

NTT Confidential

開示先: 株式会社NTTドコモ

Copyright(c)2016 NTT Corp. All Rights Reserved.



成果資料(1011001000-P-H28-003) 「映像配信サービスのQoE評価技術」

2016年4月28日
NTTネットワーク基盤技術研究所
通信トラヒック品質プロジェクト
サービス評価グループ

- 本成果資料は、映像配信サービスの体感品質（QoE: Quality of Experience）を客観的に評価するための手順を技術資料としてまとめている。

1. はじめに

- 1.1 本検討の背景
- 1.2 本成果の位置づけ
- 1.3 本成果の効用

2. 既存技術の課題

- 2.1 既存技術との比較

3. 映像配信サービスのQoE評価技術

- 3.1 映像配信サービスのQoE評価技術の概要
- 3.2 QoE評価技術のフレームワーク
- 3.3 QoE評価技術の適用領域
- 3.4 QoE評価技術
 - 3.4.1 短時間音響品質推定モデル
 - 3.4.2 短時間映像品質推定モデル
 - 3.4.3 短時間AV品質推定モデル
 - 3.4.4 AVの符号化品質変動推定モデル
 - 3.4.5 AV品質変動推定モデル
- 3.5 QoE評価技術の性能評価

付録:

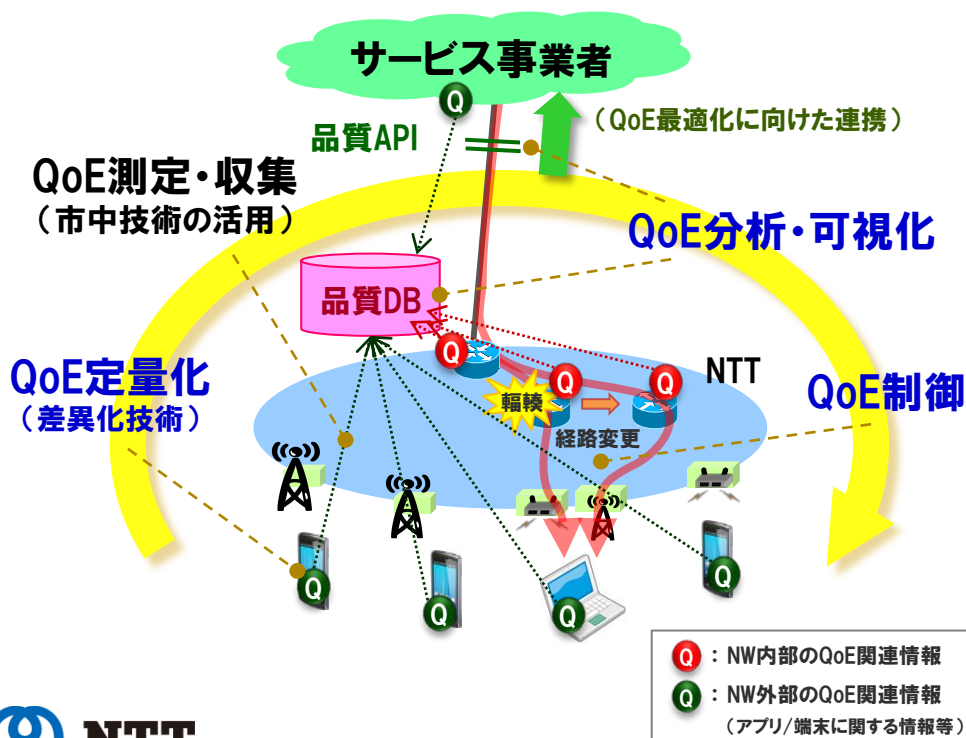
- 付録1 再生停止パラメータの概念図
- 付録2 品質推定技術の係数テーブル
- 付録3 ITU-T勧告P.1201.1
- 付録4 従来技術

1. はじめに

1.1 本検討の背景

- 従来のネットワーク機器の正常性監視に加え、各種通信サービスに対するユーザ体感品質(QoE)に基づき、**QoEを最大化するオペレーション「QoE-centricオペレーション」の実現**を目指している。
- 市中技術が取り扱うQoSではなく、**人間のQoE評価特性に立脚してQoEを最大化することにより、設備設計の効率化/ユーザ満足度の維持・向上を図る。**

【QoE-centricオペレーションの構成技術】



■ QoE定量化技術 (評価理論)

- 主要な通信サービスである、Webブラウジング/音声通話/映像配信に対するQoE評価技術の確立
- 確立したQoE評価技術の国内外での標準化を進め、NTTのネットワークの高品質さを訴求できる世界統一指標を構築

■ QoE分析・可視化技術 (分析理論)

