

# 次世代のサービス品質技術動向

State of the Art of Service Quality

阿部威郎 石橋 豊 吉野秀明

## Abstract

インターネットの社会インフラ化が進んでいる。品質要求条件が異なる多種多様なサービスを提供するため、通信ネットワークは品質を保証しないベストエフォート形から、必要に応じて品質を確保するマネージド形へと移行しつつある。これらのサービスを快適な品質で提供するためには、ユーザが体感する品質 (QoE: Quality of Experience) に基づき、ネットワークや端末等における品質 (QoS: Quality of Service) を適切に設計・管理することが重要である。本稿では、サービス品質技術に関して、QoE 評価・設計から QoE 管理・制御への技術の流れと、ネットワーク QoS 評価・測定に関する技術動向を概観するとともに、サービス品質技術の今後の方向性について提言する。

キーワード: サービス品質, QoE/QoS, 品質管理・制御, 高臨場感, 感性, 効用

## 1. はじめに

“ブロードバンド元年”と呼ばれた2000年以降、インターネットの社会インフラ化が急速に進んでいる。インターネット利用セグメントがアーリーアダプタからマジョリティに浸透するとともに、様々な産業活動がインターネット上で展開されてきている。既存の社会インフラの一つである固定電話サービスの代替としてIP電話サービスが普及する中、今後は通信と放送の融合にも大きな期待が寄せられており、品質要求条件が異なる多種多様なサービスが通信ネットワークを用いて提供されることになる。このようなインターネットを取り巻く環境の変化を受けて、通信ネットワークは、従来の品質を担保しない“ベストエフォート形”から、必要に応じて品質を確保する“マネージド形”へと移行しつつある。

通信サービスの品質の良し悪しは、顧客満足度を左右する大事なファクタである。このため、サービス提供者が快適な品質でサービスを提供するためには、ユーザが

体感する品質に基づき、サービス開始前にネットワークや端末における品質を適切に評価・設計するとともに、サービス開始後も提供品質の実態を監視・管理し、問題点があれば改善・制御することが重要となる。

本稿では、最近耳にする機会が増えた「QoE」(ユーザ体感品質)とは何かについて簡単に紹介した後、サービス品質技術に関して、QoE 評価・設計から QoE 管理・制御への技術の流れの一例として、インサービス品質管理技術について紹介する。次に、ネットワーク品質評価・測定に関する技術動向を概観し、最後に、サービス品質技術の今後の方向性を、「高臨場感」、「感性」、「効用」の観点から言及する。

## 2. QoS と QoE

従来、通信サービスの品質を表す用語として QoS が広く用いられてきた。通信サービスを享受するユーザが体感する品質も QoS (Quality of Service) の一つの側面としてとらえられてきたが、近年、QoS をネットワーク性能に対応付けるケースが多く見られている。このため、国際標準化機関の ITU-T (International Telecommunication Union-Telecommunication Standardization Sector) は2007年1月、「ユーザ体感品質」を表現する言葉として、新たに QoE (Quality of Experience) を以下のように定義した (ITU-T 勧告 P.10/G.100)。

阿部威郎 正員 東京医療保健大学医療保健学部医療情報学科  
石橋 豊 正員 名古屋工業大学大学院工学研究科情報工学専攻  
吉野秀明 正員 日本電信電話株式会社 NTT サービスインテグレーション基盤研究所

Takeo ABE, Member (Faculty of Healthcare, Tokyo Healthcare University, Tokyo, 154-8568 Japan), Yutaka ISHIBASHI, Member (Graduate School of Engineering, Nagoya Institute of Technology, Nagoya-shi, 466-8555 Japan), and Hideaki YOSHINO, Member (NTT Service Integration Laboratories, NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION, Musashino-shi, 180-8585 Japan).  
電子情報通信学会誌 Vol.91 No.2 pp.82-86 2008年2月

The overall acceptability of an application or service, as perceived subjectively by the end-user.

#### NOTES

- 1 Quality of Experience includes the complete end-to-end system effects (client, terminal, network, services infrastructure, etc).
- 2 Overall acceptability may be influenced by user expectations and context.

