

解説

コンピュータ・ネットワークにおける伝送制御手順\*

小笠原 謙 蔵\*\*

1. ま え が き

これまで広く使われてきた伝送制御符号を利用した基本モード伝送制御手順に対して、より高度の機能と融通性を目的として考えられたのが、いわゆるハイレベル伝送制御手順 (HDLC) と呼ばれるものである。

HDLC は国際標準機構における通称であり、その呼び名は国によって異っている。例えば、米国の ANSI においては Advanced Data Communication Control Procedure (ADCCP) と呼んでいる。現在、HDLC の一般構造について、国際標準機構において検討がすすめられている。

ハイレベル伝送制御手順の考え方は、IBM の提案に基づくものであるが、時間とともにその内容に変更が加えられ再提案されたものである。主な改良点は制御フィールドにおけるフレーム連番の表示を、送受についてそれぞれ独立に行う点であり、これをダブル・ナンバリング方式という。IBM は最初から Synchronous Data Link Control Procedure (SDLC) と呼んでおり、SDLC は IBM における呼び名である。国際標準機構においては、ダブル・ナンバリング方式を国際的な標準として採用するよう、審議がすすめられているもようである。

コンピュータ・ネットワークにおいて使用される伝送制御手順は、必ずしもハイレベル伝送制御手順である必要はない。基本モード伝送制御手順で非同期、すなわちスタート・ストップ方式であっても不可能ではない。しかし、基本モード伝送制御手順をコンピュータ・ネットワークに使用する場合、だいいちそれは能力が悪いし、しかもいろいろな欠点を持っている。

そこで、本稿では、IBM が実用化した SDLC を例にとって、その目的、機能、利点、応用などについて、

て、コンピュータ・ネットワークを念頭において解説を試みたいと思う。

2. 目 的

最初にコンピュータ・ネットワークに占める伝送制御手順の位置について考えてみよう。コンピュータ・ネットワークは、コンピュータにかかわるいろいろなリソースの共用を目的としたものである。コンピュータ・ネットワークは、従来のオンライン・システムとはかけ離れた、何か全く別の新しい技術のように考えられがちであるが、筆者はそうは思わない。

昔のオンライン・システムは、図-1(A)に示されるように CPU に単一の適用業務プログラムが内蔵され、伝送制御装置を介して端末機が結合されていた。端末機そのものの機能は、主に電気機械的に信号と動作の変換を行うだけであり、多くの判断機能はセンターの CPU の手助けをかりなければならなかった。伝送制御装置にしても、その機能はビット直列の信号流をサンプリングし、文字を組み立て、バッファに入れて、CPU との間でビット並列に伝達を行うのが主な役割であった。したがって、ポーリングやセレクトイング、エラー検出や再送手順、適用業務プログラム

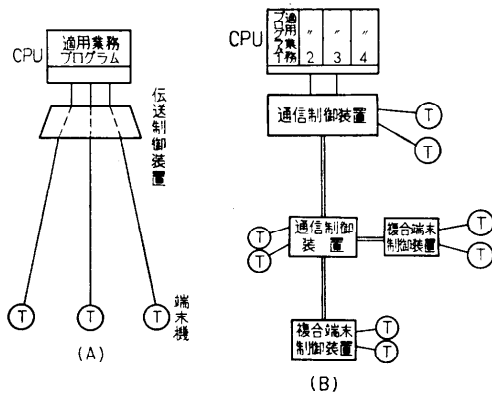


図-1 オンライン・システムの構成

\* Data Link Control in Computer Network Environment by Kenzo OGASAWARA (Japan IBM Co., Ltd. Data Communication Relations Mgr.)

