

解説

3. ネットワーク技術



3.2 ローカルエリアネットワークの技術†

塚本 享 治†

1. ま え が き

通信機能を有する装置類を限定された狭い地域の中で相互接続するネットワークを LAN (Local Area Network) と呼ぶ。通信機能を有する装置とは、計算機、端末、周辺装置、FA 機器などであり、狭い地域とは、会社、工場、学校などの単一組織が所有し管理する構内を意味する。

LAN は方式が多様であり技術革新も激しいため、定量的な定義はあまり意味がないが、適用距離は数 10m から数 10km、伝送速度は数 10Kbps から数 10Mbps が一応の目安となる。この点で、LAN は計算機バスと広域ネットワーク (WAN) の中間に位置づけられる (LAN と WAN の中間にさらに MAN (Metropolitan Area Network) を位置づけることもある)。

これらは通信媒体と接続される装置の仕様および運用管理の独立性の点で異なっている¹⁾。LAN は、通信媒体と接続される装置が独立して製造されるにもかかわらず、一体として運用管理することが可能である。そのため、接続された装置に影響を与えることなく、段階的にシステムを拡張することができる。

通信媒体と接続される装置とを独立に製造できるようにするには、両者のインタフェースの仕様を標準化する必要がある。この標準化は、IEEE, IEC, ANSI, ISO などで行われているが²⁾、その範囲はいずれも開放型システム間相互接続 (OSI) の第 1 層と第 2 層に限られている³⁾。しかしながら、LAN を用いたシステムの構築経験が蓄積し、OSI の製造化の検討も進んで、第 3 層以上に関するコンセンサスができてきた。そこで、本稿では LAN を下位 2 層に限定せず、OSI 全層にわたって LAN に関する

さまざまな技術を相互に比較し、その間の関連について概説する。なお、本稿は、TCP/UDP/IP または OSI に関する一応の知識^{2),3)} を有する読者を対象としている。

2. LAN の位置づけ

2.1 歴史的な経緯

LAN のルーツは 1960 年代から 1970 年代に開発された計測制御用データハイウェイであるといわれているが、接続する装置と一体として考えることが多かったため、IEC で標準化 (PROWAY/A, PROWAY/B) が行われてきたにもかかわらず、今日の LAN に直接つながるものにはなっていない。今日の LAN の直接のルーツは、1970 年代後半に開発された Ethernet⁴⁾ である。これをもとに IEEE 802 委員会 で標準化が開始され、その結果は ISO に提案されて OSI の下位 2 層に位置づけられている。

Ethernet によって第 3 層以上の研究開発が大きな進展をとげた。第 1 の進展は ARPANET によって開発され米国国防総省 (DoD) で採用されたプロトコル TCP/UDP/IP^{20),21)} の LAN への適用である。これはその後、形式を変えて ISO に提案され、コネクションレス型インターネット³¹⁾、コネクション型トランスポートクラス 4^{32),33)}、コネクションレス型トランスポート³⁴⁾ として OSI 標準となっている。第 2 の進展は Xerox 社で開発された XNS (Xerox Network System)⁴⁾ である。XNS は DoD と類似のプロトコル上に遠隔操作を行うクーリエを実現し、これで応用サービスを実現するという斬新な構成をとっている。この方式は OSI の応用層の基本的な枠組として広く採用され始めている。

2.2 LAN のプロトコル実装体系

LAN に関連するプロトコルの実装体系としては、先に述べた歴史的経緯から DoD の体系 (図-1-(a)) と XNS の体系 (図-1-(b)) を忘れることができない

† The Anatomy of Local Area Networks by Michiharu TSUKAMOTO (Electrotechnical Laboratory).

†† 電子技術総合研究所

↑ 上位層 ↓ 中位層 ↑ 中位層 ↓ 低位層	応用	XNS レベル4 応用	応用 ISO CASE ACSE	応用 ISO CASE ACSE	応用 ISO CASE ACSE/ROS/RTS
	DoD TCP/UDP	XNS レベル3 クーリエ****	ISO プレゼンテー ション
	DoD IP	XNS レベル2	ISOセッション 全二重カーネル	ISO セッション 全二重カーネル	ISO セッション 応用依存
	各種	XNS レベル1	ISO ネットワーク コネクションレス	ISO ネットワーク コネクションレス	ISO ネットワーク コネクションレス
		XNS レベル0 Ethernet X.25 etc	ISO 8802/2 タイプ1*	ISO 8802/2 タイプ1	ISO 8802/2 タイプ1
			ISO 8802/4 ブロードバンド*	ISO 8802/3 CSMA/CD*	ISO 8802/4 ブロードバンド*
	(a) DoD	(b) XNS	(c) MAP2.2	(d) TOP1.0	(e) INTAP-LAN

図-1 各種 LAN のプロトコル実装体系 (*は拡張が予定されている)

最近、米国で LAN のプロトコル実装体系として 広く注目を集めているものに、MAP (Manufacturing Automation Protocol), 図-1-(c)^{12),23)} と TOP (Technical and Office Protocol), 図-1-(d)²⁴⁾がある。これらは下位2層が異なるだけであり、第3層以上は同じ構成をとり、OSI 標準を全面的に採用している。

