

Bendix G-20 の Communication Line System*

大 野 豊**

1. はしがき

昨年度、わが国に二つのシステムが導入された Bendix G-20 形電子計算機は、一応 Intermediate size に属するといえようが⁽¹⁾、演算処理速度からみると、わが国の現状では IBM 7090 につぐもので、その約 1/3 の速度を有している。G-20 は、その処理速度や規模を考慮すると、比較的安い価格ではあるが、現在のところ Algebraic compiler の完成がおこなわれていること、保守サービスの組織が充分でないことなどの点から、必ずしも一般の使用者にとって扱いやすいとはいえないであろう。ただし、Hardware の技術的な面から、高速磁気テープ装置へ入出力装置などの周辺装置との結合方式、命令構成製作技術、その他いくつかの特徴があげられる。本文では、これらのうちで、周辺装置の結合方式とその制御の方式について簡単な解説を行ない、御参考に供することにする。

2. 周辺装置の結合における基本的考え方

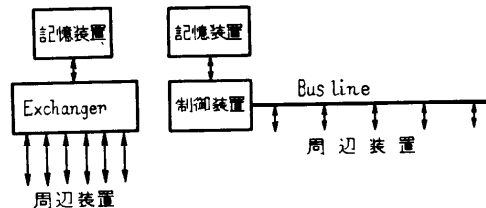
最近の電子計算機では、入出力装置、外部記憶装置その他の周辺装置が発達し、その種類や数が多くなり、システムとしては、中央処理装置よりも、むしろこれらの周辺装置群によって、その特性がきめられるといってもよいくらいになっている。汎用の電子計算機としては、結合される周辺装置の種類、数などになるべく制限がないことが望ましく、また、結合するための費用が少ないことが望ましい。

多くの装置を電子計算機あるいはその記憶装置に結合したり、各装置の相互間の結合を行なったりすることは、通信系において、多数の加入者の接続の問題に似ており、したがって同じような原理が応用しうるといえる。

また、一方では、各周辺装置の特性は各種各様で、その取り扱う情報の形式、情報伝送の速さは、大きな差がある。このような種々の装置を、電子計算機の処理能力が阻害されないように、しかも、なるべく安価

な結合を行なう。ということは、普通の通信系における問題とは別な複雑さがあるといえよう。

電子計算機あるいは記憶装置に多数の周辺装置を結合する方法としては、一般的に、第 1 図に示した二つの方式が基本となるであろう。(a) の方法は、仮りに Exchanger 方式と名づければ、これは電話交換方式によく用いられているもので、周辺装置は Exchanger



(a) Exchanger 方式 (b) Bus line 方式

第 1 図 周辺装置結合の原理

におけるスイッチングで、電子計算機や記憶装置に接続される。この方法では、各装置相互間の結合も可能で、情報伝送も各装置がある程度、同時に行なう。このように並列処理が行ないうることが、大形の電子計算システムに適用できることを示しており、事実、IBM 7030 (stretch)⁽²⁾ の Exchange Unit はこれに当り、IBM の 7090 においても、原理は同様のものを用いている⁽³⁾。この方式では、普通各チャンネルごとに情報中継のためのレジスタが必要となり、比較的高価になるが、RW-400 を用いた T.R.W. の Polymorphic computer⁽⁴⁾ では、スイッチング素子にトランス・フラクサを用いて、レジスタを用いない方式がくふうされている。

(b) の方法は、仮りに Bus line 方式と名づければ、これは、1 本の情報伝送ケーブルに、多くの周辺装置が並列に接続されるのである。Bus line の端にある制御装置は、line 上のどの装置を動かし、情報伝送を行なうかなどの制御を行なう。したがって、この制御装置は、(a) の方式の 1 チャンネル分の機能があればよく、非常に安価なものとなる。しかし、情報伝送路が各装置共通であるため、いくつかの装置の情報伝送を同時に行なうことが困難となる。したがって、Bus line を時分割でどのようにうまく使用するかがくふうされなければならない。1 本のケーブルでは、

* Communication Line System of Bendix G-20, by Yutaka Ohno (Railway Technical Research Institute of J.N.R.)

