

解説

3. 下位層のサービスとプロトコル



3.4 ネットワーク層†

飯倉 正 夫**

1. 概 要

ネットワーク層は OSI 参照モデルの下から3番目の層に位置し、すぐ下のデータリンク層を利用して、最終的には最上位層のアプリケーション層相互間が通信を行うために、すぐ上のトランスポート層との間での制御情報のやりとりを通じてネットワーク接続の確立、解放等の機能を司るものである。これの標準化は、「ネットワーク層/トランスポート層境界面でのサービス定義」（以下「ネットワークサービス*」）という、「直接または交換網等を介して通信するネットワーク層相互間のプロトコル仕様」（以下「ネットワークプロトコル」という）の2つの分野に区分され 図-1 にネットワークサービス、ネットワークプロトコルと他層との関係を示す。

前者については、コネクション型(CO)ネットワークサービス及びコネクションレス型(CL)ネットワーク

サービスと呼ばれている2種類のネットワークサービスの定義の標準化が進行中である。後者については、CCITT の1984年版 X.25の成立、あるいはCO及びCLのサブネットワーク*が混在する複雑なデータ通信網構成が想定されるようになったことから、X.25 DTE 標準、CL ネットワークプロトコル等を始めとする各種ネットワークプロトコルのさまざまな組み合わせにより OSI ネットワークサービスを実現するための標準化が開始されている。

その他に、OSI/非 OSI、CO/CL の各種サブネットワークを相互接続する場合の中継・ルーティング機能及びプロトコルを含めたモデル化を論じた「ネット

* OSI 関連標準における「ネットワークサービス」という用語は 公衆通信事業者等が実際のネットワーク等により提供している通信サービスと混同しないように注意する必要がある。このような実際のネットワーク等により提供されるネットワーク層の機能を抽象化したものは「サブネットワーク」と呼ばれ、一般的には OSI ネットワーク層機能の一部を構成しているに過ぎない。

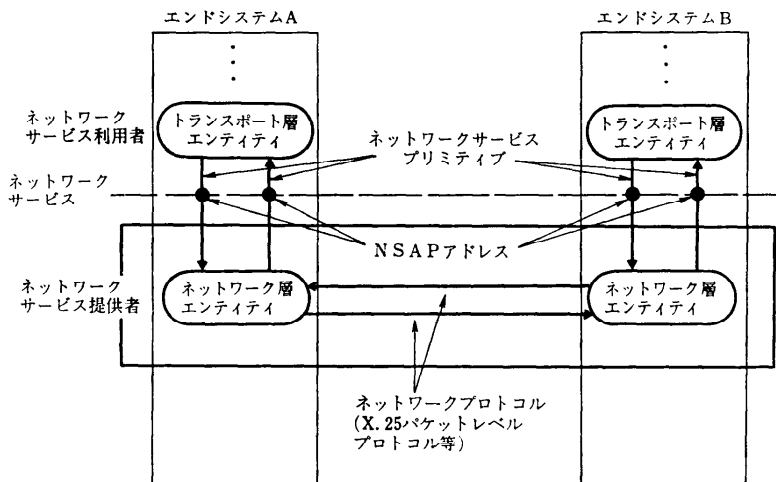


図-1 ネットワークサービス、プロトコルと他層との関係

† Network Layer by Masao IKURA (Packet Switching Group, Engineering Bureau, N. T. T.).
 ** 日本電信電話公社技術局パケット交換担当

