

大学間コンピュータ・ネットワーク(N-1プロジェクト)における

TELNETプロトコル

坂井 利之 田畑 孝一 猪瀬 博
(京都大学 工学部) (東京大学 工学部)

北川 一 金沢 正憲 飯田 記子
(京都大学 大型計算機センター)

石田 晴久 浅野 正一郎 長谷部 紀元
(東京大学 大型計算機センター)

1. はじめに

近年のコンピュータ技術の急速な発達によって、全国の大学や研究所の多くには、コンピュータが設置され、各場所において情報処理の需要を満足させようとしている。しかし、学術面におけるコンピュータの利用の進展は急激である。しかも、たゞ単なる量的な増大だけでなく、質的な拡大も見られ、超高速演算機能をもつCPUのような特殊なハードウェア、アプリケーションやライブラリ・プログラムなどの特色あるソフトウェア、各研究分野における情報検索のためのデータベースなど、多様な情報資源の利用を必要としてきている。このような必要性を充足させるには、各場所にとそれぞれ設備を配置することも考えられるが、種々の面における労力は莫大なものになり、それよりもむしろ、数社ある大学や研究所のコンピュータをネットワークで接続したコンピュータ・ネットワークを構成し、相互兼入れを行って資源を共用させることが望ましいであろう。

コンピュータ・ネットワーク・システムの構成の在り方について研究するため、京都大学、東京大学の両大型計算機センター間を日本電信電話公社が開発中の新デジタル・データ網により接続するコンピュータ・ネットワークの開発、および実験が、京大、東大、電々公社の三者協同研究で進められている。この計画は、大型計算機センター間コンピュータ・ネットワークの実験計画(N-1プロジェクト)と呼ばれ、科学研究費特定研究「広域大量情報の高次処理」による開発計画として開始され、この成果を基盤に、科学研究費特定研究「情報システムの形成過程と学術情報の組織化」、および、特定研究経費などにより、開発と実験を重ねている。

京大、東大間での接続実験は、電々公社の新デジタル・データ網の開発計画に従い、オ1期には回線交換方式の新デジタル・データ網の上にネットワークを構成し、アプリケーションとしてリモート・ジョブ・エントリ(RJE)システムを展開し、オ2期にはパケット交換方式の新デジタル・データ網で、展開するのはTELNET(Telecommunication Network)であり、TIP(Terminal Interface Processor)の開発と実験も行う計画である。

オ1期のRJEシステムの開発、および実証実験に関しては、所期の目標を達成し、現在、回線交換における各種レベルでの効率測定を行っている。

オ2期のTELNETに関しては、TELNETプロトコルが決定され、目下、開発中である。

以下では、ネットワークの構成を簡単に説明した後、N-1プロジェクトにおけるTELNETプロトコルを紹介する。

2. コンピュータ・ネットワークの構成

京大、東大間の結合実験におけるネットワークの構成は、オ1期の回線交差方式の場合も、オ2期のパケット交換方式の場合も、ハードウェアおよびソフトウェアに関して可能な限り共通となるよう配慮されているので、オ1期と特に大きく変わるのは交差方式以外にない。もっとも、オ2期における新しい試みであるTIEPが追加されている。図1に、ネットワークのハードウェア構成の概略を示す。

京大および東大両大型計算機センターのHOSTシステムは、フロント・エンド・プロセッサ(FEP)を介して、新デジタル・データ網と直接、あるいは専用回線を経由して接続されている。

N-1プロジェクトにおけるネットワークのプロトコルの構造は図2のようになっている。

DLCプロトコルは、HDL C (ハイレベル・データ・リンク制御手順) ダブル・ナンバリング方式を基本にした伝送制御手順を定めており、呼の確立および切断の制御はバーチャル・コール方式に基づいている。FEP/FEPプロトコルは、FEP間の伝送制御手法を定めており、ネットワーク内の障害通知法も含まれている。HOST/HOSTプロトコルは、HOSTコンピュータのネットワーク制御プログラムNCP間のリンクの確立と解消、および、リンク上のデータ転送とフロー制御を定めている。ユーザ・レベル・プロトコルは、特定のアプリケーションに対して容易にネットワークを利用できるようにするために設けられるものである。ユーザ・プロセスはHOSTのNCPローカル・マクロを用いて、直接NCPにアクセスすることとができる。HOST/FEPローカル・プロトコルは