一方、LAN だけでなく WAN を含む OSI の実装体系としては、欧州における SPAG (Standards Promotion & Application Group) の GUS (Guide to the Use of Standards) や我が国における INTAP (Interoperability Technology Association for Information Processing, Japan) の実装規約がある (図-1-(e)¹¹⁾。

これらの実装体系には次のような共通点がある。すなわち、応用システムを実現する上位層 (第7層~第5層) と通信を実現する下位層 (第4層~第1層) に分け、さらに下位層を伝送媒体に依存しない通信を実現する中位層 (第4層~第3層) と伝送媒体に依存する通信を行う低位層 (第2層~第1層) に分ける構成となっている (一般には、中位層、低位層という用語はない)。

3. LAN の低位層

LAN の性格は、トポロジ、伝送媒体、およびアクセス方式、によって定まる。

3.1 トポロジ

伝送路の形状はトポロジと呼ばれ、スター型、バス型、リング型、に分けられる。

(1) スター型

スター型では、中央の交換機を使って全局を接続する。交換機によって送信局と受信局の間に回線を設定し、1対1に通信するのが基本である。配線が一カ所に集中するため保守が簡単であるが、総線長は長くなる。交換機には信頼性が要求される。

(2) バス型

バス型では、直線状のバスに対して受動素子で構成される分岐器を用いて局を接続する。データは終端で自然に消滅する。各分岐器ではバス上を通過するデータを読み取るだけで、通過するデータに変更を加えない。複数の局が一つのバスを共有して伝送するには、どの局がいつ伝送を開始してよいか決めなければならない。この方法としては、従来は中央の制御局で調停する方法が一般的であったが、現在では3-3に述べるような各種の分散型の手法が開発されている。バスとの接続が受動的であるため、局の故障が他に影響しないという長所をもつが、減衰した受信信号が雑音に埋もれないように、バスの長さや局数に制約を設けたり、送受信の信号強度を調整する必要がある。

(3) リング型

リング型は、一方から受信したデータを他方に送信する中継器 (局は中継器に接続される) を次々と接続してループを構成したものである。バス型ではデータは終端で自然消滅するのに対し、リング型では取り除くまで巡回する。そのため、各中継器はリングを巡回するデータを受信、送信、中継するだけでなく、データを除去することが必要である。データの除去は、応

答確認を兼ねて(宛先の中継器で受信したことを通知するためにデータは書き換えられる)一巡したときに送信元の中継器で行われる。また、中継器の障害によってネットワークの動作が不能になるのを避けるために、リングを2重化して障害時にリングを再構成したり、予備に切り換えることも必要である。

3.2 伝送媒体

伝送媒体としては、撚対線、同軸ケーブル、光ファイバなどが主なものである。

(1) 撚対線

最も安価な伝送媒体であるが、遮蔽効果がないために雑音の影響を受けやすく、また高周波になるほど漏話が多いという欠点をもっている。そのため、オフィスなどの良好な環境において数 km 以下で1~2 Mbps までの伝送に使用される。

(2) 同軸ケーブル

数 Mbps~数 10 Mbps の伝送に使用される。同軸ケーブルの使い方には、伝送媒体の周波数帯域全部を用いて定電圧矩形波で伝送するベースバンド方式と周波数多重分割された搬送波で変調して伝送するブロードバンド方式の2種類がある。前者では、矩形波は双方向に伝播するが、高周波成分の減衰が大きく波形が乱れるために伝送距離は高々 1 km 程度となる。後者では、異なる周波数成分の信号強度を維持するために伝送路に増幅器が必要となり、伝送媒体を分岐したり伝送距離を数 10 km 程度まで延長することが可能であるが、単方向にしか伝播しないために、ケーブルを2重にしたり、送信と受信に別の周波数を用い周波数を交換するヘッドエンドを設けることが必要となる。

(3) 光ファイバ

電磁誘導雑音の影響を受けず、信頼性の高い、数 100 Mbps 以上の高速な伝送が可能である。受動型の分岐が困難なため、中継を基本としたリング型トポロジで使用されることが多い。

伝送媒体とトポロジを独立に選択するにはむずかしく、Stallings は選択の可能性を図-2のようにまとめている¹²⁾。光ファイバでも、スターカップラによるスター型、光分岐器によるバス型などが可能であり⁵⁾、

媒体	トポロジ	スター型	バス型	リング型
撚対線		○	○	○
ベースバンド同軸			○	○
ブロードバンド同軸			○	
光ファイバ				○

図-2 伝送媒体とトポロジの関係 (○は適するもの)¹³⁾

実際商品にもなっている。

3.3 媒体アクセス制御

複数の局が同じ伝送媒体を使うさいには、複数の局が同時に伝送媒体に信号を送り出ないように媒体へのアクセスを制御する必要がある。いろいろな制御方式が提案されているが、ここでは IEEE と ISO で標準化されている方式について述べる。

(1) CSMA/CD

伝送媒体が使用されていないのを検出した局はいつでも信号を送り出せる方式を CSMA (Carrier Sense Multiple Access) 方式と呼ぶ。複数の局が伝送媒体が空いていることを検出して同時に送出を開始する可能性がある。そこで、信号の送出と同時に伝送媒体を監視し、衝突が起きたのを検出するとただちに送出を止め、ジャム信号を送り出す。そのうち、しばらく待って同じ手順で送出を繰り返す。この方式を CSMA/CD 方式 (CSMA with Collision Detection)²⁶⁾ と呼ぶ。

