

Charging Based on Queue Observation

豊泉 洋
会津大学

1 はじめに

銀行、電話ボックス、公衆トイレ、スーパーのレジなどサービスを受けるさまざまな場面で、人は列に並びサービスを受ける。一般的に最も簡単で公平な queueing 方式（サービス順序）と考えられるのが、先着順サービス（FIFO：First-In-First-Out）である。しかし、インターネットのように多彩なサービスが混在する環境では、FIFO 以外の queueing 方式によりサービスを差別化し提供する方法が検討されている[1],[2]。商用サービスとして、これらのサービスを統合して、優先的なサービスを受けたものとそうでないものに対して料金上の差をつけることは重要な課題である[3]。

ここでは、インターネット等において queue 自体を観測することによって、queueing における取り扱いの料金を算出する方法について述べる。

2 インターネットの Queueing 方式

インターネットでは、メール、WWW のようなある程度の遅延を許容するサービス、音声・動画の即時再生のように遅延にセンシティブなストリーミングサービス、ビジネス上優先されるべきミッションクリティカルな業務のデータ通信サービスなど多彩なサービスが混在している。サービス毎に異なる要求条件に対応するために、多種多様な queueing の方法が提案されている。簡単に代表的な queueing 方式を紹介する。

(1) FIFO

先着順にサービスをする最も一般的な方法。

(2) Weighted Fair Queueing (WFQ) [4]

プロセッサシェアリングを擬似するような順番でサービスを行う方法。スループットと遅延が確定的に保証される。

(3) Class Based Queueing (CBQ) [5]

サービスを複数の種類のクラスに分類し、それぞれのクラスに対して優先度を考慮してサービスの順序を決定する方法。

実際の環境では、それぞれの方法の利点、欠点を考慮し、混在してネットワーク上に適用される。したがって、どの方法でも適用できる料金の算出方法は重要である。

3 FIFO を基準とした損失と利益

ここでは、FIFO が基準となる queueing 方式と考へ、あるパケットの優先度が低く、FIFO によるサービスより遅れが出た場合に損失が生じ、逆に FIFO より早くサービスされた場合に利益が生じたと考える。

あるパケット i が FIFO でサービスされた場合の待ち時間 W_i^{FIFO} に対して、実際の待ち時間が W_i であった場合には、その queue では、ユーザにとって $A_i(W_i - W_i^{FIFO})$ の損失が出たと考える。逆に、あるパケットが、FIFO によるサービスより早くサービスされた場合には、その優先的な取り扱いのために、 $A_i(W_i^{FIFO} - W_i)$ の利益を得たと考える。

以下では、上記 A_i のことを PFW (price for wait) と呼ぶ[6].

4 Queue におけるユーザの料金

料金を決めるには、ユーザ毎に、各パケットの損失と利益を集計する必要がある。すなわち、以下の G を算出しなければならない。

$$G = \sum_{i=1}^N A_i (W_i - W_i^{FIFO}). \quad (1)$$

ユーザによっては、料金 G の値は負になるが、良い queueing 方式 (ユーザの損失が少なくなるような方式) の場合には、queue 全体の和は正となる[6]。ここで、この料金は、サービスを受けたことに対する料金 (例 通信料) とは別に考えなくてはならないことに注意が必要である。

5 Queue 観測による料金集計方法

各パケットの待ち時間を記録せずに、簡易に料金の集計を行う方法を述べる。 $N(t)$ を時刻 t での待ちパケット数、 $A(t)$ を PFW の和とする。

$$A(t) \equiv \sum_{i=1}^{N(t)} A_i. \quad (2)$$

すると(1)は以下のような形にかける。

$$G = \int_0^T (A(t) - A^{FIFO}(t)) dt \quad (3)$$

ここで、 $A^{FIFO}(t)$ は、FIFO でサービスされた場合の PFW の和である。さらに、 G に対して以下のような近似を行う。

$$G \approx \sum_{k=1}^L (A(t_k) - A^{FIFO}(t_k)) \Delta t, \quad (4)$$

ここで、 L は観測期間 T 内のサンプル数、 Δt は

サンプル間隔、 t_k は k 番目のサンプル時点をあらわす。

したがって、各ノードは、実際にサービスを行う queue と仮想的な FIFO queue を用意し、以下の手順に従えば良い。

- (1) 観測周期毎に、各 queue に存在するパケットの PFW を観測し、ユーザごとに、 $A(t_k)$ と $A^{FIFO}(t_k)$ を算出する。
- (2) (4) 式を使い、料金を算出する。

この方法により、各パケットの待ち時間のデータを処理せずに、queue の状態のデータのみから料金の算出ができる。

6 まとめ

FIFO との差に対して料金を設定し、Queue 自体を観測することにより、簡易に料金を集計する方法について述べた。

参考文献

- [1] <http://www.ietf.org/html.charters/intserv-charter.html>
- [2] <http://www.ietf.org/html.charters/diffserv-charter.html>
- [3] Karsten et al. International Workshop on Quality of Service '98, California, 1998
- [4] A. Demers et al, Proc. ACM SIGCOMM, Sept. 1989, pp. 1-12.
- [5] S. Floyd et al, IEEE/ACM Transactions on Networking, Vol 3 No.4, August 1995
- [6] H. Toyoizumi et al, preprint
- [7] Kleirock Queueing Systems Vol. II: Computer Applications, John Wiley & Sons, New York, 1976