

携帯ライフログを用いた行動支援システムに関する研究

研究代表者 甲藤 二郎
(基幹理工学部 教授)

1. 研究課題

近年、携帯電話（スマートフォンを含む）は端末の普及や高度化に伴い、単なる情報発信・情報収集に加えて生活や行動を支援する高機能ツールとして発展してきた。最近では、利用者のネット内外の活動記録であるライフログを活用し、利用者の属性情報に応じたコンテンツや広告を提供するサービスの進展に期待が集まっている。そこで本研究では、携帯電話から取得したセンサ情報（位置、加速度、地磁気など）から人の移動にかかわる情報（移動履歴、移動手段等）や、本人確認情報（歩き方等）を把握し、複合的に分析することで新しいサービスの提供を目指している。

これまでは、携帯端末から取得したセンサ情報（位置、加速度、地磁気など）から特徴量を抽出し、パターン識別処理を行うことで、ユーザの移動経路、滞留点、移動手段、歩行状態（平地を歩いている、階段を上っている等）を把握することを試みた。また、その後は、携帯端末から取得したセンサ情報を活用して、通信品質の良好な移動経路を提供するナビゲーションシステムや、移動経路に沿って省電力特性の優れたコンテンツ配信を実現するシステムの開発を試みている。

本報告では、特に後者の話題を取り上げ、携帯端末を用いたセンサ情報と通信品質情報の取得、それを活用した信頼性の高いコンテンツ配信、さらには携帯端末の消費電力特性の計測と、それを活用した省電力コンテンツ配信に向けた取り組みについて紹介する。

2. 主な研究成果

2.1 移動環境におけるスループット予測の精度向上

2.1.1 目的

スマートフォンを用いて移動しながら動画ストリーミングを閲覧する機会が増えており、そのサービス品質を向上させるために、筆者らは計測履歴に基づくスループット予測の提案を行っている。ここでは電車における移動と時間を考慮したスループット予測の検討結果を報告する。

2.1.2 環境調査

スループット変動調査として、総武線の市川～秋葉原間においてスループット計測を行った。図 1 にある駅区間の時間帯別スループット変動結果を、図 2 にある時間帯の移動経路上のスループットを可視化したものを示す。このように異なる時間帯や場所によって、スループットは激しく変動する。本提案では、これらの時間、場所毎のスループット履歴を利用し、移動環境におけるスループットの予測精度向上について検討した。