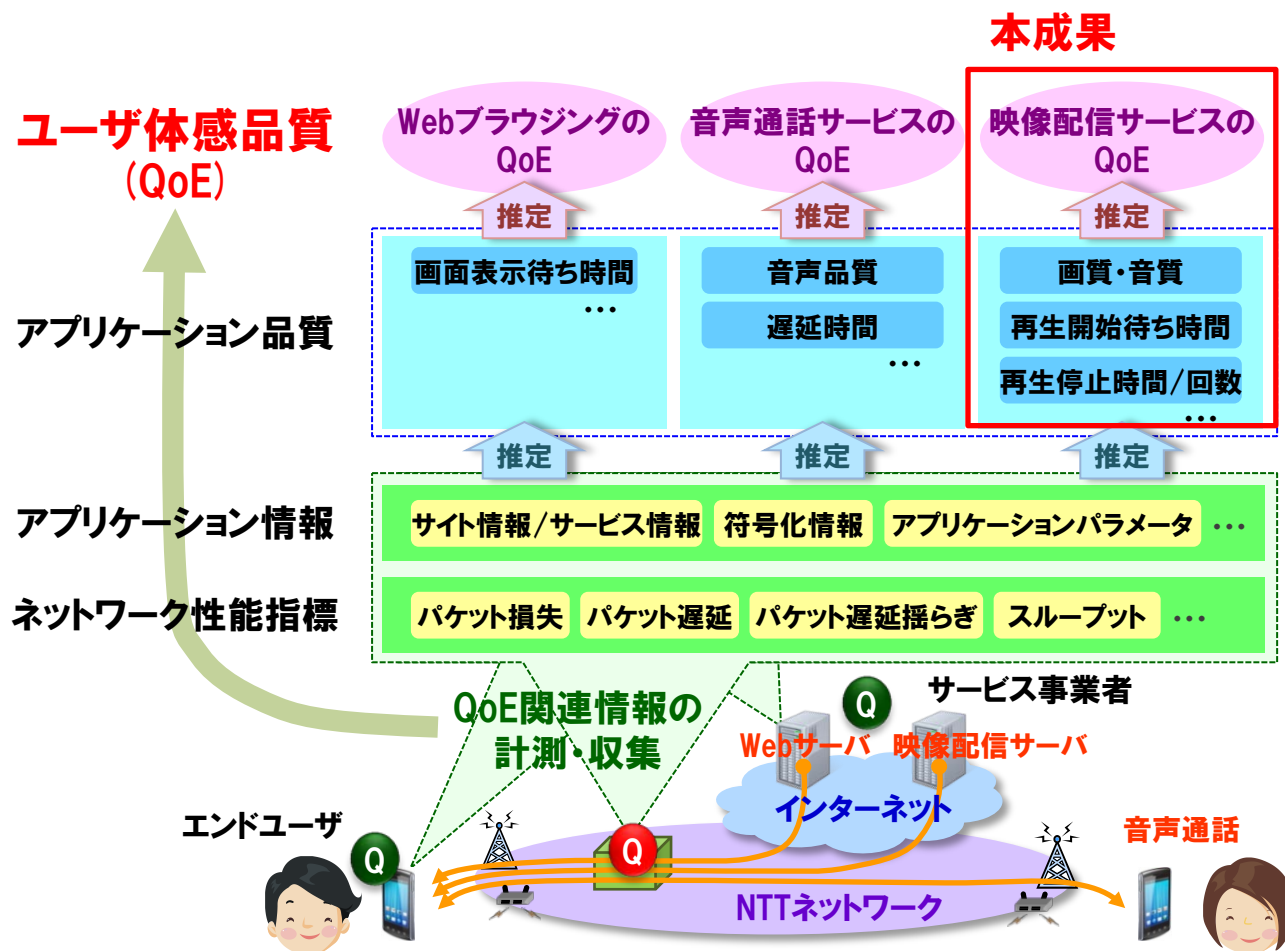
- 事業会社と連携し、モバイルネットワークや主要サービスの提供品質を面的に把握する手法を確立
- QoE劣化の要因特定やその予兆を検知する技術の確立

■ QoE制御技術 (設計・制御理論)

- OTT事業者/ユーザと連携したQoE最適制御の具現化
- ネットワーク状態に応じた自動制御(リソース割当, トラフィック設計, アプリ制御等)に資する新たな設計・制御技術の構築

1.2 本成果の位置づけ

- QoEを最大化するQoE-centricオペレーションの実現に向けて、主要な通信サービスである映像配信のサービス提供状態を把握可視なQoE評価技術を確立した。

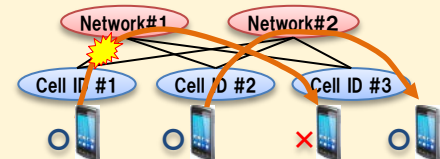


QoE-centric オペレーションの実現

サービス提供状態可視化



品質劣化要因分析



QoE最適制御



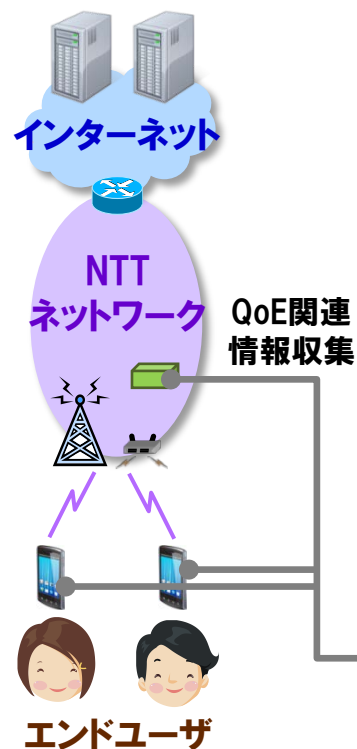
1.3 本成果の効用

- 主要なネットワーク性能指標(KPI)である「スループット」を主とした設備設計だけでは、通信サービスに対するQoEの観点で過剰投資となるため、**QoEを指標とした効率的な設備設計**を実現する。
- QoEに基づいて把握したサービス品質実態から品質劣化要因を把握し、特にキャリアネットワーク区間が原因となる**QoE劣化の改善**により**ユーザ満足度の維持・向上**を実現する。

サービス事業者

品質指標の算出

オペレーション(設計・管理)



品質指標の算出

従来、収集分析していた指標に**成果技術**を適用することで、QoE推定による評価が可能

QoE
(Web, 音声通信, 映像配信)

成果技術

**QoE
推定**

従来技術

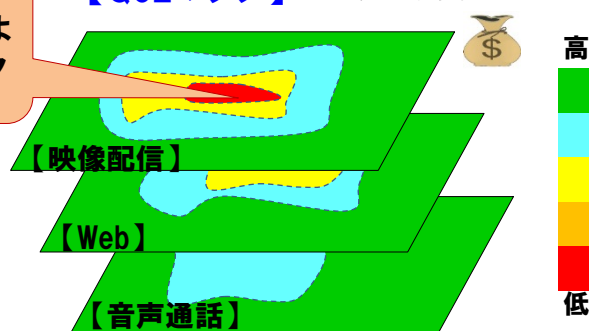
ネットワーク性能指標
(スループット, 遅延, ロス等)

オペレーション(設計・管理)

QoE低下エリアに対する**重点的設備投資**による効率的なネットワーク設備設計・管理・改善

【QoEマップ】

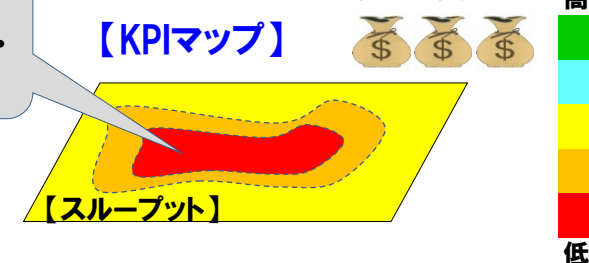
設備投資コスト



ネットワーク性能指標(KPI)による設備設計・管理・改善

【KPIマップ】

設備投資コスト



2. 既存検討の課題

2.1 既存技術との比較

- プログレッシブダウンロード型映像配信に関するQoE評価技術は、現在ITU-Tで標準化作業中であり、確立された技術は存在しない。
- 従来技術でも、コンテンツの時間長や各種品質要因を網羅的に扱った検討はない。