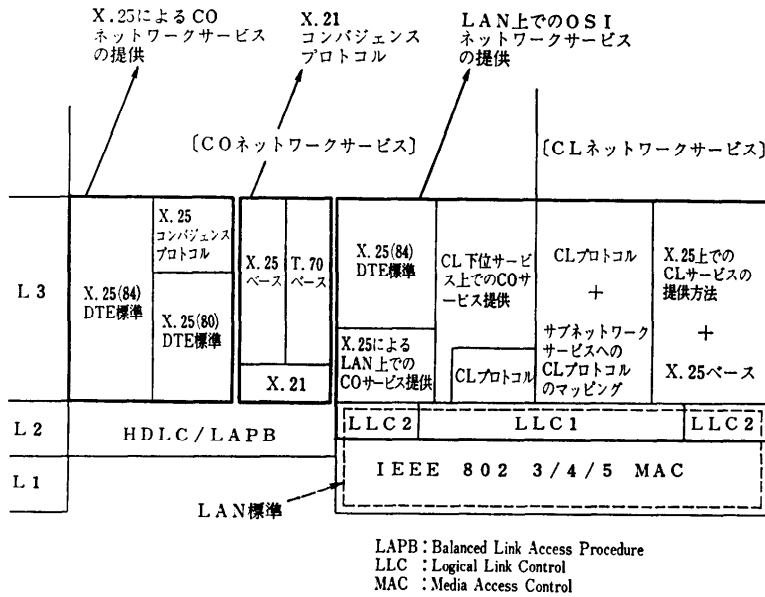


図-2 標準化項目相互間の関係

ワーク層の内部構造」という興味深い標準化項目があるが、これを上記2つの分野のいずれの区分とするかは定まっていない。図-2に各標準化項目相互間の関係を示す^{1), 2)}。

2. ネットワークサービス定義

標準化内容は、図-1に示したようなモデルにおいて、ネットワーク層/トランスポート層境界面で発生する事象（ネットワークサービスプリミティブ）やこれに伴い転送されるパラメータの種類、この結果生じるネットワーク層の動作を定義しようとするものである。これを標準化することにより、データ通信システムを利用する実際のネットワークの適用技術や構成、プロトコルが多様化しても、トランスポート層側でネットワーク内のルーティングや中継装置の選択を意識しないで済むようにし、システム設計を容易にすることを目的としている。ただし、本標準はあくまで概念的なものであり、コンピュータシステムにおける実際の製造方法は設計者に委ねられている。

ネットワークサービス定義における当初の主要な検討対象は従来からのネットワークが持つ機能である接続・切断の概念を有するCOネットワークサービスに関するものであったが、その後OAシステム等で

脚光を浴びるようになったLAN等を対象とし、このような接続・切断の概念のないCLネットワークサービス関連の標準化項目が追加された。

(1) CO ネットワークサービス定義

CO ネットワークサービスがトランスポート層に提供する機能としては以下のような項目がある。

(a) 通信相手とのネットワーク接続 (NC: Network Connection) の設定 (N-CONNECT 要求/指示 / 応答/確認)

(b) サービス品質 (QOS: Quality of Service) の設定、確認

(c) データ (正確には NSDU: Network Service Data Unit) または優先 NSDU のシーケンシャルな転送 (N-DATA 要求/指示及び N-EXPEDITED-DATA 要求/指示)

(d) NSDU または優先 NSDU のフロー制御

(e) 通信相手と同期のとれた NC 解放 (N-DISCONNECT 要求/指示)

(f) データ受信の確認 (N-DATA-ACKNOWLEDGE 要求/指示)

(g) リセット (N-RESET 要求/指示/応答/確認)

ここでいうサービス品質 (QOS: Quality of Service) とは、ネットワーク接続に際してエンドポイント

表-1 QOS パラメータの種類
(CO ネットワークサービス用)

フェーズ	性能基準	
	速度	正確性/信頼性
NC 確立	NC 確立遅延	NC 確立障害率 (誤接続及び NC 拒絶)
データ転送	スループット 中継遅延	見逃し誤り率 (改変, 重複/ 紛失) 転送障害率
NC 解放	NC 解放遅延	NC 解放障害率
性能に関連しない項目		
NC 保護 NC 優先 最大許容コスト		

表-2 CL ネットワークサービスプリミティブ及びパラメータ一覧

プリミティブ	パラメータ
N-UNITDATA 要求 及び N-UNITDATA 指示	NS 起呼アドレス NS 被呼アドレス NS サービス品質 (注) NS 利用者データ

注) 中継遅延, 不正アクセス防止, 許容コスト等

(センタ, 端末等) 相互間で観測あるいは指定可能なネットワーク接続特性や性能のことをいい, 表-1 に示すような QOS パラメータがある。

本標準案は現在 DIS 段階であり, 国際規格 (IS) 化直前まできているが, これに対応する CCITT の X.213 「ネットワークサービス定義」との技術的な食い違いのあることが明らかとなったため, ISO と CCITT の規定内容の技術的相違点について詳細な比較表を作成したうえで, 両者の合同臨時会議を開催することとなり, 足踏み状態となっている。

