

# QoEを指標としたネットワーク資源動的割当て手法に関する研究

橋口 裕太

指導教員：奥田 隆史

## 1 はじめに

現在ネットワークは QoS[1] という指標で評価されている。QoS はネットワークの最大、最小帯域幅、データの誤り率、損失率等を含み、ネットワークの設計指標としても利用されている。しかし、今日のようなサービスが多様化したインターネットネットワークにおいては QoS を利用する事によって次のような問題が起こる。

QoS はネットワークを設計するサービスプロバイダ側が独自に定めるものであるため、それを利用するユーザを考慮していない。一方、ユーザには各々の性格に基づいて待ち時間に対して極端に不快感を示す者から、逆に寛大な者までが存在する。すなわち我々ユーザは必ずしも QoS を高くする事を必要としていない。この事より QoS を利用する事でネットワークの設計者とユーザのネットワークに対する設計思想が合致せず、ネットワークの設計におけるコストが大きくなってしまふ。

そこで、本研究では QoS を利用する事で起こる問題を解決するために、ユーザの性格や経験からネットワークを評価する指標である Quality of Experience(以下 QoE)[2] を利用してネットワークを設計する手法について検討する。本研究では、ユーザがサービスを利用する際に発生する待ち時間をユーザの QoS と捉え、以下ユーザのサービスにおける待ち時間を QoS とする。本研究では (1)QoS とユーザの性格、経験から QoE を導出するための数理モデルを提案し、(2)QoE をネットワークに対しフィードバックする事で、ネットワークが各ユーザに最適な通信経路を動的に構成する手法を提案し、離散形シミュレーションによって、待ち時間とネットワーク設計時のコストについて検討する。以下 2 節では、QoE を導出するための数理モデルとして利用する行動経済学の価値関数について説明する。3 節では本研究の性能評価モデルについて説明し、4 節で離散形シミュレーションによる性能評価例を示し、その結果を比較、考察する。5 節でまとめと今後の課題を述べる。

## 2 価値関数

本節では、本研究において QoE を導出するための数理モデルとして利用する価値関数について述べる。行動経済学において、期待効用との差から起こる心理変化を数式化したものを価値関数と呼ぶ。価値関数は利得及び損失量を  $x$ 、心理変化量を  $f(x)$  とすると式 (1) となる。ここで  $a$  は利得に対する心理変化の仕方を、 $b$  は損失に対する心理変化の仕方を定める定数で、経験的に  $a, b$  は 0.1~0.5 の値をとる事と、 $a < b$  である事が知られている [3]。この事より人間は利得よりも損失に対する心理変化量が大きい。また、 $l$  は損失回避性バイアスで、ある利益に対する心理変化量を 1 とした時の、それと同量の損失に対する心理変化量の比の大きさを示す変数である。損失回避性バイアスは経験的に 1~5 の値を示すことと、人間は一般的に  $l = 3$  であることが知られている [3]。これは個人の性格に基づいて、それぞれ異なる値を持つ。図 1 に価値関数を  $a, b$  について 0.1~0.5 まで描画したものを示す。

$$f(x) = \begin{cases} x^a (x > 0) \\ -lx^b (x < 0) \end{cases} \quad (1)$$

本研究では価値関数を、本研究においてネットワークを利用する各ユーザが QoS と各ユーザの経験、性格から QoE を導出する為の数理モデルに利用する。本研究では損失回避性バイアス  $l$  をユーザの性格、予想配送時間をユーザの経験とする。また、本研究では価値関数における利得及び損失に対する心理変化の仕方を定める定数  $a, b$  を経験的に一般とされている  $a = 0.3, b = 0.5$  とする。本研究において価値関数を利用する事で、各ユーザの経験や性格を基にしたユーザの主観的な評価を現実に近いレベルで表現する事ができる。