ITUの標準化動向

	リアルタイム配信	プログレッシブダウンロード配信
低解像度(QCIF-VGA相当)	勧告P.1201.1 (NTT技術)	勧告P.NATS Phase 1 (成果技術を標準化提案中)
高解像度(SD, HD相当)	勧告P.1201.2	
4K, 8K解像度	なし	勧告P.NATS Phase 2※

※勧告P.NATS Phase2ではH.264映像コーデックに加え、H.265/VP9も含む

技術動向

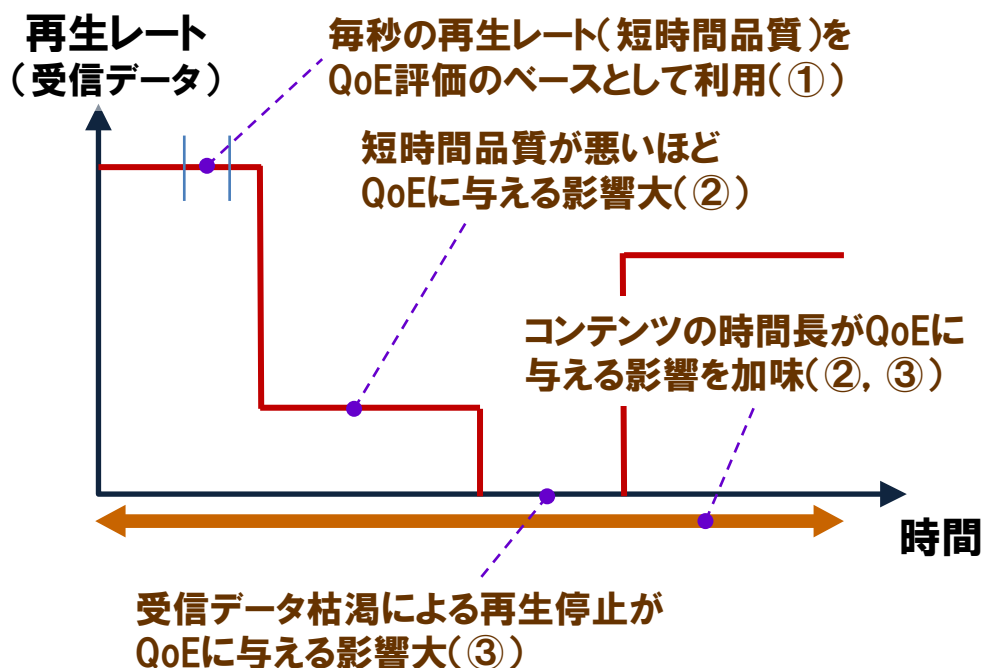
技術	既存技術①	既存技術②	既存技術③	既存技術④	本成果
①短時間品質推定(音響, 映像, AV)	有	有	有	有	有
②AV符号化品質推定部	無	無	無	有	有
③AV品質推定部	初期バッファリング	無	有	無	有
	再生停止	無	有	無	有
	コンテンツ時間長	無	無	無	有
技術①, ②, ③の統合	無	無	無	無	有

3. 映像配信サービスのQoE評価技術

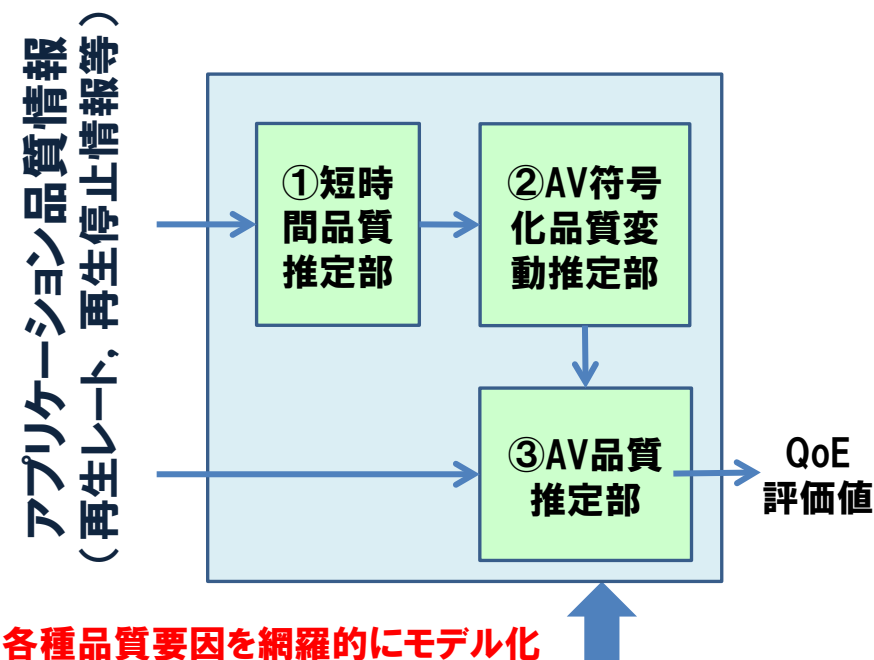
3.1 映像配信サービスのQoE評価技術の概要

- アダプティブストリーミング型映像配信サービスに対する様々なアプリケーション品質要因からQoEを評価可能な世界初の技術を確認し、現在国際標準(ITU-T)技術に提案中。
 - 従来技術と比較し、各種品質要因(左図)を網羅的に考慮することで、高い品質推定精度を実現。