今後は、人間の知覚・認知特性を考慮した品質を QoE と呼び、ネットワーク性能やアプリケーション性能としての QoS 等と区別する必要がある (図 1)。なお、通信を包含するコミュニケーションサービスの品質に関する体系的な考え方は文献(1)を参照頂きたい。

### 3. QoE 評価・管理技術

2. の QoE の定義から分かるように、QoE がカバーする領域は非常に幅広い。ここでは、特に音声・映像通信サービスのメディア品質に着目した QoE を対象として、サービス品質技術の動向について述べる。

音声・映像に対する QoE をメディア信号を用いて客観的に推定する技術は、従来から盛んに検討されており、ITU でも標準化が進んでいる。IP 電話サービスの音声品質評価法である PESQ (ITU-T 勧告 P.862) や、MPEG-2 映像の符号化品質を評価する ITU-T 勧告 J.144 等がその代表例である。また、PC/モバイル端末への配信映像を対象とした客観品質評価法も 2008 年に勧告化される予定である。また、ネットワークや端末の各種 QoS パラメータから QoE を推定する手法も検討されており、IP 電話サービスの品質を評価する E-model (ITU-T 勧告 G.107) や、これを TV 電話サービスの品質評価に拡張した ITU-T 勧告 G.1070 が存在する。これらはサービス品質の設計を主用途として活用され、例えば IP 電話サービスで 0AB-J 番号を取得するためには、E-model で出力される QoE 指標 (R 値) が 80 以上になることが総務省令で規定されている。このように従来の QoE 推定法は、主にサービス品質の設計用途に検討されてきたが、今後の QoE 技術は評価・推

定した結果に基づいた品質管理・制御を意識していくことが必要である<sup>(2)</sup>。

従来の QoE 管理は、サンプル的に QoE を測定・監視することが多かったが、ユーザー一人一人に提供される QoE をサービス中に管理する“インサービス品質管理技術”が最近注目されている。以下、インサービス品質管理に関する技術動向を述べる。

IP 電話に対するインサービス品質管理手法が満足すべきフレームワークは、ITU-T 勧告 P.564 で標準化されている。一方、IPTV サービスを対象とした QoE 管理法の議論も ITU の時限研究会 FG-IPTV (Focus Group IPTV) において集中的に議論した後、ITU-T SG (Study Group) 12 で標準化が進められる予定である。ここでは、最新動向として、IPTV サービスの QoE 管理のフレームワークを紹介する (図 2)。

IPTV サービスを適切な品質で提供するための品質監視ポイントと同ポイントで有効となる品質評価技術は以下のとおりである：

- ・ 配信素材の品質管理 (ポイント 1)

符号化やトランスコードされた音声・映像が適切な品質となっているかどうかを管理する。特に、メディア信号レベルでソース信号と配信信号を比較する客観品質評価法が有効となる。また、メタデータの正確性等も確認が必要となる。

- ・ 多重化・IP 化後の配信素材の品質管理 (ポイント 2)

配信素材が IP パケット化された後に、音声・映像が適切に多重化されて IP ストリームとして伝送されているかを管理する。ポイント 1 と同じ品質評価法のほか、多重された場合のメディア間同期やメタデータの正確性等の確認が必要となる。

- ・ IP 伝送品質管理 (ポイント 3,4)

ネットワークで適切に IP 伝送されているかどうかを管理する。IP ネットワークの管理では、メディア信号レベルで品質監視は困難であるため、ネットワーク QoS で管理することが望まれる。ネットワーク QoS から