## 3 想定環境とそのモデル化

本節では、本研究の性能評価モデルについて述べる。3.1 節で本研究の想定利用環境と、それを基に構築した性能評価モデルについて説明

し、3.2 節で性能評価モデルでのパケット配送の手順について説明する。

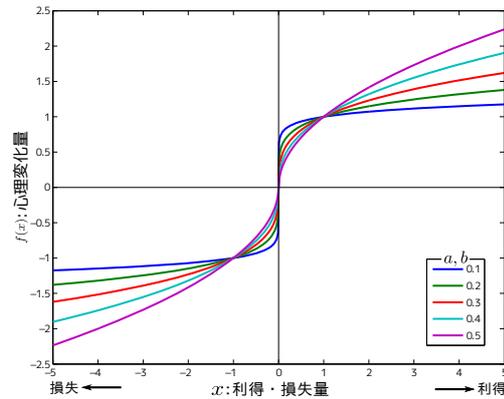


図 1 価値関数

### 3.1 想定利用環境及び性能評価モデル

本研究の想定利用環境を図 2 に示す。複数のユーザがインターネット上のサービスを通じてネットワークを利用する環境を想定している。

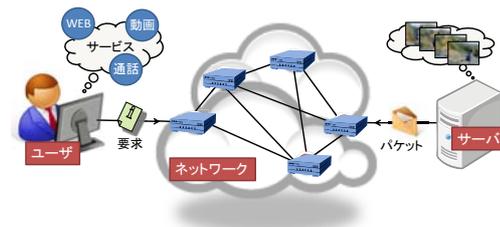


図 2 本研究の想定利用環境

図 2 の想定利用環境より構築した本研究の性能評価モデルを図 3 に示す。本研究の性能評価モデルは、エージェント、ネットワーク、サーバ、コントローラの 4 つの要素から構成される。本研究の性能評価モ

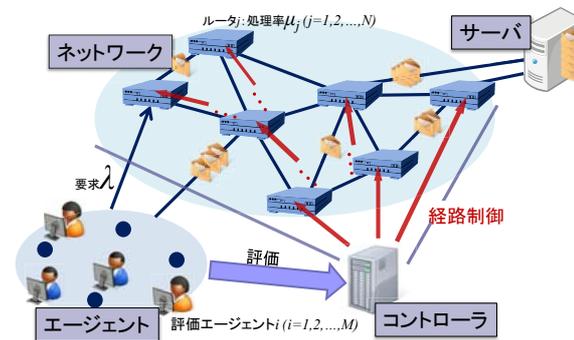


図 3 性能評価モデル

デルにおけるエージェントの動きについて説明する。本研究のエージェントは評価エージェントと一般エージェントの 2 種類が存在する。両エージェントはネットワークに対して要求を発生させ、サーバから要求に応じたパケットを受信する。

評価エージェントは  $M$ [人] 存在し、各々が予想パケット配送時間、損失回避性バイアス、利用サービスの 3 つのパラメータを持つ。評価エージェントはパケット受信後、計測パケット配送時間、すなわち QoS と損失回避性バイアス、予想配送時間を価値関数を基にした以下の式に入

かし予想パケット配送時間を更新する．また、予想パケット配送時間と計測パケット配送時間の差に応じて、利用しているルータの組換えを要求する．

- 計測時間 > 予想時間 (満足) の場合  
( $\frac{\text{計測時間}}{\text{予想時間}}$ )<sup>a</sup> だけ予想時間を短縮
- 計測時間 < 予想時間 (不満) の場合  
 $l(\frac{\text{予想時間}}{\text{計測時間}})^b$  だけ予想時間を延長

一方、一般エージェントは無数に存在する．一般エージェントは利用サービスをパラメータに持ち、予想パケット配送時間を更新しない．

### 3.2 性能評価モデルにおけるパケットの配送

本研究の性能評価モデルでのパケット配送手順を、次の 1. ~ 5. に示す．

1. エージェントは平均  $\lambda$  のポアソン分布に従い、Web サイト閲覧、ストリーミング映像配信、双方向通信のいずれかのサービスをランダムで利用し、サーバに対してパケットを要求する．
2. エージェントから発生した要求はネットワーク内のルータを  $h$ [回] 経由してサーバに配送される．ネットワーク内において、各ルータは平均  $\mu$  の指数分布に従いパケットを次のルータへと配送する．この時、ルータの処理率に応じたルータ利用コスト  $c$  と、平均  $d$  の指数分布に従った処理遅延時間が発生する．
3. 要求がサーバに到着すると、サーバは要求に応じたパケットを直ちに生成し、エージェントに対して送信する．パケットは 2. と同様の手順でサーバからエージェントへ配送される．
4. パケットがエージェントに配送されると、評価エージェントは計測と予想の両パケット配送時間を比較する．各評価エージェントにおいて、予想パケット配送時間よりも計測パケット配送時間が短い場合は満足状態、長い場合は不満状態であるとする．不満状態の場合、エージェントはコントローラに対して自身の通信経路の中で最も処理率の低いルータを、処理率の 1 段階高いルータへ変更するよう要求し、満足状態の場合は最も処理率の高いルータを処理率の 1 段階低いルータに変更するよう要求する．コントローラは要求を受けて直ちにルータを変更する．また、評価エージェントは先に述べた式に従い、予想パケット配送時間を更新する．本研究では性能評価モデルにおいて QoS についても評価を行うが、QoS では心理変化は考慮せず、予想パケット配送時間と計測パケット配送時間の差だけ予想パケット配送時間を更新する．
5. 評価エージェントは要求したパケットを受信後、再度パケットの要求を発生させる．以下、シミュレーション期間中 1. ~ 5. を繰り返すものとする．

