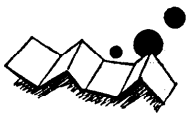


解説



複数データリンク制御手順の標準化動向†

近藤 久** 高井 啓†††

1. はじめに

データ通信技術は、情報処理と電気通信の両技術が一体に結合されたものと考えられる。この両者の技術の接点に位置するものが伝送制御の技術であり、これまでに種々の伝送制御手順が開発されてきている。

データ通信の代表的な伝送制御手順として、現在でも多くのデータ通信システムで用いられている基本形データ伝送制御手順は、1971年にISOにより標準化され、IS 1745 "Data Transmission Control Procedure-Basic Mode"として制定された。その後、データ通信の適用分野の拡大、システムの広域化等に伴い、手順の機能拡充、改良が重ねられたが、伝送効率、データ転送の信頼性、ビットの透過性等の面で従来の基本形データ伝送制御手順を大幅に改善した、ハイレベルデータリンク制御 (HDLC) 手順の標準化が行われ、現在に至っている。HDLC 手順の出現は、その標準化のみに留まらず、データ通信におけるプロトコル (通信規約) 体系そのもの (いわゆるネットワークアーキテクチャ) の標準化のきっかけとなった。

本稿で解説する複数データリンク制御手順 (以下マルチリンク手順と略称する) は、2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場合の伝送制御手順であり、1978年からISOの検討が開始されたものである。マルチリンク手順は、大量のデータ転送や高信頼性の要求に応える新しい手順として標準化が進んでいるが、以下に検討経過、手順の概要について述べる。

2. 新しい制御手順開発の背景

従来のデータ通信システムにおいては、端末とコン

ピュータを直通または分岐の通信回線で接続するのが基本的な形態であった。このような形態は、通信し合う装置間には1本の通信回線しか用意しないものであるが、データ転送量が比較的少ない場合や、低速の通信回線で要求が満たされる場合には妥当な方式と言える。

一方、近年のLSI技術に代表されるハードウェア技術の進歩による装置コストの低下と、情報処理技術の進展は、データ通信システムにおけるインテリジェンシーの分散化をうながし、端末とコンピュータ間の通信形態から、むしろコンピュータ間通信と呼ぶのが適当な形態へと広がりを見せはじめ、データ通信ネットワークの形成へと進んできている。また、経済、社会生活の高度化に伴い、個々のデータ通信システム相互を接続した大規模なネットワークも出現してきている。コンピュータ間通信においては、ファイル転送に代表されるように、大量データの高速転送や高信頼性が要求され、これを実現する方式の開発が必要となってくる。前述のHDLC手順はこのような新しい状況に対処するための数多くの利点を持った手順であり、すでに各所で用いられているが、この手順も直通もしくは分岐の1回線上の制御手順であり、回線障害に対するシステム信頼性の面からは、必ずしも十分とは言えない。

装置間を複数の通信回線で接続する方法は、上記の問題点を適切に解決する方式である。

現在、我が国において提供されている回線の通信速度は48 K bit/s以下9,600 bit/s, 4,800 bit/s等と幅広いが、これらの通信回線を組み合わせ、所要のスループットを実現することができる。例えば12 K bit/sのスループットが必要な場合には、9,600 bit/s回線と2,400 bit/s回線を装置間に設ければ良く、240 K bit/sのような高いスループットを要する時には、48 K bit/s回線を5本用いれば実現できる。また、このように装置間を複数回線で接続しておくことにより、ある回線が障害のために通信不能となっても、残りの回線で

† The Trend of Standardization Activity on Multilink Procedures by Hisashi KONDO (Data Communication Bureau, N.T.T.) and Hiroshi TAKAI (Engineering Bureau, N.T.T.).

