

N-1ネットワークにおけるパケット交換網の利用技術の検討

An Implementation of Packet Switched Network Interface on N-1 Network

安永 尚志, 浅野正一郎
Hisashi YASUNAGA, Shoichiro ASANO
東京大学
University of TOKYO

雨宮次雄, 高橋洋一
Tuguo AMEMIYA, Yoichi TAKAHASHI
(株)日立製作所
Hitachi, Ltd.

1. はじめに

東京大学, 京都大学大型計算機センター, ならびに日本電信電話公社の共同による大学間コンピュータネットワークの計画(略称N-1プロジェクト)は, 表1に示す3期の実証実験を通じて, その実用化を進めてきた⁽¹⁾。パケット交換網を利用した実証実験は第2期, 第3期に行われてきた。第2期では, パケット交換第1次所内試験網(TL1)により, NVTプロトコルの検証, TLPシステムの構成ならびにその動作確認を行った。第3期においては, パケット交換第2次所内試験網(TL2)を利用し, 上記に加えて, センタ運営等も含めた総合実験を行った。TL2はTL1を発展させCCITT勧告X.25に基づくインタフェースの実験を通じて, より実用化を目指したものである。

この実験の中で, パケット交換網に端末を接続する目的で端末インタフェースプロセッサ(TIP)の開発および実験が行われた⁽²⁾。TIPは直接ネットワークと接続する形式をとっており, これを利用すればHOSTの資源を浪費することなく, 端末をネットワークに接続することが可能となる。表1に示す様に, TIP接続実験は実証実験第3期において, TL2のパケット端末として開通試験, 異機種パケット端末間試験, 及び運用試験に分けて実施した。

本論文では, 東京大学TIP(HITAC 20)におけるX.25インタフェースサポートソフトウェアの構成法と, 上記の各種接続試験の進め方について, 日本電信電話公社所内試験網(TL2)の場合を例に報告する。またTL2利用時の効率測定結果についても報告する。

表1 N-1ネットワークにおける実証実験

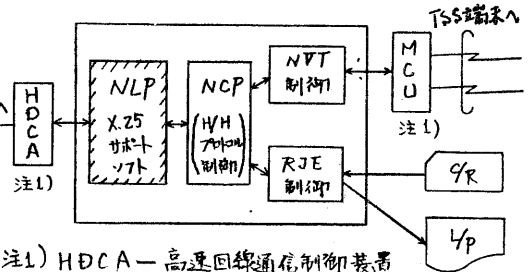
実証実験	交換網	期間	N-1全体の試験項目	TLPの実験項目
第1期	回線交換 現場試験網	51.6~ 52.5	・トランスポートレベルプロトコル ・RJEプロトコルの検証	回線交換網との接続 実験
第2期	パケット交換第1次 所内試験網(TL1)	52.6~ 52.12	・NVTプロトコルの検証 ・TLPシステムの構成 ・REPシステムの構成	・TL1加入者試験 ・TLPユーザコマンドの 実験
第3期	パケット交換第2次 所内試験網 (TL2)	53.2~ 54.3	・パケット交換インタフェースの 国際標準化 ・各種総合実験	・TL2開通試験 ・異機種パケット端末間 試験 ・運用試験

2. X.25インタフェースサポートソフトウェア

2.1 TLPシステムの構成

TLPはTSS端末およびRJE入出力装置を収容し、DDXパケット交換網を介して、ネットワーク内の任意のHOSTを直接アクセスする機能をもつ。(3),(4)

図1はTLPのソフトウェア構造と通信制御装置等ハードウェアを示したものである。TL2との回線速度は48KBPS, TSS端末側は300, 1200BPSである。



注1) HDC A — 高速回線通信制御装置
MCU — 多重回線通信制御装置

図1 TLPシステムの構成

パケット端末であるTLPのソフトウェアはX.25サポート処理部, NCP, NVT制御, RJE制御の4モジュールより構成されている。各モジュールの機能概略を表2に示す。

