

インターネットのしくみ

— 情報ハイウェイをささえるネットワーク技術 —

大阪大学 大学院情報科学研究科 情報ネットワーク学専攻

(情報流通プラットフォーム講座)

助教授 大崎 博之

はじめに

インターネットを使えば、電子メール、写真、ビデオなど、さまざまな情報を瞬時に世界中に届けることができます。しかし、これらの情報は、一体どのようにして転送されているのでしょうか？本稿では、インターネットをささえるネットワーク技術を解説します。

日本のインターネット接続サービスの利用者数

近年、インターネットが急速に普及しています。あちこちから、「うちも最近インターネット始めたよ」とか「インターネットって便利だよなあ」という声が聞こえてきます。総務省が公開している資料¹によれば、平成 14 年 11 月末の時点での、日本のインターネット接続サービスの利用者数は表 1 のとおりです。DSL サービスとか、FTTH サービスとか、あまりなじみのない専門用語が並んでいますが、加入者数の合計に注目してください。

サービス種別	加入者数
DSL サービス	511.8 万人
FTTH サービス	17.2 万人
CATV 網を利用したインターネット接続サービス	190.1 万人
携帯電話端末によるインターネットサービス	5,843.2 万人
ダイヤルアップ型接続によるインターネット接続サービス	2,129 万人
合計 (携帯電話端末をのぞく)	2,848.1 万人
合計	8,691.3 万人

表 1: 日本のインターネット接続サービスの利用者数 (平成 14 年 11 月末)

携帯電話端末をのぞいた加入者数の合計が約 2,800 万人、携帯電話端末を含んだ加入者数の合計が約 8,700 万人です。日本の総人口が約 1 億 2,700 万人ですから、携帯電話からインターネットを利用してる人をのぞいても、日本人の 5 人に 1 人、さらに携帯電話からインターネットを利用している人をふくめると、なんと日本人の 3 人に 2 人がインターネットを利用している計算になります²。

インターネットに関する 3 つの疑問

このように、利用者がどんどん増えているインターネットですが、なぜそれほど注目を浴びているのでしょうか？「膨大な情報を手に入れられるから」、「世界中に向けて情報発信ができるから」、「電子メールがとにかく便利だから」……などなど、さまざまな理由があげられるでしょう。しかしここでは、技術的な観

¹http://www.soumu.go.jp/s-news/2002/021227_1.html

²正確には、同じ人が複数のインターネット接続サービスを利用していることもありますので、加入者数の合計はもうすこし小さくなります。

点からインターネットの特徴をとらえてみようと思います。インターネットのしくみを理解して、以下のような、インターネットに関する 3 つの疑問に答えられるようになることが目標です。

- なぜインターネットはこれほど普及したのか?
- インターネットはどこが優れているのか?
- インターネットに弱点はないのか?

インターネットとは?

インターネットのしくみの説明に入る前に、そもそも「インターネット」とは何なのかを整理したいと思います。テレビや新聞にも「インターネット」という言葉がひんぱんに登場していますが、「そもそもインターネットって何なの?」と聞かれた時に、正しく答えられる人は案外少ないのではないのでしょうか。

インターネットとは、世界中のコンピュータネットワークを相互接続した巨大なネットワークです。つまり、世界各地のコンピュータネットワーク (パソコン同士を通信回線で接続したネットワーク) を、さらに通信回線で相互接続したネットワークを意味しています。インターネットの原形は、1970 年代始めにアメリカの国防総省で生まれました。もともとは核攻撃にも耐えられる、軍事用の通信ネットワークとして開発されました。

インターネットでは、コンピュータ同士が情報をやりとりするときの通信手順として、TCP/IP と呼ばれる国際標準規格が使われています。インターネットの通信手順が、特定の企業が開発した独自の規格ではなく、誰でも自由に利用できる国際標準規格だったことが、インターネットがここまで普及した理由の一つだと考えられます。

