

# 情報通信システムの性能評価

大阪大学 宮原 秀夫 miyahara@ics.es.osaka-u.ac.jp

## はじめに

通信システムに限らず、あらゆるシステムを設計／構築する場合、あるいは新しいシステムアーキテクチャを考える場合、そのシステムの性能を明らかにする必要がある。さらに、システム構築後も、システムのグレードアップのためには性能に関するチューニングを行う必要がある。システムのモデル化と性能評価は、そのためのツールとなるものであり、性能評価手法の中で、対象システムをモデル化して数学的に取り扱うのが通信トラフィック理論、あるいは待ち行列理論と呼ばれるものである。

現在、高度情報化社会の実現に向けて、音声／データを主体としたサービス統合デジタル網から、静止画／動画をも含むさまざまな情報メディアを扱う高速広帯域のマルチメディア通信網へと、通信網の変革が実現されつつある。

性能評価手法としては、通信トラフィック理論による解析の他に、シミュレーションによる手法がある。最近の計算機性能の向上、およびGUI (Graphical UserInterface) の発展に伴って、従来に比べて優れたシミュレーションパッケージが登場しつつあり、性能評価のためのツールとして有効なものになっている。

## 性能評価の目的

他の多くのシステムについてもいえることであるが、通信システムも(1)計画、(2)設計、(3)実装、(4)チューニングの各段階を経ていく。新しい通信システムの計画段階においては、どのようなユーザに対して、どのようなサービスを提供しようとするのかをまず明らかにしなければならない。そのため、この段階においては、目的に応じたアーキテクチャをいくつかの選択肢の中から選択することが必要になる。性能評価の役割は、それら選択肢の性能を定量的に示すことである。また、システムの設計／実装段階においては、その詳細な仕様を決定していく際に性能評価が必要になる。たとえば、パケット交換機におけるバッファ容量や回線容量、回線交換機における回線数やその容量などが評価の対象となる。さらに、システムが実装されて製品化された後も、システムのグレードアップのための性能評価が必要になる。この段階では、ユーザの要求に応じたシステムの再構築が不可欠になり、そのためにユーザが発生するトラフィック(ワークロード)の特性を正確に把握することが特に重要になる。ここでは、漠然と「正確に」といったが、一般にはこの作業は容易ではない。

性能評価のためには、対象となる「性能」とは何を示すものであるか

を明らかにしておく必要がある。一般に「このシステムは優れている」といった場合には、「ユーザインタフェースがよい」とか「革新的なアイデアを実現している」など心理学的、あるいは社会学的な概念までを含んでいる場合もある。また、現在「品質のよい」通信システムが必要であると盛んにいわれているが、「品質」ということば自体にはあいまいな概念が含まれている。性能評価によって、ある通信システムが品質のよいものかどうかを判断するためには、まず品質がよいとはどういうことかを定量的に示す必要がある。すなわち、「品質のよさ」を性能評価によって扱える指標で規定することによってはじめて、品質のよさが判断できる。

## 性能評価の手順

性能評価を効率よく、システムティックに行う一般的な方法というのはない。たとえば、ある文献では性能評価は「art」であるといっている。また、対象システムをモデル化する際には、何らかの仮定を導入し、単純化を行う必要があるが、その場合にも現実システムの特性を十分反映したものでなければならない。性能評価を行うには、導入した仮定が性能指標に影響を与えないものであるかどうかを判断する「feeling」をいかに養うかが重要であるともいわれ

る。もちろん、理論的に裏付けされた事実に基づいてこのような feeling を身に付けなければならないが、性能評価を行うには「知識と経験に基づく勘」が必要であることは否定できない。したがって、性能評価はシステムの開発時に重要なものであるにもかかわらず、開発現場では軽視されがちである。性能評価を行う場合でも、性能評価の経験に乏しい人を割り当てたり、設計段階が終わってからその性能評価を行われることもある。しかしながら、性能評価のための方法論は不完全ながら存在する。その手順は次のようになる。