\*\* 日本アイ・ビー・エム(株)データ通信企画担当

と端末機間の情報入出力結合に関して、CPU の能力のかなりの部分を必要とした。

しかし、図-1 (B) に示される最近のオンライン・システムにおいては、CPU に複数の適用業務プログラムが内蔵されており、多数の端末装置が集線装置や多重化装置を介して結合されている。適用業務のあるものは会話型であり、あるものは RJE であり、またデータ収集型であるといったように、異った適用業務形態を含む場合が多い。LSI の発達によって、論理回路やバッファのコストが大幅に低下し、端末装置や中間装置 (集線/多重) はかなりのインテリジェンスを内蔵している。また複合端末制御装置には、各種の端末機器が結合され、必要に応じてそれらの端末機器は異った適用業務プログラムにアクセスする。CPU と中間装置の間は高速伝送回線が結ばれ、多くの端末からの異った特性のデータ・トラフィックが回線上で多重化されて流れることになる。

このように最近のオンライン・システムは CPU と、複合端末制御装置や中間装置として一種のミニコンを複雑に組み合わせた構成となっている。したがって少くともコンピュータ・ネットワークの原形は高度に発達したオンライン・システムの中に見出すことができ、そこで用いられる伝送制御手順はコンピュータ・ネットワークにおいても有効な手段を提供することになる。

次に基本モード伝送制御手順の有する問題について考えてみよう。

#### (1) データのトランスペアレンシー

基本モード伝送制御手順は、ISO/CCITT-7 ビット・コードにおける、10 コの符号を伝送制御用に割り当てている。それらの伝送制御符号と同じビットパターンが、ユーザ情報の内容に含まれているかまたは偶然に発生すると、端末装置は制御符号とみなしてオペレーション上不都合な動作を起してしまう。これをトランスペアレンシーがないという。このような不都合を避けるためには、ダブル DLE 方式といった方法が用いられるが、これは伝送の冗長度を増すことになる。また基本モード伝送制御手順では、伝送制御符号の検出によって伝送ブロックの区切り目を知るのだから、伝送ブロック長はユーザ情報も含めて伝送制御符号の単位ビット数の整数倍でなければならない制約がある。

#### (2) 伝送効率

基本モード伝送制御手順は、もともと半二重伝送を

目的としたものであり、たとえ伝送設備が全二重回線であっても両方向同時伝送を行うことがむずかしい。特に分岐接続においてはこの問題は大きく、全二重通信はほとんど不可能といってもよい。半二重通信、すなわち両方向交互通信においては、モデムのターンアラウンドの時間も含めて伝送効率が悪い。分岐接続において、制御局がある特定の従属局を選択し、通信を開始すると一連の制御手順を経て、その通信が終了するまで、制御局は他の従属局へアクセスできない。これをセレクト・ホールドという。

#### (3) 伝送制御と機器制御の末分化

伝送制御レベルの機能と機器制御レベルの機能が明確に分離されていない。その一つはポーリングやセレクトイング・シーケンスの中に、機器選択の機能が同時に入り込んでいることである。端末装置の選択は伝送制御レベルの役割であり、機器選択の機能は機器制御レベルの仕事である。その二つ目は、伝送ブロックの区切り目を表わす制御符号が、同時に機器制御レベルでのテキスト長を表わす符号として用いられていることである。これらの曖昧さから、機器の種類や数を変更した場合、それらは直ちに伝送制御レベルの変更となって現われ、また機器制御レベルでテキスト長の変更を行った場合、それは伝送ブロック長の変更となって現われる不便がある。

#### (4) 信頼性

伝送エラーのチェックは基本モード伝送制御手順でも、VRC/LRC または CRC によって行われる。しかし、ポーリング、セレクトイング、応答、EOT などの監視シーケンスに対しては VRC のみであり、信頼度を向上させるためには特に重要なコードを二重に送るような工夫が必要である。

DLC に要求される条件には、基本的なものと一般的なものがある。基本的な要件としては、相手端末の選択、送信側と受信側の同期、エラー検出と修正手段、秩序正しい伝送、それにユーザ情報と制御情報の転送といった事柄が含まれる。

一般的な要件は、適用業務上からくるものと、通信設備上からくるものに分けられる。適用業務の形態としては、会話型、照会型、バッチ処理 (RJE)、コンピュータ間通信といったものがあり、一つの統一的な DLC でこれらの異った利用形態を効率的にカバーできれば理想的である。