** 日本電信電話公社データ通信本部

††† 日本電信電話公社技術局

データ転送を継続できるので、スループットは多少低下しても、システム全体の信頼性を向上させることができる。

このような背景から、国際通信のために異なったキャリアの公衆パケット交換網相互間を複数回線で接続することが、CCITT SG VII (国際電信電話諮問委員会第7研究委員会)において検討課題として採り上げられ、そのための具体的な制御手順について、ISO/TC 97/SC 6 に検討が依頼された。

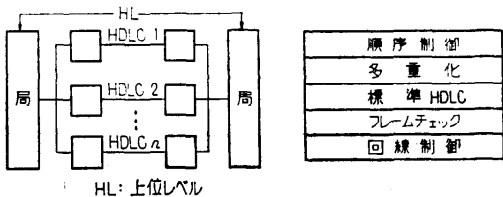
ISOにおいては、装置間を複数の通信回線で接続してデータ転送を行う方式が、単に公衆パケット交換網相互間の接続だけでなく、多くのデータ通信システムにおいてもコンピュータ間通信等の形態に広く適用できることから、ISO規格の制定に向けて、精力的な検討が進められている。

3. 標準化の経緯

前章に述べたように、マルチリンク手順の国際規格化作業は、CCITT SG VII からの検討依頼を契機として、1978年5月に開催されたISO/TC 97/SC 6 パリ会議において開始された。

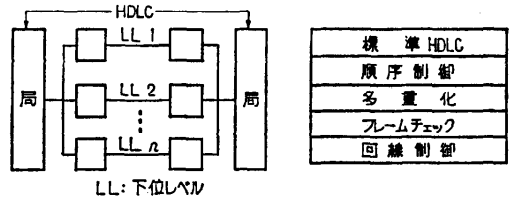
具体的な手順をまとめるに当たっては、米国が提案したマルチリンク方式と、フランスが提案したマルチライン方式の両案について各国の意見を求めることとなり、それ以降の国際会議において一本化を図ることとなった。

マルチリンク方式とは、図-1に示すように各回線ごとにデータリンクの設定/維持/解放を行い、これら各回線を介して送受信するフレームについて、統一的な順序制御機能と多重化機能(複数回線の制御)を付加しようとする方式である。方式の前提となる各回線ごとに適用する伝送制御手順は、HDLC手順を用いることとなっている。この場合、各回線で順序制御されたフレームが、受信側装置においては必ずしも送信側で意図した順序で受信できるとは限らないので、新



(a) 適用プロトコルの考え方 (b) 機能レベル分けの考え方

図-1 マルチリンク方式の概念



(a) 適用プロトコルの考え方 (b) 機能レベル分けの考え方

図-2 マルチライン方式の概念

に順序制御機能が必要となっている。

マルチライン方式は、図-2に示すように複数の回線により1つのデータリンクが設定/維持/解放され、このデータリンクの制御手順としてHDLC手順を適用する方式である。すなわち、各回線ごとのデータ転送に関するプロトコルとしては、HDLC手順で規定する機能のうち、同期、フレームチェックシーケンスによる誤り検出程度の機能を実行するものとなっている。マルチライン方式の場合には、順序制御機能は既存のHDLC手順のものをそのまま用いるが、1つのデータリンクを複数の通信回線で構成するため、HDLC手順に、多重化機能を追加することとなる。

これら両方式の特徴を表-1に示す。

1979年に開催された、SC 6/WG 1 ケルン会議においては、どちらかの方式を選択して以後の標準化作業を行うことになり、日本、米国等が支持したマルチリンク方式が多数を得た。ケルン会議の時点では、CCITT側でマルチライン方式が比較的有力とみられていたことに対して、ISOではすでに標準化が進んでいたHDLC手順との親和性もしくは互換性を重視する国が多く、マルチリンク方式を主体として手順の具体化が進められた。なお、マルチリンク方式にも、手順を実行するプロトコルレイヤよりも上位のレイヤの論理的通信路(例えばCCITT勧告X.25パケットレベルにおける論理チャネル)とデータリンクの関係について、固定マルチリンク方式と動的マルチリンク方式が考えられるが、汎用性の点ですぐれた動的マルチリ

表-1 両方式の特徴

マルチリンク方式	マルチライン方式
○順序制御のための新たなプロトコルヘッダが必要。	○複数回線の場合でも新たなプロトコルヘッダが不要。
○既存のHDLC手順はそのままとし、必要な機能追加を行う。	○既存のHDLC手順を変更し、複数回線時固有の手順とする。
○回線数nの場合の手順の数: $n \times \text{HDLC} + \text{HL}$	○回線数nの場合の手順の数: $\text{HDLC} + n \times \text{LL}$
HL: 上位プロトコル	LL: 下位プロトコル

