

OSAKA UNIVERSITY

## A rate control method for QoE improvement in video streaming services based on a human cognitive model

大阪大学大学院情報科学研究科  
情報ネットワーク学専攻  
村田研究室 岩本 真尚

情報ネットワーク学専攻 修士論文発表会

OSAKA UNIVERSITY

### 研究背景 – MPEG-DASH

- 動画配信サービスにおいて、MPEG-DASH (Dynamic Adaptive Streaming over HTTP) が動画配信プロトコルの標準規格として普及
  - クライアント端末の状況に応じて動画品質を動的に変更可能

HTTP Server with video content in different qualities (e.g. Apache, IIS or HTTP CDN) → Network with variable Bandwidth (Internet) → Heterogeneous Devices requesting the right quality for smooth playback and quick start, no special server logic needed

HTTP-based Adaptive Bitrate Streaming in a nutshell by HITMOVIN

- 適応ビットレートアルゴリズム (ABR アルゴリズム) によるビットレート選択
  - クライアントにおいてネットワーク品質等を推定
  - 推定結果に応じて次にダウンロードするセグメントのビットレートを決定

OSAKA UNIVERSITY

### 研究背景 – 動画視聴における QoE

- QoE (Quality of Experience)**
  - サービスに対するユーザの体感品質
  - 動画配信サービスにおける QoE 向上の重要性が近年高まる
- 動画配信サービスにおける QoE に影響を与える主な要因**
  - 動画ビットレート・動画ビットレートの切り替わり・リバッファリング等
  - QoE を向上・低下させる要因はユーザによって異なる
- ユーザの動画品質に対する好みの把握**
  - ユーザによるフィードバックを取得
  - Good/Bad ボタンによる回答や、脳波計測による推定

QoE の高いユーザ

- 高い動画品質
- 安定した動画品質
- 途切れない動画再生

QoE の低いユーザ

- 低い動画品質
- 頻繁な動画品質の切替
- 動画再生の途中停止

OSAKA UNIVERSITY

### 研究目的・課題

**研究目的**

ユーザ個々人の好みを考慮した動画視聴時のユーザ QoE の向上

**研究課題**

好みに応じて適切な動画品質を選択する制御手法の実現

- 適切な動画品質の選択には、端末や通信環境の情報認知が必須
  - モバイル端末の通信環境はネットワーク品質が不安定である可能性
  - 品質推定の誤りが QoE の低下を招き得る

Throughput vs Time (Network) → Video player → Played bitrate vs Time

**ビットレートの頻繁な切り替わりリバッファリングの発生**

OSAKA UNIVERSITY

### 研究アプローチ

- ユーザ端末が行う情報の認知に脳の仕組みを応用
  - 人の脳は不確実で不確かな情報からも尤もらしい判断を下すことが可能
  - ユーザの代わりに認知を行うエージェント機能をクライアント端末に追加
- 認知結果およびユーザの好みに応じて適切なビットレートを選択

OSAKA UNIVERSITY

### Bayesian Attractor Model (BAM) [7]

- 人間の知覚情報に基づく情報認知をモデル化
  - 情報を観測し、それが事前に記憶した選択肢のどれに近いかを判断
  - 状態更新**: 観測情報  $x_t$  に基づいて内部状態  $z_t$  をベイズ更新
  - 意思決定**: 事前に記憶した選択肢のいずれかを採用
    - 典型的な観測情報 (状況)  $\mu_1, \dots, \mu_K$  を事前に記憶
    - $\mu_i$  は  $z$  の状態空間上の定点  $\phi_i$  ( $i = 1, \dots, K$ ) に対応
    - 状態値  $z_t$  が選択肢  $i$  である事後確率 (確信度)  $p(z_t = \phi_i | x_{0:t})$  を算出
    - 確信度が閾値  $\lambda$  を超えた選択肢を採用

Observation  $x_t$  → 状態更新  $P(z_t | x_{0:t})$  → 意思決定  $P(z_t = \phi_i | x_{0:t}) > \lambda$  →  $\phi_i$  (選ばれた選択肢)

[7] S. Blitzer, J. Bruneberg, and S. J. Kiebel, "A bayesian attractor model for perceptual decision making," PLoS Computational Biology, 2015.