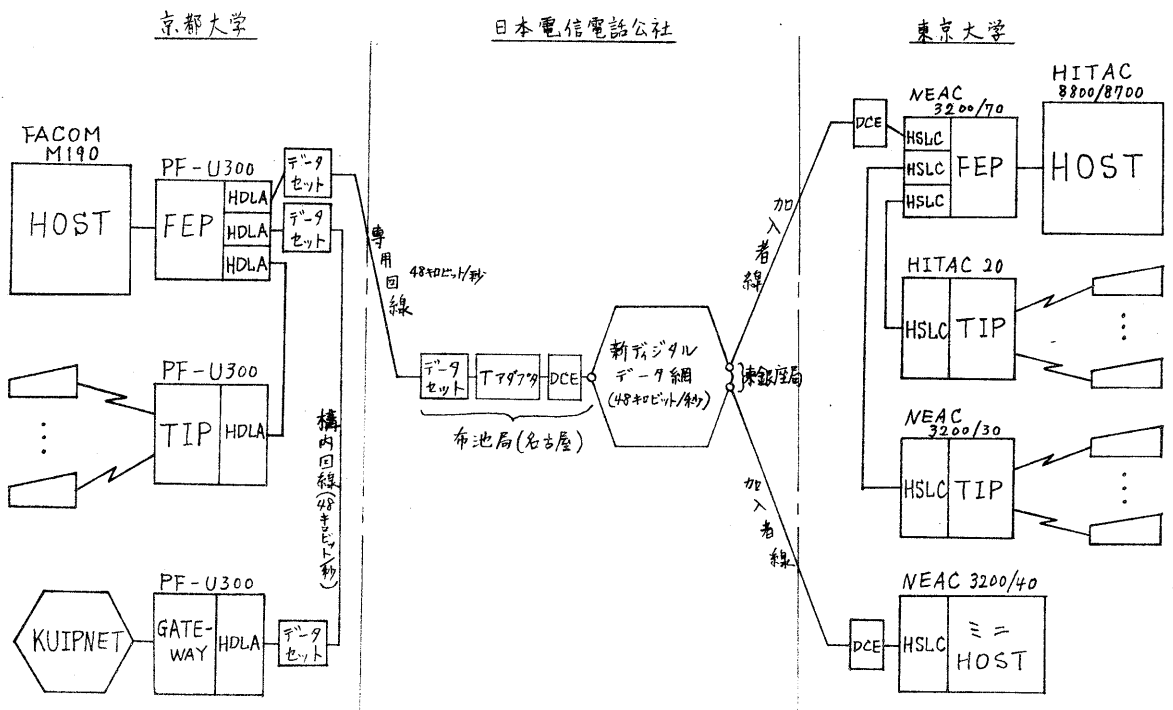


図1. 大学間コンピュータネットワークのシステム構成

HOST(NCP)とFEP間の転送を適切な制御方式でローカルに定めたものである。HOST/HOSTならびに、FEP/FEPプロトコルは、第1期において、交換方式に依存することなく可能な限り共通にすることを考慮しておいたのが特に大きな変更はない。

各プロトコル・レベルでのデータ送受信単位は、ユーザ・プロセス間がメッセージ(不定長)、NCP間がセグメント(データ部最大1,960ビット[245バイト])、FEP間がパケット(データ部最大1,960ビット)と呼ばれ、NCPとユーザ・プロセス間のデータ受渡し単位をメッセージ・ブロックという。セグメント長とパケット長は同じになっているとともに、さらに、新デジタル・データ網で取扱うパケットのデータ部の長さも共通になっている。