ンク方式について検討が進められた。固定マルチリンク方式とは、パケットレベルの論理チャンネルを、特定のデータリンクに固定的に割当ててるものであり、そのデータリンクの障害によりパケットの転送が不可能な場合などに対処するため、パケットレベルにデータリンク割当ての変更機能等を持たせる方式である。この方式では、各データリンクへ転送するデータのスケジューリングが不要になるなど、制御の簡易化が期待されるが、「論理チャンネル数 \geq データリンク数」でなければマルチリンクの利点が十分に発揮されないほか、各データリンクの負荷が均等化される保証がないなどの点があるため、論理チャンネルとデータリンクに特定の割当て関係のない動的マルチリンク方式について、米国提案をベースにして CCITT への寄書が作成された。

1979年10月に開催された、SC 6/WG 1 オタワ会議では、CCITT へマルチリンク手順の検討結果を送付するほか、ISO としても規格の制定を行うことが合意され、ケルン会議以降に提出された各国の意見を反映した規格草案文書 (SC 6/N 1951) が作成された。オタワ会議での最大の論点は、転送データの送達確認をどのように行うかという点であったが、次章に述べる間接的方式 (Implicit Acknowledgement Approach) が採られることとなった。このマルチリンク手順に関する規格草案は、ISO の手続きに従って、現在 TC 97/SC 6 内での郵便投票に付されている。

4. マルチリンク手順の概要

本章では、現在 ISO において検討が進められているマルチリンク手順の規格草案に基づいて、手順の概要を述べる。

それぞれの装置においてマルチリンク手順を実行する機能モジュールを、以下では MLP (Multilink Procedure) と呼び、各回線ごとのデータリンク上の伝送制御手順を SLP (Single Link Procedure) と呼ぶ。MLP と SLP の関係を図-3 に示す。

なお、SLP として用いる手順については N 1951 では特に規定されていないが、前章に述べた経緯から見ても通常は HDLC 手順を適用するものと考えて差しつかえないであろう。

(1) マルチリンク手順の開始と終了

MLP によるデータ転送の開始は、複数の SLP のうちどれか1つの SLP が動作可能状態になれば可能である。したがって、例えば SLP として平衡型

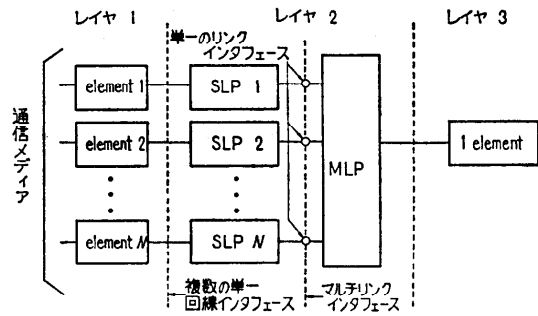
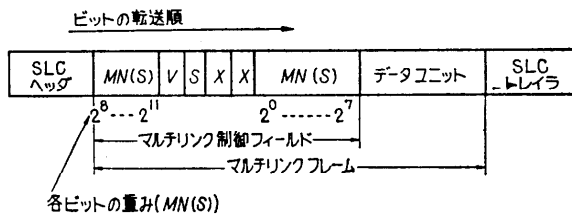


図-3 MLP と SLP の関係

の HDLC 手順を用いている場合には、送信側 MLP 配下の SLP が受信側 MLP の装置に対して SABM コマンドを送り、UA レスポンスを受信すれば直ちに相手 MLP は動作可能とみなして、情報の転送を開始できる。