表2. TLPのソフトウェア

モジュール名	関連プロトコル	機能概略
NLP 注2)	X.25 (FEF/FEFプロトコル) (FEF/NETプロトコル)	X.25インタフェースをサポートする。 HDC Aの1/2制御, HDLC-ARM伝送制御 パケット制御, モジュール制御の4モジュール構成
NCP 注2)	HOST/HOST プロトコル	N-1ネットワークHOST/HOSTプロトコルに定められた論理制御を実現する。
NVT 注2)	NVT プロトコル	NVTプロトコル制御, ならびにTSS端末制御, MCUのI/O制御を行う。
RJE 注2)	RJE プロトコル	RJEプロトコル制御ならびにRJE入出力I/O 制御を行う。

注2)

NLP — Network Line Program

NCP — Network Control Program

NVT — Network Virtual Terminal

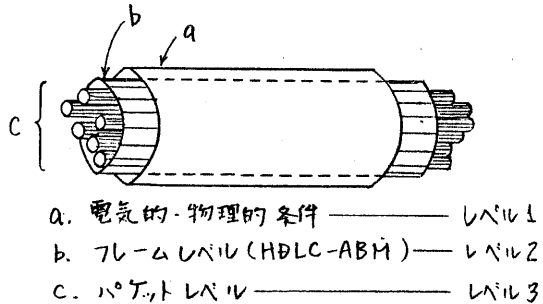
RJE — Remote Job Entry

2.2 X.25インタフェースサポートソフトウェア

X.25はパケット端末の通信規約を勧告するもので、TL2とのインタフェースもこれに従っている。図2はパケット交換網における通信規約の階層構成を示すが、X.25はa, b, cの部分を支え、レベル1, レベル2, レベル3として勧告している。

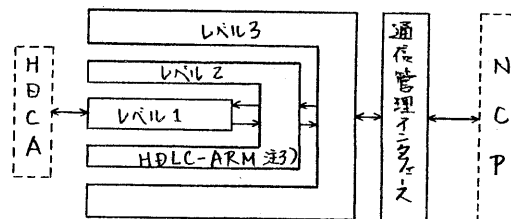
X.25インタフェースサポートソフトウェア(以後NLPと略記)では2つの基本設計条件を満足させる為、各レベルに対応にサブモジュールを構成し、その間をNLP内の標準連絡情報により結合する方式を採用している。第一の条件は、N-1ネットワークにおいて他の回線種別(回線交換, 専用線)が用途に応じて同時に同じプログラムで処理できる事である。第二は、各レベルの変更が他のレベル制御モジュールに対して影響を及ぼさない事である。

TL1で実現したパケット交換サポートソフト



- a. 電氣的・物理的條件 ———— レベル1
- b. フレームレベル(HDLC-ARM) ———— レベル2
- c. パケットレベル ———— レベル3

図2 X.25の階層構成



注3) ARM — Asynchronous Response Mode

図3 TL1サポートソフトウェアの構成

ウェアの構造と比較したものを図3、図4に示す。図3の方式ではレベル3制御処理部の中にレベル2以下の制御処理部が包含されている為、各モジュール間の連絡が固定となる。一方、図4の方式では各モジュール間の連絡処理はすべてモジュール制御部(MCNT)で行う。すなわち各レベルをサポートするモジュール(PLC, DLC, DCA)は各々独立に固有の処理を行う事が可能となっている。

モジュール間連絡情報はNLP内で標準的に定められており、

- (1) 要求元モジュール番号
- (2) 要求先モジュール番号
- (3) 要求コード
- (4) リンケージテーブルアドレス
- (5) バッファアドレス
- (6) 付加情報

より構成されている。PLC, DLC, DCAの各サブモジュールは連絡情報を指定するだけで良い。連絡情報の内容の取りおし、解析、該当モジュールへのディスパッチング処理は全て、MCNTで行う。

2.2.1 各モジュールの特徴

(1) DCA (レベル1制御モジュール)