CSMA/CD では送信要求の頻度が高くなると衝突の頻度が増して、スループットが低下する現象が生じる。これを避けるために、衝突のさいの再送開始までの待ち時間を長くする。このアルゴリズムはバックオフアルゴリズムと呼ばれ、Ethernet や IEEE 802.3 では再送回数を n としたとき、0 から $2n$ の間で一様に分布する乱数に比例した時間だけ待つようになっている。

(2) トークンバス

CSMA/CD では送信要求の頻度が高くなるとスループットが低下し、受信完了までの時間の上限が予測不可能になる。この欠点を改善する方法の一つがトークンパッシングと呼ばれる方式である。トークンと呼ばれる伝送媒体へのアクセス権を局間に巡回し、トークンを獲得した局だけに信号の送出が許される。

バス型トポロジの伝送媒体上でトークンパッシングを行う方式は、特にトークンバス方式²⁷⁾という。各局は先行する局と後続の局の番号を保持し、論理的なリングを形成する。各局は先行局からトークンを受けとり後続局へ渡す。送信要求がある局ではトークンを受けとった際、情報フレームを送り出し、その後、後続局へのトークン巡回を再開する。この方式では、次のような、論理リングに対する局の加入、削除、および初期化が行われる。

論理リングに加入を希望する局は後続局勧誘コマンドに回答することで行う。発行局と後続局の間のアド

レスをもつ加入希望局がこのコマンドを受けるとトークンを所有することなく発行局に後続局設定コマンドを戻す。発行局がこれを受けると論理リングに組み込み、複数の後続局設定コマンドを受けると衝突解決コマンドを発行してその解決を図る。

また、論理リングからの削除を希望する局は、トークンを所有すると先行局に後続局設定コマンドを発行する。先行局はこれを受けると発行局を削除し、その後続局に再設定する。

そのほか、初期状態やトークン消滅時には、各局が局のアドレスに依存した同じ競合調停アルゴリズムを同時に分散して実行し、論理リングの初期化、再構成、トークンの生成などが行われる。

(3) トークンリング

トークンバス方式が論理的にリングを構成しているのに対し、トークンリング方式²⁸⁾はフレームを中継する局を環状に接続して物理的なリングを構成する方式である。

フレーム中のトークンビットが0のときはトークンを意味し、送信要求のある局がこれを受けるとトークンビットを1にして、ただちに送信を開始する。フレームの宛先アドレスに一致する局では、フレームを受信バッファにコピーしつつ下流に中継し、最後にフレーム中の所定のビットを1にする。送信局は巡回して戻ってきたフレームの所定のビットによって受信を認知し、受信が完了すると下流にトークンを発行する。

優先度の高い送信要求に優先的にトークンを割り当てるために、優先度ビットと優先予約ビットが備えられている。フレームを中継している局は、中継中のフレームの優先予約より送信待機中のフレームの優先度の方が高い場合、優先予約ビットを書き直す。フレーム送信元にフレームが戻ると優先度ビットと優先予約ビットをつかって定めた優先度のトークンを下流に発行する。

この方式では、トークンの消滅、フレームの永久巡回の検出と回復などの機構が必要である。これらを特別な局で行うのではなく、全局にこの機能を用意し、ある時点では一つの局だけが実働し、他の局は待機する。待機中の局は実働中の局の動作を監視し、異常を検出すると実働状態になることを立候補する。複数の局が立候補すると、最大アドレスの局が実働状態になる。

(4) その他の方式

以上の3方式のほかに、レジスタ挿入法¹⁾、Cambridge リング⁴⁾で開発され標準化されようとしているスロットリング²⁹⁾、我が国の光ファイバを使ったLAN で使用されている TDMA⁵⁾などがある。

(5) 各方式の比較¹³⁾

3方式の性能比較を 図-2 に示す。ここでは、パケット長の長短と送信要求のある局数の多少に応じて4種類に分け、媒体長 2 km の場合のデータ伝送速度による実効速度の変化をプロットしている。この結果から次のことが読みとれる。①負荷が重くなると、トークンリングとトークンバスに比べて、CSMA/CD は急激に実効速度が遅くなる。②負荷が軽くなると、トークンリングと CSMA/CD は同程度の実効速度を示すが、トークンバスはトークン巡回に時間を要するために実効速度が遅くなる。③パケット長が短くなると、CSMA/CD は衝突の頻度が増加して実効速度が遅くなる。

負荷の軽重とパケットの長短に対してトークンリングが最も安定した性能を示しているといえる。

3.4 論理リンク制御

媒体アクセス制御はさまざまに異なっているが、その上位にあって媒体アクセス制御に依存しない形で、LSAP (Logical Link Service Access Point) と呼ぶ論理的なポート間で PDU (Protocol Data Unit) の送受を実現するものが論理リンク制御²⁵⁾である。