【映像配信の品質要因】

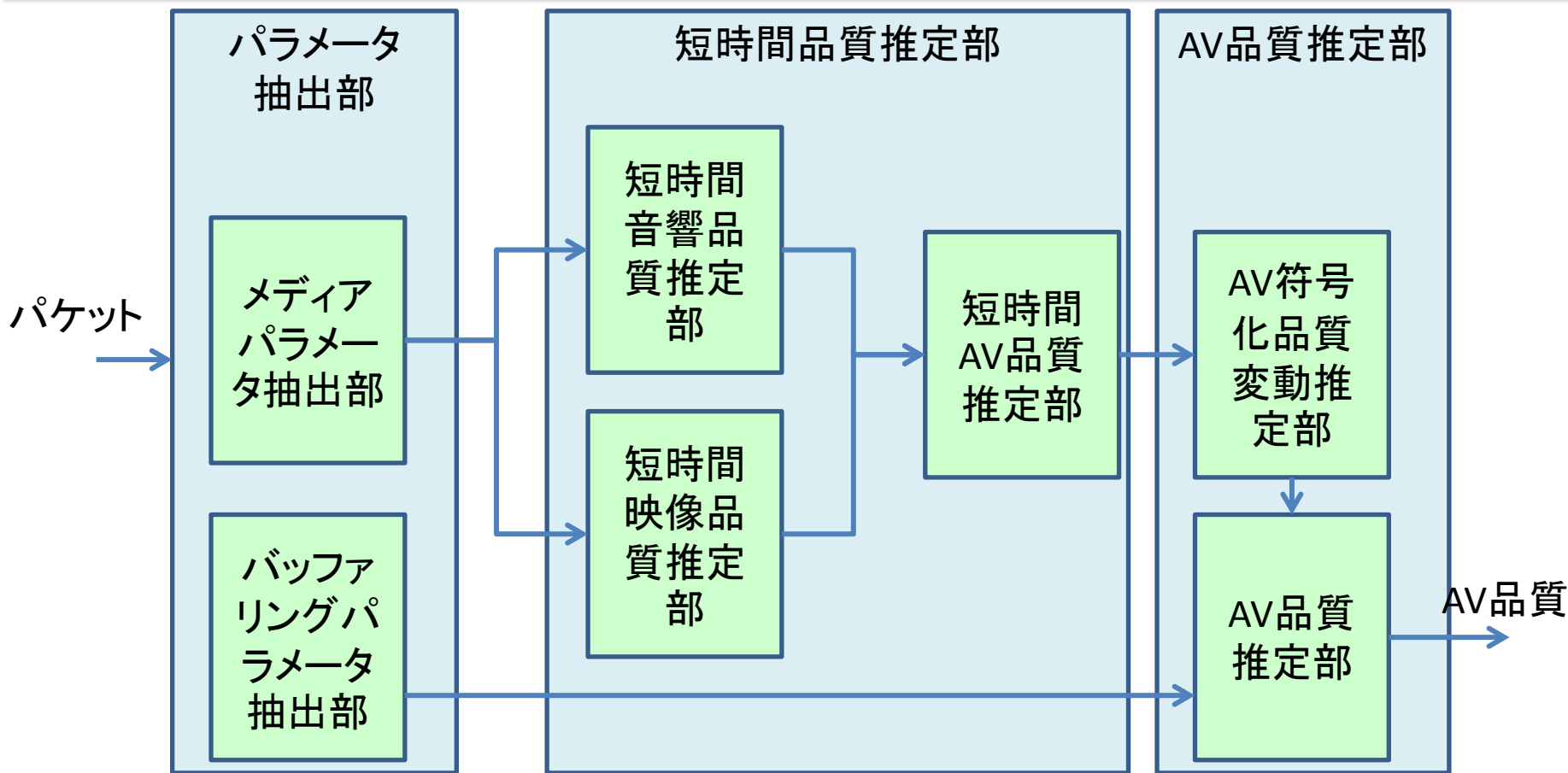


【映像配信のQoE評価モデル】



3.2 QoE評価技術のフレームワーク

- メディア情報(音響:ビットレート、映像:ビットレート、解像度、フレームレート)、バッファリング情報(再生停止回数、停止秒数、再生停止開始時間)を入力とし、①1秒毎の音響及び映像品質を算出(P_a , P_v)し、② ①の入力から長時間のオーディオビジュアル品質を推定する技術



3.3 QoE評価技術の適用領域

Coding technologies the models have been trained on

Video: H.264

Audio: AAC-LC

Test factors the models have been validated for

Different video resolutions: 1920x1080, 1280x720, 852x480, 640x360, 426x240

Encoding (compression) degradation of audio and video with a variety of bitrates

Video: 100 – 10000 kbps

Audio: 32 – 196 kbps

Different video keyframe and frame rates

Frame rates: 5-30 Hz

GOP lengths (1 / keyframe rate): 1-10 s

Re-buffering degradation (audio-only rebuffering not validated)

Content duration: 60 – 300 sec

3.4.1 短時間音響品質推定モデル

- 短時間音響品質推定モデルは、ビットレートの低下に対し音響品質が低下する特性を考慮し、1秒単位の音響品質O21を算出

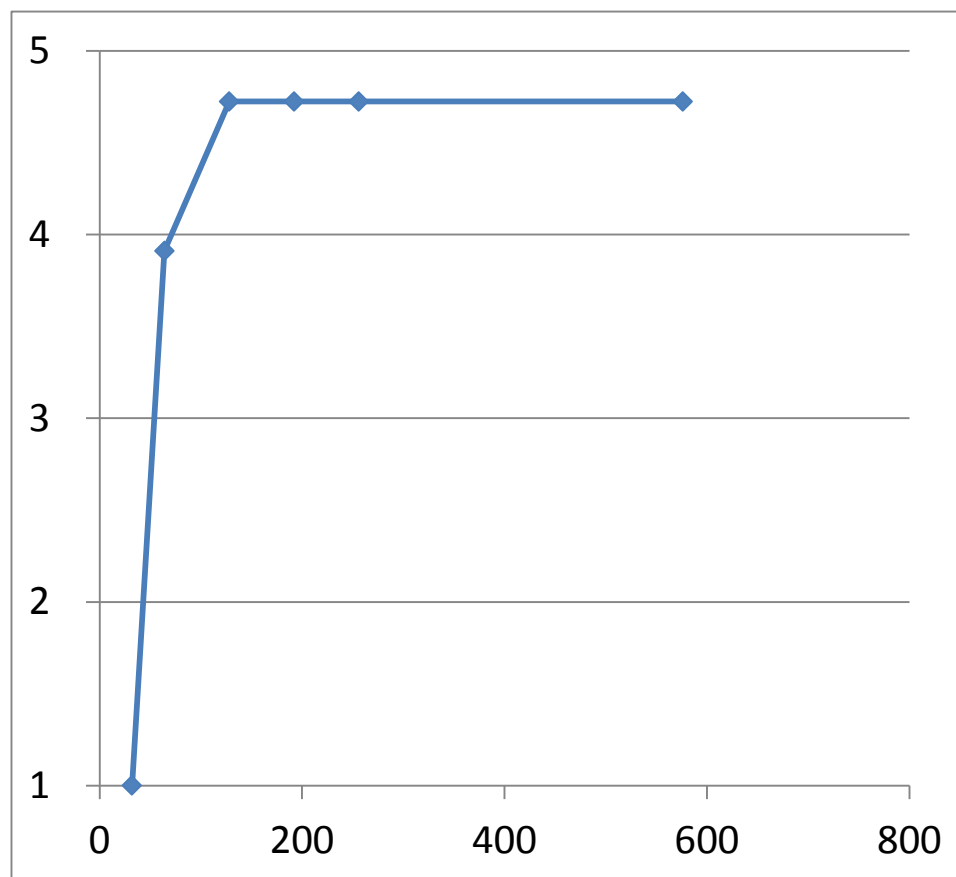
モデル式

$$O21(t) = a_1 + \frac{1 - a_1}{1 + \left(\frac{br}{a_2}\right)^{a_3}}$$

brはtの関数

O21: 短時間符号化音響品質推定値
a1- a3: 係数
br: 符号化ビットレート(kbps)