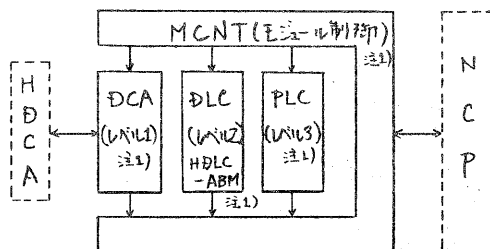
高速回線通信制御装置(HDCA)のI/O制御を行うモジュールであり、X.25のレベル1の機能を実現している。本実証実験においては、V.35インタフェース、48KBPSで接続されている。HDCAはX.25両インタフェースで接続可能であり、回線速度は、2.4, 4.8, 9.6, 48KBPSが可能である。上記の変更が発生した場合でも、本モジュールの処理とは全く独立であり、プログラムの変更は必要としない。

(2) DLC (レベル2制御モジュール)

X.25のレベル2に相当する機能を実現するモジュールでありHDLC-ABM(LAP-B)に準拠した制御を行う。

a) バッファ効率の向上

HDLC-ABMでは制御フレームの長さはFRMR(Frame Reject)を除けば、アドレス、コマンド部の2バイトのみであるから制御フレーム送信の為にデータ用バッファ(260バイト長)を使用する事は得策とはいえない。したがって、本モジュールでは制御フレーム送信用に短いバッファをプールして使用する方式を採用している。



- 注1) PLC—Packet Link Control
 DLC—Data Link Control
 DCA—Data Communication Adapter control
 MCNT—Module Control
 ABM—Asynchronous Balanced Mode

図4 TL2サポートソフトウェアの構成

なお、制御フレーム受信時は、バッファを使用せずアドレス、コマンド部のみDCAモジュールより通知される。

b) 一括応答方式

Iフレーム受信毎に逐次応答フレームを返すのは、連続Iフレーム受信時には端末側の処理オーバーヘッドが増加し伝送効率が低下する一因となる。これをなくす為、トラフィック、バッファの面数等から考慮して、一括応答する方式を採用した。一括応答により、Iフレーム受信時、応答フレームが即送信されず、端末側からのIフレーム発生でその応答を兼ねる事が可能となっている。

c) プログラムの保守性

HDLC-ABM制御用マトリクスをそのままテーブル化し、各状態で発生したイベントに対する処理は各専用機能に細分化された処理サブルーチンの組み合わせられた集合として構成する方式をとっている。これにより手順部分はすべてマトリクスの中のサブルーチン結合テーブルで制御されておりプログラム変更が容易である。

d) 専用線サポート

TL2のレベル2は本来パケット交換網と端末の伝送制御を規定している。DLCではこの機能を拡張して、専用線でも使用可能な構造としている。

(3) PLC (レベル3制御モジュール)
 X. 25で規定するレベル3の機能を実現するモジュールである。

a) バッファ効率の向上

レベル2と同様、レベル3においても、制御パケット送信用に短いバッファをプールして使用している。(制御パケットはDLCモジュールに対してはフレームである。)

b) 連続送信と一括応答

レベル3ではフロー制御の為、ウィンドウサイズ概念が規定されている。データ(DTパケット)は呼設定時決定されたウィンドウサイズの値より相手パケット端末に対して最大15まで送信できる。逆にDTパケットを連続受信した場合、それに対する応答(PRパケット)を返すことになる。この場合、PLCモジュールではレベル2と同様一括応答を行っている。これにより、相手パケット端末よりDTパケットを連続受信しても逐

次PRパケットを返送せず、発生した送信DTパケットの応答にのせて伝送効率を上げている。

c) プログラムの保守性

レベル2のマトリクス方式と同様に、レベル3についてもマトリクスをテーブル化し、保守性の優れた構造とした。

(4) MCNT (モジュール制御)