** 鉄道技術研究所

大規模なシステムは無理で、複数本のケーブルが必要になる。Bendix G-20 はこの方式を徹底させたものといえるが、C. D. C. の 160-A など同じような考え方を採用しているように思われるが明かではない⁽⁶⁾。(a)、(b) 両方式は、互いに組み合わせて使用することも可能である。

G-20 で採用している communication line 方式は、(b) のような Bus line であるが、以下に示すような考え方を基本としている⁽⁶⁾。

(1) 周辺装置の起動や伝送の開始は、通信系における、いわゆる selective calling system のように、G-20 や伝送の制御機能を有する装置から、各周辺装置に割り当てられた呼び出し番号を送ることによって行なわれる。

(2) 上記呼び出し番号(CAL と称する)をふくめて周辺装置をうごかすための指令、それに対する応答、伝送されるデータは、すべて communication line を通じて授受される。

(3) 電子計算機本体には、各装置との結合や情報伝送のために、各装置の特性を考慮した特殊な hardware をもうけない。

(4) 情報伝送の形式は、1桁(8ビット+Data flag +parity bit) 並列で、1桁ごとに行なわれる伝送と、多くの桁がシリアルに連続したブロック伝送とがある。

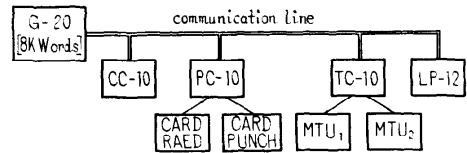
(5) すべての周辺装置は、適当な制御装置をもうけて、上記情報伝送形式になるように情報を編成する。

(6) 記憶装置と communication line との情報の授受は program interruption を用いて direct に行なう(1語程度の中継レジスタを使用するだけで、いわゆるバッファをおかない)ことを原則とし、特殊な場合でバッファを介した方が都合のよいものでは、特別なバッファ装置を用いる buffered transmission を行なう。

(7) communication line を介して行なう情報授受は、会話と称し、会話はすべてプログラムによって行なわれ、会話の開始と進行は、G-20 本体および、会話の制御機能を有する装置によって行なわれる。

3. G-20 のシステム構成⁽⁶⁾

わが国に導入されているシステムは、G-20 の基本システムであり、装置の数もすくなく、第2図のようなものである。PC-10にはバッファをもたないライン・プリンタが接続されるが、このシステムにはない。

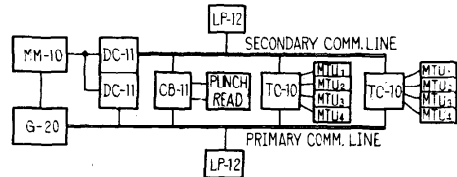


第2図 G-20 の基本システム

CC-10: 制御卓 PC-10: カード装置およびプリンタの制御装置
TC-10: 磁気テープ制御装置 MTU: 磁気テープ装置
LP-12: バッファをもつラインプリンタ

その代り LP-12 が Comm. line に接続されている。TC-10 には MTU が4台接続されるが、このシステムでは2台だけ接続されている(磁気テープは、TC-10, MTU を総称して MT-10 とよんでいる)。

G-20 のシステムとして、さらに大きな規模になると、第3図のように Comm. line が primary と secondary の2本あって、primary は G-20 により制御され、secondary は DC-11 により制御される。DC-11 は Data Communicator といわれ、外部記憶装置 MM-10 と周辺装置との情報伝送を制御する装置で、この伝送は G-20 を介さないで、G-20 とは独立に行なわれる。G-20 の本体には 4,096 あるいは 8,192 語までのコア記憶装置が内蔵され、それ以上は、



第3図 G-20 の中規模システム

MM-10: 外部コア記憶装置
DC-10: Data Communicator
CB-11: Control Buffer

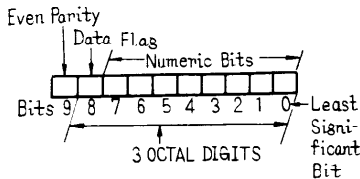
外部記憶装置として、32,768 語まで増設されうる。Control Buffer CB-11 はカード装置のバッファとして、あるいは、その他の装置のバッファとしてのほか一種の計算機としての処理機能、Comm. line の会話の制御機能を有するもので、これにより buffered transmission が行なわれる。なお、DC-11, CB-11, TC-10 などは、装置内に2本の Comm. line を切り換えるスイッチを有し、Comm. line からの指令により、いずれかにスイッチする。第3図よりさらに大規模なシステムでは、G-20 が2組以上、周辺装置が数10組以上がふくまれる。G-21 システムと称されるものは、G-20 が3組ふくまれている。