品質評価値



符号化ビットレート (kbps)

3.4.2 短時間映像品質推定モデル

- 短時間映像品質推定モデルは、以下の特性を考慮し、1秒単位の映像品質O22を算出
 - 解像度とフレームレートの組ごとと決まる理論上の最高品質を考慮
 - 上記最高品質に対し、ビットレートの低下とともに映像品質が低下する特性を考慮

モデル式

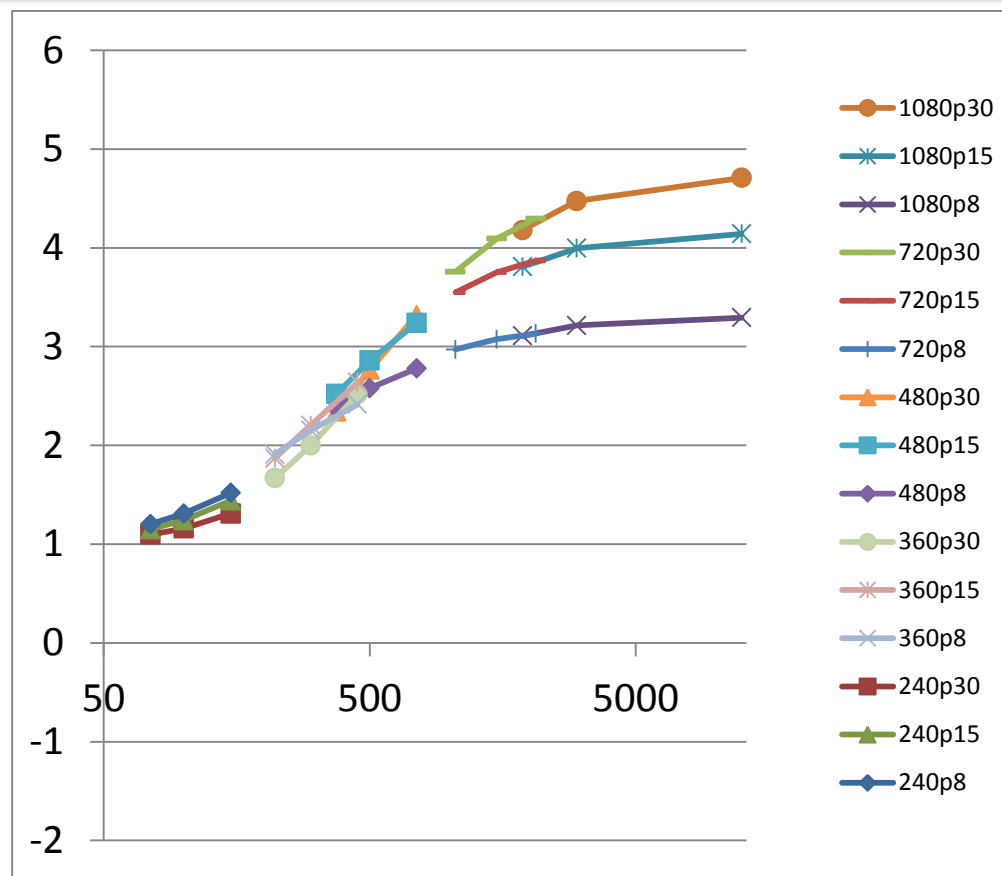
$$O22(t) = X + \frac{1 - X}{1 + \left(\frac{br}{Y}\right)^{v_1}}$$

$$X = \frac{4(1 - \exp(-v_3 fr))rs}{v_2 + rs} + 1$$

$$Y = \frac{v_4 rs + v_6 \log_{10}(v_7 fr + 1)}{1 - e^{-v_5 rs}}$$

br, rs, frはtの関数

品質評価値



O22: 短時間符号化映像品質推定値

v1 - v7: 係数

br: 符号化ビットレート(kbps)

rs: 解像度(画素数)

fr: フレームレート(fps)

符号化ビットレート(kbps)

3.4.3 短時間AV品質推定モデル

- AV品質推定モデルは、音響品質、映像品質と、その交互作用を考慮し、1秒単位のAV品質O34を算出

モデル式

$$O34(t) = av_1 + av_2 \cdot O21(t) + av_3 \cdot O22(t) + av_4 \cdot O21(t) \cdot O22(t)$$

O34: 短時間符号化AV品質推定値

av1 - av4: 係数

3.4.4 AVの符号化品質変動推定モデル

- AVの符号化品質変動推定モデルは、1秒単位のAV品質から以下の特性を考慮し、長時間のAV品質O35を算出
 - ユーザの品質に対する忘却効果を考慮し、コンテンツの開始から終了にかけて短時間のAV品質を加重平均する際に、コンテンツの終了に向かって重みを大きくする。
 - 短時間AV品質が低い場合のインパクトは、最終的なAV品質に強く影響を与える。

モデル式

$$O35 = \frac{\sum_t w_1(u) \cdot w_2(O34(t)) \cdot O34(t)}{\sum_t w_1(u) \cdot w_2(O34(t))},$$

$$w_1(u) = t_1 + t_2 \exp(u / t_3),$$

$$w_2(O34(t)) = t_4 - t_5 \cdot O34(t)$$

$$u = t / duration$$

O35: 符号化AV品質推定値

t1 - t5: 係数

t: 時間、duration: コンテンツ長

3.4.5 AV品質変動推定モデル

- AV品質変動推定モデルは、最終的にユーザが体感するAV品質O46を以下の特性を考慮し、算出
 - 再生停止の総時間、再生停止回数、再生停止間隔の平均値の増加に対し、AV品質は指数的に低下する。

