実践ネットワーク

—ネットワークをひく—

齊藤 明紀[†]

1. ま え が き

ネットワーク構築費のかかなりの部分は人件費である。電灯線や電話線などとは異なり、LAN ケーブルの敷設には工事士の資格は不要である。利用者自らが敷設を行うことで、経費を節減することができる。また、稟議や入札で時間を浪費することなく、必要な時にすぐさまネットワーク工事が行えるという利点もある。ここでは、室内あるいはフロア内程度の範囲の LAN 工事について説明する。

2. ネットワーク敷設の注意点

ネットワークの敷設で重要なことは、ネットワーク構築ルールを守ることである。

まず第1に、10 Base 2 Ethernet などといったそれぞれのデータリンクネットワークは、それぞれ構築のための規格が定められている。必ず、規格の範囲内で敷設しなければならない。また、ネットワークの規定が想定していない機能を提供する機器(例えば、無線リピータ)独自の規定もある。

第2に守らねばならないのは、組織毎に定められたネットワーク構築ルールである。

例えば、「機器追加は事前に文書での届出を要する」など。組織によっては、数万円の工事費を惜しんでネットワーク全体が停止するという危険性を冒すことを避けるため、すべての工事を指定業者への外注に限る、すなわち素人工事は一切禁止としているところもある。

ネットワーク管理者の一番の悪夢は、エンドユーザが勝手に(不正に)ネットワークを拡張して、その後始末が自分の上に降ってくることである。特に問題なのは、新規に行った工事を原因とする障害が、ネットワークの他の場所に現れることである。この場合、作業を行った本人はトラブル発生に気づかない。また、不正な拡張がすぐには悪影響を与えず、後日に、規則にしたがったネットワーク拡張なのにうまく動かないという症状を発生させることもある。

ネットワーク工事は、平日の昼に行い、工事後、数時間

は席を外さないことが望ましい。これは、障害の検出および復旧作業時間を確保するためである。筆者は以前、新規に接続された linux 機が不正な経路情報を学科内の LAN に送出することによる大規模な通信不能事故を体験した。それは金曜の夕方、問題に気づいた時には不正な接続を行った当人は機器を設置した部屋を施錠して帰宅したあとであった。読者諸氏は、このようなトラブルを引き起こさないように留意されたい。

3. ケ ー ブ ル

LAN 配線には、導線(銅線)と光ファイバが用いられる。普通の LAN ケーブルは塩化ビニールなどで被覆されている。建物の縦孔に配線する場合は、消防法の規定で難燃製の被覆材を用いたケーブルが必要になることがある。

3.1 導 線

導線は、同軸ケーブルかツイストペアケーブル(より対線)がよく用いられ、近距離の構内配線に用いる。本稿で取り上げるネットワークで用いられるツイストペアケーブルは、すべて UTP(Unshielded Twist Pair Cable: シールドなし撚り対線)である。2 対(4 芯)も用いられるが、多くの場合は 4 対(8 芯)ケーブルが使用される。

ケーブルの周波数特性は「カテゴリ」という分類呼称が用いられる。LAN では、カテゴリ 3, 4, 5 が用いられる。接続用のコネクタは RJ 45 という ISDN の宅内配線と同じ形の 8 極モジュラプラグである(図1)。

3.2 光ファイバケーブル

光ファイバは、落雷の危険がある建物間の配線や、長距離接続の際に用いられる。

LAN で用いられるファイバの種類は GI(グレーデッドインデックス)マルチモードファイバとシングルモードの 2 種類である。GI ファイバでは、芯径(光が通る部分の直

図1 RJ 45 プラグ

[†] 大阪大学 情報処理教育センター

“Introduction to Network Control Techniques; (3) Practical Network Techniques—Installing Network Cable—” by Akinori Saito (Education Center for Information Processing, Osaka University, Osaka)

図2 AUIポートと10 Base

図3 SCソケット

図4 RJ45ソケット(上左)とMICソケット(上右)とMICプラグ(下)

径)62.5 μm のものが応用範囲が広い。日本では50 μm のファイバが最も入手が容易であるが、継ぎ合わせ延長段数の制限などが厳しくなってしまう。

主に使われる光ファイバのコネクタは、ねじ式のFCやMA、ツイストロック(押し込んで45度ほど回す)のST、プッシュロック(カチッと音がするまで押し込む)のMIC、SC、などである(図2, 3, 4)。