4. Communication line の構造

Communicatin line は、データや指令を伝送する Main cable と、割り込み信号その他の制御信号を送る Auxiliary cable とにわかれており、各 cable には 2 本のより合わされた線の組が、それぞれ 12 組ずつ入っている。そのうちわけは、

Main cable	{	Data lines	10組
		Request line	1組
		Spare	1組
Auxiliary cable	{	Interrupt lines	6組
		System ON/OFF	1組
		Spare	5組

これらのより線の各組は、それぞれ閉回路を構成している。10組の Data lines は 10 ビットの情報を並列に伝送するが、第 4 図に示すように、10ビットのうちビット 9 は偶数パリティ・チェックを行ない、ビット 8 はデータであるか指令（あるいは回答）であるかの区別をする Data flag である。データの伝送は 8 ビット形式と 6 ビット形式とがあり、8 ビット形式では、上記 10 ビットのうちビット 0~7 がこれに対応し、記憶装置にそのまま入る。6 ビット形式ではビット 0~5 がこれに対応し、ビット 6,7 には 0 が入り、記憶装置には入らない。ビット 0~8 の 9 ビットを 3 桁の 8 進数で表現すると、符号の割り当ては次のようになる。



第 4 図 Data lines の構成

- 000~077 一般指令, 問い合わせ指令
- 100~177 数値を与える指令
- 200~377 周辺装置呼び出し番号 (CAL)
- 400~777 1 桁のデータ (DATA)

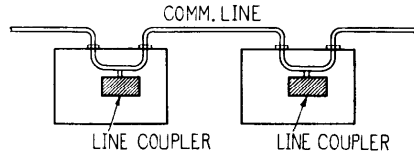
ここで 000~377 を line command と称している。

Request line はデータをブロックで伝送するとき、データの各桁の伝送のタイミングをとるための信号を受信側から送信側に送るための line である。

Interrupt lines 6 組のうち 4 組は G-20 あるいは DC-11 に対して周辺装置から送る割り込み信号の lines であり、他の 2 組は、G-20 から、他の G-20 あ

るいは DC-11 に対して割り込み信号を送る lines である。System ON/OFF は、この cable に接続されているすべての装置の電源の ON/OFF 1 箇所を制御するのに用いる。ある一つの Interrupt line には原則的にいくつかの装置が同時に割り込み信号を送ることがあるが、これは、どの装置が割り込み信号を送っているかを、line command の組み合わせによってしらべることができるのである。

これらの Comm. line と各装置との結合は第 5 図のように行なう。各装置の制御装置内には、Comm. line と結合する line coupler がある。これは、受信した line の信号を増幅したり、line に信号を送り出す回路が主体となっている。PC-10, CB-11, TC-10 のように一つの制御装置にいくつかの装置が結合されるときには、line coupler は共用される。



第 5 図 Comm. line と周辺装置の結合方法

1 本の Main cable の特性インピーダンスは 50 Ω で、その最大許容長さは 1,700 ft フィートであり、line coupler が一つ結合されるごとに、等価的に line が 35 ft ずつ長くなると考えられ、したがって実際の line の長さ L は、次式によって定められる。

$$L = 1700 - 35 N$$

N = 結合される coupler の数

また、各 coupler 間は 10 ft. 以上の間隔を必要とするので、L は少なくとも 10 N ft を必要とする。したがって、1 本の Comm. line には $1700 / (35 + 10) = 38$ 組以下の coupler が接続される。

5. Communication line の動作

5.1 動作の概要

G-20 のプログラムにおいて、ある周辺装置とデータ伝送を行ないたい時には、まず G-20 から、Comm. line に CAL を送る。すなわち、動かしたいと思う装置の番号 (4. に示したように 200~377 の符号である) を送る。そうするとこの Comm. line に接続されているすべての装置は、これを受信するが、自分の番号を受けとった装置だけが、これに対して応答を出す。PC-10 などのように一つの制装置にいくつかの入出力装置が結合されているものでは、この番号は