通信設備上の要件としては、ポイントーポイント、分岐、交換網、ループ、ハブ・ゴーアヘッド・リン

ク、半二重、全二重、衛星中継といった物理的に異った特性の通信媒体に対処する必要がある。さらに従来の DLC に比べ、信頼性、回線利用効率、保守性、融通性、拡張性などが向上していることが要求され、統一化されたために個々の機能が劣化しないことが、新しい DLC にとって必要である。

### 3. 機能

ハイレベル伝送制御手順は、一つのデータ・リンクの末端に位置するノード間で情報転送を行うための手順を提供する。広い範囲の利用形態に適用され、CPU ノード、中間ノード、端末ノードなどのステーション間で両方向交互伝送および両方向同時伝送を行うことが可能である。集中制御方式により、通常バッファ付ステーション間で、ビット直列の同期伝送を行う。データ伝送は一次局と二次局の間で行われる。

データ伝送が行われるデータ・リンクとして、全二重、半二重、ポイント・ポイント、分岐、ハブ・ゴアヘッド・リンク、ループ、専用線、交換網、衛星中継回線などを使用することができる。ハイレベル伝送制御手順の範囲には、伝送ブロックのフレーミング、二次局アドレス、フレーム番番、制御フィールドのコマンドおよびレスポンスが含まれ、さらに伝送上のエラー検出と再送修正手段のサポートが含まれる。

伝送フレームの区切り目以外の他のいかなる情報単位（メッセージやレコード）も、ハイレベル伝送制御手順の守備範囲ではない。機器や処理レベルでの制御は、データ・リンクレベルの制御から明確に分離される。また、交換網におけるフェーズ 1（接続）およびフェーズ 5（切断）、あるいは DCE 間の監視信号のやりとり（すなわちハンド・シェーキング）のための手順は範囲に含まれない。

以下、IBM の SDLC に例をとってその機能について説明する（図-2 参照）。

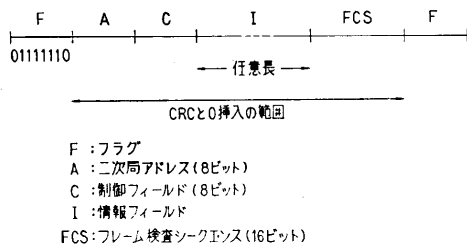


図-2 SDLC の構造

#### (1) フラグ

データ・リンク上における伝送は全てフレームの形式をとる。フラグ、F はフレームの区切りを表わす固有の 8 ビット・パターン (01111110) からなり、F と F とにかこまれた伝送単位をフレームという。開始フラグはフレーム同期の手段を提供し、フレーム内の A および C の位置を識別する基準点となるとともに、CRC カウントを起動させる。F の固有ビット・パターンが、A, C, I, FCS の中で現われないようにするため工夫がされている。すなわち、F と F とで囲まれた部分で、1 ビットが連続して 5 コ現われる場合は次に 0 ビットを強制的に挿入して伝送する。受信した側では、連続した 1 ビット 5 コに続く 0 ビットは、取り除いてバッファに取り込めばよい。この方法によりビット・シーケンスに対するトランスペアレンシーが確保される。

情報転送はアイソクロナス伝送で行われ、ビットは同期サンプリングされる。SDLC はビット・オリエンテッドな DLC であるため、F パターンは時間的にいつ発生しても受信側でつかまえることができる。受信側は F パターンの到来を監視していればよいが、二次局の場合は F に続く自己のアドレスを確認して、はじめてフレーム受信のための動作を起せばよい。

末尾フラグは CRC カウントを停止させる役割もっている。局間の送受信タイミングに矛盾が生じなければ、末尾フラグは次のフレームの開始フラグに兼ねさせることもできる。フレームと次のフレームの間には F パターンを何個挿入してもかまわない。

#### (2) ステーション・アドレス

開始フラグの後に続く 8 ビットがアドレス・フィールドである。A は一次局から送出されたフレームを受信すべき二次局アドレス、あるいは二次局から一次局へ向けて送出した自己の二次局アドレスを表わす。したがって、このフィールドは二次局アドレスとも呼ばれる。ポイント・ポイントにおいても、一次、二次いずれの局から送出されたフレームにも念のためアドレスを付加する。

