぞれのCCPが管理する待ち行列に登録され、次の選択基準によって1つが選択されプロセッサ間交信が実行される。

- (a) 最上位の優先順位か？ 送信用マクロにはあらかじめ優先順位が表1のように与えられている。
- (b) 送信用マクロか？
- (c) リンクは確立されているか？

優先順位	H8811 用送信マクロ	H5020 用送信マクロ
0	OPEN	LOCK, UNLOCK
1	C-QUIT, QUIT	CLOSE, STRANSMIT
2	STRANSMIT	TRANSMIT
3	TRANSMIT	

表1. 送信用マクロ一覧表

(4) リンク確立制御

送信用マクロが選択されると、情報転送のためにCCP間での送受信体制の整備が要求される。このための制御をリンク確立制御という。まず相手CCPに対して通信要求コードを送信する。通信要求コードには通信マクロの種類やエラー・チェック用のcheck sumなどが含まれる。通信要求コードを受信した側のCCPは次のチェックを行う。

- (a) ハードウェアのエラーが発生していないか。
- (b) check sumの照合結果は？
- (c) データ出力マクロの場合、データ入力マクロが待ち行列に登録されているか？

上記の3項目のチェックに合格すれば“OK”を、不合格の場合はその項目番号を、check sumとともに記入した返答コードを作成し返送する。

返答コードを受信した側のCCP(通信要求コードを送信した側)でも、返答コードについて項目(a), (b)のcheck がなされる。返答コードのcheckに合格し、返答コードが“OK”のとき

リンクが確立したという。データ転送はリンク確立後に行われる。QUITやOPENなどの情報は通信要求コードに記入され送信される。

通信マクロによって指定された情報を送信すると、確立されたリンクを解除する。DXCはこれで使用可能状態になり他の通信マクロの処理を開始することができる。

図5がリンク確立制御とデータ転送の関係を示している。

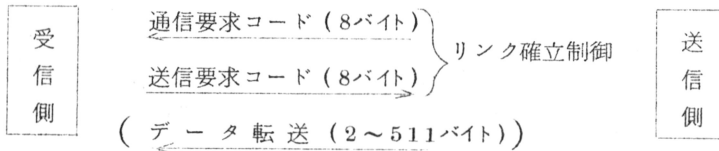


図5. リンク確立制御とデータ転送

リンクの確立に失敗した場合、送信側は通信要求コードをくり返して送信してやれば、やがて同期がとれる。しかし、この方法は通信スピードや、両システムの割込み処理速度と関連して、非常に大きなオーバーヘッドをかける。

同期調整に失敗したとき、TRANSMIT (送信要求) を出した側は、そのまま待機する。一方、応答コードを送出した側はRECEIVEマクロが受けつけられるのをまつ。RECEIVEマクロをその後うけつけた場合はそれをTRANSMIT側に通知する。この通信も通常のリンク確立制御の形式で行われる。この通知を受信することによりTRANSMIT側は通信要求コードの送信を再開する。その返答コードを受信することにより同期がとれたことを確認できる。

DXCの半2重性 (half duplex) と分散管理方式に起因して、通信要求コードの送信時にプロセッサ間でDXCの争奪が行われる。DXCの争奪に成功したプロセッサ側の通信要求コードが送信され、失敗した側の通信マクロは待ち行列に戻される。

プロセッサ間の通信制御に関する状態遷移図を図6に示す。

§ 6 おわりに

われわれが開発したHIGHLIGHTシステムは昭和46年6月より稼動しており、グラフィック・システムの評価と信頼性の向上のための機能拡張中である。

HIGHLIGHTシステムの主な特徴は次のようなものである。

- (1) グラフィック・コンソールはH5020 TSS 端末の役割とH8811システムのインタラティブ・グラフィック端末としての役割をもっていること。われわれはこのことをDual-duty Terminalと呼んでいる。またTSSの端末としてH5020 TSS上のプログラムとの交信機能とH8811上の図形処理プログラムとの交信機能が同時に使用できることをDual Interactive Processing (2重会話型処理) 方式と呼んでいる。
- (2) 図形処理計算機でもユーザ・プログラムを動作させるための機構を設けることによって、