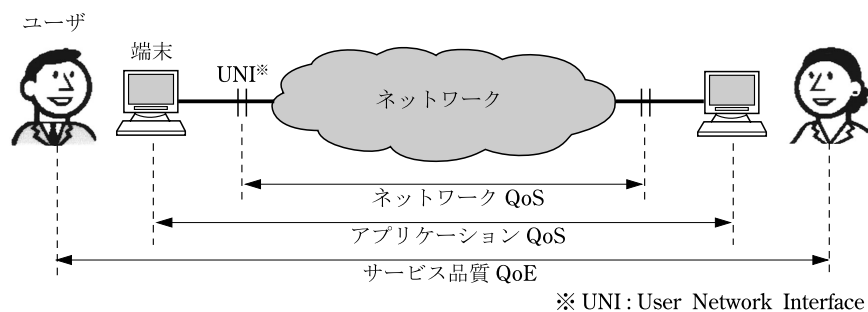


図 1 ユーザ視点での QoE とネットワーク/アプリケーションにおける QoS

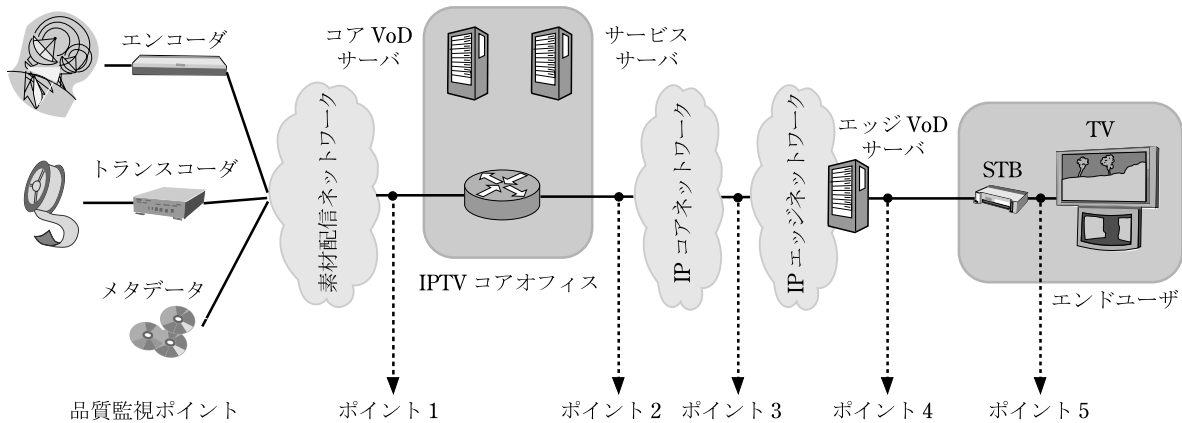


図2 IPTV サービスにおける品質監視・管理ポイント (FG-IPTV で議論されているワーキングドキュメント “Performance monitoring for IPTV” を元に作成)

QoE を導出するための一つの評価尺度として、近年 MDI (Media Delivery Index) という尺度が提案されている (RFC4445)。IP 電話や IPTV 等のリアルタイムサービスの品質は、IP パケットの損失や遅延揺らぎから受ける影響が大きいことから、メディアパケット損失率及び遅延揺らぎ値に基づいた尺度である。事前に MDI と QoE の対応関係を明確にしておくことで、QoE 推定のための参考データとなることをメリットとしてうたっている。このように、QoE 管理対象を限定すれば、ネットワークレベルの QoS、アプリケーションレベルの QoS、及び QoE の対応関係を求め (QoS マッピング<sup>(3)</sup>)、効率良く QoE を推定することが可能である。

・ ユーザ視聴品質管理 (ポイント5)

ホームネットワークや STB (Set Top Box) において、ユーザが視聴中の音声・映像が適切な品質であるかどうかを管理する。パケット情報に加えて、メディア信号レベルでの管理が可能となる。本ポイントで有効となる客観品質評価法は、本小特集第2章の「音声・映像サービス品質評価・推定技術及び標準化動向」を参照頂きたい。

これらの各品質監視ポイントで適切な品質管理が可能になると、あるユーザの QoE が低下した場合に、どの区間の品質劣化が原因となっているかを瞬時に切り分けることができる。ここで、各ポイントから QoE 推定に

必要な情報等を品質管理サーバ等に転送する仕組みも標準化が進んでいる。品質情報を転送するプロトコルとして、IETF (Internet Engineering Task Force) により RTCP-XR (RTP Control Protocol eXtended Report) が規定されている (RFC3611)。

#### 4. ネットワーク QoS 評価・管理技術

IP ネットワークを介して利用される様々なアプリケーションを想定して、ネットワーク QoS に対する要求条件が ITU-T 勧告 Y.1541 で規定されている。同勧告では、ネットワーク QoS に影響を与える 4 種類の尺度：IP パケット転送遅延、IP パケット転送遅延揺らぎ、IP パケット損失率、IP パケット誤り率により、QoS クラスを 0～5 の 6 クラスに分類している (表1)。IP 電話やテレビ会議等、リアルタイム性が強く、遅延揺らぎに敏感なアプリケーション向けに高品質クラスが、トランザクション通信やバルクデータ転送向けに低品質クラスが設定されている。現在、高速データ転送や IPTV サービスの普及を見据え、QoS 要求条件がより厳しいクラスを規定する方向で議論が進められている。