MICはFDDIでだけ使われる。SCはATMで一般的なコネクタである。米国産のネットワーク機器ではよくSTが用いられてきたが、100 Mb/s超の最近の機器ではSCが増えてきたようである。MIC以外のケーブルは各芯毎にコネクタが付けられているため、TX(送信)とRX(受信)の逆接続が起こりやすい。注意が必要である。

光ファイバでの配線はホコリや汚れを嫌う。光ファイバの未使用のプラグ、機器の未使用の光ソケット、および、スプライシングボックス内の未使用のスプライサには保護キャップや保護プラグを必ず装着せねばならない。

3.3 ブリッジとリピータ

LAN(データリンクネットワーク)のサイズ(接続台数や地理的広がり)には制限がある。ケーブルの枝分れは一般に不可であるし、ケーブルの継ぎ足しは可能であるものの、合計長には制限がある。そこで、リピータ*やブリッジ*を用いるのだが、実際の商品名とデータリンクネット

ワークの設計上のブリッジ・リピータの区別は異なる。

リピータであるのは、Ethernetのリピータ、ハブ(hub, Shared hub)、FDDIのコンセントレータなどである。

一方、ラーニングブリッジ、バッファドリピータ、各種スイッチ等はブリッジに分類される。

4. ネットワーク設計

実際のネットワーク設計では、ブリッジは端末機器だとして設計ルールを適用する。ブリッジの利用個数には明確な限界はないが、上位のネットワークプロトコルが想定した遅延時間を超えなければよい。TCP/IPなら現実的には気になくてよい。

4.1 10 Base系イーサネット

同軸ケーブルを用いる10 base 5, 10 Base 2とUTPを用いる10 BaseT, 光ファイバを用いる10 BaseFがある。

ネットワーク機器とネットワークケーブルの接続には「トランシーバ」あるいはMedia Attachment Unit (MAU)と呼ばれる器材を用いる。MAUを接続するためのコネクタをAUI (Attachment Unit Interface) コネクタと呼ぶ。MAUはAUIコネクタに直接接続してもよいしAUIケーブルを用いて接続してもよい。AUIケーブルの最大長は50 mである。この長さはネットワークケーブルの長さの制限の計算とは無関係である。

機器には10 BaseTあるいは10 Base 2のトランシーバを内蔵したものもある。「10 Base 5対応」といわれる機器は、AUIインタフェースを持つ機器であり、実際にはトランシーバの種類を選択することで10 Base 5, 2, T, Fのいずれにも接続可能である。図2下側はAUIポートに10 Base 2 MAUを接続した例である。

10 Base 5と2は用いる同軸ケーブルの太さが異なるだけでそれ以外はまったく同じである。どちらも同軸ケーブルの両端には「ターミネータ」を接続する。ただ、10 Base 5ではケーブルが太い(約1/2インチ)ため、ケーブルにAUIを取り付け、機器まではAUIケーブルで接続する。

10 Base 2は細くしなやかなので、各ネットワーク機器までケーブルを引き回す。また、ケーブルもある機器から隣の機器までの長さのものをつなぎあわせながら敷設していく。この際に「Tコネクタ」と呼ばれる三つ又の接続具を用いる。TコネクタのBNCオスコネクタにはMAUが接続され、残る2つのBNCメスコネクタにはケーブルあるいはターミネータが接続される。10 Base 5ケーブルの最大長は500 mであり、端から2.5 mの倍数の位置にのみMAUを接続することができる。10 Base 2ケーブルの総延長は最大180 mで、最大30台までである。

これを超える場合はリピータかブリッジが必要となる。10 BaseTは1本のケーブル(最大100 m)の両端に1つずつの機器を接続するものなので、ハブが必要である。小規模な10 BaseTネットワークは、ハブを中心としたスター