これらの詳細については、参考文献1,2を参照していただきたい。

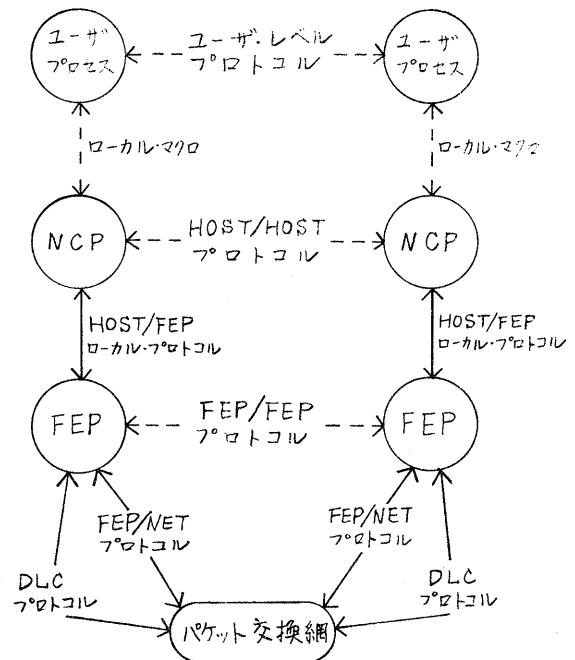


図2. プロトコルの構造

3. TELNETプロトコル

TELNETプロトコルの目的は、双方向8ビットバイト向き通信のための手段を提供することにある。このプロトコルは、主として、端末装置と端末向きプロセスとの標準的なインタフェースを与えている。また、端末-端末間通信、および、プロセス-プロセス間通信のためにも使うことができる。

TELNETプロトコルにおける接続は、互いに逆方向の一対のHOST/HOSTプロトコルにおける接続からなっており、その接続を通じてデータとTELNETにおける制御情報が受け渡される。

TELNETプロトコルは、

- ・ Network Virtual Terminal (以後、NVTという)
- ・ 協定によるオプション
- ・ 端末とプロセスの対称性

の3つの概念をその基礎としている。

3.1 NVTの概念

TELNETプロトコルにおける接続が確立されると、その両端はいずれもNVTであると仮定する。NVTは、ネットワーク全体にわたる標準的な1つの正規端末であり、実際には、仮想的、かつ作介的な端末として捉えられるものである。NVTを導入することによって、各々のサーバおよびユーザHOSTは、

それぞれ、ローカルな（ネットワークを介して接続されるのではなくて、HOSTに直接的に接続されている）端末装置の特性と取扱い上の規約をNVTにおける規約に変換、あるいは、その逆変換を行う必要のある。しかし、NVTによって、HOSTは、ローカルな端末装置の特性を保持するだけで十分であり、相手側のHOSTの端末装置の特性、さらに、相手側HOST自身の特性を保持する必要はなくなる。このことによって、ネットワークへの新たなHOSTの参加と、新しい端末装置の接続を容易にしている。

3.2 NVT

NVTは双方向の文字型装置であり、プリンタとキーボードを有している。プリンタは、TELNETにおける接続上の到着データに回答して動作し、キーボードは、送り出されるべきデータを発生させる。

NVTのキーボードには、次の3種のキーがある。

- (i) 文字キー
- (ii) 機能文字キー
- (iii) 伝送制御キー

NVTは文字型装置であり、基本的には一文字毎に処理するのが最も一般的ではあるが、ネットワークを介した伝送および処理効率の観点から、いくつかの文字をまとめて伝送することにする。このまとまりを伝送ブロックと呼ぶ。伝送制御キーはこのためのもので、これは文字および機能文字キーに対応するコードと別に定義されている。