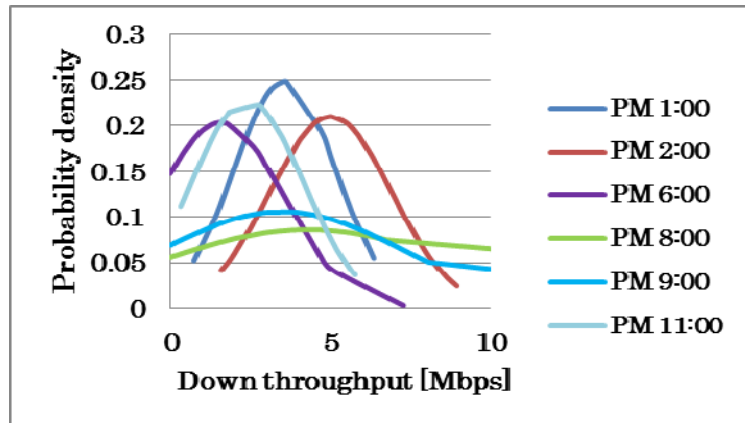


図 1 時間帯別スループット変動

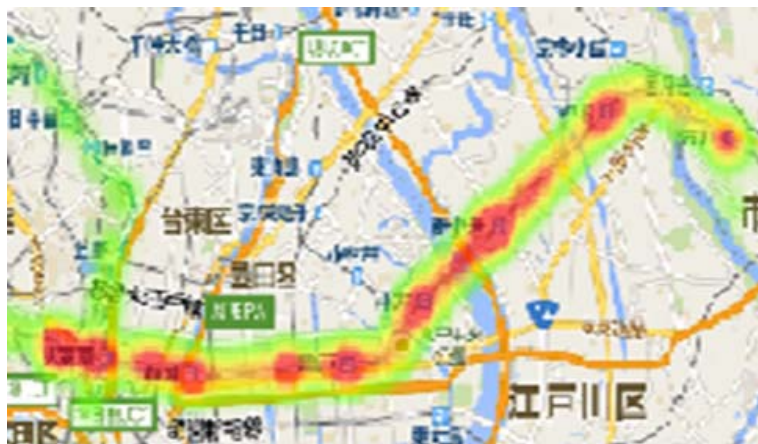


図 2 移動経路上のスループット変動の可視化

2.1.3 提案手法と評価実験

本稿では、複数の駅区間において、事前に時間帯別スループットデータを収集しておく。これらのデータを過去のスループットデータとみなし、駅区間毎に予測モデルを構築し、スループット予測に用いる。

スループットデータは 1s 間隔で取得したものを利用する。

ある時間帯の、総武線の平井~両国間(400s)におけるスループット予測の精度を検討する。駅の停車時間は考慮せず、駅区間中に取得されたデータのみを用いて評価実験を行う。従来手法として、ある地点における予測モデルをそのまま移動時の予測に用いた手法を考える。図 3 に評価実験の結果を示す。図 3 より、従来手法は 300s 後から激しく精度が悪化し始め、400s 後には 23.61%まで落ちてしまうが、提案手法では 400s 後でも 78.94%の精度を保つことができる。

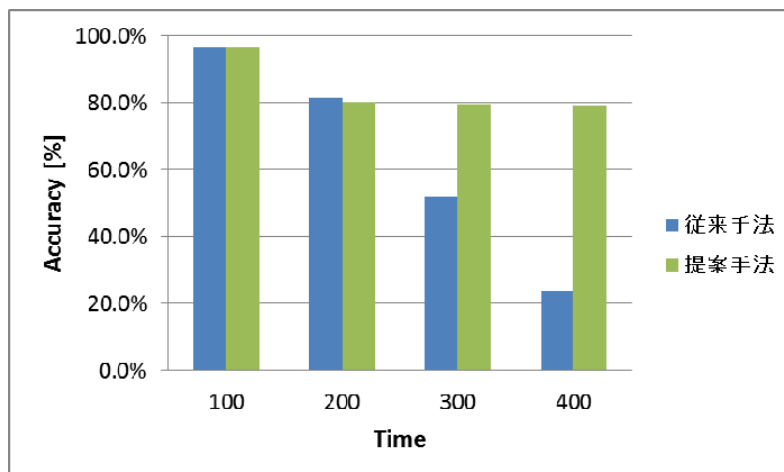


図 3 評価実験結果

2.1.4 まとめ

提案手法により、移動を考慮した予測モデルを構築することによって、移動環境下で長時間の予測精度を向上することができた。今後は、短期予測との統合によるさらなる予測精度の向上と予測に基づく動画配信等のサービス品質評価について検討を進める予定である。

2.2 スマートフォンを用いた動画配信アプリケーションの消費電力評価

2.2.1 目的

近年、スマートフォンはCPU処理能力の向上や通信速度の向上など非常に高性能になってきているが、アプリケーションも非常に高機能になり、高負荷化が進んでいる。しかし、バッテリー容量は限られているため、開発者もユーザもスマートフォンの消費電力は気になる場所であり、本提案では、消費電力計測アプリケーションを利用したスマートフォンにおける省電力動画配信に向けた動画配信アプリケーションの消費電力評価を目的とする。