(2) CL ネットワークサービス定義

コネクションレス型 (CL) 伝送とは, 古くは「メッセージモード」, 「データグラム」, 「トランザクションモード」または「コネクションフリー」と呼ばれていたものの総称である。CL 伝送は起呼/保留/解放といった呼の概念を適用せずに 1 転送単位のデータ (PDU: プロトコルデータユニット) ごとを自律的に転送する方式であり, CO 伝送を補完するものである。本規定はそのうちのネットワーク層/トランスポート層境界に関するものであり, 特定の利用形態においては CO ネットワークサービスに比べてネットワーク層機能が簡略化できるというメリットがある。

表-2 は CL ネットワークサービスで定義されてい

るプリミティブ及びパラメータを示すものであるが, これによりネットワーク層機能が大幅に簡略化し得ることが推察できよう。その反面, ネットワーク接続関連のプリミティブを省略していることから, データ紛失対策, 中継遅延監視等の機能が CO ネットワークサービスに比べて不足しており, サービス品質関連機能の充実または上位層での監視機能の必要性の有無, 送信元からのルーティング指定の実現等の観点から, 上位層機能との独立性実現の可能性について疑問視する向きもある。このため, 本項目は現在の DP 状態から DIS への進展が間近いとされているが, 国際標準成立までにはまだ紆余曲折も予想される。

(3) ネットワーク層アドレッシング

トランスポート層とネットワーク層との間で転送されるネットワーク接続のためのアドレス情報を NSAP (Network Service Access Point) アドレスという。

OSI 参照モデルにおいては利用可能な実際のネットワークの多様化及び相互接続構成の複雑化に対処するために任意の NSAP から他の任意の NSAP を識別したり, トランスポート層とネットワーク層との間で全アドレス情報を転送できるような汎用のアドレッシング体系の必要性が認識されたため, ネットワークサービス定義標準化の一環としての国際標準化作業が進展している。

本標準は図-1 のなかで示している NSAP アドレスの「抽象的な」形式及び内容* を定義するもので, CO ネットワークサービスにおいては N-CONNECT プリミティブ内の「起呼アドレス」, 「被呼アドレス」及び「応答アドレス」として, CL ネットワークサービスにおいては N-UNITDATA プリミティブ内の「送信元アドレス」及び「宛先アドレス」に相当する。

本標準案によると, NSAP アドレスは図-3 に示すように, ISO または CCITT で規定済みのアドレス体系または番号計画の種別表示及びその内容を示すイニシャルドメイン部 (IDP: Initial Domain Part) 及び IDP に乗せ切れなかった残部の NSAP 情報を所定の規則により乗せるためのドメイン指定部 (DSP: Domain Specification Part) の 2 つの部分からなり,

* ここでいう「抽象的」という表現は, アドレス符号の送出順序, 使用符号の種類等, NSAP アドレスの個々のネットワーク層プロトコルに対応する具体的なコーディング方法は規定せず, ネットワーク層の各種プロトコルでの規定に委ねられているということの意味している。

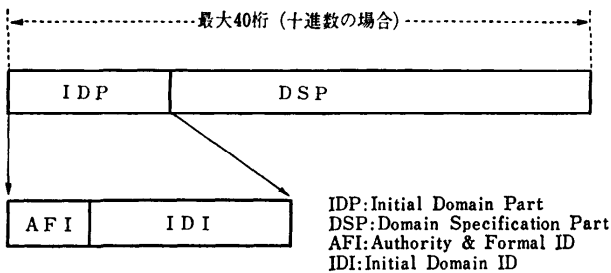


図-3 NSAP アドレスの構造

両者合わせて最大 40 桁 (十進数の場合) と定めている。

3. ネットワーク層プロトコル

ネットワーク層プロトコルの標準化の目的は、図-1 に示したような相互に通信する 2 つのネットワーク層 エンティティ相互間でのプロトコルを規定することである。また、ネットワークサービス定義で規定されているプリミティブやパラメータと現実のプロトコルにおけるフォーマット及びフィールドとの対応付け (マッピング) を明らかにすることにより、各種装置内のネットワーク層機能の設計を容易化することができるが、このようなマッピング作業も ISO/TC 97 でネットワーク層の担当している SC 6/WG 2 ではプロトコル標準化作業に分類している。

以下に標準化作業が比較的進んでいる項目を挙げてあるが、その他にも図-2 で示したように、LAN と X. 25 プロトコル、CL サブネットワーク上での CO ネットワークサービス (または CO サブネットワーク上での CL ネットワークサービス) の提供方法等、さまざまなプロトコルの組み合わせ例が検討されている。

