



新世代ネットワークの必要性

独立行政法人 情報通信研究機構 理事長

みやはら ひでお
宮原 秀夫



はじめに

今日は、「新世代ネットワークの必要性」というタイトルでお話ししますが、話が終わりましたときに、現状のネットワーク、IPの技術だけでは十分ではない、どうしても新しいネットワークが必要なのだということを御理解いただければと思います。

現状のネットワークの問題点

図1は現状のネットワークで、左側は従来の電話網用に設計された回線交換網、右側は現状のインターネット用に設計されたパケット交換網を表しています。回線交換では伝送待ちによるパケットの遅延はありませんが、その代わり回線速度以上の速さでパケットが入ってくると、パケットのロス（呼損）が発生します。右側のパケット交換では、バッファが入っているため呼損を少なくすることができますが、パケットの遅延が発生します。論理的にはバッファを大きくしていけば呼損をゼロにすることはできますが、その代わり遅延が大きくなってしまいます。このように、両者の網設計（アーキテクチャー）は全く違います。

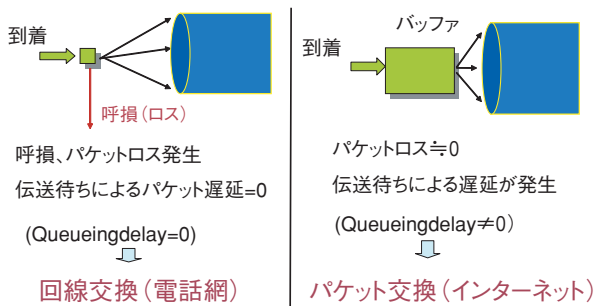


図1. 現状ネットワークの基本アーキテクチャー

もう少し分かりやすい例で言いますと、従来の電話網は一定の速度で一定のお客さんを運ぶ鉄道網に相当し、インターネットは道路網で、車がパケットに相当します(図2)。道路網では、車(パケット)がたくさん入ってくるとそれに従って出て行く車も増えていきますが、ある量を超えると渋滞(ふくそう)が発生し、そこからがどんどん渋滞が大きくなり、

やがて動かなくなるわけです。このことから、インターネットというのはややこしいネットワークであるということがお分かりいただけると思います(図2)。

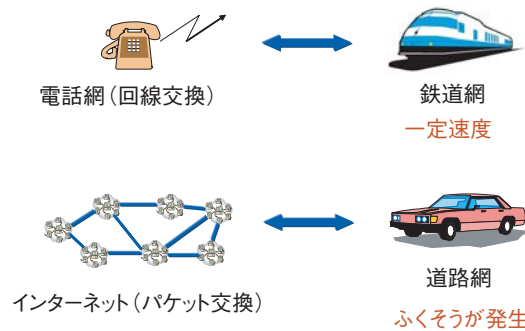


図2. 通信網と交通網の対比

パケット交換すなわちインターネットは、最初はデータ用のネットワークとして設計されました。キーボードからデータを打ってリターンキーを押すと、その後少し考えるということで、連続してデータが出るということは想定していませんでした。しかし、利用が増えるに連れデータ以外の音声や映像といった、いわゆるストリームのメディアを送りたいという要求が出てきました。

インターネットではすべてのお客さんを、車すなわちパケットで送ることを考えていますから、トラフィックが増加してくれば、車の数が多くなるので、自然渋滞が起きてしまうわけです。

では、なぜIPパケットを使うのでしょうか。世界をカバーしているインフラがIP以外にはないからです。電話網では、地球の裏側まですぐにつながるとは限りませんが、インターネットだったらつながるのです。

また、なぜインターネットが世界の裏側までつながるようになったのかと言えば、ネットワークの構築、運用コストが回線交換に比べてはるかに安いからです。

図3は、回線交換のコストとパケット交換のコストを比較したのですが、ネットワークの運用や保守まで含めても、不等号が二重になるぐらいパケット交換の方が安いのです。

30年ほど前、私がインターネットの研究を始めたころ、このことを主張しました。当時、ネットワークアナリストコー



\$(回線交換) > \$(パケット交換)