2.2.2 計測実験

実験機器はAndroidOSが実装されている MEDIAS N-06E(LTE)を利用した。バッテリー電圧は 3.8V、バッテリー容量 2300mAh/8.8Wh である。コンテンツは Elephants Dream と呼ばれる約 10 分の動画で、映像圧縮は AVC/H.264 方式、High レベル 4 プロファイル、解像度は 1080p、ビット深度は 8bit、アスペクト比は 1:1、プログレッシブ方式で 24fps であり、音声圧縮は AAC 方式、サンプリングレート 44.1kHz、チャンネル数 2.0ch、LC プロファイルを利用した。

計測実験としては、まず図 4 に示す構成で、CPU 利用率を計測する自作 Android アプリケーションによ

って、動画再生アプリケーションの消費電力の推定を行った。スマートフォンをアクセスポイント (AP) と Wi-Fi で接続し、802.11g 規格を利用して通信を行った。アクセスポイントと YouTube サーバーは有線で接続し、電波強度は良好な状態で、動画をダウンロードして再生した時の消費電力を計測した。また、図 5 に示すように、スマートフォンに計測器 (PowerMonitor) を接続して直接的な消費電流の計測も行った。



図 4: YouTube アプリ使用時の環境

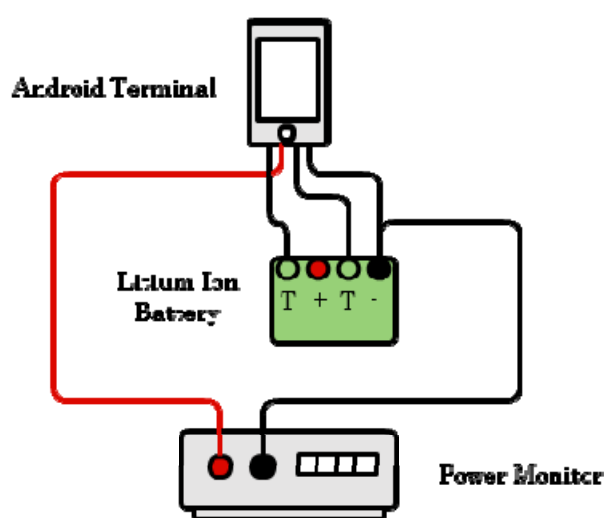


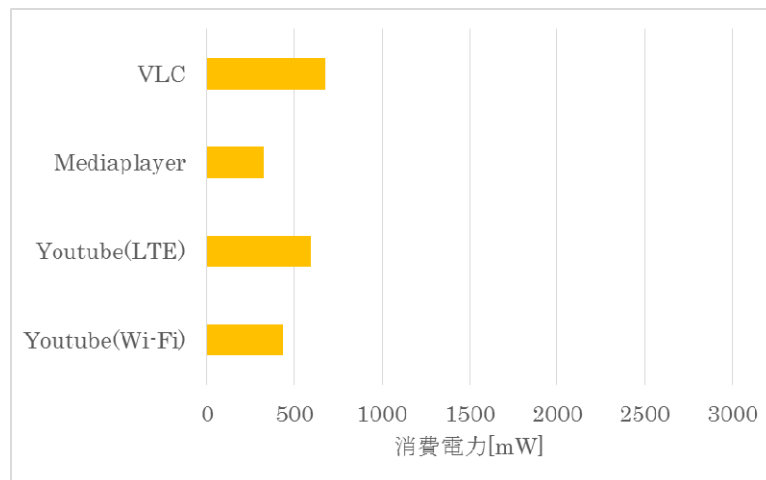
図 5: PowerMonitor を用いた消費電流計測

2.2.3 実験結果

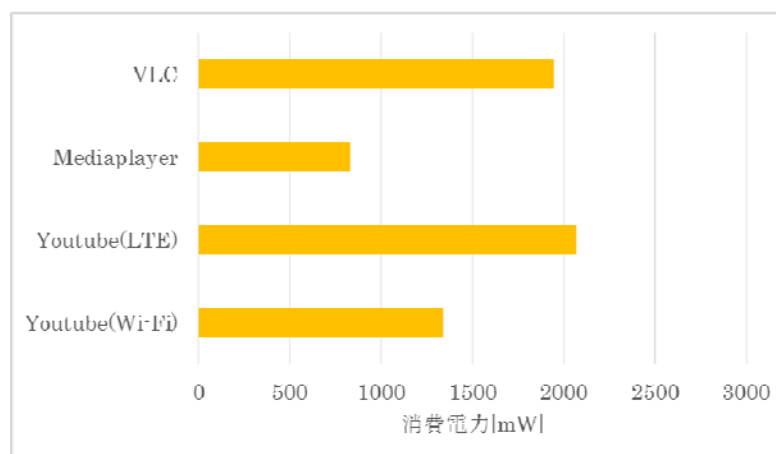
自作アプリを用いた動画再生アプリケーションの消費電力の計測結果を図 6(a)に、PowerMonitor による計測結果を図 6(b)に示す。図 6(a)と図 6(b)から、CPU 利用率だけを使用してアプリケーションの消費電力を測ることは難しい事がわかる。GPU などでの処理が CPU 処理よりも多いため、この差が生まれたと考えられる。また、Wi-Fi 通信を行う YouTube を利用するよりもローカルで再生した VLC アプリを利用したほうが高い消費電力となっているのは、アプリケーション実装の違いによるものと考えている。MediaPlayer の消費電力が一番小さいことは、ハードウェアアクセラレーションを有効に使っているためだと考えられる。

2.2.4 まとめ

自作 Android アプリと計測器 (PowerMonitor) を用いたスマートフォン上の動画再生アプリケーションの消費電力計測を行った。今後は低消費電力志向の動画再生・動画配信の実現を試みる。