本勧告では、各ネットワーク QoS パラメータの上限値を定めるにとどまっておらず、QoS 目標値を満足しているかどうかを判定するための QoS 測定法や測定条件は規定されていない。ネットワーク QoS の測定法は

表1 ネットワーク QoS 要求条件

ネットワーク QoS パラメータ	QoS クラス (エンドツーエンドネットワーク QoS 目標値)					
	クラス0	クラス1	クラス2	クラス3	クラス4	クラス5
平均 IP パケット転送 遅延時間 (ms) (IPTD)	100	400	100	400	1,000	U
IP パケット転送遅延揺らぎ (ms) (IPDV)	50		U			
IP パケット損失率 (IPLR)	1 × 10 <sup>-3</sup>					U
IP パケット誤り率 (IPER)	1 × 10 <sup>-4</sup>					U

“U” は “unspecified” または “unbounded” を意味する。

IETF の IPPM 等で議論されている<sup>(4)</sup>。また近年、複数の観測点から得た QoS 測定データから、ふくそうリンクや経路障害の発生箇所を推定する技術も進んできており、これらの技術を活用した QoS 管理の実現が期待される。QoS 測定法の詳細は、本小特集第 3 章の「大規模ネットワークの品質計測・障害推定技術」を参照頂きたい。

上記のネットワーク QoS に対する要求条件の議論とは別に、ネットワーク QoS の劣化を抑えるための FEC (Forward Error Correction)、自動再送要求 (ARQ : Automatic Repeat reQuest) 等の技術も発展してきている。FG-IPTV では、前述の QoS 要求条件が厳しいクラスではなく、既存の QoS クラスでも対応可能であるとの意見も出されている。近年では上記の技術を組み合わせることにより、ネットワーク QoS 低下の影響を軽減する検討も行われている。詳細は、映像に関するネットワーク QoS を扱った本小特集第 5 章の「IP 映像伝送に要求されるサービス品質と品質確保技術」を参照頂きたい。

## 5. サービス品質技術の今後の方向性

最後に、サービス品質技術の今後の方向性を、①「高臨場感評価」、②「感性評価」、③「効用評価」の三つの観点から述べる。

### ① 高臨場感評価 (五感通信における QoE 評価)

従来の QoE 技術は、主に音声・映像 (視聴覚) の個別メディアに対する品質を対象とした検討が中心であり、複合メディアの QoE を取り扱っていく必要がある<sup>(5)</sup>。更に、近年の触覚インタフェースの発展に伴い、これを遠隔教育・協調作業等へ応用した場合の品質に関しても盛んに検討されている<sup>(6)</sup>。触覚メディア通信では、音声・映像通信と比べてネットワーク QoS に対する要求条件が厳しい上、ネットワーク QoS の低下によって伝えるべき触覚自体が変化してしまうという問題があり、これを軽減するための QoS 制御法が提案されている。その詳細は、本小特集第 6 章の「触覚メディア通信と QoS」を参照頂きたい。

### ② 感性評価 (評価尺度の高度化)

現在の QoE 評価は、主に音声や映像メディアの品質の良し悪しや、劣化に対する妨害度等に着目して行われている。今後実現されるであろう、より高品質・高臨場な通信のサービス品質を評価するためには、ユーザが抱く“感性”や“感動”をとらえていくことの重要性が増し、通信サービスの利用用途に応じて最適な QoE 評価を実現させていく必要がある。このような観点の先行検討例として、文献(7)、(8)等が挙げられる。

### ③ 効用評価 (広義の QoE への拡張)

3. では狭義の QoE 評価に関して述べたが、今後は広義の QoE 評価への拡張も必要になってくる。各種メディアに対する QoE 評価以外にも、操作性(ユーザビリティ)や機能性等も QoE の重要な側面と位置付けられる。例えば、FG-IPTV では IPTV サービスの QoE の構成要素として、音声・映像メディア品質以外にも、テキストやグラフィックスの品質、チャンネルザッピングや VoD トリックモード等のリモコン操作性、電子番組案内 (EPG : Electronic Program Guide) のダウンロード時間や操作性、メタデータの正確性、課金、サポート、アクセシビリティ等までを検討している。このような観点でとらえたサービス品質についても、今後研究・標準化が進んでいくと考えられる。