前述した様に本モジュールは主としてモジュール間連絡情報の制御を行い、その他NCPとの間に存在するプログラムとのインタフェース機能を有する。

図5に相手パケット端末とのデータ送受信時のNLP各モジュールの関連を示す。

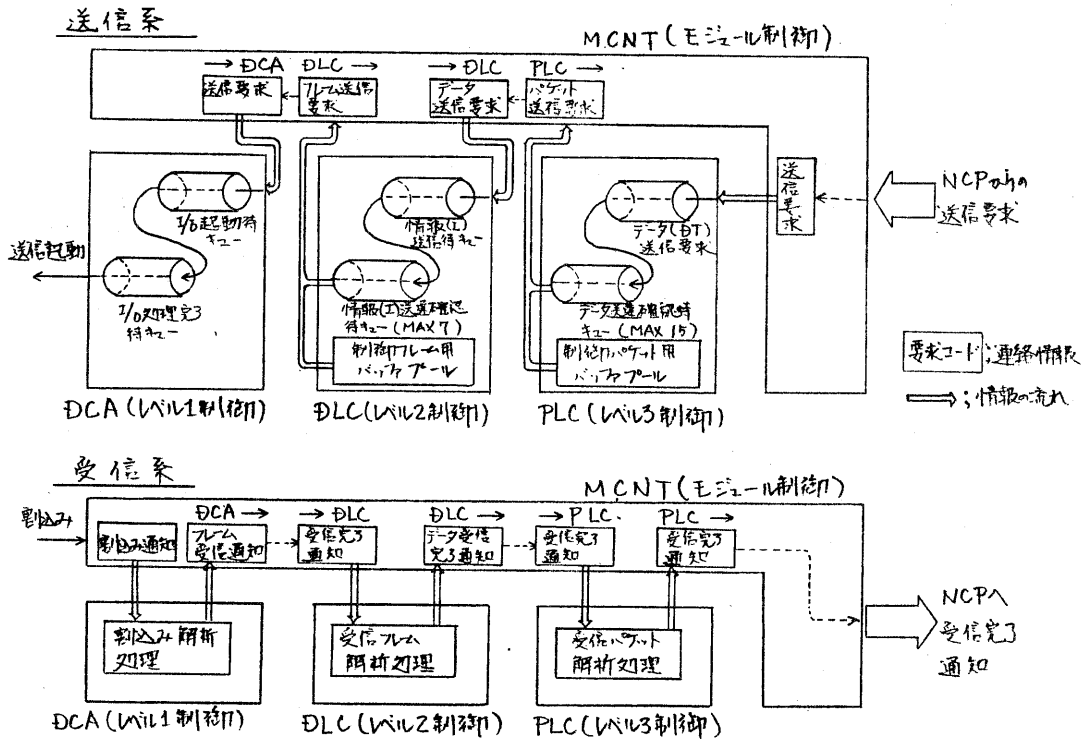


図5 データ送受信時のNLP内各モジュールの関連

3. パケット交換網との接続実験経過 (5)

開発したX.25インタフェースサポートソフトウェア(NLP)の各種インタフェース上における適合性評価の為、3段階の実証実験を行った。

第1段階はTL2とのレベル1,レベル2,レベル3各レベルにおける基本動作の確認を目的としたものであり、開通試験と称する。

第2段階はインプリメントの異なる異機種パケット端末と通信する事により、開通試験では予測できないシーケンスの確認と異機種に関する問題点の発生についての確認を目的としている。この試験を異機種パケット端末間試験と呼んでいる。図6は開通試験と異機種パケット端末間試験時のシステム構成を示す。

第3段階はパケットレベルで動作確認を終えたNLPをTEIPの中に組み込んでTSS,RJE等のアプリケーションを使用したときに動作確認を目的としたものである。本試験を運用試験と呼んでいる。(2)

