

P2P/ブロードバンド時代の 新・TCP/IP 入門

村上 健一郎 NTT 先端技術総合研究所 主幹研究員

第2回 ブロードバンドにTCP/IPは耐えられるか?

第1回は、TCP/IPの概要について解説しました。今回は、私たちのネットワークの環境が100Mbpsものブロードバンドにすっかり変わった中で、20年前に設計されたTCP/IPは、果たしてこのような高速なデータ転送に耐えられるのかどうか、また、IPv6は何年も話題になり続けているが、現在のTCP/IP(IPv4)はこのまま使われ続けていくのかどうか、について考えていきます。

[Q1]

インターネットが使われ始めた頃の通信速度は10kbps程度でしたが、現在は、光ファイバーで100Mbpsと1万倍も高速なブロードバンドの環境です。

TCP/IPは、このような高速にも耐えられるプロトコルなのでしょうか?

[A1]

負荷のかかっている場所はどこ?

この答えを考えるには、まず、通信がどのように行われるのかという仕組みを思い浮かべるのが早道です。そして、通信を行う要素に分解して、高速になっても大丈夫なのかどうかを検討してみましょう。

プロトコルの基本は、データの転送と

それに対する応答です。通信を行う要素は、

データを送信する側のパソコンやサーバー

データを中継するルーターによるネットワーク

データを受信して応答を行う受信側のパソコンやサーバー

の3つに分けられます(図1)。

さて、送信側や受信側でまず問題となるのは、データ(パケット)を処理するために使用するCPUやメモリーなどの負荷です。この中で最も負荷が高いのは、転送中のエラーを検出するための処理の負荷です。

送信側ではあらかじめすべてのデータを加算して、「チェックサム」という値をパケットに付加して送ります。受信側では、チェックサムを再計算して送信側で付加した値と比較し、データに誤りがないかどうかを1つ1つ確認します(コラム参照)。

したがって、高速になればなるほど、時間当たりの処理速度も速めなければならないのは自明でしょう。

小さいバケツか?

大きいバケツか?

これらの高速化の問題については、依然として「半導体LSIの集積度は3年で4倍になる」というムーアの法則が成り立っており、CPUとメモリーの高速化が進んでいますし、ネットワークのインターフェイスカード内にこの計算をするハードウェアが付加されている製品もあるので、大丈夫でしょう。ただし、転送に使用するパケットの大きさは考えておかなければなりません。このパケットの大きさは、MTU(Maximum Transmission Unit、ネットワーク上で送信できるデータの最大伝送単位)と呼ばれます。

同じデータ量を送る場合、小さいパケットに何回にも分けて運ぶのでは、パケットごとの処理が増えて不利になるということは考えておかなければなりません。庭に水をまくのに、大きいバケツでは数回で済むのに、小さいバケツでは何回も運ばなければならないのと同じことです。

では、インターネット内でパケットを中

継するルーターの場合はどうでしょう？
 チェックサムに関しては、ルーターはパ
 ケットを中継することに、その検査と計
 算をやり直しているのですが、専用の
 ハードウェアで計算をしたり、部分的に
 計算をやり直したりしてオーバーヘッド
 (処理時間)を小さくしているのです。

無限大の高速で 送れると思ったら.....

前述した負荷の話は、まあ、序の口の話で、どうにもならない横綱級の話が別に転がっています。それは、我々が光速(光の速度)を超えてデータを転送することができないということにあるのです。

たとえば、パソコンやルーターでの処理時間が0秒で完了したとしましょう。これで無限大の速度で通信できると思っていたあなたは、実際にやってみてがっかりするはず。パソコンの掃除をして、もう一度試してみてもそれは無駄な抵抗です。ドラえもんかピカチュウが必要です(笑)。

チェックサム(Check Sum)とは

ネットワーク上でデータを送受信する場合に、データが正しく相手に送信されたかどうかを調べる、誤り検出方法の1つ。たとえば、インターネットなどでは、送信側のパソコンはデータをパケットに分割して送信するが、このとき、それぞれのパケット内のデータを数値とみなしてすべてを積算して合計したものをチェックサム(検査合計)という。

