

解説

3. 下位層のサービスとプロトコル



3.3 データリンク層†

高橋 修††

1. はじめに

データリンク層は、データをその意味を変えることなく、隣接装置間で送受するための機能を実現する。この層の代表的な機能として、通信回線（伝送路）上で発生する誤りの検出、再送による回復、フロー制御などがある。

データリンク層については、OSI データリンクサービス定義について現在検討中の段階であり、OSI データリンクプロトコルとして認められたものはまだないが、既存の伝送制御手順がその候補となる。なかでもハイレベルデータリンク制御手順 (HDLC) やマルチリンク手順は、階層化されたプロトコルを前提に開発されたものであり、その代表選手である。

ここでは、ISO における HDLC、マルチリンク手順などのデータリンク層に関連するプロトコルの標準化動向について解説する。

2. 標準化経緯

伝送制御手順の標準化は、ISO/TC 97/SC 6 の中の第1作業部会 (WG 1) で行われてきた。ここでは、HDLC 及びマルチリンク手順の標準化経緯について述べる。

(1) HDLC の標準化経緯

HDLC の標準化は、1970 年に米国より SC 6 にビット指向形の伝送制御手順が提案されたことから始まった。この案は、HDLC の原形を成すものであったが、フレームの番号（順序番号）を一次局が一括して管理する Single Numbering 方式であった。SC 6 は、ベーシック手順に変わる新しい伝送制御手順として HDLC を標準化することとし、精力的に作業が進められた。その後、1974 年に米国は、ECMA 等の標準

化機関の積極的な支持を背景に、順序番号を一次局と二次局とがそれぞれ独立に管理する Double Numbering 方式を提案した。本方式は、Single Numbering 方式と比較して、①動作が簡明であること、②スループットがよいこと、などの利点があり本方式のみが標準化されることとなった。

SC 6 は、HDLC の標準化を急ぐため、フレーム構成、コマンド/レスポンスの機能等を定める手順要素及びコマンド/レスポンスの使用法とその制御動作を定める手順クラスの三つの規格を作成する方針をとり、それぞれの規格が1981年までに作成された。これらの検討は、公衆データ網のインタフェース (X. 25) を検討していた CCITT SG VII と協力して進められ、両者の規定には互換性が考慮されている。特に、複合局の概念は、データ網とユーザ設備を接続する際にいずれも対等な関係（責任）を持って接続したいという CCITT 側の要求により導入されたものである。これらの ISO 規格に対応した JIS 規格も 1978 年に制定されている。

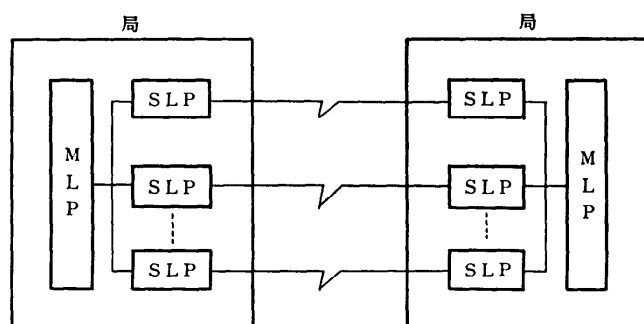
(2) マルチリンク手順の標準化経緯

マルチリンク手順は、二つの装置間のデータ転送を複数の通信回線を用いて行うためのプロトコルであり、大量のデータ転送や高信頼性の要求に応えるための新しい手順である。

マルチリンク手順の標準化作業は、1978 年に CCITT から検討依頼があり開始された。マルチリンク手順の基本方式として、マルチリンク方式 (図-1 参照) とマルチライン方式 (図-2 参照) があり、いずれの方式を採用するかが大きな争点であった。フランス等が支持するマルチライン方式は、日本・アメリカ・西ドイツが支持するマルチリンク方式に敗れることになるが、これは、既存の HDLC を変更しないことを最優先としたことによる。マルチリンク手順の国際規格案 (DIS 7478) は、1980 年に作成されたが、本案には、マルチリンク状態変数のリセット手順に問題

† Data Link Layer by Osamu TAKAHASHI (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