それぞれの入出力装置に付属している。しかし、指令の受信および応答は、制御装置が行なう。

目的とする装置から応答があると、G-20 では、次にその装置が動かしかどうかを、いくつかの line command によってしらべ、OK であつたら起動の指令を出す。これにより、装置は動きはじめ、一方 G-20 は、この装置との会話をやめて、別のプログラムを実行する。起動した装置が、データの送受信を行なえる状態になったら、その装置から、Auxiliary line を通して、G-20 に割り込み信号を送る。これによって G-20 は再び、その装置と会話を行なうプログラムに移り、再び CAL を送り、次いで、その装置が割り込み信号を送ったかどうかをしらべ、そうならばデータ伝送の準備ができていのかどうかをしらべる。

このようにして、所定の準備がよいならば、データ伝送スタートの指令を、その装置に与える。あるブロックのデータ、あるいは1桁のデータの伝送が終了したら G-20 は、その装置との会話からはなれて、前に中断したプログラムを実行したり、あるいは、いま受信したデータの処理を行なうプログラムを実行したりする。

以上のような動作をくりかえし行なうことによって、多くのデータの伝送が行なわれる。

G-20 が直接データの伝送を行なう場合には、そのデータは記憶装置と Comm. line との間で直接やりとりされる。CB-11のようなバッファを有する装置とたとえば、磁気テープなどとの間のデータの伝送を G-20 からの指令でスタートさせることもある。また CB-11 自身に記憶されているプログラムによって行なうこともできる。このような伝送は Bufferd Transmission といえよう。

以上に示した動作は、ある典型的な様式を示したものであるが、周辺装置の特性によっては、line command の組み合わせが異なったり、割り込みの行なわれる時期が異なったりしているが、動かす装置によってこのようなプログラムを変えることは容易であり、かなり flexibility のあるものである。

代表的な line command の例をいくつか示す。

- GRN (002) = グリーン、プログラム続行
- RED (003) = レッド、プログラム分岐
- RCV (014) = データ受信状態にセット
- TRA (016) = データ送信状態にセット
- SDT (010) = データ伝送スタート
- STT (056) = 紙テープあるいはカードのフィー

ド・スタート

OUT (011) = COMM. Line との接続を断

END (004) = データ・ブロックの終り

ERR (005) = エラー

QIN (067) = 割り込みの問い合わせ

QRD (060) = 準備のよしあしの問い合わせ

5.2 データ伝送のタイミング

先へのべたように、データの伝送のスタートは、line command によるが、これは SDT という command である。この command の前に、関係する装置が送信するのか受信するのかをきめておかななくてはならない。そのための line command は RCV あるいは TRA である。たとえば、G-20 からデータを送って、ライン・プリンタ LP-12 で印刷するときの line command のシーケンスは、次のようになる。

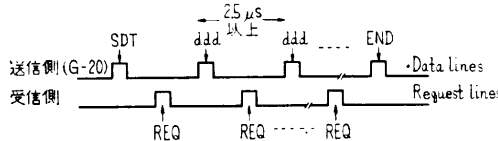
G-20	LP-12	説明
CAL	GRN	G-20 が LP-12 の番号 (CAL) を送り出す。LP-12 は GRN の応答を返す。
CLB	GRN	LP-12 のバッファをクリアする。
QRD	GRN	LP-12 の準備ができていのかどうかを問い合わせる。GRN の応答ならば、準備よし。
RCV	GRN	LP-12 が受信器となる。
SDT	REQ	データ伝送スタート。LP-12 は REQ 信号を返す。(後で説明)
ddd	REQ	G-20 はデータ (ddd) を送る。
⋮	⋮	LP-12 は REQ を返す。
ddd	REQ	(これがデータの桁数だけくりかえされる)
END	REQ	LP-12 は、これによって、プリントすべきデータがバッファに入り終わったことを知る。
CAL	GRN	再び G-20 が LP-12 を CAL する。
QRD	GRN	G-20 は印刷の指令を出す。
PRI	GRN	LP-12 のバッファの内容にしたがって、印刷動作がはじまる。
		G-20 は、この会話のプログラムから離れ、別のプログラムを実行はじめる。
	INT	印刷動作が終わったら LP-12 は G-20 に割り込み信号 (INT) を送る。これにより、G-20 に印刷が終了ことをしらせる。