(1) 文字コード

文字キーに対応する文字コードはJIS情報交換用符号C6220の8単位符号のローマ字・カナ文字併用符号に準拠して、表1のように定められている。

FA FD FD	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
0	NUL	C16	SP	0	@	P	`	ph	K0	K16	N0	一	ヲ	ミ	N84	N80
1	C1	DC1	!	1	A	Q	a	g	K1	K17	。	ア	チ	ム	N85	N81
2	C2	DC2	"	2	B	R	b	Y	K2	K18	「	イ	ツ	メ	N86	N82
3	C3	DC3	#	3	C	S	c	s	K3	K19	」	ウ	テ	モ	N87	N83
4	C4	DC4	\$	4	D	T	d	t	K4	K20	、	エ	ト	ヤ	N88	N84
5	C5	C21	%	5	E	U	e	u	NL	K21	・	オ	ナ	ユ	N89	N85
6	C6	C22	&	6	F	V	f	v	K6	K22	ヲ	カ	ニ	ヨ	N70	N86
7	BEL	C23	'	7	G	W	g	w	K7	K23	ア	キ	ヌ	ラ	N71	N87
8	BS	CAN	(	8	H	X	h	x	K8	K24	イ	ク	ネ	リ	N72	N88
9	HT	EM	)	9	I	Y	i	y	K9	K25	エ	ケ	ノ	ル	N73	N89
A	LF	SUB	*	:	J	Z	j	z	K10	K26	エ	コ	ハ	レ	N74	N90
B	VT	ESC	+	;	K	[	k	}	K11	K27	オ	サ	ヒ	ロ	N75	N91
C	FF	IS ₄	,	<	L	¥	l	1	K12	K28	ヤ	シ	フ	ワ	N76	N92
D	CR	IS ₃	-	=	M	]	m	}	K13	K29	ユ	ス	ヘ	ン	N77	N93
E	SO	IS ₂	.	>	N	^	n	—	K14	K30	ヨ	セ	ホ	ニ	N78	N94
F	SI	IS ₁	/	?	O	_	o	DEL	K15	K31	yy	ソ	マ	。°	N79	E0

表1 文字コード

(2) 機能文字コード

機能文字は、TELNETコマンド (SYNCH信号を含む) を意味し、そのコードを表2に示す。

TELNETコマンドの形式はつぎの3種類に分類される。

(i) A形式

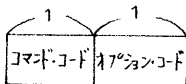
バイト長



オペランドのないコマンドであり、オプションに^{関係}しない通常のコマンドはすべてこの形式をとる。

(ii) B形式

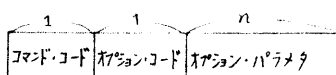
バイト長



オプションのネゴシエーションに^関するコマンドはこの形式をとる。

(iii) C形式

バイト長



オプションのサブネゴシエーションに^関するコマンド (SNコマンド) が、この形式をとる。オプション・パラメタ形式、および長さ (nバイト) は各オプションによって定められている。

各TELNETコマンドの機能を表3に示す。

ヘッダ F0-F7	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
0	F0	F6	F32	F48	F64	F80	F96	F112	F128	F144	F160	F176	F192	F208	F224	NOP
1	F1	F17	F33	F49	F65	F81	F97	F113	F129	F145	F161	F177	F193	F209	F225	DM
2	F2	F18	F34	F50	F66	F82	F98	F114	F130	F146	F162	F178	F194	F210	F226	BRK
3	F3	F19	F35	F51	F67	F83	F99	F115	F131	F147	F163	F179	F195	F211	F227	IP
4	F4	F20	F36	F52	F68	F84	F100	F116	F132	F148	F164	F180	F196	F212	F228	AO
5	F5	F21	F37	F53	F69	F85	F101	F117	F133	F149	F165	F181	F197	F213	F229	AYT
6	F6	F22	F38	F54	F70	F86	F102	F118	F134	F150	F166	F182	F198	F214	F230	F46
7	F7	F23	F39	F55	F71	F87	F103	F119	F135	F151	F167	F183	F199	F215	F231	F247
8	F8	F24	F40	F56	F72	F88	F104	F120	F136	F152	F168	F184	F200	F216	F232	F248
9	F9	F25	F41	F57	F73	F89	F105	F121	F137	F153	F169	F185	F201	F217	F233	GA
A	F10	F26	F42	F58	F74	F90	F106	F122	F138	F154	F170	F186	F202	F218	F234	SN
B	F11	F27	F43	F59	F75	F91	F107	F123	F139	F155	F171	F187	F203	F219	F235	WILL
C	F12	F28	F44	F60	F76	F92	F108	F124	F140	F156	F172	F188	F204	F220	F236	WONT
D	F13	F29	F45	F61	F77	F93	F109	F125	F141	F157	F173	F189	F205	F221	F237	DO
E	F14	F30	F46	F62	F78	F94	F110	F126	F142	F158	F174	F190	F206	F222	F238	DONT
F	F15	F31	F47	F63	F79	F95	F111	F127	F143	F159	F175	F191	F207	F223	F239	F255