3.1 CO ネットワークプロトコル

(1) DTE 用 X. 25 パケットレベルプロトコル
CCITT 勧告 X. 25 (パケットレベル) に合致する DTE の手順及びフォーマットを規定するものである。単独で CO ネットワークサービス定義を満たす唯一のプロトコルであることから、図-1 に示したようにネットワーク層の各種アーキテクチャにおいて中心的な役割を果たしており、公衆パケット交換網のみならず、DTE 相互間を私設パケット交換網、専用線または回線交換網により接続する場合への適用方法も含まれている。

かなり内容の煮詰まってきた標準化項目であり、現在の DIS 段階から IS 成立直前である。

(2) CO ネットワークサービスと X. 25 プロトコ

ルとのマッピング

図-1 において、あるシステムが 1984 年版 X. 25 パケット交換ネットワーク上で OSI の CO ネットワークサービスをサポートしようとする場合の CO ネットワークサービスのプリミティブ及びパラメータと、X. 25 プロトコルの機能要素等との間のマッピングを規定することにより、システム設計の指針を与えるものである。

併せて本標準内で、現在主流となっている 1980 年版 X. 25 のサブネットワークまたはシステムを 1984 年版 X. 25 を基本とする OSI 参照モデル内に組み込む場合についても規定している。

1980 年版 X. 25 と CO ネットワークサービスをマッピングさせると前者には拡張アドレス等、パケットヘッダ内に収め切れないものがあるため、所定の規則でユーザデータフィールドに乗せる等の措置が必要となる。このような一連の付加プロトコルの規定は X. 25 コンバジェンスプロトコルと呼ばれている。

本標準案はまだワーキングドラフト (WD: Working Draft) 段階ではあるが、現実即した有用性から早期に検討が進むものと考えられる。

表-3 にこの標準案で規定されているパケットタイプやパケットレベルヘッダ内のフィールドと、CO ネットワークサービスのプリミティブ及びパラメータとのマッピング結果を示す。

(3) X. 21 コンバジェンスプロトコル

個々のネットワーク接続を X. 21 発呼手順により行うことを前提とする X. 21 サブネットワークプロトコルと組み合わせる OSI ネットワークサービスを実現するためのプロトコルを規定するものである。このプロトコルとして X. 25 プロトコルをベースとする案と T. 70²⁾ をベースとする案の双方について標準化の検討が進められている。

3.2 CL ネットワークプロトコル

前述の CO ネットワークプロトコルは主として通信速度の限定された地上長距離ネットワークの利用を想定したものである。これをかなり高速であるが通信距離が限定されている LAN や、高速・長距離で特定ユーザによる閉域性の強い衛星回線網に対して適用使用とすると、このプロトコルに内在するネットワーク接続制御、順序制御等がこれらネットワーク接続構成の複雑化に伴い必要となる LAN 間や LAN と衛星回線との間の相互接続装置の高速化の要求条件と相容

表-3 CO ネットワークサービスと X.25 プロトコルとのマッピング

CO ネットワークサービス		X.25 パケットレベルプロトコル ⁴⁾		
N C 設定 フェーズ	プリミティブ	N-CONNECT 要求 N-CONNECT 指示 N-CONNECT 応答 N-CONNECT 確認	パケット 発呼要求パケット 着呼パケット 着呼受付パケット 接続完了パケット	
	パラメータ	被呼アドレス	フィールド等	被呼 DTE アドレスフィールド 起呼 DTE アドレスフィールド
		起呼アドレス		被呼 DTE アドレスフィールド 起呼 DTE アドレスフィールド
		応答アドレス		被呼 DTE アドレスフィールド 被呼 DTE アドレス拡張ファシリティ
		受信確認指定		ゼネラルフォーマット識別子
		優先転送指定		優先データネゴシエーションファシリティ
		QOS パラメータ設定		スループットクラスネゴシエーションファシリティ 最小スループットクラスネゴシエーションファシリティ 遅延選択・通知ファシリティ エンドツーエンド遅延ネゴシエーションファシリティ
NS 利用者データ	起呼及び被呼ユーザデータフィールド ファーストセレクトファシリティ			
N C 解放 フェーズ	プリミティブ	N-DISCONNECT 要求 N-DISCONNECT 指示	パケット 復旧要求パケット 切断指示パケット リスタート指示パケット 復旧要求パケット	
	パラメータ	起動元及び理由	切断原因/診断符号フィールド	
		NS 利用者データ	クリアユーザデータフィールド	
データ 転送 フェーズ	プリミティブ	N-DATA 要求 N-DATA 指示	パケット データパケット	
	パラメータ	NS 利用者データ	ユーザデータフィールド, Mビット	
		送達確認要求	Dビット	
(以下省略)				