このチェックサムをパケットに付加して相手に送信するが、受信側のパソコンでは、送られてきたパケットについて送信側と同じようにチェックサムの計算を行い、送信側のパソコンから送られてきたパケットに付加されているチェックサムと一致するかどうかをチェックする。このとき両方のチェックサムが同じであれば、データは誤りなく送信されたことになる。一方、両方のチェックサムが異なる場合には、ネットワーク上でパケットに誤りが発生したことがわかり、この場合は、受信側のパソコンはそのパケットを破棄する。

このことを考えるために、プロトコル(通信手順)の基礎を思い出してみましよう。データの転送が無事完了したことは、受け取った相手からの応答があって初めてわかります。送信データも応答データも光ファイバーの中を通過して光で転送されたとしましょう。

データの「転送遅延(T)」は、図2からわかるように、送信データ(パケット)をファイバーの口に入れる瞬間から、それがもう一方のファイバーの口から完全に出るまでの時間ということになります。

ここで注意しなければならないのは、

パソコンから光ファイバーに送り出す速度を上げて、それは光ファイバーに最後のデータを送り込むまでの時間が短くなるだけで、データが相手に届くまでの光ファイバー中を送られる時間は、光の速度に束縛されるということです。

図3に、代表的な速度における転送遅延(T)の計算値を示します。

図からわかると思いますが、たとえパソコンからの転送速度をどんどん上げたとしても遅延はあまり短くならないため、相手から応答が返ってくるまでの時間も短くなりません。次のデータの転送は、