表2 機能文字コード

表3. TELNETコマンド一覧表

名 称	形 式	機 能
NOP (No Operation)	A	本コマンドの受信側は、本コマンドに対応した処理は存在せず単に本コマンドを読み捨てる。
DM (Data Mark)	A	SYNCH信号のうち、データ・リンク上で送信されるコマンドであり、コントロール・リンク上で送信されるINTコマンド (HOST/HOST プロトコルのコマンド) との対で一つの意味を持つ。(3.3 SYNCH信号を参照)
BRK (Break)	A	BRKキーが押されたことを示す。本コマンドに対する処理は任意である。
IP (Interrupt Process)	A	本コマンドの受信側のエンド・プロセスに割込むためのコマンドである。
AO (Abort Output)	A	本コマンドの受信側に対して一連の送信データをスキップすることとを要求するコマンドである。本コマンドの受信側は直ちにSYNCH信号を送信する。
AYT (Are You There)	A	本コマンドの受信側に対して何らかの応答を要求するコマンドである。
SN (Sub Negotiation)	C	オプション機能実行時、さらに二次的な取決め、または連絡情報を通知するためのコマンドである。
GA (Go Ahead)	A	エンド・プロセスが受信を期待していることを相手側のTELNETに通知するコマンドである。
WILL	B	オプション機能の実行に先立ち、機能を実行する側のTELNETが、相手のTELNETに対してその実行開始の許可を求めるためのコマンドである。また、相手のTELNETがオプション機能実行の開始、または中止を要求した場合、実行の開始、または続行応答の意味を持つコマンドである。
WON'T	B	相手のTELNETに対して、自TELNETのオプション機能の実行の中止許可を求めるためのコマンドである。また、相手のTELNETがオプション機能実行の開始、または中止を要求した場合、実行の拒否、または中止応答の意味を持つコマンドである。
DO	B	オプション機能の実行に先立ち、機能を実行する側のTELNETに対して、その実行開始を要求するためのコマンドである。また、相手のTELNETがオプション機能の実行の開始、または中止許可を求めてきた場合、実行の開始、または続行の指示の意味を持つコマンドである。
DON'T	B	相手のTELNETに対して、相手のTELNETが実行しているオプション機能の実行中止を要求するためのコマンドである。また、相手のTELNETがオプション機能の実行の開始、または中止許可を求めてきた場合、実行の拒否、または中止の指示の意味をもつコマンドである。

(3) 伝送制御コード

文字コード、および機能文字コードを伝送するにあたって、次の規則を設ける。

- (i) 機能文字系列は、それ単独で送る。2つ以上のTELNETコマンドを同時に送ってはならないし、文字コードとの混在も許されない。
- (ii) 文字（機能文字は除く）は、1字、またはそれ以上の系列でもってレコードを形成する。レコードは、エンド・プロセス間で了解されるまとまった情報の単位である。
- (iii) レコードが244バイトを越えるときは、分割して伝送される。244バイト以下の長さでされたレコードをレコード・ブロックと呼ぶ。

以上の規則に基づいて伝送を行うために、4種の伝送制御キーを設け、NVTの送り手はこのいずれかを押す。これらのキーを押すと、それまでにキーインされた文字情報が1つの伝送ブロックとして伝送される。

伝送の単位を図3に示す。

伝送制御キーはつぎのような意味を持っている。

- (K₁) 機能文字（TELNETコマンド）をキーインした直後に押すキー
- (K₂) 最終レコード・ブロック（1レコード・ブロックのレコードも含む）に対応する文字列をキーインした直後に押すキー。
- (K₃) 最終レコード・ブロック以外のレコード・ブロックに対応する文字列をキーインした直後に押すキー。
- (K₄) 最終レコード・ブロックに、GAコマンドの意味を付加して伝送したい場合に押すキー（伝送効率を上げるための特例で、もちろん、GAコマンドは、K₁キーでもって単独に送ることもできる）。

