


P2P/ブロードバンド時代の 新・TCP/IP 入門

村上 健一郎 法政大学ビジネススクール イノベーション・マネジメント研究科 教授 

第5回 パケットはどのようにして送られている？

インターネットでは、「パケット」と言われるコンテナ(格納箱)のようなものに情報を詰めて送るということは、第1回(3月号)で簡単に触れました。

そのパケットの先頭部に付けられる宛て名の役割をする「ヘッダー」は、とても重要な役割を果たします。今回は、このヘッダーがどのように使われるのかという視点から、インターネットの仕組みを眺めてみることにします。

[Q1]

インターネットで情報を送るとき、パケットはどのようにして目的のコンピュータまで転送されているのでしょうか？

[A1]

たくさんのヘッダーを持つパケット

世の中には、めまいがしそうで、あまり見たくないものがたくさんあります。特に、クレジットカードの利用明細を見ると気が遠くなることがあります。そういうときは、たいてい忘れた頃に多額の飲み代のツケが請求されています。その時だけは「もう飲むまい」と誓うのですが、都合の良いことに、こういういやなことは猫が恩を忘れるのよりも早く忘れてしまいます。

ところで、同じように、複雑なTCP/IPパケットのヘッダーについても、見ただけで忘れなくなってしまいます。一見すると、「よくぞこんなにいくつもヘッダーを作った

ものだ」あるいは「ヘッダーの中をたくさん領域に分けたものだ」と思われる方が多いでしょう。普通の教科書を読むと、TCPヘッダーの勉強をしている頃には、もうIPヘッダーのことは忘却の彼方になります。

ヘッダーの役割は？

ここでは、イーサネットを使っていると仮定しましょう。私たちがウェブを見ている時には、パソコンからパケットが送り出されるのですが、このパケットには「イーサネットヘッダー」「IPヘッダー」「TCPヘッダー」と3つものヘッダーが付いています(図1)。この図のように、各レイヤーのデータが段々とカプセル化(エンキャプシュレーション)しているのがわかります。

つまり、TCPヘッダーとHTTPのメッセージが入っているTCPデータは、IPパケット(データグラムと呼ぶ)のデータ部に入っていて、このIPのデータ部とIPのヘッダーは、ともにイーサネットパケット(フレームと呼ぶ)のデータ部に入っているのです。

図2にIPヘッダーの仕組みを、そして、図3にTCPヘッダーの仕組みを示します。「IPヘッダー」と「TCPヘッダー」については、横に長くなってしまっただけで、先頭を上にした状態の図になっています。ですから、図1とは方向が違ってくることに注意してください。また、イーサネットのヘッダーに関しては、わかりやすくするために説明を省くことにします。

「IPアドレス」と「ポート番号」の重要性

図2や図3には、多数の領域(項目)があるので、細かい部分は見て見ぬふりをしましょう。ここでは、このヘッダーの中で重要な役割を果たす「アドレス」と「ポート」だけに着目することにします。

図2と図3で、赤く囲んでいるのが該当する場所です。残りの部分は思いきって忘れてください。

さて、通信で最も基本的な機能は、送りたい相手にパケットが送れることと、その相手からのパケットが送られてくることです。それでは、なぜパケットを送るので

しょう？ それは、ウェブなどのサービスを受けたり、電子メールのやり取りをしたいからです。ときどき、サービスの邪魔をするためにパケットを送るという困った人もいますが、それは少数派です。

パケットの送り先は、ウェブや電子メールなど、所望のサービスを提供しているコンピュータということになります。でも、話はこれだけでは終わりません。というのは、インターネットは当該コンピュータまでパケットを運んでくれるものの、そのコンピュータではさまざまなサービスを行っているのです。そのパケットはコンピュータの中で、目的のサービスを提供しているプロセスまで運ばれなければなりません。

インターネット内でのパケットの配送は、IP ヘッダーの中の「転送先 IP アドレス」を参照してルーターが行います。一方、コンピュータの内部でのパケットの配送は、当該コンピュータが TCP ヘッダーの中の「ポート番号」を参照して目的のサービスを判別し、そこまでの配送を行います。