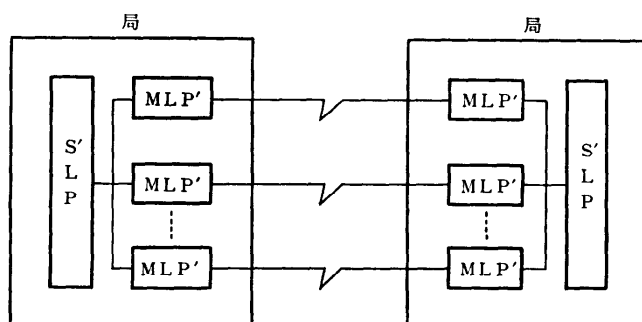
SLP: Single Link Procedures
MLP: Multilink Procedures

(a) 局の構成

MLP	順序制御
	分流/合流
SLP	SLP処理
	フレームチェック
回線制御	

(b) 機能の階層構成

図-1 マルチリンク方式の概念



SLP': Single Link Procedures
MLP': Multilink Procedures

(a) 局の構成

SLP'	SLP処理
MLP'	順序制御
	合流/分流
SLP'	フレームチェック
回線制御	

(b) 機能の階層構成

図-2 マルチライン方式の概念

があり、1984年にその改定版 (DIS 7478 Revised) が作成された。なお、リセット手順は、日本が提案したものがそのまま採用されており、ISO 7478 のアデンダムとして制定される予定である。ISO 規格に対応した JIS 規格も 1985 年に制定される予定である。

3. HDLC の特徴と概要

ここでは、HDLC の特徴、概要を ISO の最新文書 DRS 3309, DRS 4335, ISO 7809 に基づき解説する。また、CCITT の関連する勧告との関係についても解説する。

(1) HDLC の特徴

HDLC は、ベーシック手順がキーボードプリンタを始めとするキャラクタ形式の入出力機器を用いる端末装置への適合性を重視して定められたキャラクタ指向形の手順であるのに対し、磁気テープ等の入出力装置

やプログラムを持つ端末装置への適用性や計算機間通信への応用を重視して定められた手順でありビット指向形の手順である。

HDLC は、任意のデータを (トランスペアレント伝送)、効率よく (同時監視、連続転送)、確実に (全データに対する CRC チェック) 送受できる特徴を持っている。

(2) HDLC の概要

① 局、データリンクの概念

HDLC に基づくプロトコル処理は、通信回線の終端にある一次局、二次局または複合局において実行される。

一次局は、一つまたは複数の二次局と通信し、複合局は一つの相手複合局と通信する。通信に際しこれらの局間に設定されるコネクションはデータリンクと呼ばれる。

フラグ	アドレス	制御	情報	FCS	フラグ
B '01111110'	8ビット	8ビット	(任意)	8または16ビット	B '01111110'

フラグ：フラグシーケンス

アドレス：アドレスフィールド（任意のオクテットに拡張可能）

制御：制御フィールド（2オクテットに拡張可能）

情報：情報フィールド

FCS：フレームチェックシーケンス

図-3 フレームの構成

一次局は、HDLC における誤り制御・回復などに対して全責任を持つ。一次局は、二次局にコマンドを送信し、レスポンスを受信する。

二次局は、一次局の指示によってデータリンクの制御機能を実現する局であり、一次局からコマンドを受信し、レスポンスを送信する。

② フレーム構成

HDLC における伝送単位は、フレームと呼ばれ図-3 の形式をとる。

フラグシーケンスとフラグシーケンスとの間に任意のビット列が並ぶのでフラグシーケンスとの混同を避けるため以下のようなビット操作を行う。

フレームの送信側は、開始フラグの最後のビットと終結フラグの最初のビットの間のビットシーケンスを調べ、5 個連続した“1”のビットの直後に、“0”のビットを1 個挿入してフラグシーケンスと同じビットシーケンスが現われないようにする。フレームの受信側は、5 個連続した“1”のビットの直後の“0”のビットを1 個除去する。

一次局が送信するフレーム（コマンド）のアドレスフィールドには受信すべき二次局のアドレスが置かれ、二次局が送信するフレーム（レスポンス）のアドレスフィールドには送信した二次局のアドレスが置かれる。すなわち、アドレスフィールドには二次局のアドレスが示され、どの二次局宛のコマンドか、どの二次局からのレスポンスかを識別する。

複合局が送信するフレームのアドレスフィールドは、コマンドかレスポンスかの識別を行うために使用され、コマンドの場合受信局のアドレスが、レスポンスの場合送信局のアドレスが置かれる。