(a) 自作アプリケーションによる計測結果



(b) PowerMonitor による計測結果

図 6: 消費電力の計測結果

2.3 ビデオストリーミングにおける消費電力量特性評価

2.3.1 目的

近年、タブレット端末やスマートフォンのような携帯端末の普及・多様化が進み、その携帯端末の処理能力も向上してきている。また、2017 年までに 1 か月あたりのモバイルデータトラフィックは 2013 年の 7 倍近くまで増加すると予測されており、さらにその 66.5% をビデオトラフィックが占めると予測されている。そのような中で処理の雨量の高い端末であればあるほど消費電力は増加し、ユーザはバッテリー残量を気になければならない。本提案ではスマートフォンにおけるビデオストリーミングの消費電力量を計測し、比較評価を行う。

2.3.2 評価実験

本実験では、サーバ側に Virtual Box で仮想化された Ubuntu 12.04 LTS、クライアント側に Galaxy SC-04E を使用し、サーバ側は有線、クライアント側は無線で通信している。無線 LAN アクセスポイントは IEEE 802.11n 規格を利用する。また使用した動画の解像度は 1280x720、フレームレートは 24fps

であり、動画コンテンツは、約 10 分間の再生時間で、MPEG-DASH でマルチビットレート圧縮した big_buck_bunny_720p24.y4m と elephants_dream_720p24.y4m を用いた。また実験の効率化のために 60 秒分、1440 フレームのみエンコードを行い、セグメントサイズは 10 秒として実験に使用した。実験環境は利用的な環境を想定し、クライアントは AP の近傍に配置し、最大レートで通信しやすい環境とする。またそれぞれのビットレートにおける試行回数は 5 回とし、それぞれの平均を採用している。動画再生時の音声は VLC for Android Beta が音声の再生に対応していないため無音再生としている。本実験の Wi-Fi 接続時のトポロジーを図 7 に示す。

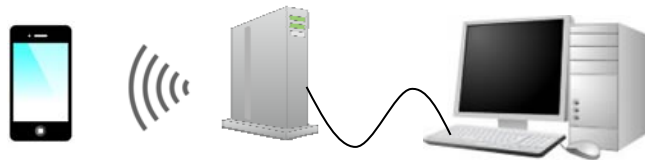


図 7: 実験トポロジー

その上で、以下の(1)式のようにクライアント側の消費電力量を 5 つのコンポーネントに分けた。

$$E_R = E_{\text{receive}} + E_{\text{decode}} + E_{\text{display}_r} + \alpha \quad \dots(1)$$