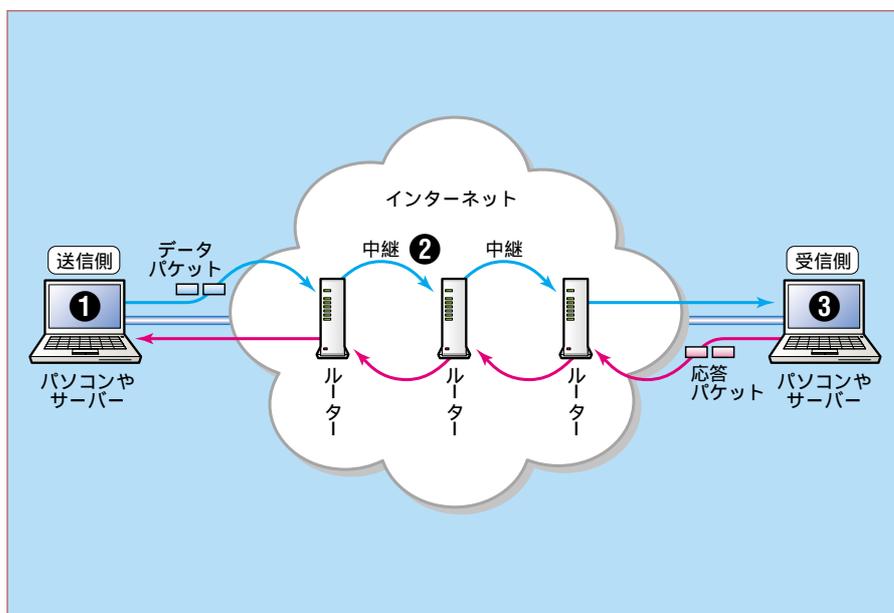


図1 ネットワークの構成要素と基本的なプロトコル

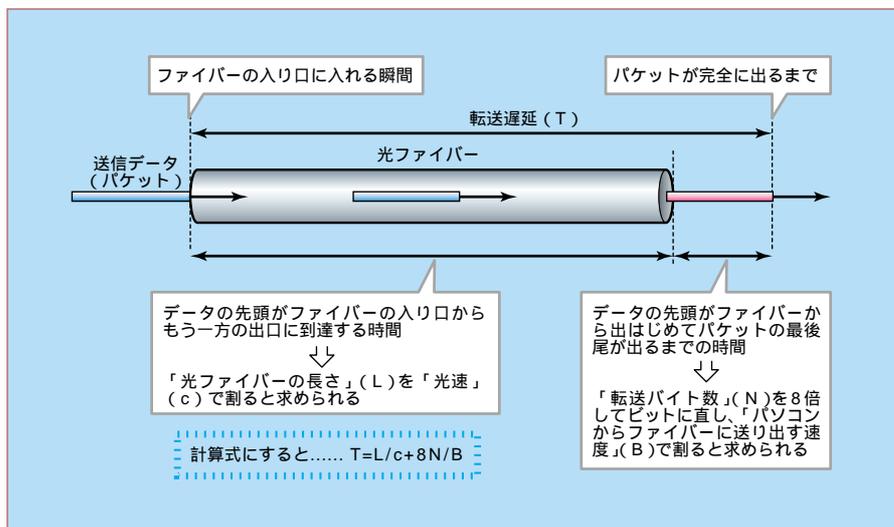


図2 パケットの転送遅延

相手からの応答を受信し、データを相手側が確かに受け取ったことを確認してから可能となります。つまり、高速にすればその分だけデータを大量に送れるはずなのに、現実には待ち時間は変わらないのです。

さらに、パソコンやルーターの処理時間はゼロではないので、これを定数として転送遅延に加算すると待ち時間はもっと大きくなります。

応答が来なくても どんどん送ってしまう

そこで、データを送るたびに受信側のパソコンが応答を返すのではなく、前に送ったデータに対する応答が返ってこなくても、次のデータをすぐに送ってしまう方式が採用されています。このため、どんどんデータを送れば、先に述べた応答遅延問題は緩和されることになります。こうすると光ファイバーには、常にデータが転送されていて、ある瞬間に光ファイバーの中のデータを見ると、あたかも光ファイバーがパケットを蓄積したメモリーのように見えます(図4)。

ここで、もし規定時間以内にどれかのパケットに対する応答が返ってこないで、エラーが発生したと判断した場合、その処理は大変になります。この場合は、再度同じデータ(パケット)を送るわけす

が、転送元ではどのパケットにエラーが発生するかが予測できないために、応答が返ってくるまでそれらのパケットを全部保存しておかなければならないのです。

高速になると、光ファイバーの中を通過して転送されるデータは膨大なものになるわけですから、その分、受信側のパソコンやサーバーも大変です。また、このように大量のデータを一度にインターネットで送ると、ルーターの処理が間に合わなくなり、パケットが捨てられることになりかねません。つまり、早く送ったがために、逆に遅くなるというパラドックスが起こってしまいます。これを回避するために、送信先からの応答の確認が来る前に、送るデータ量を制限するのですが、これについては別の機会に詳しく説明することにします。

[Q2]

アドレスのひっぱくから、IPv6などが話題となっていますが、これからもっと高速のブロードバンド時代を迎えるとき、現在のTCP/IPに代わる新しいプロトコルは考えられているのでしょうか？ それとも、改良されていくのでしょうか。

[A2]

ユーザーは
完全を求めている？

ずいぶん昔の首相も次世代のプロトコルIPv6(IPバージョンシックス)とってましたね。その後、どうなったんでしょう？ 実は、IPv6が提唱されたのはもう10年以上も昔の話で、現在使用されているIPつまりIPv4(IPバージョンフォー)のアドレスの枯渇に対する長期的な解決策でした。この時、長期的な対策と短期的な対策が考えられ、短期的な解決策のほうは、第1回ですでに説明した、1つのIPアドレスを多数の装置で共用できるNATという技術だったわけです。ところが、NATが十分な機能を果たしたために、現在のIPv6はブレイクしないまま現在に至っています。

グローバルアドレスがあれば、サーバーを公開したりできますが、NATがあるとその背後のパソコンではウェブサーバーのようなサービスを公開できません。しかし、サービスを公開する人はわずかで、単に利用する人がほとんどなので、あまり困っていないのです。