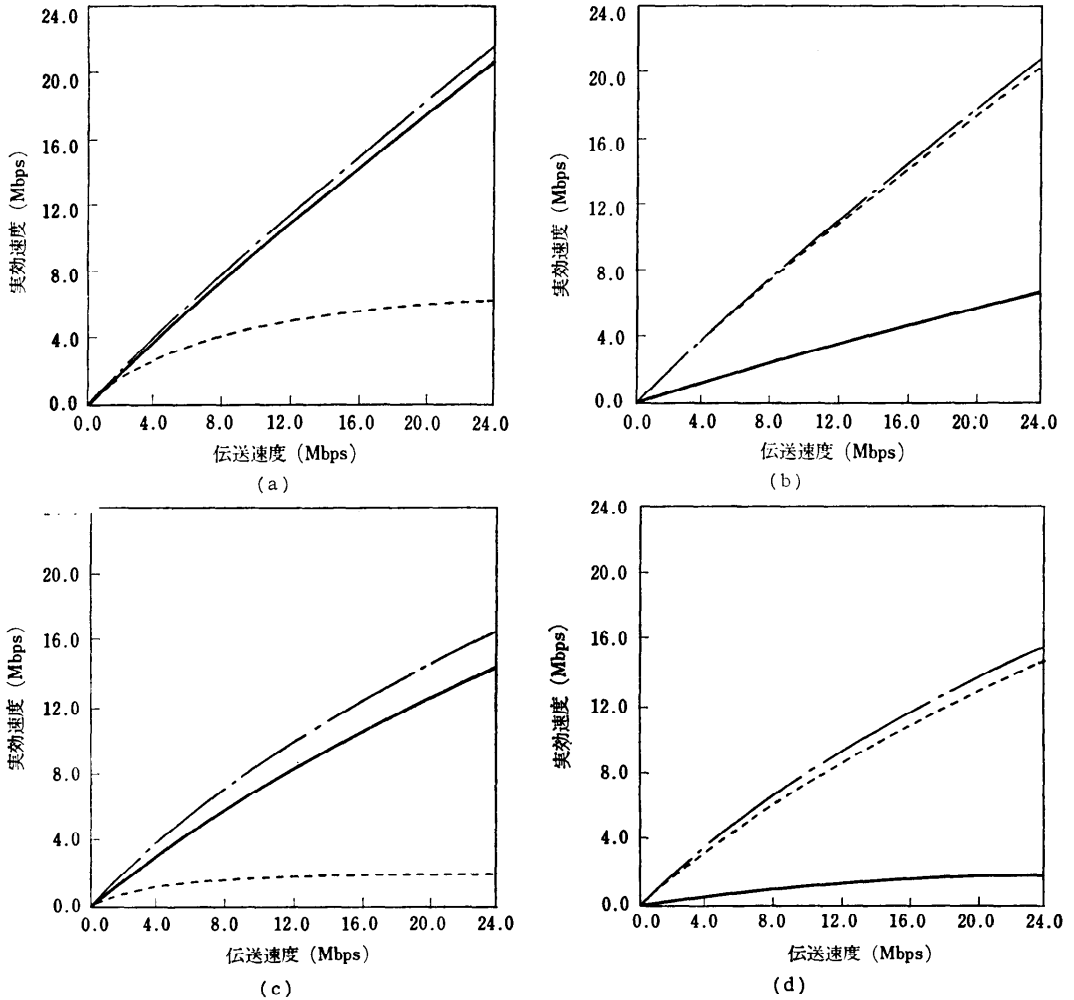
これは、HDLC の非同期平衡モードをベースにしている。PDU には、送信元を通知するために発信元アドレスが追加され、フレーム開始・終了およびエラー検出のフィールドは媒体アクセス制御を行うために削除されている。

上位には次の3種類のサービスを提供する。

①タイプ1: LSAP 間にコネクションを設定しないで PDU を送信する。相手の LSAP として、グループや全体を指定して同報することが可能である。

②タイプ2: LSAP 間に1対1にコネクションを設定して、順序制御、フロー制御、再送制御を行わずに PDU を送信する。

③タイプ3³⁰⁾: タイプ1と同様にコネクションを設定しないで PDU を送信する。タイプ1では論理リンク制御レベルでフレームの送達を発信局に通知する機能をもたないために上位の層でこれを行う必要があるが、タイプ3では正常な送達に対して送達確認を返すことができるのでこれを上位の層で行う必要がない。さらに、再送や、宛先局の LSAP に登録されている



図番	パケット長	接続局数	要求局数
(a)	2000	100	100
(b)	2000	100	1
(c)	500	100	100
(d)	500	100	1

片方向伝送遅延 : 10 μsec
 プリアンプル : 96 ビット/パケット
 フレーム間ギャップ : 9.6 μsec
 インタフェース遅延 : 4.0 μsec
 トークンリング遅延 : 1 ビット/局
 CSMA/CD ジャム : 48 ビット

トークンリング : - · - · -
 トークンバス : ————
 CSMA/CD : ········

図-3 媒体アクセス制御方式の性能比較¹³⁾

PDU を取り出したり、LSAP 間で PDU を交換する機能も追加されている。これによって、みずからは送受信の要求を出さず、他局の要求に回答するだけのサーバ局を設けることが可能となる。送信を要求する局が減らせるので、実効速度が向上する (図-3)。