これら伝送制御キーによって示される情報は、機能文字、またはレコード・ブロックの直前に付加された1バイト（即ち、伝送ブロックの先頭の1バイト）内にコード化されて送られる。受信した側のNVTは、この伝送制御情報を適切な形態でNVTの受け手に伝えなければならない。

伝送制御コードのビット構成を図4に示す。

(i) コマンド・ビット

本ビットがONの場合、コマンドであることを示す。OFFの場合、データであることを示す。

(ii) レコード・ビット

本ビットはコマンド・ビットがOFFの場合のみ意味を持ち、本コマンドがONの場合このレコード・ブロックはレコードの最終のものであることを示し、OFFの場合このレコード・ブロックはレコードの途中のものであることを示す。コマンド・ビットがONの場合、本ビットは意味を持たないものとする。

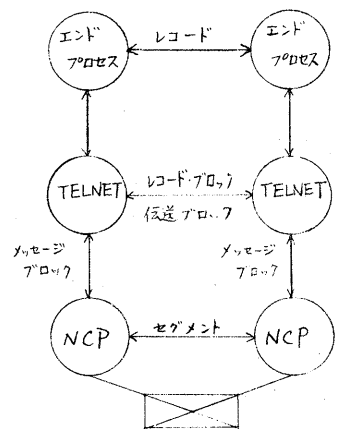


図3. 伝送の単位

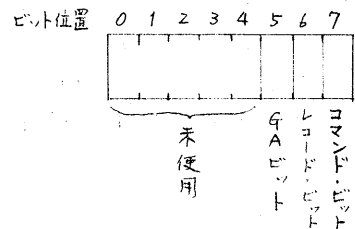


図4. 伝送制御コード

(iii) GAビット

本ビットは、コマンド・ビットがOFF、かつ、レコード・ビットがONの場合のみ意味をもち、ONの場合、このレコードの次にGAコマンドが送られてくると同じ意味であることを示す。コマンド・ビットがON、または、レコード・ビットがOFFの場合、本ビットは意味を持たないものとする。

3.3 SYNCH信号

SYNCH信号は、コントロール・リンク上で送り出されるINT (interrupt) コマンド (HOST/HOST プロトコルにおけるコマンド) とデータ・リンク上で送信されるDM (Data Mark) コマンドとの一対からなる信号のことである。

INT コマンドを検出した側の TELNET は、以降対応する DM コマンドを受信するまで、データ・リンク上から TELNET コマンド以外は読み捨てて、逆に、DM コマンドを先に検出した場合は、INT コマンドと同期をとるという機能を持ち、通常、「TELNET 間の割込み」通知として使用される。

3.4 協定によるオプション

NVT で定められた標準的な機能以外のものを望む場合には、TELNET に組込まれた種々のオプションが利用できる。TELNET コマンド、DO、DON'T、WILL、WON'T を用いて、互いに同意しあうと、それ以後同意されたオプションの規約に従った接続となる。互いに同意が得られなければ、NVT の標準的な接続のままであり、また、オプションが中止されると、NVT の標準的な接続に戻る。

WILL XXX および WON'T XXX は、自分がオプション XXX の開始および中止を申し出るために送られ、DO XXX および DON'T XXX は、オプション XXX の実行および中止 (否定) を依頼する応答である。DO XXX および DON'T XXX は相手側にオプション XXX を遂行および中止するようにという要求を示すために送られ、WILL XXX および WON'T XXX は、オプション XXX の実行および中止を通知する応答である。

オプション協定にもっと豊富な構造を望む場合には、一旦、上述の方法によりそれと了解するためのオプションに入り、そこでさらに望みのシンタックスを用いて協定を行うことができる。

TELNET は、サポートしていない、あるいは理解できないオプションに対しては否定の応答を返す。現在のオプションの一覧を表4に示す。

3.5 端末とプロセスの対称性

TELNET プロトコルは、既に説明されてきたように、容易にかつ自然に端末と端末間、および、プロセスとプロセス間に適用できるように、できる限り端末とプロセス間の関係を対称にしている。オプションにおいても同様である。