また、サービスを公開するには面倒な設定が必要なため、それをデータセンターというサーバーを預かる企業に委託する人も多いのです。これは、データセンター側でグローバルアドレスを持つサーバーを提供するものです。つまり、グローバルアドレスに対するニーズは一部に偏在するもので、全体から見るとわずかなのです。

これに加えて、これまではインターネット電話のようにグローバルアドレスが必要だったサービスでも、NATがあってもインターネット電話ができるホールパンチング(穴あけ)という方法が採用されるようになってきました。たとえば、この方法を採用しているのが話題のSkype(スカイ

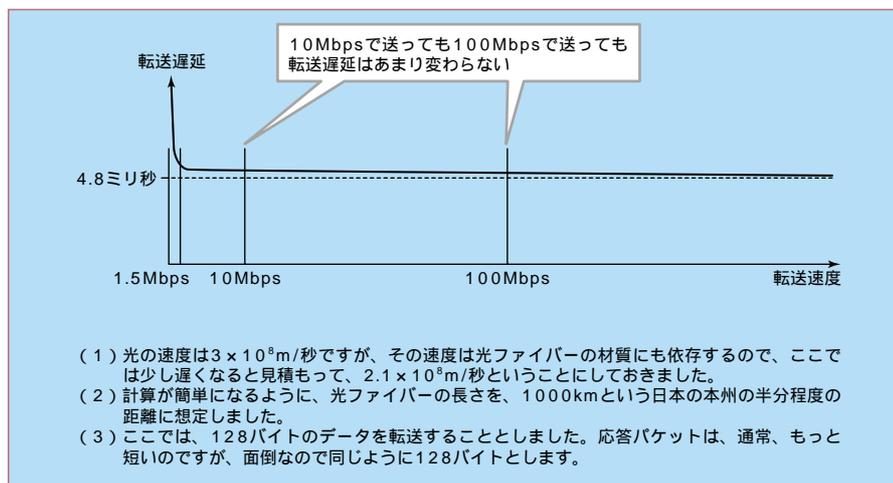


図3 1000kmの光ファイバーで128バイトのパケットを転送する場合の遅延(片方向)

ブ)というインターネット電話です。まだ、完全というわけではありませんが、これで世界中の人がインターネット電話を試しています。この方法はインターネット電話だけではなく、P2Pのさまざまなアプリケーションに次第に浸透していくものと思われま

す。このように、かつてはオタクの世界だったインターネットは、今や、その効用を考えて普通にみんなが使いこなす世界に変わり、ニーズも変化しました。

実は筆者も、これを読み違え、最初はNATでは問題を完全に解決することはできず、インターネットの普及はアドレス不足のために頭打ちになると考えていた時期がありました。しかし、その予想はみごとに外れました。ユーザーはそのような完全なものは求めていなかったのです。

パソコンを持たなくとも携帯電話では無意識のうちに老若男女がインターネットを使用する時代になっています。このように膨大な数にユーザーがふくれ上っても、現在のTCP/IP、つまりIPv4はまだ拡張が続けられて需要に対応し、確固たる地位を保っているのです。

ハイテクの落とし穴

さて、10年ブレイクしなかったプロトコルが今後ブレイクするという可能性やその競争力を分析するのは、技術ではなく、経営学の話です。

E. M. ロジャーズは、著書『イノベーション普及学』(青池慎一・宇野善康監訳、産能大学出版部)の中で、次のように説いています。

新たな技術(ここではプロトコル)を使うというのは、無料ではなくコストが伴います。それを問題としないのは、オタクやビジョン先行派と呼ばれているユーザーで、彼らが最初に新技術を使います。その技術がブレイクする場合には、その後、いくら払ったらどのくらいのリ

ターンがあるのかを合理的に考えるアーリー・マジョリティー(Early Majority、価格と品質重視派)に浸透します。そうならば、みんなが使っているからという理由で技術を使うレイト・マジョリティー(Late Majority、みんなが使っている派)に急速に浸透していくものです。