固定部	⇒ プロトコル/フィールド長 ID, ライフタイム, チェック等
アドレス部	⇒ 宛先/送信アドレス長, 宛先/送信元アドレス
セグメンテーション部	⇒ データユニット ID, セグメントオフセット, 合計長
オプション部	⇒ 送信元ルート指定, ルート記録他
データフィールド	

図-4 PDU の構造

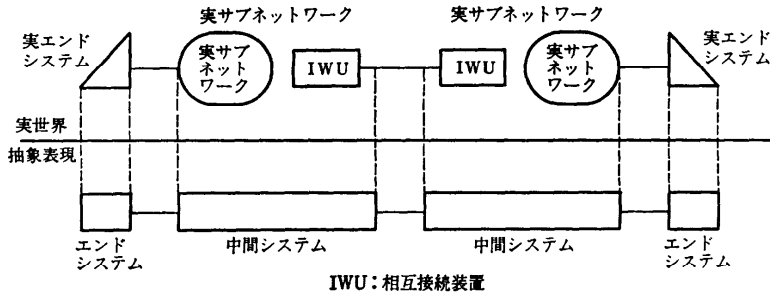
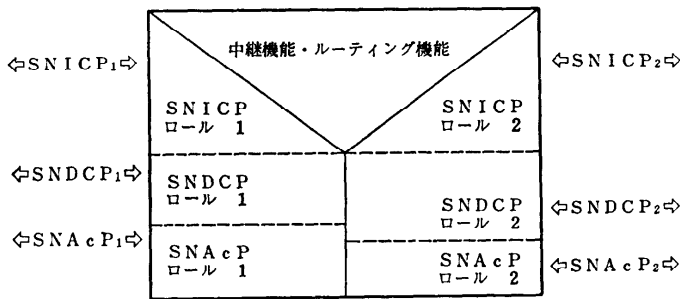


図-5 各実サブネットワークとその相互接続装置を一体化した中間システムとみなした場合の表現



- 注1) 中継機能とはこの中間システムの両側に接続されているネットワークレイヤ機能相互間での情報転送を行うものである。また、ルーティング機能は情報が移動するパスを決定するためのものであり、これに伴うアドレスやサービス品質パラメータ、ローカル状態情報等のパラメータ翻訳に関与するものである。なお、個々のサブネットワークにも中継・ルーティング機能が内蔵されている場合もあるが、これらは SNAcP (Subnetwork Access Point) プロトコルに属するものである。
- 注2) SNICP (Subnetwork Independent Convergence Protocol) ロールは SNAcP ロールにより特徴付けられるサブネットワークの特徴を意識せずに中継・ルーティング機能関連を除く OSI ネットワークサービスを直接提供できる機能である。
- 注3) SND CP (Subnetwork Dependent Convergence Protocol) ロールは SNAcP ロールにより特徴付けられるサブネットワークを上記 SNICP ロールと接合させるためのものである。
- 注4) SNAcP ロールは相互接続の対象となっているサブネットワークレイヤ機能そのものである。
- 注5) 「ロール (Role)」は OSI 参照モデルにおけるレイヤ機能に相当するが、各レイヤ内でのサブレイヤ化は認められていないため本標準において新たに導入しようとしている用語である。

図-6 中間システムの内部構造

れない側面がでてくる。このような背景から生まれたのが CL ネットワークプロトコルである。

CL サブネットワーク同士を相互接続装置で接続する場合を一般的なモデルとし、PDU は図-4 のような構成としている。なお、オプション部で運べるパラメータとして「送信元ルート指定」、「ルート記録」、「サービス品質維持」が含まれており、ネットワーク接続の概念のない CL ネットワークサービスの特徴を表している⁴⁾。

本標準案は現在 DIS 段階にあり、まだ若干の修正

要求があるが、IS 化までにそう時間はかからないと思われる。

4. ネットワーク層の内部構造

本標準は、サブネットワークとエンドシステムとの間あるいはサブネットワーク相互間の接続に際し、サブネットワークプロトコル及び中継・ルーティング機能の上乗せにより OSI ネットワークサービスを実現する方法を掲げて、OSI ネットワークサービスを完全サポートするようなサブネットワークの設計を促進す