モデル式

$$\begin{aligned}
 O46 = & 1 + (O35 - 1) \\
 & \cdot \exp(- \text{numofBuff} / s1) \\
 & \cdot \exp(- (\text{totalBuffLen}/T) / s2) \\
 & \cdot \exp(- (\text{avgBuffInterval}/T) / s3)
 \end{aligned}$$

O46: AV品質推定値

s1 - s3: 係数

t: 時間、T: コンテンツ長

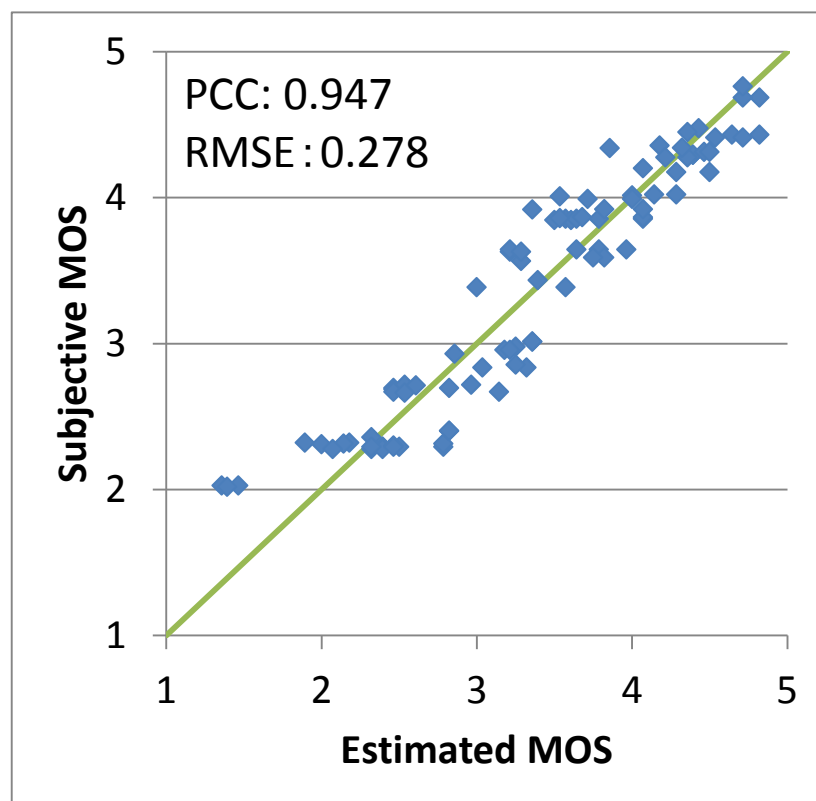
numofBuff: 再生停止回数

totalBuffLen: 再生停止の総時間

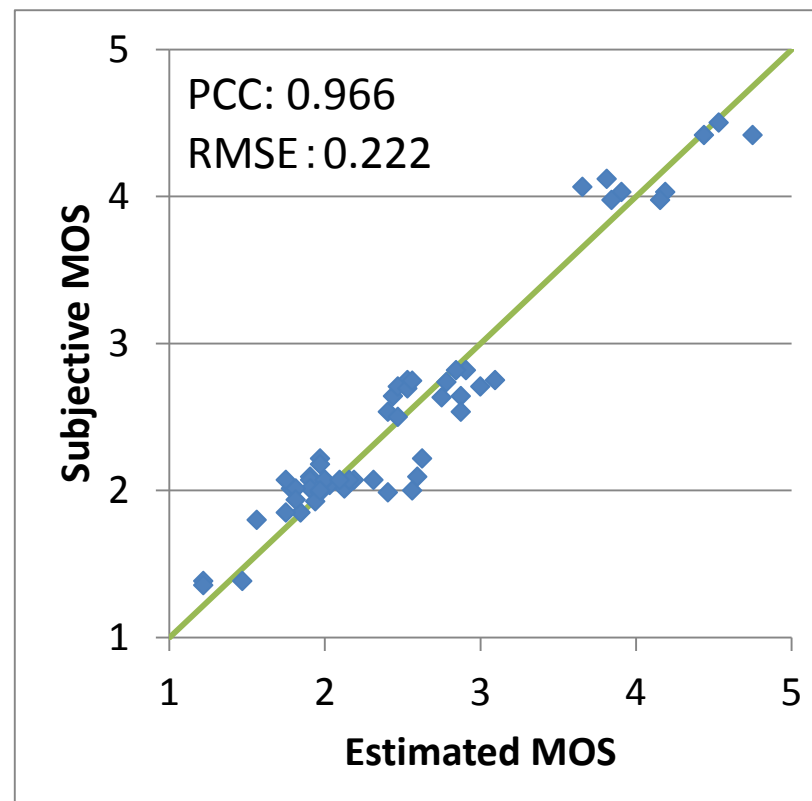
avgBuffInterval: 再生停止時間間隔の平均値

3.5 QoE評価技術の性能評価

- 成果技術はスマートフォンやPCを対象に、主観品質との相関(PCC※¹)、品質推定誤差(RMSE※²)の観点で、高い品質推定精度を達成。



Mobile



PC

※¹ Pearson product-moment correlation coefficient

※² Root Mean Squared Error

4. まとめ

4. まとめ



- **本成果資料の提供内容と、本技術の今後の予定についてまとめる。**

【成果資料の提供内容】

映像配信サービスの体感品質 (QoE: Quality of Experience) を客観的に評価するための手順を技術資料としてまとめた:

- 映像配信サービスのQoE評価技術の概要
- QoE評価技術のフレームワーク
- QoE評価技術
- QoE評価技術の性能評価

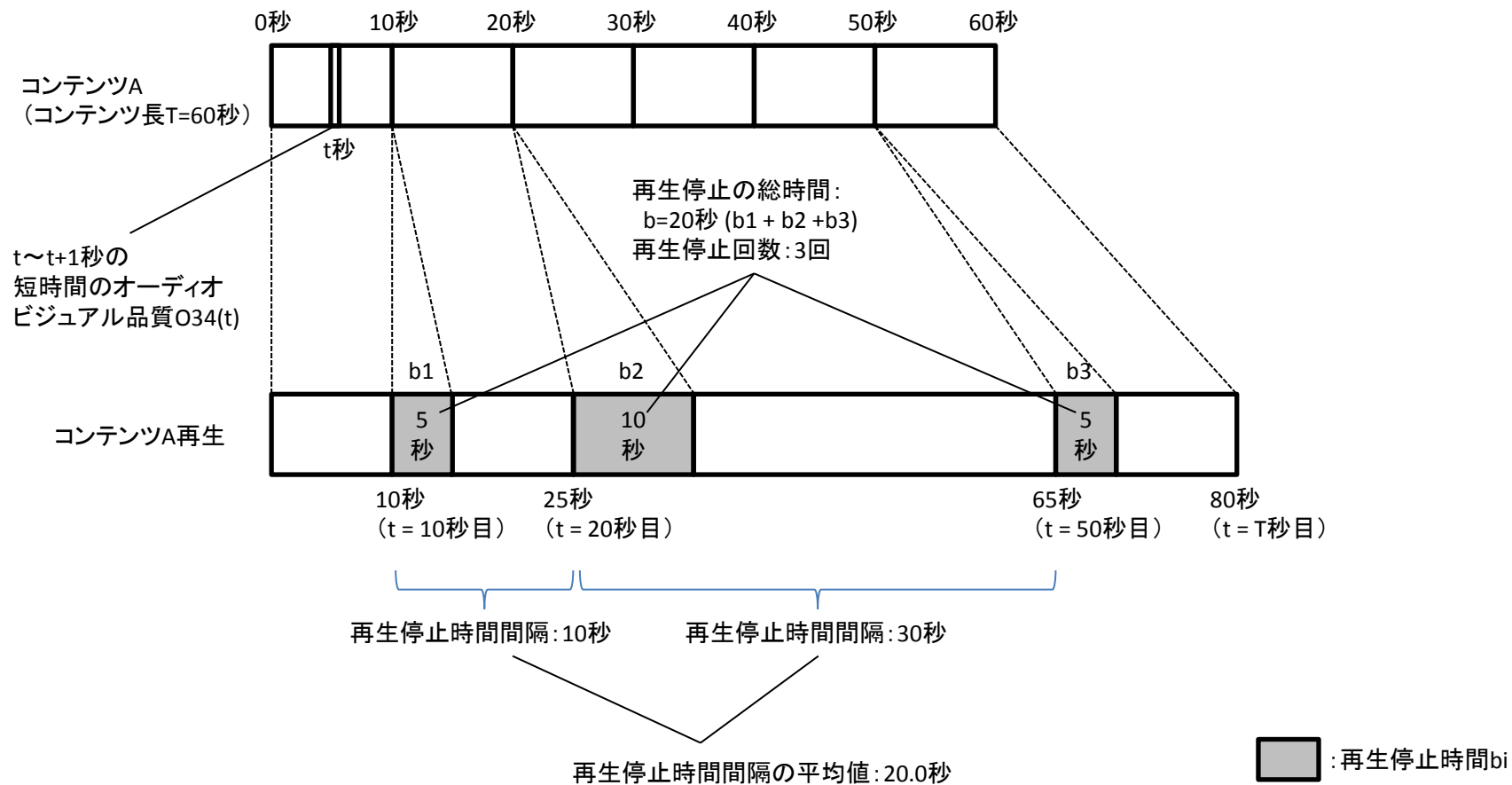
【本技術の今後の予定】

本資料にまとめた技術は、国際標準技術として提案中:

- ITU-T勧告: H.29.1 標準化予定

付録

付録1 再生停止パラメータの概念図



付録2 品質推定技術の係数テーブル

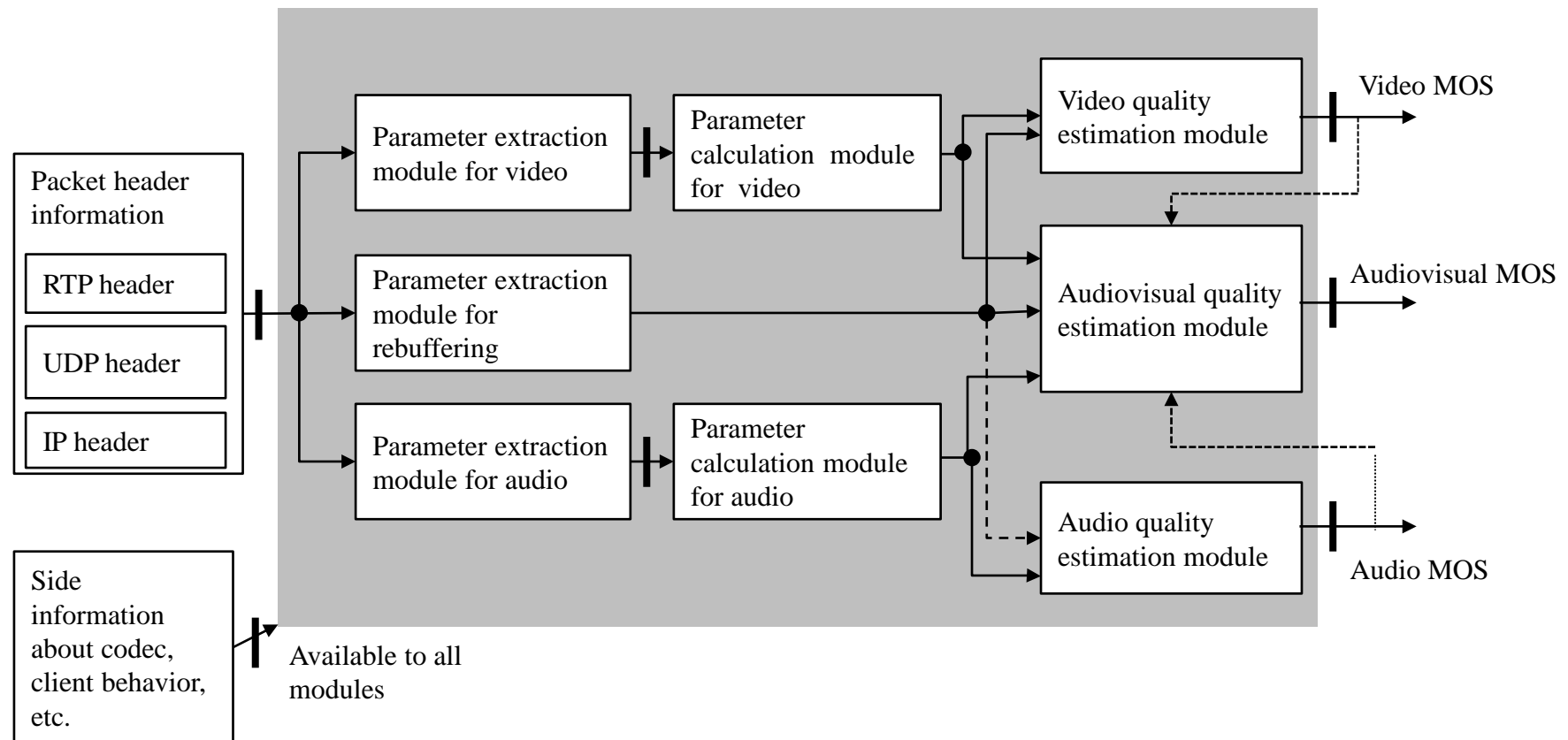


	Mobile	PC
v1	1.812315483	1.812315
v2	76116.65202	76116.65
v3	0.11336997	0.11337
v4	0.000153714	0.000154
v5	0.996968341	0.996968
v6	536.4631641	536.4632
v7	0.146881062	0.146881
a1	4.964967208	4.724165
a2	65.59397336	61.37608
a3	48.20829421	30.4744
av1	1.757568216	0.620119
av2	0.00910769	0
av3	0.002708346	0.613691
av4	0.133572238	0.068487