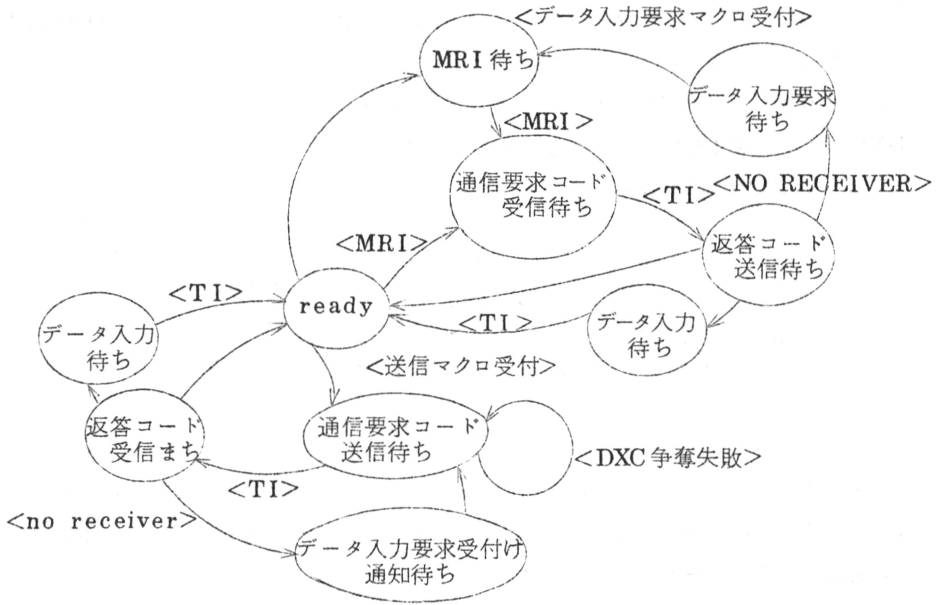


図 6. プロセッサ間通信の状態遷移図

各ユーザの望むインテリジェンスを端末側にもたせることができる。これにより各種の応用に最適な中央システムとターミナル・システム間での機能分割が可能になる。

(3) 双方の計算機システムのリソースを、各々のプロセッサのスーパーバイザで分散管理することによって、プロセッサ依存性を除去し、H8811 システムの stand alone モードへの移行をスムーズに行えるようにした。またこれによってシステムの保守性や拡張性を保証できた。

なおグラフィック・プログラムを能率よく開発するために、TSS で動作するメタ・マクロ・アセンブラを開発中であり、これを使って H8811 用グラフィック・マクロ・アセンブラが TSS 上で使用可能になる予定である。このグラフィック・マクロ・アセンブラと PL1W コンパイラが基礎となって、各種応用プログラムの開発が本格化するであろう。

最後に H8811 側のソフトウェアの開発のために GOS (Graphie Operating System) を提供していただいた日立製作所ソフト工場藤中部長、小川健夫氏に感謝致します。

§ 7 参考文献

1. 嶋田他：“HITAC 5020 TSS の概要” 他 12 件昭 43，電気四学会連大論文集 (分冊 81)，情報処理 (1)，PP2956-2968.
2. 日立製作所：“HITAC 8811 レファレンス・マニュアル” (8811-1 ~ 8811 ~ 9)
3. 高橋栄，久保，新井，高橋延：「HILIGHT システムの開発」
4. 久保，新井，今井，高橋延：「HILIGHT システムにおけるジョブ制御方式」

5. 新井, 久保, 高橋栄: 「HIGHLIGHTシステムにおけるプロセッサ間の通信方式」

以上3編は情報処理学会第12回大会予稿集に掲載予定.

6. C. Machover: The Intelligent Terminal: Pertinent Concepts in
Computer Graphics 1969, PP179-199.

本 PDF ファイルは 1972 年発行の「第 13 回プログラミング・シンポジウム報告集」をスキャンし、項目ごとに整理して、情報処理学会電子図書館「情報学広場」に掲載するものです。

この出版物は情報処理学会への著作権譲渡がなされていませんが、情報処理学会公式 Web サイトの https://www.ipsj.or.jp/topics/Past_reports.html に下記「過去のプログラミング・シンポジウム報告集の利用許諾について」を掲載して、権利者の検索をおこないました。そのうえで同意をいただいたもの、お申し出のなかったものを掲載しています。

過去のプログラミング・シンポジウム報告集の利用許諾について

情報処理学会発行の出版物著作権は平成 12 年から情報処理学会著作権規程に従い、学会に帰属することになっています。

プログラミング・シンポジウムの報告集は、情報処理学会と設立の事情が異なるため、この改訂がシンポジウム内部で徹底しておらず、情報処理学会の他の出版物が情報学広場 (=情報処理学会電子図書館) で公開されているにも拘らず、古い報告集には公開されていないものが少からずありました。

プログラミング・シンポジウムは昭和 59 年に情報処理学会の一部門になりましたが、それ以前の報告集も含め、この度学会の他の出版物と同様の扱いにしたいと考えます。過去のすべての報告集の論文について、著作権者（論文を執筆された故人の相続人）を探し出して利用許諾に関する同意を頂くことは困難ですので、一定期間の権利者検索の努力をしたうえで、著作権者が見つからない場合も論文を情報学広場に掲載させていただきたいと思います。その後、著作権者が発見され、情報学広場への掲載の継続に同意が得られなかった場合には、当該論文については、掲載を停止致します。

この措置にご意見のある方は、プログラミング・シンポジウムの辻尚史運営委員長 (tsuji@math.s.chiba-u.ac.jp) までお申し出ください。

加えて、著作権者について情報をお持ちの方は事務局まで情報をお寄せくださいますようお願い申し上げます。

期間：2020 年 12 月 18 日～2021 年 3 月 19 日

掲載日：2020 年 12 月 18 日

プログラミング・シンポジウム委員会

情報処理学会著作権規程

<https://www.ipsj.or.jp/copyright/ronbun/copyright.html>