③ 手順要素

手順要素として、コマンド/レスポンス、シーケンス番号制御、誤り回復動作、モードを定めている。

a) コマンドとレスポンス

コマンド/レスポンスは、情報転送フレーム、監視フレーム及び非番号制フレームの三つに分類される。

情報転送フレームは、情報転送を行うために使用する。監視フレームは、情報転送フレームの受信確認、再送要求、一時的送信休止要求等を行うために使用する。非番号制フレームは、データリンクの設定/解放等を行うために使用する。コマンド/レスポンスとその機能概要を表-1 に示す。

b) シーケンス番号制御

一次局、二次局及び複合局は、送受信する情報フレームの送信シーケンス番号 $N(S)$ と受信シーケンス番号 $N(R)$ とを独立に管理する。シーケンス番号は、8 または 128 のモジュラスで示され、 $N(S)$ は、情報フレームを送信するごとに1 だけ加算される。 $N(R)$ は、 $N(S)-1$ までのシーケンス番号を持つ情報転送フレームを正しく受信したことを示す。相手局からの確認なしで連続して転送できる情報転送フレーム数を最大アウトスタンディング I フレーム数といい、これは、一括送信が可能な範囲を示すものであり、このようなシーケンス番号制御方式は、ウィンドウ制御ともいわれる。

c) 誤り回復動作

CRC 誤りの発生したフレームを受信した局は、本フレームを廃棄する。フレームを送信した局は、タイムアウト、再送要求フレーム (REJ または SREJ フレーム) の受信、またはチェックポイント機能のいずれかの方法で誤りが発生したことを検出し、再送を行い回復する。

d) モード

モードは、二次局または複合局の動作の形態を定めるものであり、切断モード、初期モード及び動作モードの3 種がある。切断モードは、まだデータリンクが確立されていないモードである。初期モードは、HDLC を実現するプログラム等をロードするためのモードである。動作モードは、情報を転送するためのモードであり、正規応答モード (NRM: Normal Response Mode)、非同期応答モード (ARM: Asynchronous Response Mode) 及び非同期平衡モード

表-1 HDLC のコマンド/レスポンスの種類と機能概要

フォーマット による分類	コマンドの 略 称	レスポンス の 略 称	機 能 概 要
情 報 伝 送	I	I	順序番号付きの情報を転送する。また相手から I フレームを正しく受信したことを通知する。
監 視	RR	RR	受信準備ができていないこと、及び I フレームを正しく受信したことを通知する。
	RNR	RNR	ビジー状態を通知する。
	REJ	REJ	指定した I フレーム以降の再送を要求する。
	SREJ	SREJ	指定した 1 つの I フレームの再送を要求する。
非 番 号 制	SNRM		二次局を NRM に設定する。(シーケンス番号は 3 ビット)
	SARM		二次局を ARM に設定する。(シーケンス番号は 3 ビット)
	SABM		相手局を ABM に設定する。(シーケンス番号は 3 ビット)
	SNRME		二次局を拡張 NRM に設定する。(シーケンス番号は 7 ビット)
	SARME		二次局を拡張 ARM に設定する。(シーケンス番号は 7 ビット)
	SABME		相手局を拡張 ABM に設定する。(シーケンス番号は 7 ビット)
	DISC		二次局の動作モードを終了させる。
	SIM		相手を初期モードに設定する。
		DM	切断モードであることを通知する。
		RD	切断モードへの移行希望を通知する。
		RIM	相手局に SIM コマンドの送信を要求する。
		UA	非番号制コマンドを受信し受け入れたことを通知する。
	UP		複数または 1 つの局をボールする。
	UI	UI	順序番号を用いずに単独の情報を転送する。
	XID	XID	ID を送信または受信する。
		FRMR	再送で回復できない誤りを検出したことを相手局に通知する。
	RSET		1 方向のみの順序番号等をリセットする。
	TEST	TEST	データリンクの基本的な試験を行う。

(ABM: Asynchronous Balanced Mode) の 3 種がある。これらの動作モードで使用する制御フィールドは 2 オクテットに拡張することができる。

NRM は、一次局によって許可されたときのみレスポンスを送信できる二次局の動作モードであり、ARM は、一次局によって許可されなくてもレスポンスを送信できる二次局の動作モードである。ABM は、任意の時点でコマンド/レスポンスを送信できる複合局の動作モードである。