また、インターネットの特徴の一つとして、インターネット全体を管理している組織や団体は存在しないという点があげられます。インターネットは、世界中のコンピュータネットワークを相互接続した巨大なネットワークですが、それぞれのコンピュータネットワークは、それぞれ個別に管理されています。ですから、「何人の人がインターネットを利用しているか?」、「何台のコンピュータがインターネットに接続されているか?」、「どれだけ量の情報がインターネット上で公開されているか?」などについては、実は誰も知らないですし、調査することもできないのです³。

インターネットの通信方式 — 回線交換方式とパケット交換方式

さて、いよいよ本題に入りましょう。インターネットの本質を理解するために、その通信方式を説明します。インターネットの最大の特徴は、パケット交換方式と呼ばれる通信方式を用いている点にあります。では、インターネットが用いているパケット交換方式の、いったいどこがそんなにすごいのでしょうか? より説明をわかりやすくするために、インターネットの通信方式を、従来の通信ネットワークの代表例である、電話網 (電話回線のネットワーク) の通信方式と比べながら見てみたいと思います。

まず、電話網では 回線交換方式とよばれる通信方式が用いられています。電話網にかぎらず、インターネット登場以前のほとんどの通信ネットワークでは、回線交換方式とよばれる通信方式が用いられていました。回線交換方式では、相手に情報を送りたいときには、まず、送信者から受信者までのネットワーク上にある交換機 (通信回線を切り替える装置) が、接続相手ごとに通信回線を切り替えます (図 1)。送信者から受信者までの間のスイッチをすべて切り替えて、通信ができるようにすると考えてもらえばいいと思いま

³さきほどの表 1 は、日本のインターネット接続サービスの利用者数 (インターネット接続サービスの加入者数) であり、実際に何人がインターネットを利用しているかはわからないのです。

す。回線交換方式では、相手までの通信回線がつながったあとに、ようやく相手に情報を送りはじめます。回線交換方式では、通信回線そのものを切り替えているので、情報を送っている間は通信回線を一人占めすることができます。そして、情報を送り終わったあと、送信者から受信者の間のすべての交換機が通信回線を解放します。

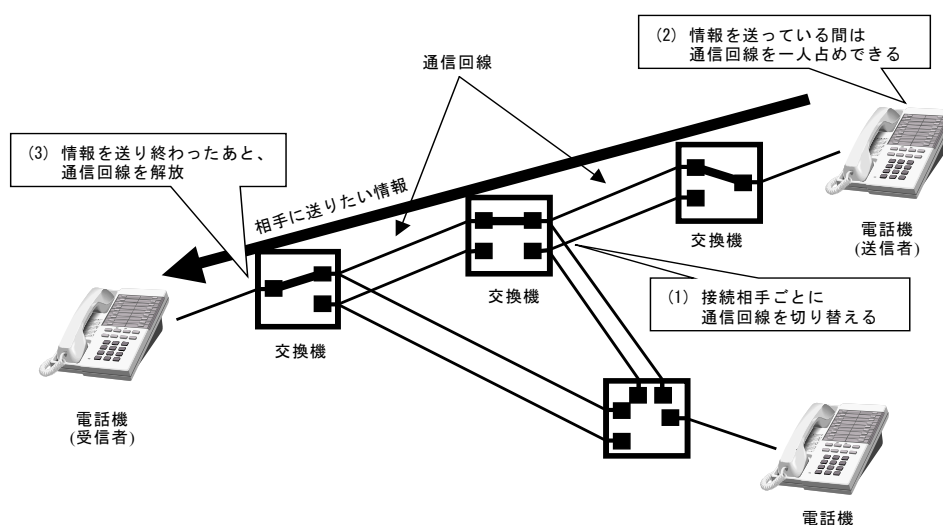


図 1: 回線交換方式 — 電話網など、従来の通信ネットワークで用いられている通信方式。相手に情報を送りたいときには、接続相手ごとに通信回線を切り替えます。

いっぽう、インターネットの通信手順である TCP/IP では、パケット交換方式の通信方式が用いられています。パケット交換方式では、相手に情報を送りたいときには、まず、送りたい情報を「パケット」とよばれる情報のかたまりに分割します (図 2)。それぞれのパケットには送り先の住所を書きおきます。そして、これらのパケットを、相手に近いほうの交換機 (パケットを中継する装置) に向けてパケツリレー方式で順次転送します。送信者から受信者までのネットワーク上に存在する交換機は、パケットに書かれている送り先の住所だけを見て、たくさんの回線から送り先につながっている通信回線をえらび、そこにパケットを送ります。パケット交換方式では、回線交換方式のように回線を一人占めしないため、すべての人が同時に通信回線を共有して使うことができます。