\$(): ネットワーク運用・保守費用/月

I. Gitman, Miyahara in 1978 IEEE Proceedings

(この不等式は20年後でも変わらない)

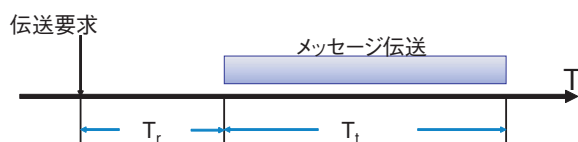
図3. 回線交換とパケット交換とのコスト比較

ポレーションのI.Gitmanもほとんど同じ内容の論文を出していました。そこで、彼と会って、「20年後にはいろいろな素子が開発され、光ファイバが実用化されて、伝送路が高速になってもこの不等式は変わらないよね」という話をしたことがあります。それから30年ぐらい経っていますが、現在でもこの式は変わっていないと思います。

脆弱であり、もともとデータが得意で、音声や映像とカストリーム・メディアは不得意なインターネットが、ただ安いからできてしまったので、それを使っているというのが現状なのです。現在、我々は鉄道や車をその時々状況に合わせて利用しています。同様に考えれば、通信でもデータは車で、音声はバスぐらい、映像は新幹線と、メディアごとに適した乗り物を使うべきなのではないでしょうか。

理想のネットワークとは

我々が追及している理想のネットワークとは、「伝送要求が発生した直後にそのメディアが要求する伝送品質を持った回線を一定時間確保できるネットワーク」です(図4)。それは、新幹線も使い、バスも使い、自動車も使うネットワークなのか、あるいは全く新しいリニアモーターカーのようなものがいいのか。その辺を「新世代ネットワーク」で模索していこうと提言しているのです。



T_r : 伝送開始可能までの時間

T_t : 伝送時間=メッセージ長/回線伝送速度

$$T_r / T_t \rightarrow 0$$

伝送要求が発生した直後に、そのメディアが要求する伝送品質をもった回線を一定時間確保できること。

図4. 理想のネットワーク

「新世代ネットワーク」では日本が優位に

なぜ、日本はIP技術で遅れたのでしょうか。私は、日本の技術が低かったからではなく、むしろ日本の伝統工芸などに生かされている完璧性を求める感性によるところが大きいと思っています。私がインターネットの研究を始めたとき、当時の大手通信会社の方々は、すぐに切れたり、ふくそうが起こったりするような脆弱なネットワークはネットワークではないと言われました。それはそうなのです。そういう感性があるから、世界で初の、完璧な全国即時電話網ができたのです。

しかし、今以上のトラヒック要求が出てくるユビキタス時代には耐えられないのが現状です。したがって、新しい考え方に基づく「新世代ネットワーク」が必要になっているのです。

今後は、日本が進んでいる光伝送技術とか、モバイル技術とか、家電技術とか、これまで蓄積してきた技術が生かせるときだと思います。これまでの技術を統合し、従来よりも少しフレキシブルな考え方を持ってネットワークを設計すれば、「新世代ネットワーク」で我々は外国より優位に立てるだろうと思います。

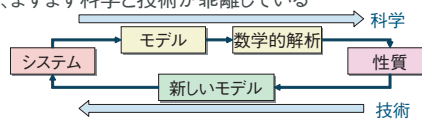
「新世代ネットワーク」の構築に向けて

我々は、「新世代ネットワーク」をどのように構築していくべきでしょうか。Incremental Innovationと言っていますが、今のIPネットワークをベースに理想のネットワークという最終ゴールに向けて徐々にマイグレーションしていく必要があると考えています。

アーキテクチャーは、もともと建築上の言葉から来ているわけですから、単に技術だけではなくデザイン的な要素も入ります。もっと言えば、技術とサイエンスを融合した形でアーキテクチャーを考えていく必要があると考えています(図5)。

- 科学と技術の違い
 - 科学(解析): 既に存在しているものにある普遍的な法則を探求すること
 - 技術(設計): 新しい機能を実現する具体的な方法を案出し、作り上げ、利用すること