以上のシーケンスで、2回目の CAL の意味は、その前の END の指令により、LP-12 は会話終了状態となり、自分の CAL 以外は受信できぬ状態となるからである。QRD に対して、もし RED の応答であつたら、GRN が出るまで QRD をくりかえすか、あるいは別の command sequence に入る。たとえば

error の動作として、別のプログラムを実行する。

REQ は、4. で示した Main cable 中の Request line に受信側から送信側に与えられる信号で、データ伝送のタイミングをとるものである。第6図が、ブロック・データの伝送のときの時間的關係を示したものである。送信側が G-20 であれば、G-20 から SDT が出され、これに対して、受信側から REQ が出される。この後は ddd (データ) と REQ が交互に出され G-20 側が受信側であれば、G-20 から SDT を出し、ついで REQ を出す。これに対して、送信側が ddd を送ってくる。その後は同じ。END は G-20 から出されるとき、相手側から出されるときがある。

図示したように、データ・パルスの間隔は $2.5 \mu\text{sec}$ 以上、データ・パルスと次の REQ の間隔は $0.9 \mu\text{sec}$ 以上、REQ と次のデータ・パルスの間隔は $0.7 \mu\text{sec}$ 以上である必要がある、これらの時間的關係は、周辺装置によってそれぞれ異なる。パルスの幅は、送信側で $0.3 \pm 0.05 \mu\text{sec}$ である。パルスの高さは、 $8 \sim 12 \text{V}$ である。



第6図 データ伝送のタイミング例

5.3 主なる装置の伝送特性

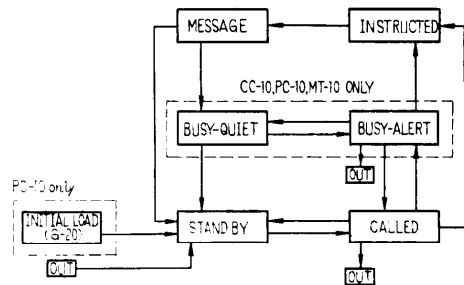
各装置は、その特性によって、データや指令の送受信を行なう速さが異なる。また、同一装置でも送信と受信で異なる。次に主な装置のデータの送受信に必要な1桁当りの時間を示そう。

- PT-10 (紙テープ装置) : (送) 2 あるいは 4 ms (受) 9.1 ms
- MT-10 (磁気テープ装置) : (送) $8.4 \mu\text{s}$ (受) $8.4 \mu\text{s}$
- PC-10 (カード装置) : (送) $17 \mu\text{s}$ (受) $17 \mu\text{s}$
- LP-12 (ライン・プリンタ) : (送) — (受) $15 \mu\text{s}$
- CB-11 (Control Buffer) : (送) $6 \mu\text{s}$ (受) $6 \mu\text{s}$

5.4 周辺装置の状態変化

各装置は、Comm. line から指令を受けたり、動作が起動したりすることによって、状態が順次変化してゆく。Comm. line に接続され電源が入って、いつでも CAL を受信できる状態が、STAN BY であり、この状態で、Comm. line を通して自分の呼出し番号

CAL を受信すると、CALLD の状態に入る。この状態ではすべての指令を受けることができ、したがって、装置の起動、たとえば、カードのフィードの起動などもこのとき行なわれる。



第7図 周辺装置状態のブロック図

このように起動して、しかも、データ伝送を行なう状況にない状態は BUSY であり、これには二つの状態があって、BUSY-ALERT では、各種の問い合わせ指令 (例えば QRD など) に応答する。この状態で、他の装置に対する CAL が与えられると BUSY-QUIET になる。また BUSY-ALERT で、データ伝送が行なえる状態になると、RCV や TRA をうけて、INSTRUCTED の状態となり、ここで SDT により MESSAGE の状態に入り、データ伝送がはじまる。それが終了すると、STAN BY に帰る。

