

テレコム文化と コンピュータ文化の衝突

慶應義塾大学 松下 温 on@ics.keio.ac.jp

社会インフラの整備は、通常、国家が計画し、予算化して長期間かけて遂行される形態をとる。電話網も各国が長期間にわたって整備し、国家間の相互接続を話し合っ標準化 (ITU) し、地球規模の通信インフラが構築されてきた。しかしながら、国家も主要なキャリアもまったく関与しない民間とボランティアによって推進された、歴史上はじめて以来の地球規模の新しい通信インフラ (インターネット) が登場した。国家とは何であるのかを改めて考えさせるまったく新しい事態に出会った感が深い。

EUによる軍事力によらない通貨の統合と合わせて考えると、21世紀の国家観はまったく新しく変容するように思える。1996年に、アメリカでは電子メールの数が物理的な郵便の数を超え、インターネットの普及にとって1996年は象徴的な年となった。インターネットを介した取引がさまざまな分野で進展している。食料品、金融・保険、株式投資、自動車などのネット取引が急進している。

電話通信では、発信端末と受信端末の間に物理的回路を形成し、通信終了時まで通信回線が両端末に独占される (回線交換と呼ばれる)。通話する2人の会話がとぎれても2人の間の回線は占有され続け、受話器を置くまで独占される。この回線交換

方式は帯域保証型の通信方式である。

実際に、電話の通信では、2人の間の占有回線上に信号が流れるのは35%で、65%が使用されていないが無駄に占有されていることになる。

一方、コンピュータ通信では、送信したいメッセージがパケットと呼ばれる適切な単位に分解され、そのパケットごとに独立に転送される (パケット交換と呼ばれる)。パケット交換では、通信する2つの端末に独占する通信回線は存在せず、他の通信呼のパケットと通信回線を共有される。各中継ルータをパケットをいったん蓄積し、ヘッダの宛先により適切な放路へ転送される (store and forward)。占有する通信回線が存在しないため、パケットの遅延がトラフィックの変動に影響されるので、パケット交換方式はベストエフォート型の通信方式と呼ばれる。

音声、映像などの情報は周期的に一定量の情報を伝送することが必要なため、きわめてリアルタイム性に厳しいが、誤りに対してはある程度許容される。一方、データ通信では1秒を競うリアルタイム性はないが、1ビットの誤りも許容することはできない。このまったく相反する性質を持つ音声とデータとを同時に扱うことは難しく、それぞれに適した交換方式が採用されてきた。両者を同時に扱う統合ネットワークの出

現を長い間はばんできた。

光デバイスの登場と、光ファイバの高品質化による高速広帯域の通信回線の登場とVLSIの進展により、新しい思考に基づくネットワークの構築が可能となり、その中核的な方式はATM (Asynchronous Transfer Mode) と呼ばれる。ATMの交換方式の特徴は以下のようになる。

- パケットの蓄積遅延を少なくするために交換する単位 (セルと呼ぶ) を小さくする。
- 回線交換のタイムスロットと同様にセルを固定長とするヘッダが一定周期ごとに出現するので、スイッチングを高速化できる。
- パースト的なトラフィックに対して、状況により任意のセルを連続して割り当てられる。
- 光ファイバによる回線上の品質が向上するため、中継交換機間の誤り検出と回復機能を省略し、エンド・ツー・エンドにまかせる網内の処理を単純化する。

一方、アメリカや日本は、新興の通信キャリアが光波長多重WDM (Wavelength Division Multiplexing) と超高速のルータを組み合わせたギガビットのバックボーン (IP over ATM あるいは IP over WDM) 商用サービスをはじめている。

バックボーンの高速化はトラフィ

ックの集中する大都市や国際海底ケーブルにおいてWDMによるところが多い。ファイバ1本の伝送容量に関して、陸上の短距離（数100km）で1Tbpsが、1万kmの海底でも160Gbpsが実現されており、WDMでは扱える波長数が増大すると、21世紀初頭には数Tbps～数10Tbpsが伝送できるようになると予想される。光技術と電子技術をハイブリッドに使用することにより、数Tbpsの能力を持つテラビットルータも複数の新興通信ベンダが開発完了している。これまでのTCP/IPをベースとするインターネットの通信品質（特にインターネットによる音声通信：VoIP（Voice over IP））問題をある程度解決する可能性があることから、IPパケットを基本とする次世代インターネットが新しい世代の公衆網になると期待が集まっている。