以下にそれぞれのコンポーネントの測定方法を示す。

E_R : ビデオストリーミング時の消費電力をそのまま測定

E_{receive} : サーバ側に 120MB のデータを格納し、ダウンロードしているときの消費電力からしていないときの消費電力を引く、[J/MB]の値を求め、各ビットレートの総ファイルサイズに掛け合わせる

E_{decode} : ローカルに再生した場合の消費電力から E_{display} と α を引く

E_{display} : 画像を表示させたときの消費電力からディスプレイ off の場合の消費電力を引く(機内モード)

α : 自作 CPU 使用率取得アプリを自らの CPU 使用率を取得するように起動し、そのときの消費電力を求める。(機内モード、ディスプレイ off)

図 8、図 9 に Power Monitor を用いて測定した big_buck_bunny_720p24.y4m の Wi-Fi、LTE 通信時の各コンポーネントの消費電力量を示す。

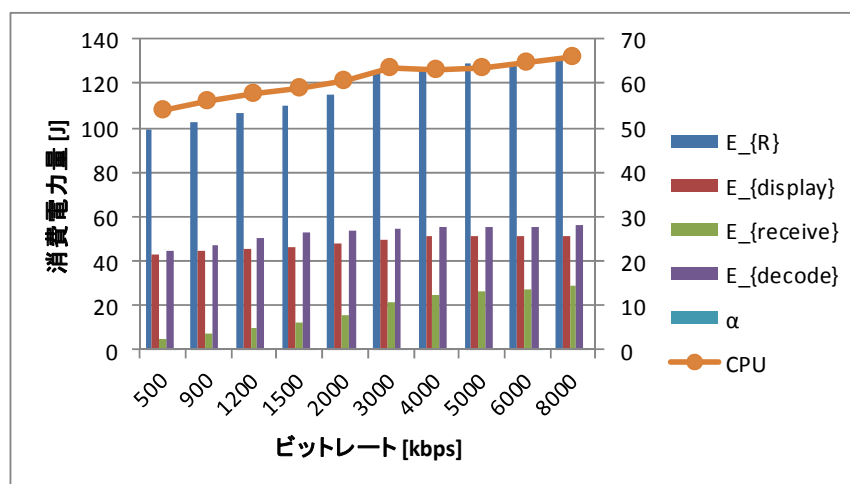


図 8: Wi-Fi 接続時の消費電力量特性(big_buck_bunny)

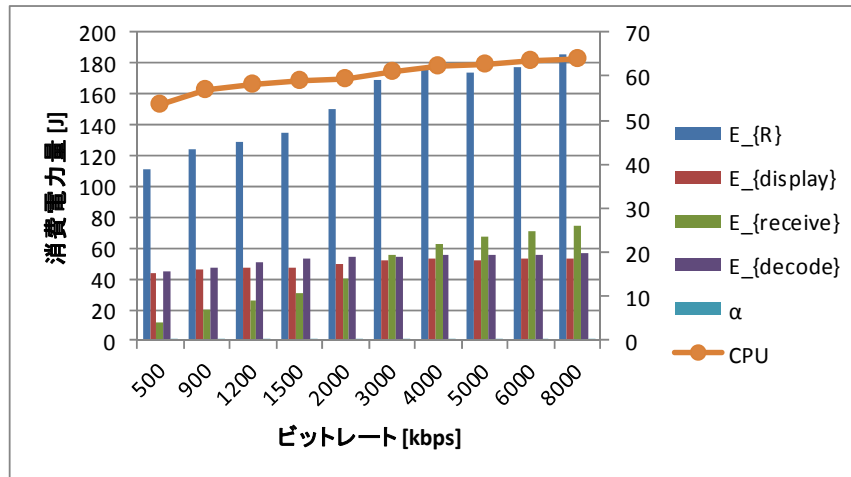


図 9: LTE 接続時の消費電力量特性(big_buck_bunny)