このうち、タイプ1は実装が義務づけられている。Ethernet は製品化の時期が早かったため、機能的にはタイプ1に近いがわずかに異なっている⁴⁾。

LAN を特徴づける機能の一つに同報通信があるが、これはタイプ1の場合に限られる。

4. LAN の中位層

LAN の中位層に関しては、従来から DoD の TCP/UDP/IP が広く使われており、OSI の適用の仕方もこれに準じている。

4.1 インタネットサービス

複数の LAN や WAN (それぞれはサブネットワーク) を接続した場合にネットワークの構成を意識させないようにするのがネットワーク層である。サブネットワークの接続方法には、サブネットワーク同士を個別に接続し様々なサービスを提供する方法と共通なサービスを提供する方法がある。後者はインタネット方式と呼ばれ、同種のサービスを提供するサブネットワークの接続が簡単になるという特長がある。LAN では多くの場合、論理リンク制御でタイプ1が実現されるため、タイプ1に対応するコネクションレス型サービスを実現するコネクションレス型インタネット方式が採用される。DoD と OSI のコネクションレス型インタネットプロトコルは、それぞれ、IP(Internet Protocol)²⁰⁾と CLNP(Connectionless-Mode Network Protocol)²¹⁾と呼ばれている。両者のヘッダは酷似しており、機能もほぼ等価である。

アドレスは互いに一意に識別するためのものであり、IP の場合はサブネットワーク番号とホスト番号、CLNP の場合はアドレス形式を表すドメイン指定部とドメイン固有部 (=組織番号+サブネットワーク番号+LSAP アドレス+NSAP セレクタ) からなる。ヘッダには発信元アドレスと宛先アドレスが入っており、発信元アドレスは宛先における発信元の認識やエラーの通知先として使用し、宛先アドレスは途中での経路選択に使用する。

長いパケットを送れないサブネットワークを経由するときのために、パケットを分割して送信し宛先で組み立てる機能がある。

中継装置においては、次の経路の決定に宛先アドレスを使用するが、発信元で途中経路を指定することも可能である。経路の指定や中継の仕方が悪かったり、エラーが発生した際にパケットがネットワーク内に永久に滞在するのを防ぐためにパケットに生存時間を設け、中継のたびに減らして0になったときにパケットを消滅させる。

発信元と宛先が同一サブネットワーク上にある場合、CLNP ではインアクティブサブセットと呼ばれるサブセットを使用することができる。このサブセット (ヘッダは1オクテットの0) ではインタネットの機能は空となるので、性能の向上を図ることができる。

4.2 トランスポートサービス

トランスポート層には二つのサービスがある。

(1) コネクションレス型トランスポートサービス
1度の転送量が少量で、しかも稀にしか発生しないトランザクション型のサービス (たとえば、名前や時計のサービス) を行うのにコネクションを確立し解放するのは効率が悪い。このような応用のために、インタネットサービスをそのままトランスポートサービスに写像したものがコネクションレス型トランスポートサービスである。DoD の体系では UDP (User Datagram Protocol)²²⁾、OSI の体系では CLTP (Connectionless-Mode Transport Protocol)²³⁾ がこれを実現する。

(2) コネクション型トランスポートサービス
ネットワーク層でコネクションレス型のインタネットプロトコルを使用すると、発信元から宛先へのパケットの送達が保証されない。そこで、送受信を行う両者の間にコネクションと呼ぶ回路の概念を導入する。コネクションで接続された端点の間で信頼性の高いデータ転送を行うものが、コネクション型トランスポートサービスである。DoD の体系では TCP (Transmission Control Protocol)、ISO の体系では COTP 4 (Connection Oriented Transport Protocol Class 4) がこれを実現する。両者は多くの類似点をもっているが微妙な点で異なっている。

①パケットの形式

相違点: TCP は基本的には固定形式であるのに対し、COTP 4 は要求ごとに異なる形式をとる。

②コネクション

コネクションの両端点をソケット [TSAP] と呼ぶ (以下、[] 内は COTP 4)。

相違点: TCP では、発呼側ソケットと着呼側ソケットの間にコネクションを確立し、ソケットによってコネクションを識別する。COTP 4 では、発呼側 TSAP と応答側 TSAP (着呼側 TSAP と異なってよい) の間にコネクションを確立し、両側で独立に与えた参照番号でコネクションを識別する。

③コネクションの確立

両者とも1往復半の3ウェイハンドシェイクによってコネクションを確立する (COTP 4 では1往復後に確認/データが送達したときをもってコネクション確立とする)。

相違点: COTP 4 ではサービスの詳細が折衝で決められる。

④コネクションの解放

コネクションが解放されても、分流の可能性と

COTP 4 の解放要求の優先度の高さのために、コネクション切断後にパケットが到着する可能性がある。そこで、コネクション参照番号は解放後しばらく使用を凍結する。

相違点：TCP ではコネクションの両端点からのコネクション解放要求を交換したときにコネクションを解放するのに対し、COTP 4 ではどちらか一方がコネクション解放要求を発行した時点でただちにコネクションを解放する。未転送データがあるときに上位からコネクション解放要求を受けたとき、TCP では未転送データが転送されるが、COTP 4 では失われる。OSI では、コネクション解放時に未転送データを確実に転送するのはセッション層の機能である。

⑥通常データ転送

転送するデータが長いときには、送信側で分割して送信し受信側で組み立てる。

相違点：上位からのデータ転送要求に対する処理の仕方が異なる。TCP ではストリーミックであり送信が上位から要求されるか送信データが一度に送信可能な大量に達したときに転送されるが、COTP 4 ではブロック的であり上位からの転送要求のたびに転送する。