その後ジェフリー・ムーアは、著書『キャズム』(川又政治翻訳、翔泳社)において、オタクとビジョン先行派で構成される初期市場と、アーリー・マジョリティーやレイト・マジョリティーによって構成されるメジャー市場のあいだには、キャズム(Chasm = 深い溝)つまり「ハイテクの落とし穴」があるということを示しました(図5)。

このキャズムを越えなくては、メジャー

市場でブレイクすることなく初期市場の中で消えていく運命となります。すでにIPv4はキャズムを越えてしまいました。それでは、IPv6や他のプロトコルはこれを越えることができるでしょうか？ つまり、コストに対するリターンが合理的に説明できるでしょうか？ もしかしたら、IPv6以外にも、現在のIPv4と完全な互換性があり、コストのかからない強敵が現れるかもしれません。

さあ、今度は読者のみなさんが、新たなプロトコルへの移行時期や可能性を予想してみてください。

*

次回は、リアルタイム通信時代のTCP/IPについて語ることにしましょう。

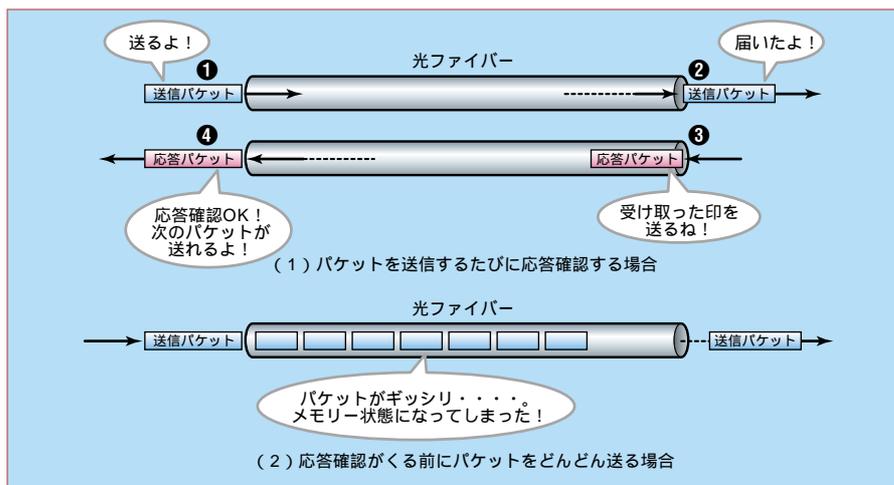


図4 光ファイバーがメモリーになる？

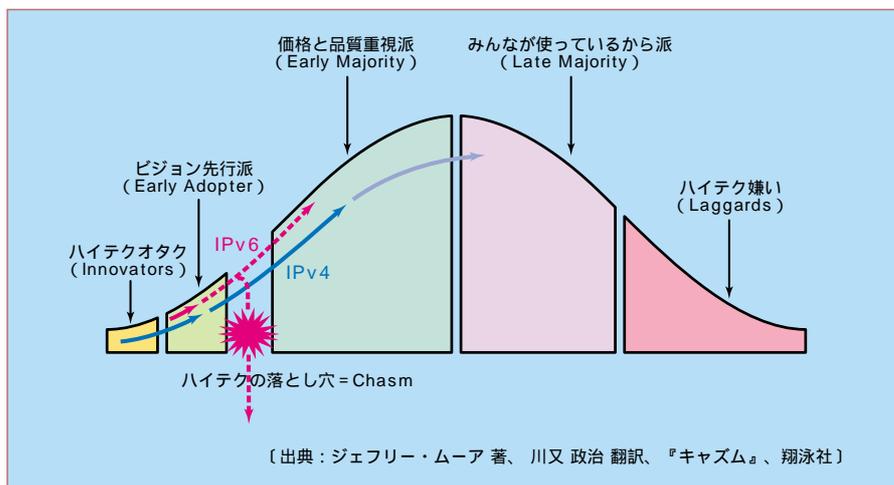


図5 IPv6は深い溝(Chasm)を越えられるか？



[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