	Mobile	PC
t1	0.013031751	0.006666
t2	2.18252E-06	4.04E-05
t3	0.10372705	0.156498
t4	0.147889458	0.14318
t5	0.024168639	0.023864
s1	9.963211795	11.35587
s2	19.12417144	6.140927
s3	7.850157023	3.932605

付録3 勧告P.1201.1のブロック図

- RTPパケットを入力とし、RTPまでのヘッダ情報からビットレート、フレームレート、パケット損失によるフレーム損失、バッファリング情報を加味して、短時間(10から30秒程度)の音響、映像、AV品質を推定する技術(推定式は勧告参照)。



付録3 勧告P.1201.1の適用範囲



Coding technologies the models have been trained on

Video: MPEG4 Part 2, H.264 (MPEG4 Part 10)

Audio: AMR-NB/WB+, AAC-LC, HE-AACv1/v2

Test factors the models have been validated for

Video content with different spatio-temporal complexity

Different video resolutions: HVGA, QVGA, QCIF

Encoding (compression) degradation of audio and video with a variety of bitrates

Video: 40 – 6000 kbps

Audio: 4.75 – 576 kbps

Different video keyframe and frame rates

Frame rates: 5-30 Hz

GOP lengths (1 / keyframe rate): 2-10 s

Re-buffering degradation (audio-only rebuffering not validated)

Packet loss degradation of audio and video (both random and bursty packet loss patterns)

Different decoder-side packet loss concealment strategies (freezing with skipping, one slice per RTP packet/frame)

付録3 勧告P.1201.1の品質推定精度



- 音響, 映像, オーディオビジュアル品質を精度良く推定できることが確認され、ITU-T勧告P.1201.1として標準化(2012年10月)

	RMSE	PC	Samples
Audiovisual	0.470	0.852	1166
Video	0.535	0.830	1430
Audio	0.351	0.941	690

RMSE: Root Mean Square Error

PC: Pearson's Correlation

付録4 既存技術①



- 数十秒程度の短時間の音響、映像、AV品質推定技術に関しては、多数の技術が提案されており、ITU-T勧告P.1201.1等の標準化技術も制定済み

No.	既存技術	概要
1	ITU-T Rec. P.1201.1, "Parametric non-intrusive assessment of audiovisual media streaming quality - lower resolution application area," Sept. 2012.	ビットレート、フレームレート、フレーム構造、パケット損失、再生停止を加味しQoEを推定する技術： <ul style="list-style-type: none">付録3参照NTT技術含む
2	ITU-T Rec. G.1070, "Opinion model for video-telephony applications," June 2012.	ビットレート、フレームレート、パケット損失を加味しQoEを推定する技術 <ul style="list-style-type: none">NTT技術
3	J. Joskowicz and J. Ardao, "Enhancements to the opinion model for video-telephony applications," ACM2009, pp.87-94, 2009.	ビットレート、フレームレート、解像度を加味しQoEを推定する技術

付録4 既存技術②及び③



- 初期バッファリングの影響を加味した技術が以下のように提案されている。

No.	既存技術	概要
1	ITU-T Rec. P.1201.1, “Parametric non-intrusive assessment of audiovisual media streaming quality - lower resolution application area,” Sept. 2012.(再掲)	ビットレート、フレームレート、フレーム構造、パケット損失、再生停止を加味しQoEを推定する技術： <ul style="list-style-type: none">• 付録3参照• NTT技術含む
2	Y. Liu, M. Luby, and Y. Mao, “Deriving and Validating User Experience Model for DASH Video Streaming,” IEICE Trans. Broadcasting., Vol.E61, No.4 pp.651-665, Dec. 2015.	2分のシーケンスのQoEを15秒毎のQoEから算出するモデルを提案： <ul style="list-style-type: none">• 初期バッファリングの長さがQoEに与える影響を加味• 再生定義がQoEに与える影響を加味• 映像の動き量がQoEに与える影響を加味• 映像品質に関しては映像信号から算出するVQM (ITU-T勧告J.144)を適用

- 品質の時間変動を加味した技術が以下のように提案されている。

No.	既存技術	概要
1	T. Hayashi, G. Kawaguti, J. Okamoto, and A. Takahashi, "Subjective Quality Estimation Model for Video Streaming Services with Dynamic Bit-Rate Control," IEICE Trans. Commun., Vol.E89-B, No.2 Feb. 2006.	<p>3分のシーケンスのQoEを15秒毎のQoEから算出するモデルを提案：</p> <ul style="list-style-type: none"> • 短時間品質が悪いほどQoEに与える影響が大きいことを考慮 • シーケンス終了時に近いほど、最終的なQoEに与える影響が大きいことを考慮（親近効果）
2	S. Yu, W. Zhou, R. Tao, and Y. Hou, "Modeling for Short-form HTTP adaptive streaming considering memory effect," IEEE BWCCA, pp.82-87, Nov. 2015.	<p>1分のシーケンスのQoEを15秒毎のQoEから算出するモデルを提案：</p> <ul style="list-style-type: none"> • 最終的なQoEを短時間のQoEの重み付け平均で算出
3	Y. Shen, Y LIU, Q. LIU, and D Yang, "A Method of QoE Evaluation for Adaptive Streaming based on Bitrate Distribution," IEEE ICC, pp.551-556, June 2014.	<p>3分のシーケンスのQoEをビットレートの変動から算出するモデルを提案：</p> <ul style="list-style-type: none"> • ビットレート及び画素信号から導出された動き量(TI)から短時間品質を導出 • 最終的なQoEはシーケンスの最初と最後の影響を強く受けることを考慮