⑥再送制御とフロー制御

データパケットの送信の際には送信番号を付け、送達確認では送信通番、確認通番、およびウィンドウ [クレジット] 値を戻す。送達確認によって、確認通番の直前までのデータパケットが送達され、ウィンドウ [クレジット] 値だけのデータパケットがまだ送信可能なことが分かる。

相違点：ウィンドウ [クレジット] 値を 0 にしたときの処理が異なる。TCP ではウィンドウ値 = 0 を受けた側が要求時に定期的に相手にウィンドウ値をポーリングして聞くのに対し、COTP 4 ではクレジット値 = 0 を送信した側がクレジット値が変化したことを通知する。また、いったん許可したクレジット値を自由に増減できる。

⑦優先データ転送

通常データに優先する緊急データを転送することができる。

相違点：TCP では受信側で通常のデータ転送と同じウィンドウを使用するために、ウィンドウの許す範囲で次々に優先データを転送できるが、ウィンドウがない場合は優先データも転送できない。COTP 4 では優先データ転送にはウィンドウを使用しないために、ウィンドウに関係なく転送できるが、優先データの量

に 16 オクテットかつ応答を待たなければ次の転送ができないという制約が課せられる。

5. LAN の上位層

上位層は応用に依存すると考えられている。DoD の体系では TCP/UDP の上位は応用層であること、OSI の各種実装規約は応用ごとに定められていることなどはこれの表れである。

5.1 上位層の構成

LAN の応用には、ファイル転送、電子メール、仮想端末などの WAN に共通する標準的サービスのほか、FA 機器の接続、プリンタ、ディスク、ファイルなどの資源共有、計算機間での負荷分散など WAN にはない特有なものがある。WAN と共通なサービスは相互接続のために WAN と同じ規約を採用し、LAN に固有な応用システムの実現は利用者に任せることにしてシステムとしてはそのさいに必要な遠隔手続き呼び出しやネットワーク管理などの基本サービスを準備することが多い。

基本サービス実現にあたって上位の各層で必要となる最低限のサービスは MAP/TOP によれば次のものである。

(1) セッションサービス

COTP 4 ではコネクション解放時に未転送データが失われる。これを避けるにはセッションサービスが不可欠である。最も小さなセッションサービスはコネクションの確立・解放とデータ転送を行う全二重のカーネル機能である。上位の層からコネクション確立要求を受けると要求を着呼側に送信し、これに対する応答を受信するとコネクションを確立する。また、コネクション正常解放要求を受けると要求を相手側に送信して応答を受信する。このうち、トランスポートコネクションを解放する。このハンドシェイクの際にトランスポート層の通常データ転送機能を使用するため、未転送データが失われることはなくなる。セッションコネクション解放時にトランスポートコネクションを保持して再利用する機能は、LAN では高速な通信が可能のため採用されない。これにより、優先データ転送とストリーム機能を除いて TCP とほぼ同じ機能となる。

(2) プレゼンテーションサービス

現在のところ空であるが、将来はコネクションの確立・解放と全二重データ転送機能が実現されることになっている。

(3) 共通応用サービス

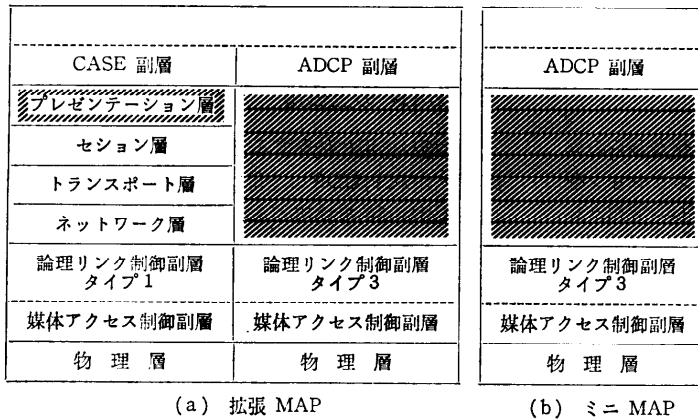


図-4 拡張 MAP とミニ MAP (斜線は空)¹⁶⁾

応用層に共通して必要となるサービスの集合は CASE (Common Application Service Element)^{37), 38)} と呼ばれる。その中から、選択した下位層のサービスに対応するアソシエーション (応用層でのコネクション) の確立・解放機能とデータ転送機能だけが実現される。下位層のカーネル機能とは、アソシエーション確立要求時に発呼側と着呼側の指定に名前が使用可能になる点が異なっている。名前からアドレスを得るには、5.3 で述べるネットワーク管理機能の一つであるディレクトリサービスが使用される。

以上は OSI に準拠する場合の構成であるが、性能を重視する FA などの分野では OSI の 7 層構成に疑問をもつ向きが強い。FA を対象とした MAP では、7 層構成に変わる 3 層構成のミニ MAP と 7 層構成と 3 層構成を接続するゲートウェイである拡張 MAP (EPA: Enhanced Performance Architecture) が検討されている (図-4)。ミニ MAP では、論理リンク制御に、再送制御、フロー制御、送達確認を行うタイプ 3 を採用してネットワーク層からプレゼンテーション層までを空にし、応用層に应用依存コンバーゼンスプロトコル (ADCP) を設けることによって 7 層構成と 3 層構成とに共通なサービスを実現する¹⁶⁾。