アメリカや日本では多くの次世代インターネットプロジェクトが形成され、活動が活発化している。NGI（Next Generation Internet）やInternet2である。これらのプロジェクトでは、IP over SONET（Synchronous Optical Network, SDHのアメリカ版）や、IP over ATM（Asynchronous Transfer Mode）で実現を計画している。SONETは1988年に標準化された伝送多重ハイラキー（SDH: Synchronous Digital Hierarchy）の51.84Mbpsを基本とする伝送システムである。IPパケットを取り扱うルータをこの伝送システムとキャリアの交換機を介さずに直結し、高速低価格化をめざすインターネット構築手法である。一方、ATMは音声からバースト性（普段はデータ量がすくないが時々大量データが発生する）のデータまでを同時に扱えるように工夫した次世代の交換機である。ATMを基本とするネットワークの高速化は主としてキャリアに

よって推進されてきた。ルータがコンピュータベンダによって開発されてきたのと比較すると、次世代インターネットがテレコム側とコンピュータベンダ側の文化が本格的に衝突する主戦場となる。

日本における通信インフラストラクチャは、他の社会インフラ（電気、ガス、水道、道路など）と同様に、日本の近代化のために主として国家や公共機関によって進められた。通信インフラとしての電話網は日本電信電話公社（現NTT）の一家独占によって計画的に全国あまねくいきわたるよう推進された。巨大なテレコム市場が形成され、テレコム文化圏が構築された。一方、コンピュータ市場は1960年代から規模が拡大し、国の政策とあいまって研究開発が奨励され、技術立国をめざす中心にすえられた。コンピュータによるネットワーク化が推進され、パソコンの登場はネットワーク化の勢いをさらに加速し、コンピュータ市場は拡大の一途をたどり、コンピュータ文化圏が構築されていった。

テレコム文化とコンピュータ文化とは、同じマーケットでこれまで競合することは少なかったが、インターネットの急速な普及がはじまって、テレコム文化とコンピュータ文化が同じマーケットで衝突し、次世代通信インフラを形成する上で2つの文化圏が激突する。

テレコム文化は一家の独占のもとに、計画的に高品質な伝送路と交換機から構成されるのに対して、コンピュータ文化を基本としたインターネットは、ネットワークはパケットを運ぶ以外の何の機能も持たず（Stupid Networkと呼ばれる）、ほとんどの機能は端末が持っている。テレコム文化を基本としたネットワークが、コンピュータ文化を基本としたネットワークに圧迫され、次世代に向かって後退しつつある。

このインターネットの高速化研究

に2つの流れがある。1つは伝統的なキャリアを中心に進められてきたATM技術と光伝送技術を基盤にインターネットを融合しようというもので、IP over ATMと呼ばれる流れである。もう1つはATMという技術を仲介とすることなく、インターネットを構成するルータと呼ぶ交換機を光技術の伝送路と連結するIP over WDMという流れである。

インターネットの加入者が増大し、デジタル放送が開始され、コンテンツのネット配信が増大するなど、ますます音声トラフィックに比してデータ通信トラフィックが増大すると予想されている。21世紀の初頭にデータトラフィックが80%に達するという予測がある。データトラフィックの増大につれ1つのルータが1つの光波長を占有する時期がくる。ルータが1つの波長を占有するので、ATMスイッチや回線を束ねる伝送装置や多重化装置（SDH, XC, ADM）が不要となる。光の波長の通過（バイパス）と落ちを光信号の領域で行うWDMとルータとを直結することが可能となる。

ルータの問題点は着信するパケットを蓄積し、宛先を判断して適切なルートに転送（store and forward）を基本としていることである。そのために遅延が発生し、何段もルータを中継するとリアルタイム性を保証できないこと、すなわちQoS（Quality of Service）を確保できないことである。ATMを介する通信では中継網の中でまったくルータを介することなく通信することが可能となり、両端でルータを通過するのみとなり（カットスルー通信と呼ぶ）、通信品質を確保できる。これがキャリア側の主張ポイントである。

最終的には、通信コスト（経路性）と通信品質とから、マーケットがゆくえんを決定する。

（平成12年5月8日受付）