④ 手順クラス

手順クラスには、動作モードごとにコマンド/レスポンス、シーケンス番号制御方法等を定めたものであ

り、不平衡型 NRM クラス (NRM を使用)、不平衡型 ARM クラス (ARM を使用) 及び平衡型 ABM クラス (ABM を使用) の 3 種類がある。それぞれのクラスで使用する基本のコマンド/レスポンスと付加的に選択できるコマンド/レスポンス、機能が定められている。

(3) CCITT の勧告との関係

CCITT の HDLC に関連する勧告として、パケット交換網インタフェースである X. 25(LAP-B)、テレマティークサービスで使用する T. 71(LAP-X)がある。いずれも HDLC のサブセットであり、それぞれ全二重の ABM、半二重の ABM に対応している。

4. マルチリンク手順の特徴と概要

ここでは、マルチリンク手順の特徴と概要を DIS 7478 に基づき解説する。

なお、CCITT でも同じ内容の勧告 (1984 年版 X. 25, X. 75) が作成されている。

(1) マルチリンク手順の特徴

マルチリンク手順は、複数の通信回線で一つのデータリンクを提供するためのプロトコルである。マルチリンク手順の特徴は、データリンクのスループットの値を柔軟に得ることができること、及びある通信回線の障害時にも残りの通信回線で通信を継続することが可能であり信頼性を向上できることにある。

(2) 基本的な概念

マルチリンク手順 (MLP: Multilink Procedures) は、各通信回線ごとの伝送制御手順であるシングルリンク手順 (SLP: Single Link Procedures) の上位に位置し、データリンク層の副層を成すものである。

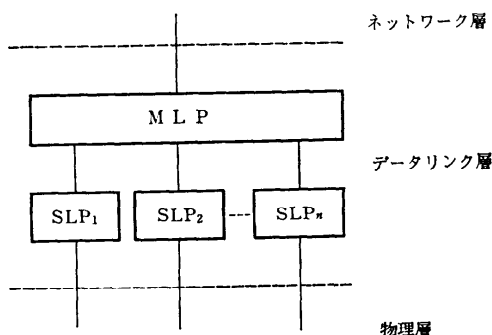


図-4 MLP と SLP との関係

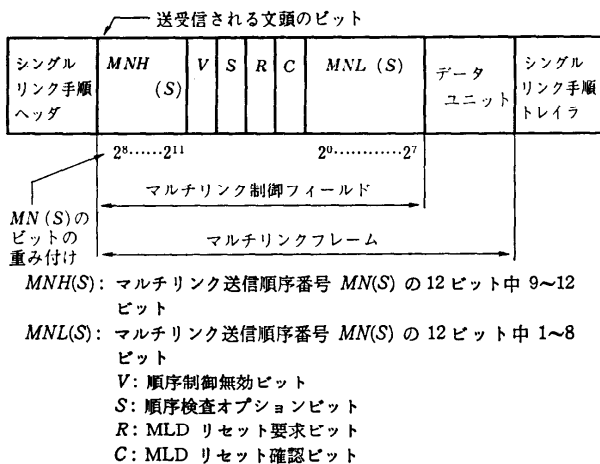


図-5 マルチリンクフレームの形式

(図-4 参照)。SLP として使用するプロトコルについては、特に規定はないが、ビット指向形の手順がその条件となり、例えば HDLC が適用可能である。

(3) マルチリンクフレームの構成

マルチリンクフレームは、SLP で運ばれるデータであり、2 オクテットのマルチリンク制御フィールドと任意長のデータユニットから成る (図-5 参照)。マルチリンク送信順序番号 MN(S) は、マルチリンクフレームの送信順序を表わし、送信方向ごとに一意に定まり、モジュロは 4096 である。

順序制御無効ビット V は、相手 MLP より受信したデータユニットを自ネットワーク層に渡す前に順序制御を行うか否かを示す。順序検査オプションビット S は、V=1 (再順序制御が不用) のときのみ意味があり、受信側 MLP で再順序制御は行わないが、MN(S) の正当性の検査 (重複したマルチリンクフレームの廃棄) を行うか否かを示す。MLP では、相手 MLP に正しく送達できる確率を高めるため、同一の MN(S) を持つマルチリンクフレームを複数の SLP に送信依頼することが許されている。このため、相手 MLP は、マルチリンクフレームを重複して受信する可能性があり、S ビットの制御が必要となっている。MLP リセット要求ビット R は、後述するマルチリンクリセット手順を開始するために使用する。MLP リセット確認ビット C は、マルチリンクリセット手順の完了を確認するために使用する。