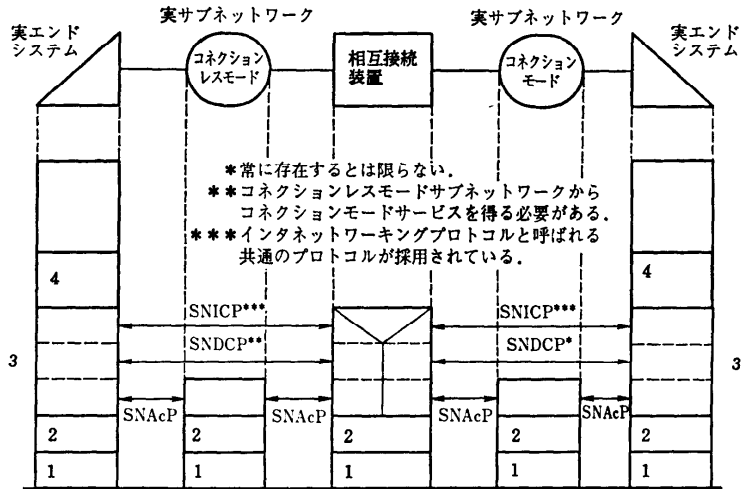


図-7 CL サブネットワーク及び CO サブネットワーク上でインタネットワーキングプロトコルを利用した CO ネットワークサービスの提供

る一方で、OSI 環境下において、非 OSI サブネットワークをも収容できるようにすることを狙ったものである。

本標準においては、ネットワーク、相互接続装置、エンドシステム等の実世界の対象物の相互接続を想定しているが、これをネットワーク層の内部構造という抽象化表現によるモデル化を行うと、図-5に示すような相互接続を介在しているシステムはサブネットワークを含めてすべて「中間システム」という表現になる。

なお、「エンドシステム」は公衆データ通信網においては、「DTE」に相当する。

中間システムの内部構造は、一般的には図-6に示すように、3つのプロトコル機能（ロール）2組と、この2組の間を取り持つ中継・ルーティング機能の組み合わせで表現される。

前述の X.25 コンパジェンスプロトコルや X.21 コンパジェンスプロトコルは SNDCP に対応している。また、図-6の片側が OSI ネットワークサービス定義を満たすプロトコルであれば、その側だけは単一のプロトコルとなり、さらに両側とも OSI ネットワークサービス定義を満たしていれば、中継・ルーティング機能を示す三角形のエリアもなくなる。

相互接続の内部構造は、以下の項目に沿って多様なパターンに分かれる。

- 一 独立形の相互接続装置の有無

- 一 COサブネットワーク/CLサブネットワークの組み合わせ
- 一 トランスポート層に対して CO/CL のいずれのサービスを提供するか
- 一 非 OSI ネットワークが含まれているか否か
- 一 相互接続用のプロトコルとして、接続点ごとに異なる SNICP を使用方法とネットワーク層内の上層部で共通の SNICP を使用方法のいずれによるか

ここでは、これらパターンの一例を図-7で紹介するにとどめておく。

5. おわりに

1984年版 X.25 の成立、CO ネットワークと CL ネットワークとの混在モデル、あるいは LAN と広域網との接続、さらにこれらの多段接続といった網構成の複雑化が進めば進むほど、データ通信システムの構築に際して「利用する実ネットワークを意識しないで済む」ようにするためのネットワーク層における OSI 実現の要望が高まってきた。このため、必然的にネットワーク層を司る ISO TC 97/SC 6/WG 2 の標準化作業の量が急速に増大している。

このような背景から、アドレッシング、中継・ルーティングといった、いわばネットワーク層の基本機能においてさえ、ここ数年は、他レイヤとの調整が必要な事項も出てきており、対象項目を再整理すべき時期

表-4 ネットワーク層における国際標準化進捗状況及び今後の予定 (昭和60年2月現在)