広義の QoE をユーザ効用 (Utility) と定義し、ユーザ効用を最大化するネットワーク QoS 設計・制御法が検討されている。その一例は本小特集第 4 章の「ユーザの効用から見た通信品質制御とその評価」を参照頂きたい。第 4 章の著者らは、このほかにもユーザの支払い意思額 (WTP : Willingness To Pay) をユーザ効用の一つととらえ、サービス提供者が得る収入を最大化するネットワーク QoS 制御法等についても検討を進めている<sup>(9)</sup>。

このほか、「次世代ネットワーク時代におけるサービス品質の将来像」に関しては、本小特集第 7 章にゆだねることとする。

## 6. おわりに

ベストエフォート形からマネージド形ネットワークへの移行、またそのネットワーク上で品質要求条件が異なる複数サービスの統合という、アナログ網からデジタル網への移行以来の大きなネットワークの変革の時を迎えようとしている。情報家電やホームセキュリティ等、今後もより重要なサービスがネットワーク上で提供され、社会インフラとしての重要度がますます高くなると予想される。ネットワークを介してユーザが安心・安全で快適なサービスを楽しみ、より豊かな QoL (Quality of Life) を得られるかどうか、サービス品質技術の発展がその鍵を握っているといっても過言ではない。

## 文 献

- (1) 間瀬憲一, 木村英俊, “コミュニケーションネットワークのサービス品質に関する動向と課題,” 信学論 (B-I), vol. J80-B-I, no. 6, pp. 283-295, June 1997.
- (2) 田坂修二, “映像・音声 IP 伝送の知覚サービス品質保証,” 信学誌, vol. 89, no. 10, pp. 876-879, Oct. 2006.
- (3) 山崎達也, 田坂修二, “マルチメディア QoS マッピング技術,” 信学誌, vol. 86, no. 6, pp. 396-399, June 2003.
- (4) <http://www.advanced.org/IPPM/>
- (5) N. Kitawaki, “Multimedia quality prediction methodologies for advanced mobile and IP-based telephony,” IEICE Trans. Commun., vol. E89-B, no. 2, pp. 262-272, Feb. 2006.

- (6) Y. Ishibashi and H. Kaneoka, "Group synchronization for haptic media in a networked real-time game," IEICE Trans. Commun., vol.E89-B, no.2, pp.313-319, Feb. 2006.
- (7) 伊藤嘉浩, 田坂修二, "IP ネットワーク上での音声・ビデオ伝送におけるユーザレバブル QoS の多次元評価," 信学論 (B), vol.J88-B, no.3, pp.689-702, March 2005.
- (8) K. Yamagishi and T. Hayashi, "Opinion model using psychological factors for interactive multimodal services," IEICE Trans. Commun., vol.E89-B, no.2, pp.281-288, Feb. 2006.
- (9) 矢守恭子, 田中良明, "差別化サービスの最低保証帯域幅と支払意思額の関係," 信学論 (B), vol.J89-B, no.3, pp.390-394, March 2006.

(平成 19 年 10 月 30 日受付 平成 19 年 10 月 31 日最終受付)



あべ たいお  
阿部 威郎 (正員)

昭 53 京大・工・数理卒。昭 55 同大学院修士課程了。同年日本電信電話公社 (現 NTT) 入社。NTT サービスインテグレーション基盤研究所主幹研究員を経て、平 18 から東京医療保健大・医療保健・教授。工博。通信品質に関する研究に従事。



いしばし ゆたか  
石橋 豊 (正員)

昭 56 名工大・工・情報卒。昭 58 同大学院修士課程了。同年日本電信電話公社 (現 NTT) 入社。NTT ヒューマンインタフェース研究所主任研究員を経て、平 5 から名工大・電気情報・助教授。現在、同大学院教授。工博。分散マルチメディアの研究に従事。



よしの ひであき  
吉野 秀明 (正員)

昭 58 東工大・理・情報卒。昭 60 同大学院修士課程了。同年日本電信電話(株)入社。現在、NTT サービスインテグレーション基盤研究所主席研究員。トラヒック・品質技術に関する研究マネジメントに従事。