5.2 遠隔手続き呼び出しサービス

応用システムの実現を利用者に任せるには、プログラミング言語と親和性が良いことが大切である。通常のプログラミング言語ではサブルーチンとして機能を実現し、手続き呼び出しでそれを利用する。この手続き呼び出しを遠隔の局間でも行えるように拡張したものが遠隔手続き呼び出し (RPC) であり、遠隔操作サービス (ROS) ともいう。XNS では RPC を実現するクーリエを上位層の基盤に置き、これを用いて各種の

応用サービスを実現している。また、最近では MHS⁷⁾、分散データベース⁹⁾、ネットワーク管理⁸⁾などの規約でもこの方式に従っている。

RPC を要求する側をクライアント、要求を処理する側をサーバと呼ぶ。クライアントとサーバの間にアソシエーションを確立して、RPC を行い、最後にコネクションを解放するようになっている。RPC は次のように動作する。

クライアントは、手続き番号、

手続き引数、呼び出し識別子をパラメータとして、起動要求をサーバに送信し応答が戻のを待つ。一方、サーバは受信した起動要求を解析しエラーが見つければ拒絶応答を戻す。エラーがなければ手続きを実行して、手続きが正しく終了すれば結果応答を戻し、処理中にエラーがあればエラー応答を戻す³⁹⁾。

これは最も原始的な形態であり、さまざまな拡張がなされている。

(1) インタフェースの表現

サーバの提供する手続きのインタフェースをデータ型として宣言する。これにより、起動要求の実引数と手続きの仮引数の型の検査が機械的に行えるようになる。

(2) 形式の変換

クライアントとサーバの内部でさまざまな形式 (配列、レコード、ポインタなど) をしている引数と結果を転送するには、送信側で符号化し受信側で復号化する必要がある。この形式変換と手続きの起動および終了処理を行うものはスタブ¹⁸⁾と呼ばれる。形式変換のプログラムをデータ型の定義に含める方法¹⁷⁾、データ表現記述言語で書かれた記述を機械的に処理してスタブを作成する方法¹⁸⁾などが提案されている。

(3) 制御構造の拡張

単純な RPC では、クライアントはサーバに起動要求を送信すると応答を受信するまで待つ。これでは、同時に複数のサーバに起動要求が送信できないし、クライアントからサーバへも起動要求が出せない。これらは、要求送信後に応答を受信するまで待つのを止め、要求と応答との対応を呼び出し識別子で行うことで解決できるが、クライアントとサーバの関係は手続き呼び出しではなくなるため制御構造が複雑となる。

サーバとクライアントが役割を交代することにより、サーバからクライアントに起動要求が出せるようにする方法¹⁹⁾や、一つのクライアントから複数のサーバに同じ引数で同時に要求を送信して結果を得る方法が提案されている。

(4) 高信頼化

RPC に 2 相コミットメントなどの高信頼化機能をもたせたものはトランザクションと呼ばれ、分散データベースなどで以前から使用されてきた。最近では OSI のトランザクション処理プロトコル¹⁰⁾などのように、一般的に装備すべき機能になってきている。

5.3 ネットワーク管理サービス

LAN では、装置の増設・変更や応用システムの改版、機密保護、課金、診断などのいわゆる運用管理は LAN を所有する組織に任されている。そのため、運用管理を支援するツールは LAN には不可欠なものであり、システムが大規模になるほど重要になる。このツールの提供する機能はネットワーク管理と呼ばれ構成管理、性能管理、障害管理、機密管理、会計管理などの機能に分けられる。IEEE、ISO、CCITT などで標準化が行われている⁹⁾。ここでは話題を LAN に固有な問題に絞る。

(1) 管理ドメイン

LAN はそれを所有する組織によって管理されるため、運用管理の範囲(管理ドメイン)を LAN に限ることが多い。

(2) 構成管理

ネットワークに接続されたハードウェアやソフトウェアなどの資源の属性や相互関係などの管理、システム始動時の初期設定などを行って、利用者がそれらの詳細を知ることなく利用できるようにする。LAN では、資源の加入、離脱、改版が頻繁であるため特に重要である。

構成管理の機能の一つに、資源に論理名を付け、論理名で資源の位置や属性が取り出せるようにするディレクトリサービスがある。LAN は高速であるため、ディレクトリサーバをすべての局にもつ必要はない。

(3) 性能管理

資源の動作状態を監視し、応答時間やエラーの増加を検出して、管理者に適切な助言を行う。CSMA/CD における衝突頻度は LAN の構成変更役に立ち、トークンバスやトークンリングにおけるトークン脱落頻度などは、欠陥ケーブルや雑音源の検出に役立つ。また、再送回数やコネクション数はスループットやボ

トルネックの改善に役立つ。

(4) 障害管理

資源の動作状態を監視して障害を検出し、その原因の追及を支援する。MAP では最低限度のトランスポート層と応用層のループバックテストを実現している。

(5) 機密管理

LAN は組織内で使用されることが多いため、機密管理を行わないことが多いが、人事ファイルや特殊装置などは機密管理が必要である。WAN と接続する場合には、外部からの侵入を防ぐために特に厳重な機密管理が必要である。

(6) 会計管理

会計管理も LAN では行われなことが多いが、資源の維持費や WAN 使用料を利用者に負担させる場合には LAN でも必要である。

コネクションレス型インターネット方式で LAN と WAN とを接続する場合、接続装置ではコネクションの特定が困難であるため、接続装置で機密管理や会計管理を行うのはむずかしい。応用システムごとに個別に管理したり、トランスポート層以上で WAN と接続する接続装置において一括して行う方法などが考えられる。