マルチリンク手順においては、各 SLP は任意にデータリンクの設定/解放が可能である。したがって、マルチリンク手順の終了は、すべての SLP が論理的に切断された状態となった時点である。このように、現在のマルチリンク手順においては MLP 個有のコマンド/レスポンスなどが定められておらず、装置間が1回線で接続される場合 (マルチリンクの特殊ケースと見なされる) には、例えば既存の HDLC 手順がそのまま適用できるという特徴を有している。ISO/TC 97/SC 16 で検討されているアーキテクチャ参照モデルでは、プロトコルレイヤ内の機能グループとして付加、削除が可能なサブレイヤという概念が提案されているが、現在の MLP はデータリンクが1の場合には不要であり SLP に一致するため、データリンクレイヤ内のサブレイヤと見なされている。

(2) フレームフォーマット



各ビットの重み (MN(S))

- MN(S): 送信順序番号 (0~4095)
- V: 順序制御ビット (Void sequencing bit)
- S: 順序検査ビット (Sequence check option bit)
- SLC: 単一リンク制御 (Single link control)
- X: 未使用

図-4 フレームフォーマット

双方の MLP が送受信する情報はマルチリンクフレームと呼ばれ、図-4 に示すフォーマットで各回線上を転送される。

(3) VビットとSビット

送信側 MLP は、自分の上位にあるプロトコルレイヤから情報(データユニットと呼ぶ)をわたされると、各データユニットにマルチリンク制御フィールドを追加する。マルチリンク制御フィールド中の MN(S) は、受信側 MLP がその上位レイヤへわたすデータユニットの順番を意味しており、マルチリンク手順の主要機能を果たすものである。しかし、現在のマルチリンク手順ではより汎用性を持った手順とするため、V, S ビットが定義されている。

V ビットは相手側 MLP に対して、受信したマルチリンクフレームの順序制御を要求する場合に用いられ、順序制御が必要ならば $V=0$ としておかなければならない。

S ビットは、 $V=1$ としてマルチリンクフレームの順序制御が不要であることを通知した時に意味を持つビットであり、 $S=0$ の時には重複して受信したデータユニット(同一番号を持つマルチリンクフレーム)を廃棄するよう、受信側 MLP に要求している。

マルチリンク手順では、複数の SLP を介して同一の MN(S) を持つマルチリンクフレームを送信することが許されているので S ビットを用いた制御が必要となっている。重複データユニットの転送はマルチリンク手順の特徴の一つであり、データユニットが相手側 MLP に成功裡に転送される確率を高めることが可能となるため、伝送遅延時間が問題となるような衛星通信などに有効性が発揮されるものと思われる。

V ビットと S ビットの組合せによる意味を表-2 に示す。

(4) 順序制御

転送するマルチリンクフレームに順序番号を付して連続転送を可能にするとともに送達確認に用いる方式は、HDLC 手順や CCITT 勧告 X.25 パケットレベルプロトコル等で用いられている方式と同一の考え方であるが、マルチリンク手順の場合と前二者との違い

表-2 V, S ビットの意味

V	S	意 味
0	-	受信側 MLP で順序制御が必要。
1	0	受信側 MLP での重複データユニットの検査が必要。ただし順序制御は不要。
	1	MN(S) を持たないマルチリンクフレーム。

は、前二者が制御ヘッダ中に送信順序番号と受信順序番号を持つものであるのに対して、送信順序番号のみを持つ方式となっている点である。すなわち、マルチリンク手順においては、各 SLP で送信完了となったマルチリンクフレームの送達確認を、そのマルチリンクフレームを割当てた SLP に報告させることによって、間接的に相手 MLP の受信確認状態を知る方法を探っている。このような間接的な方法のほかに、マルチリンク制御フィールド中の 1 ビットを送信順序番号と受信順序番号の識別子として用い、どちらか一方の順序番号を転送する方法、HDLC 手順と同様に両方の番号をマルチリンク制御フィールドに設ける方法、どれかの SLP を用いて受信順序番号をデータユニットとして送信する方法など、いくつかの直接的方法も考えられるが、マルチリンク手順用ヘッダのフィールド長や制御の複雑さ、転送効率等の面から現在の方式が多く支持を得ている。

MLP は HDLC 手順の場合と同様に、システムパラメータとして送信状態変数 $MV(S)$ 、受信状態変数 $MV(R)$ を持つほか、SLP からの送達確認報告を待っている最旧のマルチリンクフレームの送信順序番号を示す $MV(T)$ 、送達未確認のまま連続転送可能なマルチリンクフレーム数(ウィンドウサイズ)を示す MW が定義されている。