このように、パケットの転送先という点に着目して見ると、エンドツーエンド(端末間)の通信には、「IP アドレス」と「TCP のポート番号」の両方が必要であることがわかります。

住民票の受け取り手段はパケット転送の仕組み？

何もインターネットに限ったことではなく、同じようなことは、さまざまなところで行われています。たとえば、私たちは、各種のサービスを利用するために市役所に行きます。さて、ここで、住民票の写しをもらいに行くことを想定しましょう。これを図4に示してみました。

市役所に行くまでは、バスなどの公共交通機関を利用したり、あなたの車を使ったりします。この場合、あなたが「パケット」なのです。バスは市役所の前までしか乗せてくれませんし、車だって同じです。窓口まで入っていくことはできませんね。

バスや車から降りたパケットとしてのあなたは、次に、市役所の中に入っていきます。これは、ちょうどインターネットで、パケットが目的のコンピュータまで到着したことに相当します。ところが、市役所といっても、さまざまなサービスを提供する窓口があります。大きな市役所では受付があって、そこでどのようなサービスを受けたいかを言うと、窓口の番号を教えてくださいるので、その番号の窓口まで行ってサービスを受けることができます。ここで番号を聞きまちがえると、窓口に行っても話がこんがらがるだけです。住民票を受け取りに年金の窓口に行っても、所望のサービスは受けられません。つまり、市役所のビルがサーバーのコンピュータに相当し、各窓口の番号がポート番号に相当

します。市役所には住所とその市役所の名前があります。これが IP アドレスに相当します(図4)。

同じようなことは郵便のシステムでも行っています。たとえば、郵送で住民票の写しを発行してくれるサービスを利用しようと思った場合、封書で所定の請求用紙を送ります。郵便局は、これを宛て名に書かれている市役所まで配達してくれます。つまり、パケットが IP アドレスで指定されたコンピュータまで転送されるのと同じことです。

郵便局側の仕事はそこまでで、後は市役所の中で何課宛てかを見て、指定された課ごとに分別し、該当する課まで持っていく。そして、封書が開けられ、中のメッセージ、すなわち請求用紙が取り出

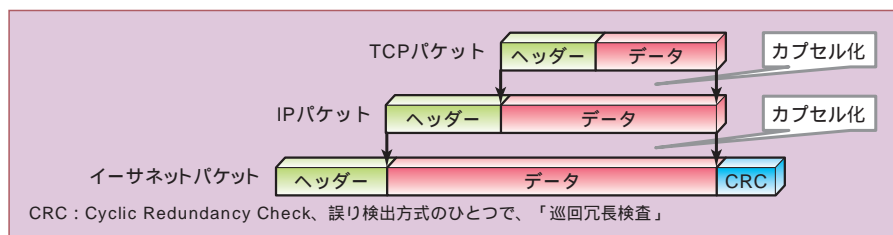


図1 カプセル化(エンキャプシュレーション)