* リピータとブリッジの違いについては連載第2回を参照されたい。

図5 5リンク4リピータルール

型の配線形態となる。

ハブを複数台用いる場合には、ハブを何らかの手段で相互接続することが必要になる。

4.2 4リピータ5セグメント規制

あるEthernetの中のどの2つの機器（計算機、ルータ、ブリッジ）の間にも、リピータは4台、ケーブルセグメントは5つまでしか存在してはならない。セグメントとは、同軸ケーブルやリンクケーブル（リピータケーブル）のことである。10 BaseTのケーブルは、リンクケーブル扱いである。ケーブルは、電氣的に（コネクタで）つなが合わされていても、全体で1本と数える。地理的に離れた場所に少数の計算機が散在している場合には、10 BaseTだけは届かないことがある。その場合には、遠距離を10 BaseF 同軸セグメントで結ぶ（図5）。この場合には、10 BaseT ハブのカスケード接続は2段までとなる。

4.3 Fast Ethernet

100 BaseTX では、ケーブル長は100 m までである。しかし、ハブ間のカスケード接続のルールがEthernetとは異なる。100 BaseTX のハブには、クラス1リピータ、クラス2リピータ、スイッチ（ブリッジ）の3種類がある。

クラス1リピータはカスケード接続はできない。クラス2リピータでは、2台のリピータを接続できるが、ハブ間ケーブル長は5 m までである。よって、地理的広がりが半径100 m を越えるFastEthernet ネットワークでは、必ずスイッチが必要である。離れた2拠点を結ぶだけなら、100 BaseF ポートを持ったハブを用意して、光ファイバで結んでも良い。

4.4 Giga bit Ethernet

1000 BaseSC などギガビット Ethernet については対応機器が出荷され始めたばかりである。今のところ使用媒体

は光ファイバがほとんどで、マルチモードファイバで400～500 m、シングルモードファイバを用いても6 km 程度しか届かない。

5. ケーブルを自作する

10 Base 2 や 10 BaseT ケーブルを大量に（10～20 本以上）利用する場合は、自分たちの手で作成した方が安価になる。10 Base 5 では、ケーブルは加工済みのものを購入の方が安全である。トランシーバ取り付け工事には自主的に行う（経済的）価値がある。

本稿で記載する価格は、あくまでも目安としての必要最低限のクラスの価格である。特に工具や計測器は、かなり高価な良質なものと粗悪なものまで流通しているし、購入経路によって価格が2倍以上異なることも珍しくない。

工具等は大学でいうと学科や学部程度の規模での共通費で購入して共有することが望ましい。でないと、自作のスケールメリットが生じない。

5.1 部材

UTP 5 ケーブルは、工場から出荷される箱（あるいはロール）単位の購入が最も割安で、1000 フィート（304 m）単位となる。

RJ 45 プラグは、ケーブルと一緒に購入することが望ましい。少なくとも「カテゴリ5用」と指定せねばならない。ばら売りのものは1個200円程度するので、こちらも箱単位での購入が経済的である。

5.2 工具

10 Base 5 のトランシーバ取り付け工具は10000円弱で購入できるはずだが、最近では入手が難しくなっている。

10 Base 2 で使用するBNCコネクタ圧接工具は5000～10000円程度である。RG 58 A/U 同軸ケーブルの末端の被覆を圧接に適したように剥く工具（ストリッパ）は、2000円程度から入手できる。BNCコネクタ圧接工具は「RG 58 A/U ケーブルにBNCコネクタを圧接するもの」と指定して購入しなければならない。できれば、BNCコネクタと同じ店で一緒に、適合することを確認して購入することが望ましい。

10 BaseT 用のRJ 45 圧接工具は、2,000～60,000円程度のものが売られているが、最低でも1～2万円程度のものをお勧めする。筆者の経験では、使用に耐える最低限のものは5000円程度であったが、ケーブルを50本程度作ったところで壊れてしまった。RJ 45 圧接工具のなかは、ケーブルや被覆を切るためのカッタの切れ味と、圧接の精度は関係ないようである。

また、メーカー純正の工具の中には、そのメーカーのプラグしか圧接できないものもある。心配ならば、RJ 45 プラグ、ケーブル、工具を同じ業者から一緒に購入すればよい。