3.1 開通試験

表2に開通試験を実施した際の確認項目を、レベル2,レベル3の順に示す。

開通試験時、発生した問題は次の通りである。

(1) DTパケットの再送テスト時、再送したDTパケットに対してリセットパケット(RT:Reset)がパケット網まり送られてきた。

(原因)DTパケットの再送間隔がTL2で規定した値より小さい事による。

(2) 送信抑圧テスト時、抑圧解除後送信されてくるDTパケットの送信シーケンス番号に抜けが発生する。

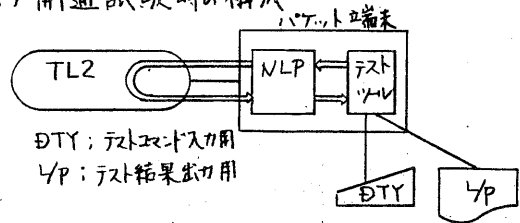
(原因)抑圧解除のPRパケットの受信シーケンス番号で送達未確認のデータを再送する処理に誤りがあった為。

上記、2点の問題はインタフェース条件の根本に起因するものではなく、単純なレベル3の規定の解釈ミスによるものである。

3.2 異機種パケット端末間試験

N-1ネットワークでは、東京大学に於て2種、京都大学に於て1種のミニコンによるパケット端末が開発された。異機種パケット端末間試験時のシステム構成は図6(B)に示した。

(A) 開通試験時の構成



(B) 異機種パケット端末間試験

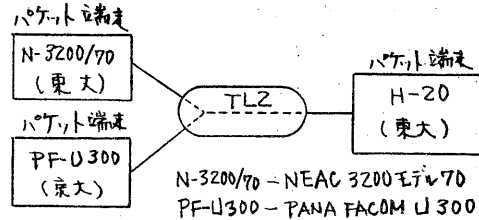


図6 接続実験システム構成図

表2 開通試験確認項目

確認レベル	TL2	確認項目
レベル2	SBY系 (模擬系であり テスト用シミュラ を用いている)	リンクの確立/解放
		エラーの送受信
		誤り回復処理
		送信抑圧,再開手順
レベル3	ACT系 (運用系であり シミュラは ない)	DTパケットの送受信
		送信抑圧,到着信拒否
		パケットの再送処理
		リ-カルルDTの受信処理
		多重リンクの設定/解放

NEAC 3200 モデル 70 および PANA FACOM-U300との試験経過を表3に示す。実験項目は呼設定,呼解放のパケット衝突を除いては、開通試験のものと基本的に同じである。試験中2,3の問題は発生しているが、これらはみな各パケット端末の内部処理に起因するもので異機種パケット端末間通信による問題は発生しなかった。各実験項目はTL2折り返しによる開通試験で確認済であった為、一部の異常処理(リセット処理,CRパケット再送処理)の特殊な例を除いては、円滑に実験を完了することができた。

3.3 運用試験

運用試験においては、NLPをTIPの1機能として組み込んで、他のソフトウェアモジュールとの適合性について検証した。

本実験は、TIPに接続されたTSS端末およびRJE入力装置からTL2を介して、東京大学、京都大学各大型計算機センターを直接利用する形態で実施された。この実験結果よりNLPとその上位プロトコルサポートプログラムであるNCP、NVTユーザ、RJEユーザのインタフェース上の問題点は発生していない。NLPを除いたTIPの他のプログラムはTL1当時のものを使用していることから、TL1サポートソフトウェアからNLPへの移行による影響はない事が確認できた。

3.4 まとめ

開通試験で実施したTL2折り返し方式は呼設定時、相手加入者番号を自加入者番号に置き換える変更だけで自端末に擬似的に相手パケット端末を設定可能とするものである。

実験結果より、異機種パケット端末間試験の実験項目は、一部を除きTL2折り返しによる開通試験で確認可能である事が示された。従って開通試験終了後はアプリケーションも含めた運用レベルの試験に直接進んでも支障ない事が確認された。

実証実験第2期から第3期にかけて、TL1サポートソフトウェアからNLPへの移行を実施した。このとき移行に関しての問題は運用試験を通じて特に発生しなかった。これはNLPを他のTIPのプログラムと完全に分離した独立なプログラム構造としたことによる。以上、一連の接続実験を通じてNLPに適用したプログラム構造は今後パケット交換網に加入するパケット端末に対する1つの有効な方式であると考えられる。