6. む す び

従来、LAN に関する解説は下位 2 層に限定することが多かった。ところが、LAN に対する OSI 標準の適用が急速に進んでいるため、本稿では LAN の技術を OSI 全層にわたって述べた。そのため、筆者の独断に陥っているところがあるのではないかと恐れている。

今後の LAN の課題としては、①伝送媒体としては可能な音声や映像などの扱い方、②MAC ブリッジの仕様の確定、③論理リンク制御で実現されている同報通信のネットワーク層以上でのサポートとその利用方法、④トランスポート層まで実現されているコネクションレス型サービスの上位層でのサポート、⑤OS やプログラム言語への統合、などがあげられる。

参 考 文 献

- 1) 斎藤：ローカルエリアネットワーク概説，情報処理，Vol. 23，No. 12 (1982)。
- 2) 大特集：ネットワークアーキテクチャ（開放型システム間相互接続）の標準化動向，情報処理，Vol. 26，No. 4 (1985)。
- 3) 浅野：いろいろなプロトコルを整理する(2)，

- コンピュータ & ネットワーク LAN, Vol. 3, No. 11 (1985).
- 4) 上谷編：ローカルエリアネットワーク：イーサネット概説，丸善（1985）.
 - 5) 光産業技術振興協会：光 LAN に関する調査研究（1986）.
 - 6) 中村他：LAN の標準化動向，情報処理，Vol. 28, No. 4 (1987).
 - 7) 春田：文書構造と文書交換の標準化動向，情報処理，Vol. 28, No. 4 (1987).
 - 8) 小林：ネットワーク管理の標準化動向，情報処理，Vol. 28, No. 4 (1987).
 - 9) 穂鷹：分散データベースの標準化動向，情報処理，Vol. 28, No. 4 (1987).
 - 10) 佐藤：会話処理の標準化動向，情報処理，Vol. 28, No. 4 (1987).
 - 11) 河岡他：OSI 実装仕様の動向，情報処理，Vol. 28, No. 4 (1987).
 - 12) 塚本：MAP の現状とその動向，計測と制御，Vol. 25, No. 9 (1986).
 - 13) Stallings, W.: Local Network, ACM Computing Surveys, Vol. 16, No. 1 (1984).
 - 14) Banerjee et al.: The Cambridge Ring, LNCS, Vol. 184, Springer (1984).
 - 15) Stuckm, R. W.: Calculating the Maximum Mean Data Rate in Local Area Networks, COMPUTER, Vol. 16, No. 5 (1983).
 - 16) Crowder, R. S.: Enhanced Performance and MAP: Part I & Part II, MAP/TOP Interface, Vol. 2, No. 3 & No. 4 (1986).
 - 17) Herlihy, M. et al.: A Value Transmission method for Abstract Data Types, ACM Trans. on Prog. Lang. Syst., Vol. 4, No. 4 (1982).
 - 18) Gibbons, P. H.: A Stub Generator for Multilanguage RPC in Heterogeneous Environments, IEEE Trans. on SE, Vol. SE-13, No. 1 (1987).
 - 19) Sun Microsystems: Remote Procedure Call Protocol Specification, Networking on the Sun Workstation (1986).
- [規格]
- 20) MIL-STD-1777: Internet Protocol, DDN Protocol Handbook, Vol. 1 (1985).
 - 21) MIL-STD-1778: Transmission Control Protocol, DDN Protocol Handbook, Vol. 1 (1985).
 - 22) Postel, J.: User Datagram Protocol, DDN Protocol Handbook, Vol. 2 (1985).
 - 23) General Motors: Manufacturing Automation Protocol—A Communication Network Protocol for Open Systems Interconnection—Version 2.2 (1986).
 - 24) Boeing: Technical and Office Protocol Specification—Version 1.0 (1985).
 - 25) ANSI/IEEE 802.2: Logical Link Control.
 - 26) ANSI/IEEE 802.3: Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection.
 - 27) ANSI/IEEE 802.4: Token-Passing Bus Access Method.
 - 28) ANSI/IEEE 802.5: Token-Passing Ring Access Method.
 - 29) ISO/DIS 8802/7: Slotted Ring Access Method and Physical Layer Specification.
 - 30) ISO/TC 97/SC 6/N 4203: Logical Link Control Acknowledged Connectionless Service.
 - 31) ISO/DIS 8473: Connectionless-Mode Network Protocol Specification/Service Definition.
 - 32) ISO/IS 8072: Transport Service Definition.
 - 33) ISO/IS 8073: Connection Oriented Transport Protocol Specification.
 - 34) ISO/DIS 8672: Protocol for Providing the Connectionless-Mode Transport Service.
 - 35) ISO/IS 8326: Connection-Mode Session Service Definition.
 - 36) ISO/IS 8327: Connection-Mode Session Protocol Specification.
 - 37) ISO/DIS 8649/2: Service Definition for Common Application Service Element—Part 2: Association Control.
 - 38) ISO/DIS 8650/2: Protocol Specification for Common Application Service Element—Part 2: Association Control.
 - 39) ISO/DP 9072: Message Oriented Text Interchange Systems—Remote Operation Service.
- (昭和 62 年 3 月 5 日受付)