これらの状態変化は、各装置によって、多少異なり、BUSY の状態がないものもある。また CB-11, DC-11 では、CONTROL の状態があり、自らのプログラムによって、G-20 と同じように Comm. line の会話を制御するまた PC-10 では、カードによる INITIAL LOAD を行なう状態がある。

INSTRUCTED では、RECEIVER か TRANSMITTER のいずれかの状態にセットされるから、G-20 により二つの 周辺装置の一方を TRANSMITTER にセットし、他方を RECEIVER にセットしておいて SDT を出すと、G-20 には関係なく、二つの装置間でデータ伝送が行なわれる。この場合一方の装置は、CB-11 や DC-11 であるのが普通である。

5.5 割り込み処理について

G-20 の割り込み処理について説明するのは、紙数の関係でできないが、Comm. line による伝送には、必ず割り込み処理が関係しているので、これについて簡単にふれておく。

カード読取装置では、カードの1行をブラシがセンスするごとに、G-20 に割り込み信号を送り、それに

よって、ブラシがセンスしている間に、1行分のデータを伝送する。

カード・パンチでは、1行のデータをパンチすることにより、割り込み信号を送って、次の1行のデータを要求する。

磁気テープ装置では、RCV や TRA で装置が動きはじめ、次いで SDT によりデータ伝送が行なわれるまでの間、約 5.5 m sec の間は計算機は、他の処理を実行できるのであるが、現在の装置ではこの場合、割り込みは関与しない。しかし、これでは不便なので、近いうちに次のように改良されるはずである。すなわち、まずテープをスターさせ、データの読み書きができる時期になったら、割り込み信号が出され、そこで RCV (あるいは TRA), SDT によって情報伝送を開始する。こうすると計算機は、テープのスタート時間を安心して他の処理にふりむけることができる。

ライン・プリンタについてはすでにのべたので省略する。

6. むすび

G-20 の Communication line system は、周辺装置結合の一つの考え方を示したものであり、ゆう通

性と安価という点では たしかに一つの特徴を示していると思われる。しかし一方、多くの周辺装置が結合されたとき、Interrupt Service Routine がかなり面倒になることは明かで、Comm. line を時分割で能率よく用いるためにかなりプログラム技術上くふうしなければならぬと思われる。

[注]

- (1) Cresap, McCormick and Paget: Central Processors for Medium, Intermediate, and Large Size Computers, Control Eng. Oct. 1962. p. 103~109.
- (2) Werner Buchholz: Planning Computer System, McGRAW-HILL, INC. 1962.
- (3) General Information Manual, 709~7090 Data Processing Systems, IBM, 1960.
- (4) R.E. Porter: The RW-400-A New Polymorphic Data System, DATAMATION, JAN/FEB. 1962.
- (5) Input-Output Specification For Central Data 160 and 160-A Computers. C.D.C.
- (6) Bendix G-23 General Reference Manual, Bendix Computer Division, Bendix Corp., 1962

(昭和 37 年 11 月 9 日受付)

モ ニ タ シ ス テ ム *

和 田 英 一 **

1958 年のとしのくれのことで、おりあってポーグキープシー (Poughkeepsie) にある IBM の計算センターを見学することができました。当時そのセンターでは 704 をつかっていました。オンラインのプリンタから結果がながれるようにでてくる様子は、まだ PC-1 しかつかえなかったぼくにとって、まったくショックでしたが、特に、そのハードコピーをみていて、おどろいたのは、ところどころに時刻がプリントしてあることでした。そこでさっそく、オペレータにたず

ねますと、なんでも、モニタシステムとかいうものがあって、プログラムがつぎつぎと実行され、その開始、終了の時刻が時刻をしめしているレジスタからよみだされ、おかねをとる都合上、プリントされているのだ。というふうにいわれたとおもいます。いずれにしても、こういう意味でのモニタということばをきいたのは、これが最初でした。

プログラムを順々に、自動的にかたずけていくというかんがえは、ぼくもそのまえからもっていたので、具体的にどう実現するかは別として、さしておどろきませんでした。また時計をつけることも、それほど奇抜なこととおもいませんでした。そのときは、やが

* Monitor Systems, by Eiiti Wada (Data Processing Center, Onoda Cement Co., Ltd.)

** 小野田セメント株式会社