4. 性能測定

4.1 網品質測定

N-1ネットワークとして、パケット交換網(TL2)の利用上、TL2のパケット転送に与える影響を測定した。パケット端末側から見た効率測定を呼設定、呼解放、網内遅延に関して、日本電信電話公社と共同で実施した。

表3 異機種パケット端末間試験項目

チャネル数	相手パケット端末	確認項目
単一	N-3200/70 PF-U300	呼設定/呼解放
	N-3200/70	発着呼衝突 呼解放衝突
	N-3200/70 PF-U300	データパケット送受信
	N-3200/70	送信折返、リセト処理 データパケット再送処理 耐スラスト(注1)
複数	..	多重リンクの設定/解放 データパケット送受信中の呼設定/呼解放

注1) データパケットをある一定時間連続で送受信するテスト

(1) 測定条件

測定は図6(A)に示すシステム構成により、TL2の負荷条件(パケット/秒)を変化させて、無負荷、150、250、350、400パケット/秒の負荷条件で実施した。NLPに対する要求および処理終了受け付けは特に用意した網品質測定ツールにより行った。呼設定時、相手加入者番号を自加入者番号に変更することにより、TL2折り返しで測定された。網内遅延時間はデータ長を各々5、30、70、130、250バイトについて測定した。

(2) 測定項目

- a) 呼設定時間 — T1 (図7(A)参照)
呼設定要求パケットを送信してから呼設定応答パケットを受信するまでの時間
- b) 呼解放時間 — T2 (図7(B)参照)
呼解放要求パケットを送信してから呼解放確認パケットを受信するまでの時間
- c) 網内遅延時間 — T3 (図7(C)参照)
データ転送パケットを送信してから折り返しそのパケットを受信するまでの時間

(3) 測定結果

表3に、TL2に負荷条件に従って測定した結果の例を示す。表3は端末側で測定された値であり、交換網の遅延以外にNLPの処理オーバーヘッド、回線に送出する時間等が含まれている。すなわちパケット端末としての測定結果の1例である。

表3よりT L2の負荷条件は呼設定/呼解放時間にはほとんど影響を与えていないと思われる。網内遅延がデータ長が長くなるにつれて増加傾向にあるのは、回線に送出する時間がデータに比例し増加することによる。

4.2 X.25オーバーヘッド

NLPとT L2との間のパケット送受信時の一つの性能評価の基準として、1パケット当りの送信、受信時の平均処理時間を除いて、1パケット毎に応答が返されるシーケンスの場合には、送信処理=11msec、受信処理=10msec程度である。

4.3 まとめ

網品質測定で得た結果は他社によるパケット端末において、測定されている値とした場合、回線速度、各端末の処理オーバーヘッド、交換機からの距離条件が異なるが、測定値を補正し評価を行なった結果(6)、特に本システムのパフォーマンスに差異は認められなかった。

5. おわりに

開発したX.25インタフェースサポートソフトウェア(NLP)はN-Iネットワークのプロトコル体系に基づいたT L Pシステムの中で実現する為、他のプロトコルサポートプログラムと明確に分離された構造をとった。さらにNLPの中をX.25の各レベル区分と対応した3つのモジュールとそれらを互いに結合する制御モジュールから構成することにより、他の回線種別の使用を可能とし、また各レベルの仕様変更に対しては柔軟性を持たせた。上記の方式を採用した為に変更実験第2期から第3期にかけてのパケット交換網の移行(T L1→T L2)に対しても従来のT L1サポートソフトウェアをNLPに置きかえただけでT L P内のプログラムは殆んど変更する事なく対応できた。パケット端末として、今後パケット交換網に加入する多くのシステムは今回扱ったT L Pと同じくアプリケーションを含んだ形態である。これからのシステムにおいて開発されるX.25インタフェースサポートソフトウェアとアプリケーションプログラムのインタフェースを設ける上で、T L PのNLPプログラム構造は1つの標準形として