図2 IPヘッダー

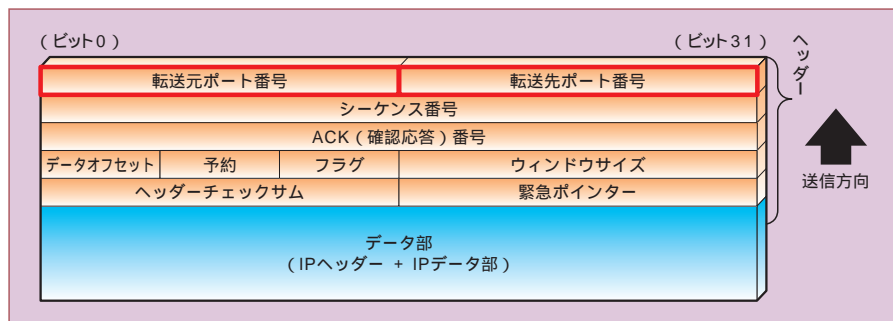


図3 TCPヘッダー

されて処理されます。ここでいう課の名前は、ポート番号に相当します。そして、IPアドレスは、やはり市役所の住所と市役所の名前の部分になります。

重要なのは、封筒の表や裏に、差出人の住所と名前が入っていることです。たとえ請求書に不備があって空白でも、差出人まで連絡が行くことになります。

IPにIPアドレス、TCPにポート番号

ここまでの説明で、IPヘッダー内に転送元のIPアドレスがあり、TCPヘッダー内には転送元のポート番号が必要な理由が理解できたでしょうか。このように、パケットの転送にかかわっている重要なものが「ヘッダー」であり、特に、IPヘッダーの「転送元IPアドレス」や「転送先IPアドレス」、そしてTCPヘッダーの「転送元ポート番号」と「転送先ポート番号」が情報の転送に不可欠なものなのです。なお、ポート番号は16ビット長であり、サーバー側が待ち受けているポート番号は、表1に示すように、サービスごとに決められています。

各パソコンやコンピュータは通信を行う場合には、手元のコンピュータは転送元

と転送先のIPアドレス部分に、それぞれ目的のサーバーのIPアドレスと自分のIPアドレスを入れます。さらに、転送元のポート番号には1024以上65535以下の任意の番号を、転送先のポート番号には目的とするサービスのポート番号を入れてパケットを作成し、通信を開始します(図5)。UDPの場合にもTCPのパケットと同様に、ヘッダーに転送元ポート番号と転送先ポート番号を持っていますが、ここでは言及しません。

IPアドレスは、企業や大学、インターネットサービスプロバイダー(ISPなどのインターネットアクセスサービスを提供する組織)に割り当てられる、32ビット長の番号です。組織が持つコンピュータ数など、その規模によって割り当てられるIPアドレスの数が異なります。これらの番号は重複することのない番号で、個々のコンピュータにはその範囲内のアドレスが1個割り当てられます。

[Q2]

パケットの中継を行うルーターは、どのような処理をしているのですか？

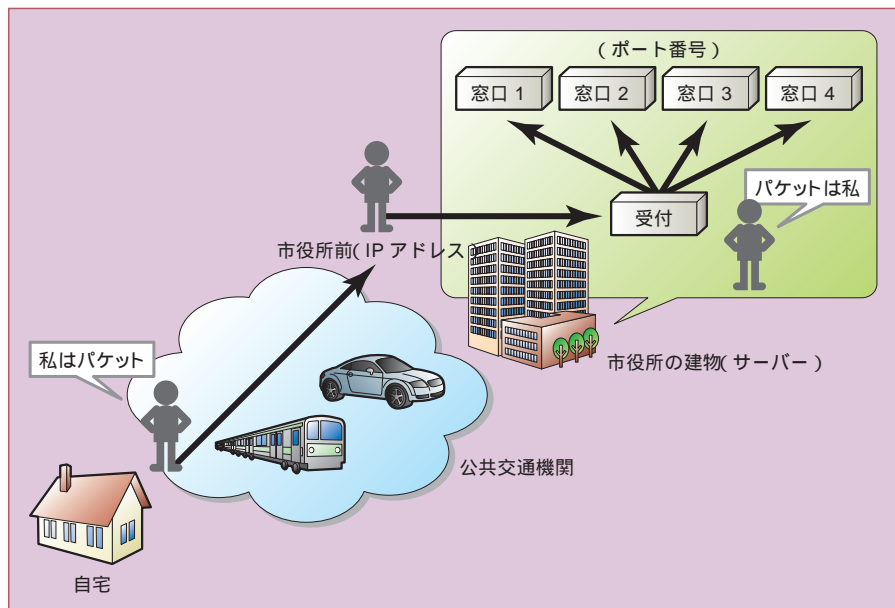


図4 市役所に住民票を取りに行く

[A2]

動く道路標識

ポートの処理は、単に、コンピュータがパケットを受信し、その値ごとにサービスへ振り分ければよいだけなので、仕組みは簡単です。

それでは、IPアドレスを処理してパケットを中継するルーターの中では、何が行われているのでしょうか？ サービスプロバイダーなどのパケットの中継を行うルーターは、IPアドレスに関する巨大な表を持っています。これを「経路テーブル」と呼びます。