- 最近、ますます科学と技術が乖離している



- 今後は、科学と技術のサイクルを確立する必要がある

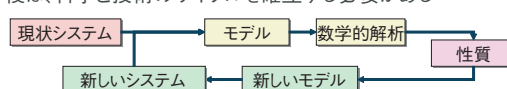


図5. アーキテクチャー= 科学+技術



私が大阪大学にいたとき、ネットワークを考えていく上で何が重要かを研究しました。パワー則（スケールフリー性）、自己組織化、自己成長、複雑適応系、創発性、非平衡系がキーワードとして出てきました。こういうキーワードを持っているものは何かといたら、それは生物でした。

情報ネットワークは生物のネットワークに類似

大腸菌の発現における、たんぱく質とたんぱく質が一緒になって別のたんぱく質になるという様子をよくよく観察すると、べき乗則になっていることが分かります。つまり、横軸をたんぱく質結合の濃度に、縦軸をそういう濃度が現れる確率として取ると、べき乗則（パワー則）に従っているのです（図6）。

他方、ある程度自然に任せて発生してきたインターネットを見てみると、パケット量とその出現確率は同じべき乗則に乗っているのです。このことから、インターネットというものは、ある意味では最適な形を取っているという不思議な現象になっています。

しかも、今我々が考えているオーバーレイネットワークは、TCPの上にもう一つTCPの機能を使って、何段かの階層的なネットワークを作ろうという考え方なのですが、それも生物の代謝ネットワークと遺伝子ネットワークとが図6に示すような階層となっていて、非常によく似ているのです。この

ように、生物の知見からいろいろと学ぶことが多いということで、プロジェクトをスタートしてもおります。

海外との連携も重要

ネットワークの研究は、我々だけで進めていても意味がありません。世界とつながらなければいけません。総務省とNICTでは、オールジャパンとして新世代ネットワーク推進フォーラムを作り、そこを通じてアメリカNSF傘下のGENIプロジェクトや欧州のFP7などと連携して、世界標準を目指していくつもりです。

特にNICTでは、

- 1) 新世代ネットワーク研究開発戦略本部（本部長：宮原秀夫、2007年10月1日設置）体制での取組
- 2) 「新世代ネットワーク推進フォーラム」への積極的貢献
- 3) 実証実験のためのネットワーク構築（JGN2⇒JGN2plus）を3本柱として積極的に取り組んでいくつもりです。

短い時間でしたので十分なお話はできませんでしたが、現状のIPネットワークでは不十分なのだ、次の新しいネットワークが必要なのだということだけはお分かりいただけたかと思います。

御清聴ありがとうございました。

（2007年12月18日第362回ITUクラブ講演より）

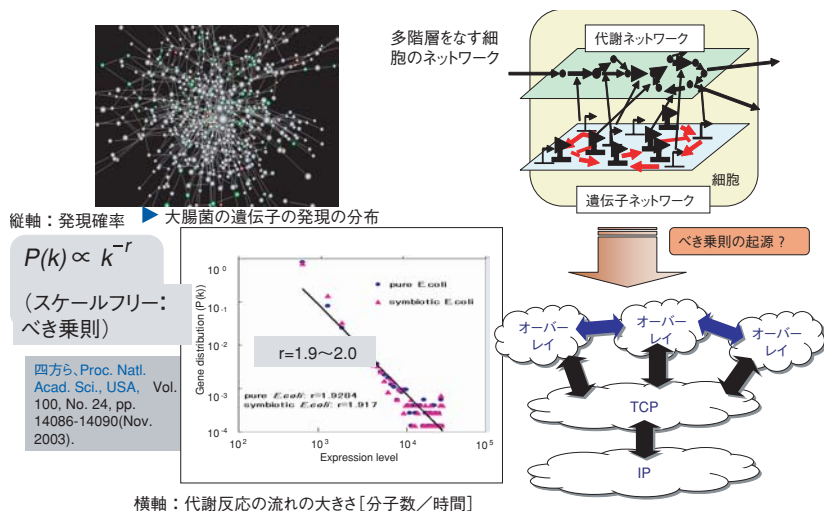


図6. 生物と情報ネットワークに見る共通性