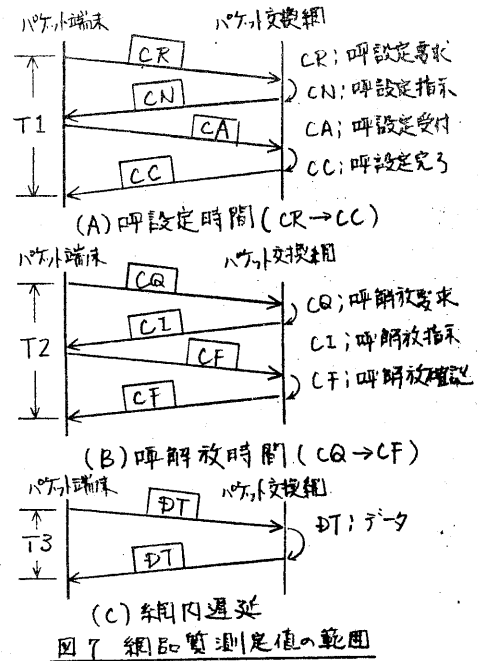


表3 網品質測定結果

測定項目	負荷	無負荷	150PK/sec	250PK/sec	350PK/sec	400PK/sec
呼設定時間 (CR→CC)	(msec)	35	36	37	39	42
呼解放時間 (CQ→CF)	(msec)	28	33	31	36	37
網内遅延	データ長 5バイト	18	18	18	/	/
	データ長 30バイト	20	21	26	/	/
	データ長 70バイト	40	41	37	/	/
	データ長 100バイト	60	60	59	/	/
	データ長 ≥500バイト	100	100	100	/	/

参考となるものであると考える。

X.25は国際標準として規定されたものであり、それに準拠したパケット交換網の実用性も一連の実証実験により確認された。今後パケット交換網においては、多くのパケット端末を加入させるべくその加入条件となる開通試験を実施する事が考えられる。パケット交換網は既存網と異なり、フレームレベル、パケットレベル等の論理的な試験を行なう必要性から、その試験方法が網普及の為の一つの大きな要素になると考えられる。従ってパケット交換網としては、パケット端末ユーザが加入する際のプロトコルスタ機能

を具備して、ユーザのX. 25サポートソフトを一切変更する事なく試験を実施できる形態が望ましい。プロトコルテストを使用する場合、審査基準に基づいた機能を確認する事は前提であるが、その範囲内で端末側の要求によってデバッグ効率を上げる為に任意のデータ発生、送受信等の指定を容易に変更可能となる機能が必要であると考えらる。

今後は、DL2の実証実験を通じて得たパケット交換網の利用技術を基に商用網サービス用の運用システムに反映させていく予定である。

最後に、本プロジェクト委員長東京大学猪瀬博教授及び副委員長京都大学坂井利之教授の御指導、併せて日本電信電話公社武蔵野電気通信研究所加藤統祐氏の御指導に感謝いたします。また日頃御指導御協力いただきました上記関係各位、東京大学・京都大学大型計算機センター、日本電信電話公社武蔵野電気通信研究所ならびに、日本電気株式会社、富士通株式会社、株式会社日立製作所の関係各位に感謝いたします。

参考文献

- 1) 浅野：大学間の実験的コンピュータネットワーク (N-1ネットワーク) 情報処理 Vol. 20 No. 4
- 2) 安永, 浅野, 北川, 田畑：N-1ネットワークにおける運用実験, 情処学会, コンピュータネットワーク研究会資料 15-3 (1978.5)
- 3) 安永：N-1ネットワークにおけるTIPシステム (I), 東京大学大型計算機センターニュース Vol. 11, No. 3, 1979
- 4) 浅野, 田畑, 平田：N-1プロジェクトにおけるTIPシステムの開発, 情処学会, コンピュータネットワーク 13-1 (1979.11)
- 5) 浅野, 安永, 北川, 田畑, 大友, 吉江, 藤田：パケット交換網における端末接続試験 — 大学間コンピュータネットワークの接続 — 情処学会, コンピュータネットワーク 16-2 (1978.7)
- 6) 藤田, 金重, 鎌倉, 三木：パケット交換網の遅延時間について 信学会交換研究会資料, SE 79-37