経路テーブルとは、あるIPアドレスを持つコンピュータにデータを送るためには、どの隣接するルーターにパケットを送ればよいかを示した対応表の集合です。

私たちが車を運転するときには、交差点で、行き先別に方向が書いてある道路標識を確認して、右折や左折、直進などを決めますが、それと同じことです。ただ違うことといえば、その標識がネットワークの障害やもっと良い経路などができたときには、書き換えられてしまうという点です。ですから、直前にパケットが右に曲がったかと思うと、同じ転送先IPアドレスを持つ次のパケットは、左に曲がってしまうということもあります。

それでは、この動く道路標識はどうやって作成されているのでしょうか？ 実は、各ルーターが自分から到達可能なIPアドレスのブロック(集合)を、接続されているすべての隣接するルーターへ送っているのです。これを「経路情報」と呼びます。

この経路情報を受信したルーター側では、周りのすべてのルーターからの経路情報と比較し、一番良いものを選択します。そして、その経路を送ってきたルーターが接続されているイーサネットインターフェイス名を、標識に書き込んでおきます。

一番良い経路とは、少ない中継段数、

つまり「少ないルーター数で目的のコンピュータまで到達できる」あるいは「高速の回線で接続されている」などのことです。これらのことからわかるように、各ルーターは隣のルーターまでの転送しか責任を負いません。にもかかわらず、このパケットリレーで、見事に目的のコンピュータまでパケットを中継することができるのです。

右往左往するパケットの事情

ネットワークのどこかで回線が切断された場合には、この切断情報がルーター間で交換されます。この情報を受信したルーターでは、最善の経路を計算し直して道路標識に反映します。その結果を、さらに隣接したルーターに送るのです。このようにして、しばらく経つと、どのルーターも障害が発生した方向にはパケットを送らなくなります。ルーター間を結ぶ世界中の回線の数を考えると、世界のどこかでいつも障害は発生しています。回線が切れたままならば、すでに述べたように、時間が経てば道路標識にその内容が安定して反映されます。しかし、切れたりつながったりを繰り返すような障害であれば、世界のすべてのルーターで計算が繰り返されることになります。

これを防止するために、ペナルティーを与えます。つまり、いったん回線が切れると、その回線が再度回復しても、しばらく回復しなかったことにされます。これで、道路標識が頻繁に変更されてパケットが右往左往することもなくなります。ところが、世の中はそんなに甘いものではありません。

ここで、仮に図6のようにA町、B町、C町、D町が橋を経由して道路がつながっていたとします。D町へはA、B、Cのどの町からも行くことができます。たとえば、D町で地震が発生して、D町を通ることも到達することもできなくなったとします。このとき、D町と直接接続されているA、B、C町は、ともにこの事態を知る

はずですが、しかし、それには時間差があります。

B町が一番早くそれに気づいて、D町へ到達できないことをA町とC町へ伝えたとしましょ(①)。ところが、A町にはその後に、D町にまだ到達可能だった時のメッセージがC町から届きました(②)。きっと、誰かサボっていたか、ドライブインで休んでいたのです。ですから、A町では、早速、C町経由やB町経由でD町へ行けることをB町やC町へ知らせるのです(③)。B町では、A町経由やC町経由でD町へまだ行けるのだと考え、これをC町とA町へ知らせてしまうのです。その結果、C町ではB町経由でD町へ行け

るものだと思ってしまいます。

この頃、A町では、C町経由ではD町に行けないという知らせがC町からやっとな届きます(④)。ところが、B町経由ではまだ行けることになっているので、この経路に道路地図は切り替わります。

このようにして、到達できないという知らせが打ち消され、次善の経路間で切り替わりながら道路地図が書き換わっていきます。実際に、インターネットでは、どこかの経路が切れた場合には、すぐに次善の経路に切り替わるべきなのに、世界中のルーターにその情報が行き届いて安定するまでには、数分から10分近くかかる場合があるのです。

サービス名	ポート番号(10進)
ファイル転送サービス	21
メールサービス	25
ウェブサービス(http)	80
ウィンドウズのファイル/プリンター共有サービス	139, 445
ウェブサービス(https)	443