回線交換方式 vs. パケット交換方式 — それぞれの利点と欠点

なるほど、回線交換方式は接続相手ごとに通信回線を切り替える方式で、パケット交換方式は送りたい情報を「パケット」とよばれる情報のかたまりに分割し、パケツリレーのように転送する方式ということはわかりました。ここで、回線交換方式とパケット交換方式の、それぞれの利点と欠点を考えてみたいと思います。

まず、回線交換方式には、通信回線そのものを切り替えているので、情報を送っている間は通信回線を一人占めできるという利点があります。このため、いったん通信回線がつながれば、相手に送りたい情報を確実にとどけることができます。また、通信回線がつながっていますので、送信側から送った情報は、ネットワーク中で待たされることなく、すぐに受信側に届きます。つまり、回線交換方式は、非常に信頼性の高い通信方式だといえます。

いっぽう、パケット交換方式では、回線交換方式のように回線を一人占めしないため、すべての人が同時

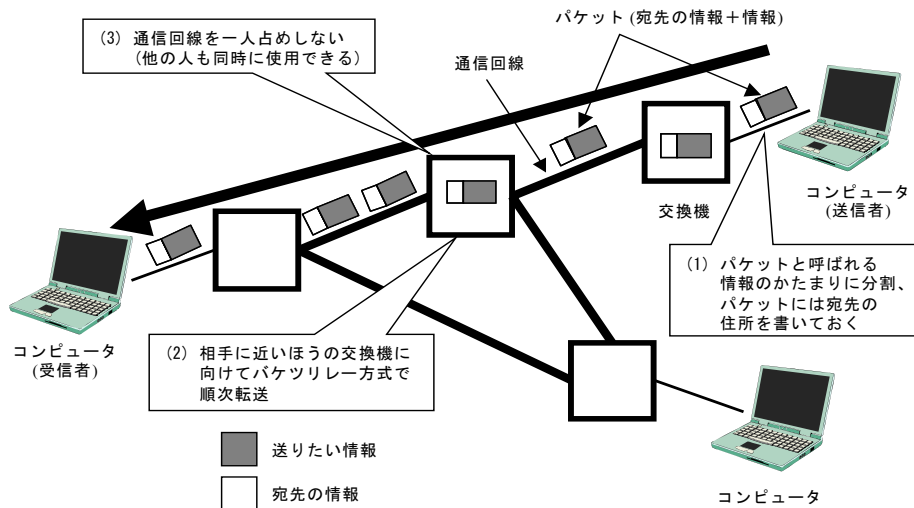


図 2: パケット交換方式 — インターネットで用いられている通信方式。送りたい情報を「パケット」とよばれる情報のかたまりに分割し、パケットリレー方式で転送します。

に通信回線を共有して使います。このため、利用者が送りたい情報量が多くなると、ネットワークの信頼性が低下するという欠点があります。パケット交換方式では、パケットリレー方式でパケットを中継しているため、ネットワークが混雑すると、交換機でパケットが待たされることにより遅れが生じたり、ひどい場合には交換機でパケットが消えてしまいます。つまり、パケット交換方式は、信頼性の低い通信方式だといえます。

あれ？これだと、どう考えてもパケット交換方式（インターネットの通信方式）よりも回線交換方式（電話網の通信方式）のほうがすぐれているように思えます。それでは、インターネットがこれほど普及した理由は、どこにあるのでしょうか？その答は、ネットワークの設備や運用に必要な「費用」です。