一次局から二次局に向けて送出されるフレームを、コマンド・フレームと名づけ、二次局から一次局に向けて送出されるフレームをレスポンス・フレームと名づける。コマンド・フレームのアドレスは、グループ・アドレスまたは同報通信アドレスである場合があるが、レスポンス・フレームは固有の二次局アドレスを有していなければならない。

I 形式	0		Ns		P/F		Nr
S 形式	1	0	S	S	P/F		Nr
NS 形式	1	1	M	M	P/F	M	M M

I 形式: 情報転送 (Information Transfer)  
 S 形式: 監視 (Supervisory Command/Response)  
 NS 形式: 無連番 (Nonsequenced Command/Response)

図-3 制御フィールドの形式

(3) 制御フィールド

C フィールドはコマンドとレスポンスのためのコード、およびフレーム連番を含み、フレームの形態とデータ・リンクレベルでの二次局操作を指定する。伝送フレームの性質はCフィールドの形式によって識別される。図-3に示されるように、基本的に三種類のCフィールド形式がある。

ポール・ビットとファイナル・ビットは送受信の制御に使われる。コマンド・フレームのCフィールドのこの位置に1ビットがたっていると、ポールを表わし二次局への送信権の譲渡を意味する。レスポンス・フレームのファイナル・ビットは二次局からの送信終了/送信権の返還を意味する。

a) 情報転送形式 (Information Transfer)

この形式のCフィールドをもつフレームは、情報の連続転送に使われる。Nsは送信フレームの連番を表わし、Nrは受信フレームに対する応答連番を表わす。それぞれ3ビットからなり、モジュロ8で回転される。NsおよびNrを使用することにより、I形式フレームによる両方向同時連続伝送が可能となる。確認を求めるまで、I形式フレームは7コマまで連続して送ることができる。I形式フレームを正しく受信するたびに、Nrは一つ繰り上がる。Nrカウントは受信側から送信側にたいして、Nr-1番目までのフレームを正しく受信したことを知らせる意味をもつ、したがって受信側で次にほしいフレームはNr番目のフレームということになる。

b) 監視形式 (Supervisory Command/Response)

この形式のフレームはI形式フレームの情報転送を助ける目的で、局の受信状態とかNrによる確認を伝える機能がある。S形式フレームの送受信はNsおよびNrカウントを繰り上げない。

S形式フレームに限って用いられる2ビットの監視機能コードには次の意味があり、コマンドおよび

レスポンスに使われる。

S	S	
0	0	RR: Receive Ready
0	1	RNR: Receive Not Ready
1	0	REJ: Reject

RRはフレームを受信できる状態にあることを表わし、Nr-1のフレームを正しく受け取ったことを意味する。

RNRは受信側において情報の取り込みに忙しく、一時的に送信を中断してほしい要求を表わす。別名バッファ・ビジーと呼ばれる。またNr-1までのフレームを正しく受信したことを表わす。

REJは再送要求を表わす。受信フレームにエラーが検出されたので、Nr番目のフレームから再送するように送信側にたいして要求する。

c) 無連番形式 (Nonsequenced Command/Response)

この形式のフレームは、これまで挙げた以外の複雑なDLCレベルの機能を支援するために用いられる。NS形式のフレームの送受信は、NsおよびNrカウントを繰り上げない。この形式のフレームは、単独フレームで情報を送る場合にも使われる。

NS形式のフレームにおけるCフィールドの、5ビットからなるModifierビットは図-4に示されるような内容をもっている。

- NSI: Nonsequenced Information
- SNRM: Set Normal Response Mode
- DISC: Disconnect
- NSA: Nonsequenced Acknowledgement
- RQI: Request for Initialization
- SIM: Set Initialization Mode
- ROL: Request On-Line