表1 代表的なサービスとポート番号

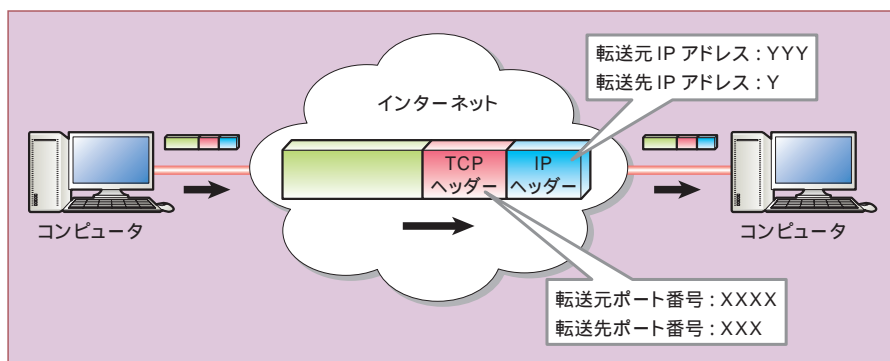


図5 IPヘッダーには「IPアドレス」、TCPヘッダーには「ポート番号」

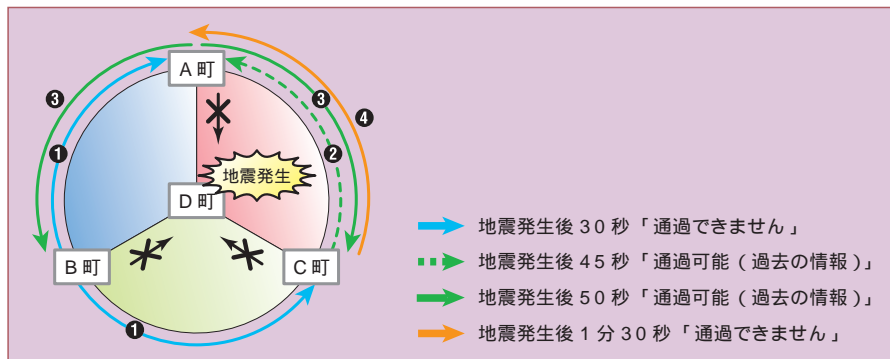


図6 右往左往する事情



[インターネットマガジン バックナンバーアーカイブ] ご利用上の注意

このPDFファイルは、株式会社インプレスR&D(株式会社インプレスから分割)が1994年～2006年まで発行した月刊誌『インターネットマガジン』の誌面をPDF化し、「インターネットマガジン バックナンバーアーカイブ」として以下のウェブサイト「All-in-One INTERNET magazine 2.0」で公開しているものです。

<http://i.impressRD.jp/bn>

このファイルをご利用いただくにあたり、下記の注意事項を必ずお読みください。

- 記載されている内容(技術解説、URL、団体・企業名、商品名、価格、プレゼント募集、アンケートなど)は発行当時のものです。
- 収録されている内容は著作権法上の保護を受けています。著作権はそれぞれの記事の著作者(執筆者、写真の撮影者、イラストの作成者、編集部など)が保持しています。
- 著作者から許諾が得られなかった著作物は収録されていない場合があります。
- このファイルやその内容を改変したり、商用を目的として再利用することはできません。あくまで個人や企業の非商用利用での閲覧、複製、送信に限られます。
- 収録されている内容を何らかの媒体に引用としてご利用する際は、出典として媒体名および月号、該当ページ番号、発行元(株式会社インプレス R&D)、コピーライトなどの情報をご明記ください。
- オリジナルの雑誌の発行時点では、株式会社インプレス R&D(当時は株式会社インプレス)と著作権者は内容が正確なものであるように最大限に努めましたが、すべての情報が完全に正確であることは保証できません。このファイルの内容に起因する直接のおよび間接的な損害に対して、一切の責任を負いません。お客様個人の責任においてご利用ください。

このファイルに関するお問い合わせ先

株式会社インプレスR&D

All-in-One INTERNET magazine 編集部

im-info@impress.co.jp