送信側 MLP は上位レイヤからデータユニットを受け取ると、 $MV(S)$ の値を $MN(S)$ に設定したマルチリンクフレームをつくり、 $MV(S)$ の値に +1 する。MLP は作成したマルチリンクフレームを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 SLP の報告により、最旧未確認送信順序番号 $MV(T)$ を更新する。したがって、MLP により作成されるマルチリンクフレームの送信順序番号は、 $MV(T)+MW-1$ の間に存在している。送信側 MLP におけるこれらパラメータの関係を図-5 に示す。

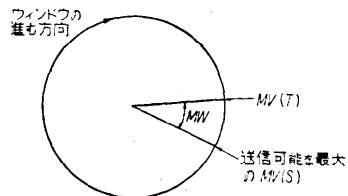


図-5 送信側ウィンドウとパラメータ

受信側 MLP は通常、受信したマルチリンクフレームを正しい順序に並べて上位レイヤへわたす。このために $MV(R)$ が用いられる。 $MV(R)$ の値は、次に上位レイヤへわたすべきマルチリンクフレームの送信順序番号を示している。したがって、受信側 MLP は、 $MV(R) + 1$ から $MV(R) + MW - 1$ の範囲に含まれる $MN(S)$ を持つマルチリンクフレームを保持し、順序付けを行った後、上位レイヤへデータユニットをわたす。

(5) 重複データユニットの処理

前述のとおり、マルチリンク手順では同一の $MN(S)$ を持つマルチリンクフレームが複数の回線から受信される場合があるので、この重複データユニットを正しく廃棄する制御が必要である。図-6 に示すように受信側のウィンドウには重複領域 (Duplicate Region) MY が定義されており、この領域に含まれる $MN(S)$ を持ったマルチリンクフレームは、重複したデータユニットを受信したものと見なして受信側 MLP によって廃棄される。図-6 の MX は防衛領域 (Guard Region) と呼ばれ、この範囲に含まれる $MN(S)$ を持つマルチリンクフレームを受信した場合には、何らかの原因によりすでにフレームの紛失が発生したことを示している。このケースは、送信側 MLP が SLP からの送達確認報告によりそのウィンドウを進め、新たにマルチリンクフレームを送信してきたにもかかわらず、受信側 MLP では $MV(R)$ が進んでいないため、ウィンドウの外にあるフレームとなる状態であり、途中でフレームの紛失が発生しているわけである。 MX の領域でマルチリンクフレームを受信した MLP は、上位レイヤにフレームの紛失が発生したことを通知する。すなわち、マルチリンク手順においては、相手側 MLP の $MV(R)$ を間接的に知る方法を探っているため、紛失したフレームが送信側 MLP に保留されている保障がなく、上位レイヤによって何らかの回復措置を講ずる必要がある。

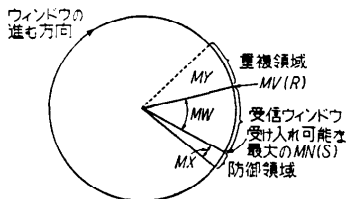


図-6 受信側ウィンドウと各種領域

表-3 各提案方式の違い

方式	マルチライン方式		マルチリンク方式	
	A	B	A	B
レベル 3	X.75 レベル 3	X.75 レベル 3	X.75 レベル 3	X.75 レベル 3
レベル 3/2			複数回線 制御機能	
レベル 2	単一回線用 HDLC拡張	複数回線用 専用手順	単一回線用 HOLD	単一回線用 HOLD
レベル 1	(回線)	(回線)	(回線)	(回線)
提案国	英国、スペイン	フランス	アメリカ (AT&T) ※ ISO のマルチリンク手順	日本 (電電公社)