文書番号	登録番号	標準化項目	58年度	59年度	60年度	61年度	62年度
N3132	DIS 8208	DTE 用 X.25 パケットレベルプロトコル	DIS	IS			
N3458	DIS 8348	CO ネットワークサービス定義	DP/DIS	DIS 2	IS		
N3152	DIS 8348 DAD 1	CL ネットワークサービス定義	DP	DIS	IS		
N3457	DP 8648	ネットワークレイヤの内部構造		DP 2	DIS		
N3154	DIS 8473	CL ネットワークプロトコル仕様	DP	DIS	IS		
N3150改	未登録	X.21 コンパジュンスプロトコル		WD			
N3444	DIS 8348 DAD 2	ネットワーク層アドレッシング		DP	DIS	IS	
N3453	未登録	利用可能なサブネットワークサービスへの DIS 8473 のマッピング		WD	DP	DIS	IS
N3438	未登録	X.25 による CO ネットワークサービスの提供		WD	DP	DIS	IS
N3440	未登録	CL サブネットワークサービス上での CO ネットワークサービスの提供		WD	DP	DIS	IS
N3439	未登録	X.25 による LAN 上での CO ネットワークサービスの提供		WD	DP	DIS	IS
N3452	未登録	X.25 による CL ネットワークサービスの提供		WD	DP	DIS	IS
N3462	未登録	LAN 上でのネットワークサービスの提供		WD	DP	DIS	IS
N3436	未登録	X.25 試験/コンフォーマンス		WD			

注 1) N番号は ISO TC97/SC6 限りの文書番号

注 2) WD: Working Draft DP: Draft Proposal DIS: Draft International Standard
IS: International Standard DAD: Draft Addendum

にきているとの感がある。例えば以下のような項目が挙げられる。

① ネットワーク層でのディレクトリ*/ルーティング機能の取扱い

② X.25 DTE 試験・コンフォーマンスにおけるデータリンク層部分の取扱い

③ LAN 上での OSI ネットワークサービス提供におけるトランスポートプロトコル/クラス4のネットワークレイヤプロトコルへの準用の取扱い

また、同様の事情から以下のような項目について CCITT と歩調を合わせることも一層重要になりつつある。

① CO ネットワークサービス定義と CCITT SGVII X.213 「ネットワークサービス定義」との関係

② CO ネットワークサービスと CCITT SGXVIII Q.931 「ISDN インタフェース」との関係

③ ネットワークレイヤの内部構造と CCITT SGVII 「網間接続」及び「OSI 参照モデルのレイヤ 1~4」

* NSAP アドレスからサブネットワークのアドレスへの変換機能。

との関係

④ ネットワークレイヤアドレッシングと CCITT SGVII 「網間接続」, 「OSI 参照モデルのレイヤ 1~4」及び SGXVIII 「ISDN 番号計画及びアドレッシング原則」との関係

等が挙げられる。特に①項のネットワークサービス定義については、ISO と CCITT で技術的内容等が異なっていることが指摘されており、早急な対応が迫られている。さらに各国内での ISO グループと CCITT グループとの意見交換を行うことも求められている。

また、複数のサブネットワークまたはプロトコルの組み合わせによる OSI ネットワークサービス実現に際して、CCITT 勧告の仕様を特化させるケースも考えられ、その取り扱いについても CCITT との調整が必要となろう。具体例として以下のものが挙げられる。

① X.21 上で X.25 や T.70 をベースとした CO ネットワークサービスの提供

② LAN 上での X.25 プロトコルをベースとした

CL ネットワークサービスの提供
が挙げられる。

参 考 文 献

- 1) ネットワーク層関連 ISO 規格(案)及びその進捗
状況については表-4 参照。
- 2) CCITT 勧告類
 - ① X.21, Interface between Data Terminal
Equipment (DTE) and Data Circuit-terminating
Equipment (DCE) for Synchronous Operation
on Public Data Networks.
 - ② X.25, Interface between Data Terminal
Equipment (DTE) and Data Circuit-terminating

Equipment (DCE) for Terminals Operating in
the Packet-mode and connected to Public Data
Network by Dedicated Circuit.

- ③ X.213, Network Layer Service Definition
of Open Systems Interconnection for CCITT
Applications.
 - ④ T.70, Network independent basic trans-
port service for the Telematic services.
- 3) コンピュータ・コミュニケーション・ネットワー
クの推奨通信方式 (昭和 59 年郵政省告示)
 - 4) Callon, R.: Internetwork Protocol, Proceed-
ings of the IEEE, Vol. 71, No. 12(Dec. 1983).
(昭和 59 年 12 月 10 日受付)