(4) MLP の開始と終了

MLP の開始、終了に関する特別なプロトコルはない。MLP によるマルチリンクフレームの転送の開始は、複数の SLP のいずれか一つが動作可能状態になれば、可能となる。MLP は、すべての SLP が論理的に切断状態となれば終了する。

(5) 送信側動作

送信側 MLP は、上位層 (ネットワーク層) からデータユニットを受け取ると順序番号 MN(S) を付し、動作可能状態にある任意の SLP に割当て、送信を依頼する。SLP は、割当てられたマルチリンクフレームの送信が正常に終了すると、それを MLP に報告する。MLP は、ウィンドウの範囲でマルチリンクフレームの連続転送が可能である。このように、MLP は、HDLC などと同じウィンドウ制御を行っているが、後者が、プ

ロトコルヘッダ部に送信順序番号と受信順序番号の二つを持つものであるのに対し、前者は、送信順序番号のみ有し、マルチリンクフレームの送達確認は、そのフレームを割り当てた SLP に報告させ間接的に行われるところに特徴がある。

(6) 受信側動作

受信側 MLP は、必要に応じて、受信したマルチリンクフレームを正しい順序に並び替え、重複フレームを廃棄してデータユニットを上位層に渡す。

(7) MLP の初期設定及びリセット

マルチリンクのリセット手順は、各 MLP の状態変数を通信に先立ち初期設定する場合、または再同期(リセット)する場合に使用する。リセット手順を開始する MLP は、自状態変数をリセットした後、 $R=1$ のマルチリンクフレームを送信する。このフレームを受信した MLP は、状態変数をリセットした後、その確認応答として $C=1$ のマルチリンクフレームを送信する。

5. 今後の動向

HDLC、マルチリンク手順の標準化作業は、ほぼ終了しており、今後の標準化作業の重点は、OSI データリンクサービス定義及び LAN に適用するプロトコルの検討に置かれると思われるが、今後の動向として ISO/TC 97/SC 6/WG 1 の主な検討課題について述べる。

(1) HDLC の機能拡充

HDLC を改良するために主として以下の事項について検討されており、衛星回線などに更に効率良く適用可能になるものと思われる。

- ① 32ビットの FCS の採用
- ② SREJ コマンド/レスポンスの定義変更
- ③ XID コマンド/レスポンスの情報フィールドの

定義

(2) OSI データリンクサービス

作業文書が作成された段階であり、今後 HDLC、LAN など既存のプロトコルとの関係について整理することが重要であろう。

(3) その他

X.25 LAP-B に対する DTE 側のリンクレベル手順、LAN のためのデータリンク層プロトコルなどについて検討されている。

参 考 文 献

- 1) 川端久喜, 田中義昭: ハイレベルデータリンク手順とその標準化動向, 情報処理, Vol. 19, No. 5, pp. 456-464 (May 1978).
- 2) ISO 3309-1979 HDLC Frame Structure.
- 3) ISO 4335-1979 HDLC Elements of Procedures.
- 4) ISO 4335 Addendum 1(1979).
- 5) ISO 4335 Addendum 2(1982).
- 6) ISO 6159-1980 HDLC Unbalanced classes of procedures.
- 7) ISO 6256-1981 HDLC Balanced class of procedures.
- 8) JISC 6263-1978 ハイレベルデータリンク制御手順のフレーム構成.
- 9) JISC 6264-1978 ハイレベルデータリンク制御手順の手順要素.
- 10) JISC 6265-1978 ハイレベルデータリンク制御手順の手順クラス.
- 11) 近藤 久, 高井 啓: 複数データリンク制御手順の標準化動向, 情報処理, Vol. 21, No. 8, pp. 886-891 (Aug. 1980).
- 12) ISO/DIS 7478 Revised Multilink Procedures.
- 13) JIS 原案 マルチリンク手順.
- 14) ISO/DRS 3309 (Revision of ISO 3309-1979) (1982).
- 15) ISO/DRS 4335 HDLC Consolidation of elements of procedures(1982).
- 16) ISO 7809-1984 HDLC Consolidation of classes of procedures.

(昭和 59 年 11 月 9 日受付)