- (1) 目標を設定する
- (2) 対象システムの特徴を明らかにする
- (3) 性能指標を決定する
- (4) パラメータを洗い出す
- (5) パラメータの取捨選択を行う
- (6) 性能評価手法を決める
- (7) 結果を分析する

性能評価において気を付けなければならないのは、恣意的に結果を導きだそうと思えば、それが可能であるという点である。結果は、あくまで導入した仮定の上でしか成立しないことを忘れてはならない。結果が不十分であれば、目標の設定まで戻って評価を再度行う。

### 性能評価手法の決定

性能評価を行うための手法を大別すると、以下の3通りが考えられる。

- (1) トラフィック理論/待ち行列理論による解析手法
- (2) シミュレーション技法
- (3) 実システムの計測

以下、それぞれの手法をさまざまな観点から比較する。

当然のことであるが、システム計画段階では、(1)あるいは(2)を用いる必要があり、実システム導入後は(1)から(3)までのすべてが選択の対象になる。また、実システム

導入後の段階においては、現システムの不十分な個所を洗い出したり、ユーザのワークロードの特性をつかむために(3)は有効な方法であるが、将来的な予測まで含めて評価をする場合には(3)では不十分で(1)あるいは(2)が必要になる。

モデルの記述能力については、シミュレーションの方が解析手法よりも高い。数学的に取り扱える解析モデルを構築するためには、さまざまな仮定を導入しなければならない。一方、シミュレーションモデルの方は細部までモデル化できるが、気を付けなければならないのは、記述能力が高いゆえに不必要な細部までモデル化してしまうことである。そうならないためには、目標の設定を適切に行い、対象システムの特徴を十分理解することが必要である。

評価に要する時間は、一般には、解析手法の方がシミュレーションより時間が短い。しかし、最近の傾向として、(i)扱う対象システムの複雑化により、解析手法も複雑にならざるを得なくなり、そのため、計算を行う際には計算機のメモリなどの制限を受けることが多い。(ii)解析手法によっては確率分布を導出するために、計算時間が膨大になる場合がある。ところが、必要な指標がたとえば平均待ち時間のように一次モーメントのみという場合には、時間の無駄になるのみである。この場合、シミュレーションの方がずっと早く解が得られる。(iii)最近のシミュレーションパッケージが提供するモデルの記述能力は飛躍的に向上し、プログラミングに要する時間の短縮は著しい。したがって、複雑な解析式を扱うよりも、簡単に評価が行える。以上より、解析手法によるよりもシミュレーションの方が効率的な場合もある。

性能評価の目的の1つは、トレードオフの関係にあるパラメータ群の中から最良の性能を与えるパラメー

タ領域を明らかにすることである。解析の場合には性能指標が陽な形で得られれば、この作業は簡単になる。また、解が陽に得られない場合にも、各パラメータがシステム性能に与える影響の見通しはつきやすい。一方、シミュレーションの場合にはそのようなパラメータを見つけ出す作業はかなり困難になる。

以上のように、それぞれの手法に一長一短あるのはいうまでもなく、したがって、信頼性の高い結果を得たいのであれば、それぞれの手法によって得られた結果を突き合わせるのが望ましい。特に、解析やシミュレーションにおいては、プログラムのバグは不可避のものであり、そのためにも複数の手法の組合せが必要である。また、単純化したモデルの解析によって、対象システムにとって意味のあるパラメータ領域を明らかにし、より詳細なシミュレーションによって評価を詳しく行うというのも双方の欠点を補い合うための効果的な手法である。

### 終わりに

本稿では、性能評価の目的、および、その手法について概説した。この分野の研究は、古くて新しいテーマである。つまり、電話交換網の設計には、トラフィック理論の典型でもあるアーラン公式が用いられた。その後、計算機、計算機ネットワークの設計にこの理論を応用した研究は多く発表されてはいるが、実際のシステムがトラフィック理論を駆使して構築された例はまだ少ない。しかし、今後、ユーザのサービス要求がきわめて多様となるマルチメディア・ネットワークなどにおいては、システム性能評価手法が大いにその力を発揮するところであろう。

(平成12年12月4日受付)