回線交換方式は、たしかに信頼性の高い通信方式ですが、ネットワークの設備や運用に必要な費用が高くなるという欠点があります。まず、回線交換方式では、相手に情報を送るまえに、送信者から受信者の間のすべての交換機の間を切り替える必要があります。このような複雑な制御をおこなうためには、交換機のしくみが複雑になり、その結果、交換機の費用が高くなってしまいます。また、回線交換方式では、実際に情報を送っていないでも通信回線を一人占めしますので、通信回線の利用効率が非常に低くなってしまいます。通信回線の使用には非常に費用がかかりますので、回線交換方式ではそれだけ運用に費用がかかることになります。このほかにも、回線交換方式のネットワークは、すべての交換機の動作を一箇所で集中して制御する必要がある集中型のネットワークとなります。集中型のネットワークでは大規模なネットワークは作れませんし、ネットワーク機器の故障に弱いという欠点があります。

パケット交換方式は信頼性の低い通信方式ですが、ネットワークの設備や運用に必要な費用を非常に低くおさえられることができるという利点があります。これが、インターネットがここまで普及した最大の理由だと思います。パケット交換方式では、それぞれの交換機が、それぞれ個別にパケットの中継処理だけをおこなえばよく、交換機のしくみが非常に簡単になります。その結果、ネットワーク機器の費用が低くおさえられます。また、パケット交換方式では、すべての人が同時に通信回線を共有して使うことができるため、通信回線の利用効率が高くなるという利点があります。現実には、通信回線の利用料がネットワーク運用に必要な費用の大部分を占めますので、パケット交換方式を用いれば非常に安価に通信ネットワークをつくるのが可能になります。このほかにも、パケット交換方式のネットワークは、それぞれの交換機が個別に動

作すればいいため分散型のネットワークとなります。分散型のネットワークでは、非常に大規模なネットワークを作ることが可能ですし、ネットワーク機器の故障に強いという利点もあります。

最後に、回線交換方式とパケット交換方式、それぞれの利点と欠点をまとめると表 2 のようになります。インターネットが用いているパケット交換方式は、ある程度信頼性を犠牲にすることにより、ネットワークの設備や運用に必要な費用を非常に低くおさえていることがわかると思います。

通信回線の利用方法 ネットワークの構成	回線交換方式	パケット交換方式
	一人で占有 集中型	全員で共有 分散型
情報の信頼性 (ネットワーク中で情報が失われないか?)		×
情報の即時性 (ネットワーク中の伝送遅延が短い?)		×
ネットワーク機器の費用 (ネットワーク機器の費用が安い?)	×	
通信回線の費用 (通信回線の費用が安い?)	×	
運用に必要な費用 (運用に必要な費用が安い?)	×	
耐故障性 (ネットワーク機器の故障に対して強い?)	×	
ネットワーク規模 (大規模なネットワークが実現できる?)	×	

表 2: 回線交換方式とパケット交換方式の比較

まとめ — 3 つの疑問に対する回答

本稿では、まず、インターネットとはそもそも何かを説明しました。その後、インターネットの通信方式であるパケット交換方式と、従来の通信ネットワークの通信方式である回線交換方式の両方を比較し、それぞれの利点と欠点を説明しました。ここまでの説明から、最初にあげた「インターネットに関する 3 つの疑問」の答はおわかりいただけでしょうか？最後に、これら 3 つの疑問に対する答をまとめて、本稿を終えたいと思います。

- なぜインターネットはこれほど普及したのか？
 - 通信手順 TCP/IP が、特定の企業が開発した独自の規格ではなく、誰でも自由に利用できる国際標準規格だったから。
 - 分散型のネットワークであり、全体を管理している組織や団体は存在せず、誰でも自由にインターネットに接続できるから。
 - パケット交換方式を用いており、ネットワークの設備や運用に必要な費用を非常に低くおさえることができるから。
- インターネットはどこが優れているのか？
 - パケット交換方式を用いており、通信回線を全員で共有することにより、限られたネットワーク資源を有効利用できること。また、ネットワークの設備や運用に必要な費用を非常に低くおさえることができること。
 - 分散型のネットワークであり、非常に大規模なネットワークを構築できること。また、ネットワーク機器の故障に対して強いこと。
- インターネットに弱点はないのか？
 - ある。パケット交換方式を用いており、回線交換方式と比べて信頼性が低いこと。具体的には、ネットワークの混雑に弱く、ネットワーク中で情報が失なわれたり、ネットワーク中での伝送遅延が大きくなったりすること。