OSAKA UNIVERSITY 7

### 提案手法 - BAM による情報の認知

- 端末で取得可能な利用可能帯域、再生バッファ長を BAM へ入力
  - 利用可能帯域は、数秒分の動画（セグメント）を受信することに、セグメントサイズとダウンロード時間をもとに算出
- 利用可能帯域と再生バッファ長の状況を確認
  - 利用可能帯域：選択可能なビットレートのどれに近いか
  - 再生バッファ長：3 段階（満沢、枯渇、どちらでもない）のどれか

1. BAM へ観測情報の入力

2. ダウンロードするセグメントのビットレートを選択

OSAKA UNIVERSITY 8

### 提案手法 - ユーザの好みに応じたビットレート選択

- 認知した利用可能帯域と再生バッファ長およびユーザの好みに応じてビットレートを選択
- ユーザの好みのタイプ例として以下の 2 種類を想定
  - Prefer high image quality：ビットレートの高さを比較的重視
  - Prefer stable image quality：ビットレートの変動の低さを比較的重視

各推定結果に対して選ばれるビットレートを決定

**Prefer high image quality**

- バッファに余裕がある限り、積極的に高いビットレートを選択
- バッファに枯渇の恐れがある際は利用可能帯域よりも低いビットレートを選択

**Prefer stable image quality**

- バッファに余裕がある際は、利用可能帯域を超えない程度に同じビットレートを維持
- バッファに枯渇の恐れがある際は利用可能帯域よりも低いビットレートを選択

OSAKA UNIVERSITY 9

### 提案手法 - ユーザの好みに応じたビットレート選択

- 認知した利用可能帯域と再生バッファ長およびユーザの好みに応じてビットレートを選択
- ユーザの好みのタイプ例として以下の 2 種類を想定
  - Prefer high image quality：ビットレートの高さを比較的重視
  - Prefer stable image quality：ビットレートの変動の低さを比較的重視

各推定結果に対して選ばれるビットレートを決定

**Prefer high image quality**

- バッファに余裕がある限り、積極的に高いビットレートを選択
- バッファに枯渇の恐れがある際は利用可能帯域よりも低いビットレートを選択

**Prefer stable image quality**

- バッファに余裕がある際は、利用可能帯域を超えない程度に同じビットレートを維持
- バッファに枯渇の恐れがある際は利用可能帯域よりも低いビットレートを選択

OSAKA UNIVERSITY 10

### 性能評価

- 評価環境
  - 計算機シミュレーションと実機による評価
  - 5 分間の動画の視聴環境を想定
    - 選択可能なビットレート：0.5Mbps, 1.0Mbps, 1.5Mbps, 3.0Mbps, 5.0Mbps
  - ネットワーク環境：利用可能帯域を 30 秒ごとに切り替え
    - 再生開始時点から 9.0Mbps, 4.0Mbps, 2.0Mbps, 1.0Mbps, 2.0Mbps, 4.0Mbps の繰り返し
    - シミュレーションではホワイトノイズを付与
      - 標準偏差は帯域の noise level (%) (noise level = 10%, 30%)
- 評価指標
  - QoE に影響を与える要因となる指標で提案手法を評価
    - 平均ビットレート：視聴した動画セグメントサイズの合計を視聴時間で割った値
    - ビットレートの平均変動：動画 1s あたりのビットレート変化量の絶対値
    - リバッファリング時間：動画の再生停止時間の合計
- ベンチマーク
  - BOLA-O [15]: MPEG-DASH のクライアントアプリケーションの参照実装である dash.js に実装されているアルゴリズム

[15] K. Sphieri, R. Urgoankar, and R. K. Sitarman, "BOLA: Near-optimal bitrate adaptation for online videos," in Proceedings of IEEE INFOCOM, July 2016.

OSAKA UNIVERSITY 11

### 評価結果 - BAM を用いた情報認知の結果

- 観測情報のノイズには影響されず、変動の少ない安定した認知
- 観測情報の大規模な変動には追従できることを確認

BAM による利用可能帯域の認知結果

BAM による再生バッファ長の認知結果

OSAKA UNIVERSITY 12

### 評価結果 - ビットレート選択の結果

- ビットレート操作の対応付けを変えることで異なるユーザの好みに合った動画品質を実現可能
  - Prefer high image quality のユーザにとって既存手法より高い平均ビットレートを実現
  - Prefer stable image quality 既存手法より低いビットレート変動を実現

平均ビットレートの比較

ビットレート平均変動の比較

## まとめと今後の課題

### • まとめ

- ユーザの動画品質に対する好みに応じたビットレート選択を行う手法を提案
  - 適切な動画品質を選択するために脳の認知モデルによる情報認知を利用
- シミュレーション評価により、ユーザの好みに応じて既存手法より優れた性能を実現
- 提案手法を実機に実装し、シミュレーション同様に、ユーザの動画品質に対する好みに応じたビットレートの選択が実現できていることを確認

### • 今後の課題

- 実モバイルネットワーク上での提案手法の評価
- 環境変動のモデル自体が変化する状況に対しても適応可能な、メタ認知アルゴリズムを用いることによる認知の修正機構の実現