## 4 数値例

性能評価モデルにおいて、評価エージェント及びネットワーク内の各ルータに定めたパラメータを表 1 に示す．平均要求発生率  $\lambda$  は、インターネット上のサービスを、Web サイト閲覧、動画配信サービス、双方向通信サービスにおける必要帯域幅を網羅する値とする．平均パケット処理率  $\mu$  は、業務用ネットワークルータの処理率を 3 段階に分けたものを利用する [4]．本研究では  $M$ [人] の評価エージェントの損失回避性バイアスの分布をパターン A から E までに割振るが、紙面の都合上割愛する．シミュレータには C 言語と離散事象シミュレーションパッケージ Csim20[6] を利用する．1 週間相当のシミュレーションを 5 回を行い、平均値を結果とする．

要求の発生率に対するエージェントの平均配送時間を、各評価指標毎に示したものを図 4 に、単位配送時間あたりのルータ利用コストを各評価指標毎に示したものを図 5 に示す．

図 4 より、QoE では予想配送時間の大きいエージェントに対して処理率の低いルータを割当てたため、平均の配送時間が QoS に比べて大きくなるのがわかる．一方で図 5 より、QoE では単位配送時間あたりのルータ利用コストが QoS に比べて低い事がわかる．以上より、本研究の想定利用環境では、コストが急激に増加する 0.7Gbits/s まではネットワークの評価、設計指標として QoS を利用し、それ以上ではコストを抑えるために QoE を利用することが望ましい．

表 1 性能評価モデルにおける評価エージェントと各ルータのパラメータ

項目	記号	数値
評価エージェント数	$M$	100[人]
ネットワーク内ルータ数	$N$	30[台]
平均要求発生率	$\lambda$	0.1 ~ 1.0[Gbits/s]
平均パケット処理率	$\mu$	1.0, 0.75, 0.5[Gbits/s]
ネットワーク内平均ホップ数	$h$	3~6[回]
ルータ利用コスト	$c$	1, 10, 100
平均ルータ処理遅延時間	$d$	0.5~1.0[sec]
ユーザ損失回避性バイアス	$l$	1~5

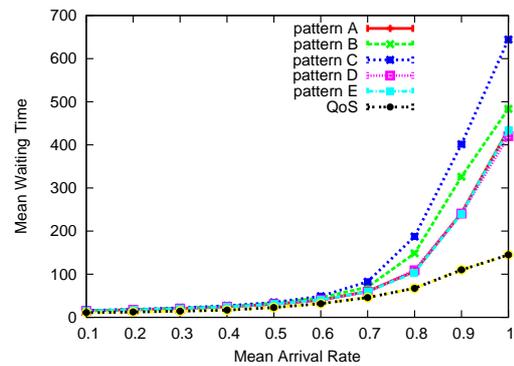


図 4 平均要求発生率毎のエージェントの平均配送時間

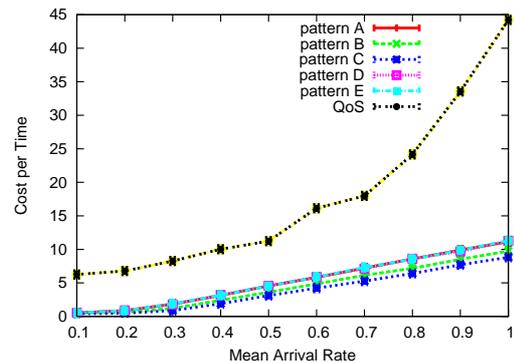


図 5 単位配送時間あたりのルータ利用コスト

## 5 おわりに

本研究では、ネットワークをユーザの性格や経験から評価する指標である QoE で評価し、QoE を基にネットワークを動的に構成する手法を提案し、その性能評価を行った．その結果、QoE を評価指標としたときの配送時間の変化や、単位配送時間あたりのルータ利用コストを明らかにし、QoS を評価指標とした時と比べて単位配送時間あたりのルータ利用コストが低く抑えられる事を明らかにした．今後の課題としては、システム全体ではなくある少数の評価エージェントに着目し、予想配送時間がどう推移していくかが挙げられる．

## 参考文献

- [1] 戸田 巖, 『詳解 ネットワーク QoS 技術』, オーム社出版局, 2001.
- [2] ur Rehman Laghari, “QoE Aware Service Delivery in Distributed Environment”, 2011 IEEE Workshops of International Conference, vol.23, pp. 837-842, 2011.
- [3] 真壁 昭夫, 『実践! 行動ファイナンス入門』, アスキーメディアワークス, 2009.
- [4] VPN 対応高速アクセスルータ, <http://jpn.nec.com/univerge/ix/index.html?>, 2013 年閲覧.
- [5] マーケティングの処方箋, <http://www.research-clinic.com/interview0005>, 2012 閲覧.
- [6] Mesquite Software, <http://www.mesquite.com>, 2013 年閲覧.