図6 RJ 45 圧接工具

5.3 計測器

10 Base 2 のケーブル作成と、10 Base 5 のトランシーバ取り付けの際の計測器としてはテストだけで足りる。導通チェックと、ショートしていないことの確認だけであればよいので、高級なデジタル表示のテストは不適で、針式の安価なものの方がよい。10 BaseT 用のケーブルテストは、直流導通テスト機能のみのものなら 10,000 円程度で入手できる。ただし、圧接不良や断線はわかるが、結線誤りは検出できないことがある。周波数特性を含めた詳細な検査は、10 数万円以上する機器が必要になる。

5.4 UTP ケーブルの作り方

ここで説明するカテゴリ 5 の UTP 4 対ケーブルは、10 BaseT、100 BaseTX、100 baseF、100 VGAnyLAN、UTP-FDDI、UTP-ATM(155 M) など、最も応用範囲の広いケーブルである。

LAN 用の 4 対ツイストペアケーブルの 8 つの芯線は被覆の色で区別するようになっている。例えば、オレンジ色の線と対になるのはオレンジと白のストライプである。

LAN の配線では、1-2、3-6、4-5、7-8 番ピンにペアを割り当てる。図 1 でいうと、手前側が 1 番、右上奥側が 8 番接点である。

標準的な芯線の割り当ては以下のとおりである。

1	2	3	4	5	6	7	8
白/橙	橙	白/緑	青	白/青	緑	白/茶	茶

RJ 45 プラグの圧接の際には、金属ブレードが圧接工具によって押し込まれ、被覆をやぶって導線と接触する。このため、芯線の被覆をはぐ必要はない。ブレードは、RJ 45 ジャックと接触する接点も兼ねている。

RJ 45 プラグの根元側では、工具によって三角のプラスチック片が内部に押し入れられてケーブルを固定する。このため、ケーブルの被覆をはがして芯線を露出させる長さの調整が重要になる。長いと、ケーブル押さえに芯線が届かない。短いと、芯線がプラグの奥まで届かない。

ケーブル押さえの位置や内側の空間の広さなどはメーカーごとに微妙に異なるので、入手したプラグにあわせるのが一番である。幸い、ほとんどの RJ 45 プラグは透明なので、内部の構造がよくみえる。

圧接手順は以下のようなものである。

1. ケーブルの先端の被覆を取り去る。
2. 芯線の撚りをほどく。このとき、撚りをほどいた部分の長さは極力短くしなければならない。
3. 芯線を表の色順にならべる。
4. 先を切りそろえ、ケーブルガイドを通す (100 Mb/s 級の RJ 45 プラグにはケーブルガイドが附属していることが多い)。
5. 再度先を切りそろえる。
6. RJ 45 コネクタに差し込む。
7. ケーブル先端が奥まで届いたことを確認する (RJ 45 プラグの先端から見て、芯線の断面の銅が視認できるか)。
8. 工具で圧接する。
9. でき具合を確認(まず目視で)する。電極がすべて沈んでいるかケーブル押さえが、被覆を押さええているか。
10. ケーブルの他端にもコネクタを取り付ける。
11. ケーブルテストで確認する。
12. 実際に接続して、機器のランプで確認する。

個人差があるが、圧設作業ができるようになるまでには、3~10 回程度失敗するようである。RJ 45 プラグは、その分を見込んで余分に購入しておく必要がある。

6. 敷 設

ケーブルを敷設する際は、「敷く」というよりは「置く」つもりで作業することが重要である。

特に 100 Mb/s でのケーブルは敏感である。巻いたケーブルを単純に引くとねじれてしまう。また、急に曲げたり押えたり、強く引いてはならない。ラダー等に結びつける時にも、強く縛ると正常な通信ができなくなることがある。ケーブルを作成する際も、無闇に余長をとらず、ケーブルに余分な張力がかからない程度のたるみを持たせるくらいの長さにする。将来の混乱を避けるために、ケーブルにはラベルを張っておくことも重要である。

7. む す び

エンドユーザが自ら LAN の敷設を行うための種々の事項を取り上げた。紙面の都合で駆け足の説明になってしまったが、ネットワーク構築を自らやってみようという読者が増えることを祈る。

さいとう あきのり
齊藤 明紀 1986 年、大阪大学基礎工学部情報工学科卒業。1991 年、同大学院博士課程修了。同年、同大学基礎工学部助手。現在、大阪大学情報処理教育センター講師。分散システム運用技術、教育工学などの研究に従事。工学博士。