5. CCITT の動向

前述のとおり、マルチリンク手順検討のきっかけは CCITT SG VII における公衆パケット交換網相互の接続方式の問題であった。1970 年代後半から、多くの先進国で CCITT 勧告 X.25 に基づく公衆パケット交換網の開発が進められたが、これらの網間信号方式は X.75 として 1978 年 9 月に暫定勧告化されている。X.75 は我が国の天野正紀氏 (国際電電) がレポートとしてとりまとめに努力されているものであるが、勧告化に当っては、双方の網の交換局間を複数回線で接続する場合の手順が一つの課題となっていた。

1977 年の SG VII 4 月会議において、イギリス、フランス等が国際接続のためにはスループット、信頼性などの点で、交換局間を複数回線で接続する方式が妥当であることを主張し、各国の合意が得られた。

1978 年の SG VII 4 月会議では、フランスがすでに実用化を進めていたマルチライン手順を提案したが、緊急課題であることが合意されたに留まり、ISO に対しても検討が依頼された。ISO と CCITT の間では、それまでも密接な協力関係が保たれており、例えば勧告 X.25 のリンクレベルについては、両者の調整の結果、ISO で規格化した平衡型 HDLC 手順のサブセットである LAPB が勧告化されている。したがって、X.75 のリンクレベルに適用する新しい制御手順についても早い段階から双方の協力により検討が進められた。

1978 年 12 月に開催された X.75 レポート会議では、各国の提案を表-3 に示す 4 方式に整理、分類している。この 4 方式は翌年の SG VII 4 月会議でも 1 つの方式にしぼりきれず、結論はその後の会議に持ち越された。なお、ISO の検討結果 (SC 6/WG 1 ケルン会

議での結論)は表-3のマルチリンク方式に相当する。

1979年10月のX.75ラポータ会議では再度、本問題が討議され、最終的にはマルチリンクA方式が採択された。この会議の前月に開催されたISO/TC 97/SC 6オタワ会議では、マルチリンク手順の規格草案が作成されており、この案に従ってX.75リンクレベルにマルチリンク手順が追加された。この会議で改訂されたX.75は、1980年11月に予定されているCCITT SG VII第7回総会に報告され、正式に勧告されることとなる。

ISOでは比較的早期にマルチリンク方式にまとまったにも拘わらず、CCITTにおいてマルチライン方式が最後まで有力案だった背景としては、すでに自国内でこの方式を実用化している国があったことによる。

また固定マルチリンク方式であるマルチリンクBが一定の支持を集めたのは、早期に網間接続サービスを実現するうえでは比較的容易な方式と考えられた点である。

6. む す び

ISO/TC 97/SC 6およびCCITT SG VIIにおける、マルチリンク手順の標準化動向とその概要について紹介した。

最終的な規格の制定には未だ若干の時間を要すると思われるが、ISO、CCITTの双方の協力の下できわめて短時間のうちに標準化が進んだマルチリンク手順

は、今後各方面での適用が期待される。

また、このプロトコルの標準化はISO/TC 97/SC 16における開放型システム間接続の参照モデルの検討を進めるうえでも大きな意義を持つものと考えられる。

参 考 文 献

- 1) 川端, 田中: ハイレベルデータリンク制御手順とその標準化動向, 情報処理, Vol. 19, No. 5, pp. 456-464 (1978).
- 2) 信国: 国際標準化活動の動向, 情報処理, Vol. 20, No. 6, pp. 545-550 (1979).
- 3) 元岡, 苗村: 開放型システム間接続(OSI)の標準化, 情報処理, Vol. 20, No. 12, pp. 1096-1104 (1979).
- 4) ISO/TC 97/SC 6: Draft Multilink Procedures Proposal (N 1951).
- 5) ISO/TC 97/SC 6: Items to be Drawn to the Attention of ISO Concerning HDLC (N 1644).
- 6) ISO/TC 97/SC 6: Minutes of Working Group 1 (N 1656).
- 7) ISO/TC 97/SC 6: A Multilink Control Procedure for Section 2 of CCITT Recommendations X. 25 and X. 75 (N 1797).
- 8) CCITT SG VII: Report of the Rapporteur's Meeting on Provisional Recommendation X. 75 (COM VII-No. 291).
- 9) CCITT SG VII: Recommendation X. 75, Draft Revision (COM VII-No. ZZZ).

(昭和55年2月12日受付)