Cフィールド							
1	1	M	M	P/F	M	M	M

1	1	0	0	P/F	0	0	0	NSI
1	1	1	0	F	0	0	0	RQI
1	1	1	0	P	0	0	0	SIM
1	1	0	0	P	0	0	1	SNRM
1	1	1	1	F	0	0	0	ROL
1	1	0	0	P	0	1	0	DISC
1	1	0	0	F	1	1	0	NSA
1	1	1	0	F	0	0	1	CMDR
1	1	0	0	1	1	0	0	ORP

図-4 NS形式の内容

CMDR: Command Reject  
ORP: Optional Response Poll

(4) 情報フィールド

SDLCは、情報フィールドのデータを運ぶための手段を提供する。システムの中である場所から他の場所に、データ・リンク上で転送される情報はIフィールドにのせられる。情報フィールドには任意のビット数の情報を入れることができ(もちろんバッファサイズによる制限はあるが)、情報の様式やビット・シークエンスには制限がない。これは0挿入によりIフィールドの内容は、データ・リンクを構成するコンポーネントからみて透明であり、無関係であるからである。

与えられたフレームにIフィールドが付加されているかどうかは、フレームのCフィールドによって指定される。普通、情報は情報転送形式のCフィールドをもつフレームによって運ばれるが、無連番形式のフレームでもIフィールドをもつものがある。しかし、情報転送形式フレームによる情報のみが伝送順序についてチェックされる。

(5) 検査フィールド

末尾フラグの前16ビットがフレーム検査シークエンス・フィールドである。(図-5参照)検査フィールドを従来の概念から、BCすなわちブロック・チェックと呼ぶこともある。伝送エラー検出は、CRC-16方式によるが、従来のCCITT勧告V.41とは多少異なる方法が採用されている。

CRCのカバーする範囲は、A,C,I,およびFCSフィールドである。0挿入されたビットはCRCにはカウントされない。

A,C,Iフィールドはkビット長からなるものとし、それを便宜上メッセージ多項式G(x)と呼ぶこと

にする。伝送多項式M(x)は、G(x)にFCSフィールドのビット長を加えたもので、nビットからなるものとする。

G(x)からM(x)を作り出す過程を次に説明する。

$$(G(x) \cdot X^{n-1} + X^n(X^{15} + X^{14} + X^{13} \dots X^2 + X^1 + 1))$$

$$\div P(x) = Q(x) + \frac{R(x)}{P(x)}$$

P(x)は生成多項式で  $X^{16} + X^{12} + X^5 + 1$

Q(x)は商多項式で棄てる。

R(x)は剰余多項式の分子で、これをバイナリ反転したものがFCSとなる。G(x)の後にFCSをつけて送り出したものがM(x)である。

受信側では、CRCカウンタの内容をオール1にセットしたのち、送られてきた伝送多項式M(x)のビット列を生成多項式P(x)で割算する。CRCカウンタの内容として、一定のNon-Zeroビット・パターンが残ればフレームが正しく受信されたことになる。

4. 利点

SDLCの利点について詳細に説明する必要はないであろう。それは前に目的の章で、基本モードDLCの持つ問題点として挙げた事項が、SDLCでは解決されているからである。

あえてそれらの利点をまとめてみると次のようになる。

(1) 伝送効率

- ①全二重回線で両方向同時連続伝送が可能
- ②ノンセレクト・ホールド
- ③衛星中継回線で効率的な伝送

④半二重でも使用可能

(2) 機能の向上

- ①トランスペアレンシー
- ②広い分野の利用形態に適用可能
- ③広い範囲の通信施設で利用可能

(3) 拡張性と融通性

- ①機能の明確な分離
- ②必要により機能の拡張/追加ができる

(4) 信頼性

- ①CRCは監視情報もカバーする
- ②シークエンス・カウントによる情報フレームの脱落・重複防止

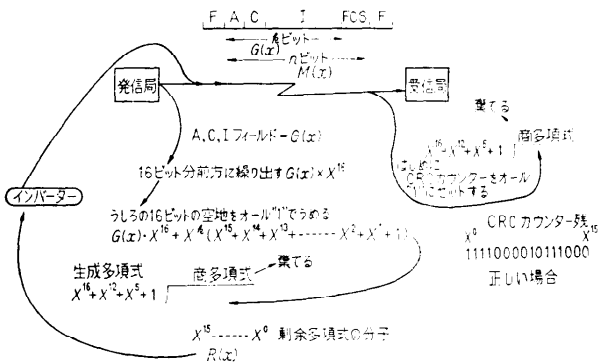


図-5 フレーム検査の方法

## 5. 応 用

SDLCは全二重、半二重それにループといった通信設備に適用できることを前述した。ここでは実際のデータ・リンク上のオペレーションについて、全二重における両方向同時連続伝送を例にとって説明する。