3.6 TELNET 用リンク

(i) イニシャル・コネクション・プロトコル

TELNET リンクの確立は、TELNET を使用するエンド・プロセスにより TELNET 間リンクを確立する。図5参照。

(ii) リンクの解放

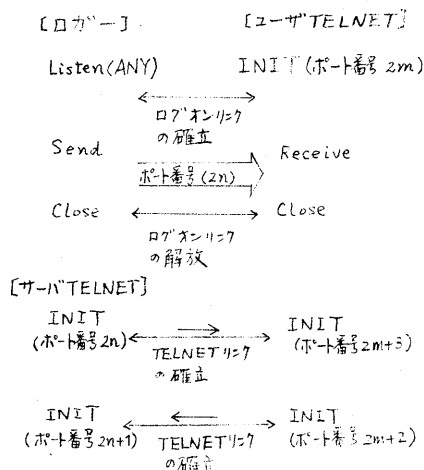
TELNET リンクはいずれかの TELNET の必要により切ることができる。

NCPが異常を発見することにより強制的に切りこめることもある。

SYNCH信号のINTコマンドは、HOST-HOSTコントロール・リンクを介して受渡され、コントロール・リンクはNCPの起動時に既に設定されており、NCPが消滅するまで存在する。

オプション名称	コード (16進表示)
Transmit-Binary	00
Echo	01
Reconnection	02
Suppress Go Ahead	03
Negotiate Approximate Message Size	04
Status	05
Timing Mark	06
Extended Options List	FF

表4 オプション一覧



注. TELNETリンクの確立は、一方向のリンクの確立が完了する以前に、他方向の確立を開始してよい。

図5. イニシャルコネクションのシーケンス

4. おわりに

N-1プロジェクトにおいては、第1期の回線交換方式におけるFEP, NCP, RJEシステムの開発に引き続き、第2期のパケット交換方式におけるFEP, TELNETの開発を進めているが、RJEプロトコルは、処理効率面などのためにサーバ側のHOSTに依存する部分があるのに対して、TELNETプロトコルは、サーバHOSTに無関係になっている。従って、NVTと実際の端末およびエンド・プロセスとの間で変換が必要になるが、ネットワークの構成におけるHOST、端末装置の拡大性において優れていると考えられる。

あるHOSTに接続されている端末装置が、他のHOSTとTELNETのむとで利用する場合には、自HOSTと目的のHOSTの両方において処理を必要とするので、汎用TSSシステムの場合にはレスポンスが遅くなる傾向が見られるところから、自HOSTの他の処理に影響を与えるだろう。このために専用システムを作成する意義が生れる。京大、東大では、それぞれ、TELNET専用システムとして、TIPを開発している。TIPは、ミニ・コンピュータに複数の端末装置を接続し、HOSTを経由しないで直接的に新デジタル・データ網と接続される。TIPによって、上のような問題点をある程度解消できると考えられる他に、近くはサーバHOST、TSSサービスをしているコンピュータがなくとも、TIPを設置するだけで多くのサーバHOSTを利用することができるようになる。

TIPの開発においても、TIPの端末装置におけるコマンド(TIPコマンド)など、京大、東大でできる限り共通にして使い易いものにしてしようとしている。

N-1プロジェクトのTELNETプロトコルは、全体として、既に実行化されているARPAのTELNETプロトコルを参考に行っているが、つぎのような点で伝送および処理の効率向上や将来の機能の拡張を考慮している。

- ・伝送制御キーによる伝送ブロック単位の転送と、伝送制御キーへのGAビットの付加による内部処理の簡略化とパケット数の減少
- ・機能文字コードの拡張性(新しいTELNETコマンドの追加)と文字コードの拡張による端末機能および種類の拡大

最後に、このプロトコルの検討に際して、助言をいただいた富士通、日立製作所、日本電気の関係者の方々に感謝します。

参考文献

1. 文部省科学研究費による特定研究「広域大量情報の高次処理」総合報告，東大出版会，pp. 89-160，1976
2. 猪瀬他：大学間コンピュータ・ネットワーク(N-1プロジェクト)におけるRJE実証実験，情報処理学会コンピュータ・ネットワーク研究会資料，CN7-4，1976