これらの結果より、ビットレートが大きくなるほど消費電力量は大きくなっているが、4000kbps あたりから飽和していることがわかる。これは、エンコード後の動画のファイルサイズが 4000kbps あたりから飽和していることに関係しており、この位置は動画の種類や解像度によって変化すると考えられる。 E_{decode} に関しては、いずれもビットレートが大きくなるほど微量ではあるが消費電力量も大きくなっている。これはより大きなデータをデコードするためにより大きなパワーを必要とするためであると考えられる。 $E_{receive}$ では本実験では各ビットレートの総ファイルサイズに実測で求めた[J/MB]の値を掛け合わせているのでファイルサイズに比例して大きくなっていく。またその値は Wi-Fi 接続時は 0.97572[J/MB]、LTE 接続時は 2.518658[J/MB]であった。 $E_{display}$ に関しては、ビットレートが大きくなるほど動画再生前のバッファリング時間が大きくなり、それによりバッファリング時間分のディスプレイに使用した消費電力を使っているためであると考えられる。また Wi-Fi と LTE では LTE の方がバッファリング時間が長いため、LTE 接続の場合の方が Wi-Fi 接続の場合よりも $E_{display}$ の値は大きくなっている。 α に関しては Wi-Fi、LTE ともに無視できるほどに微量であった。

2.3.3 まとめ

今回の実験では、500kbps の場合と 8000kbps の場合を比較すると、Wi-Fi 接続時は 500kbps の場合は 8000kbps の場合の big_buck_bunny では約 76%、elephants_dream では約 83%に抑えることができる。また、LTE 接続時は 500kbps の場合は 8000kbps の場合の big_buck_bunny では約 60%、elephants_dream では約 62%に抑えることができる。今後は空間解像度を変化させた場合の評価、時間解像度を変化させた場合の評価、省電力ストリーミング設計への反映を目標に取り組んでいきたいと考えている。

3. 共同研究者

山崎 恭（北九州市立大学・准教授）

市野 将嗣（電気通信大学・助教）

4. 研究業績

- [1] 小西秀典、金井謙治、甲藤二郎: “移動環境におけるスループット予測の精度向上に関する一検討,” 電子情報通信学会総合大会, B-6-75, Mar.2014.
- [2] 青木大樹、金井謙治、甲藤二郎: “スマートフォンを用いた動画配信アプリケーションの消費電力評価,” 電子情報通信学会総合大会, B-6-109, Mar.2014.
- [3] 石津裕也、金井謙治、甲藤二郎: “スマートフォンを用いたビデオストリーミングにおける消費電力量評価,” 電子情報通信学会総合大会, B-6-35, Mar.2014.

5. 研究活動の課題と展望

今後検討すべき課題を以下に示す。

- 携帯端末のセンサ情報を活用した省電力コンテンツ配信
今回の報告では、センサ情報はほとんど活用せず、一方で通信品質情報や消費電力情報を活用したコンテンツ配信に関する検討を行った。これに対して、今後は、以前と同様に位置や加速度等のセンサ情報を活用し、今回の報告のような受動的な対応ではなく、移動経路を変更するなどの能動的な対応によって、より省電力なコンテンツ配信を実現する方式に拡張する。
- 人間の行動識別に基づくインタラクティブなコンテンツ提供
今回の報告では、コンテンツ視聴は昔ながらのテレビと同様の形態を想定していた。これに対して各種のセンサ情報や画像処理、音響処理を組合せ、視聴者の行動形態や感情状態に基づいてコンテンツに AR（拡張現実感）表示を行うなどの、よりインタラクティブなコンテンツ提供を行う手段の開発を進める。