図-6の中で太く短い線は情報フィールドをもたないフレーム(監視や応答のための制御用フレーム)を表わし、細く長い線は情報転送フレームを表わす。Iは情報フレームを意味し、それに続く数字はN<sub>1</sub>とN<sub>2</sub>である。PまたはFは、ポール・ビットまたはファイナル・ビットを表わす。

図-6(A)は一次局から二次局へ情報を連続転送すると同時に、二次局から一次局へも情報転送を行っている状態を表わす。

一次局からのモード設定コマンド SNRM (Set Normal Response Mode) ポールにたいして、二次局はレスポンス・フレーム NSA (Nonsequenced Acknowledgement) ファイナルを返答して、受信準備 OK を一次局に連絡する。これにより一次局は情報転送フレーム 0 番目を発信し、ポール・ビットをたてることによって二次局からの送信を勧誘する。この際コマンド・フレームの N<sub>1</sub> は、まだ二次局から情報転送フレームを受け取っていないので 0 である。

ポール・ビットを受け取った二次局は、一次局へ向けて情報転送フレーム 0 番目を発信する。このとき一次局からの情報転送フレーム 0 番目は正しく受信されているので、次にほしいフレームは 1 番目であることを確認してやる。以下このようにして、両方向同時連続転送が行われる。

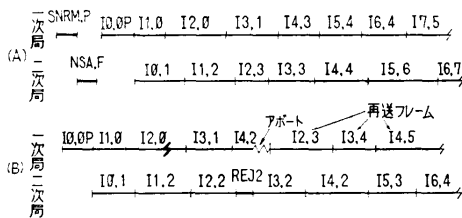


図-6 全二重における両方向同時連続伝送

図-6(B)は全二重伝送において、伝送エラーの発生した場合を表わす。モード設定コマンドとそれに対する確認は省略してある。

一次局からの 2 番目の情報転送フレームに、回線上のノイズによりエラーが発生したとする。二次局はフレーム検査の結果エラーを検出して、REJ2 を送ることにより 2 番目およびそれ以降のフレームの再送要求をする。

一次局は 4 番目の情報フレームの伝送動作に入っているが、そのまま続けても時間の無駄となるので直ちに伝送放棄(アボート)を行い、2 番目フレーム以降の再送動作を開始する。アボートは 1 ビットを連続 8 コ送出することにより表わされる。アボートには 0 挿入は行われない。二次局は REJ2 のあと連続転送を継続する。

## 6. む す び

コンピュータ・ネットワークは、複数のデータ・リンクを継ぎ合わせてシステム・リソースの有効利用をはかるものである。SDLC のもつトランスペアレンシー、役割りの明確な分離、効率的な伝送といった特性は、コンピュータ・ネットワークにおいて多くの利点を提供することになる。

IBM が昨年 9 月に発表したシステム・ネットワーク体系の考え方と、SDLC の関連については他に詳しく解説されたものがあるので、参考文献を参照されたい。

## 参 考 文 献

- 1) "Synchronous Data Link Control General Information Manual" IBM SRL GA 27-3093-0
- 2) J. レイ・カーセイ: "データ・リンク・コントロールを再評価する" 日経エレクトロニクス (1974. 12. 30)
- 3) 斎藤輝: "制御手順" ビジネス・コミュニケーション, Vol. 11, No. 9, (1974)
- 4) 戸羽洋夫: "IBM の SDLC の考え方" コンピュータピア. (1975. 3)

(昭和 50 年 4 月 16 日受付)