

モバイル端末のための電力使用量情報共有システムの構築

政策・メディア研究科 後期博士課程 森 雅智

概要

携帯電話などの携帯端末においてバッテリーを効率的に利用することは重要な課題である。現在利用者は各自手動で自分なりのバッテリー管理を行っているが、こうした方法では正確なバッテリー使用量の見積もりができず、必要なアプリケーションを起動できないままバッテリーが切れてしまうことがある。

そこで本研究では、各利用者のアプリケーション別電力使用量をクラウド環境に集約し、全利用者で共有する環境を構築する。これにより、各自がそれぞれアプリケーション別のバッテリー使用量を計測するよりも多くのデータサンプルを収集することができ、正確な電力使用量情報を共有することができる。本システムによって、動作時間の保証が必要なアプリケーションの実行時間保証や、アプリケーション電力使用量統計の世界的な収集が可能となり、利用者間で消費電力情報の共有が可能となる。

研究背景

近年、iPhone や Android といったスマートフォン、iPad、ネットブックといった携帯端末が広く普及してきた。こうした端末では通常の PC と同じか同程度の機能を持ったアプリケーションが動作し、インターネットへの接続環境があるため、メールやスケジュール管理などに利用されている。しかし、こうした携帯端末を重要度の高い仕事や緊急時の連絡といったミッションクリティカル用途に使うには、バッテリー切れという大きな問題が立ちはだかる。一つの端末上で複数のアプリケーションが動作する環境においては、動作するアプリケーションによって使用する消費電力が大きく異なるため、バッテリー切れのタイミングが予測しづらい。そのため、アプリケーション別に消費電力を監視し、それを元にアプリケーション実行時間を保証するシステムが必要とされていた。

こうした要求に答え、私は修士論文で組み込み端末向けのバッテリー管理技術について研究を行い、アプリケーション別の電力消費量を計測し、任意のアプリケーションのバッテリー消費量を予測する機構を開発してきた[1]。修士論文では、特定の端末においていくつかのアプリケーション利用シナリオを用いて計測を

行い、バッテリー消費量予測に必要な統計情報を計算していたが、このように端末別に毎回キャリブレーションを行う方法では、利用者への負担が大きいため普及は難しい。また、統計情報の計算量は携帯端末上で行うには負荷が大きく、端末上だけで全てを実現するには課題が残っていた。

一方で、昨今の携帯端末では、iPhone の App Store[2]や Android における Android Market[3]といった、アプリケーションを一元的に配信するサービスが提供されている。これにより、ユーザーが使うアプリケーションは自ずと配信サービスで提供されているものに限定されるため、多くのユーザーが同じアプリケーションを同機種端末で利用するといった状況が生まれている。本研究ではここに着目し、同機種端末で同じアプリケーションを使っている場合の電力使用量を全世界の利用者全体で共有することで、精度の高いアプリケーション別バッテリー使用量情報の収集を行う。また、計算量の大きい統計処理をクラウド上で行い、統計情報を利用者全体で使いまわすことで、システム全体の電力消費量を節約する。本システムの実現によって、従来は煩雑な設定が必要であった消費電力予測・保証機構がより利用者身近なものとなり、電力的にミッションクリティカルなアプリケーションの開発と実現がより現実的なものとなる。

提案システム

修士論文で開発したアプリケーション別消費電力計測・予測機構は端末の中で閉じたものだったが、それをクラウドシステムに拡張する。図 1 において、利用者 A と利用者 B は同じ機種の端末を所持しており、それぞれ任意のアプリケーションをインストールしている。端末上のアプリケーションは消費電力計測・予測機構によって消費電力をモニタリングされている。本研究では、各端末で計測されたアプリケーション別電力使用量データをクラウド上にあるデータベースに格納する。これにより、同機種端末上で同じアプリケーションが実行された時の統計情報を利用者全体で共有することが可能となる。図 1 の例では、アプリケーション A は利用者 A、B とともに利用しているため、アプリケーション A の消費電力情報はクラウドを通して利用者全体で共有される。

クラウド上に集められた消費電力データは、統計解析エンジンによって解析を行い、アプリケーション実行時間あたりの電力使用量統計データとして各端末がダウンロードできる。これにより、処理時間のかかる統計解析処理を端末上

で行う必要が無くなる。また、あるアプリケーションについて十分な統計情報が集まった状態であれば、新しい利用者 C が登場した場合、C はクラウド上から既に解析済みの統計データを得ることができ、消費電力のモニタリングを逐一行う必要が無くなる。これにより、常時電力を消費してしまう消費電力計測における消費電力をも削減することが可能となる。

クラウド環境の具体的な実装については、現状で一般的なクラウドインフラとして Google Apps Engine (以下 GAE), 及び Amazon EC2 (以下 EC2) を検討する。GAE は処理性能やコスト面での利点があるが、任意のソフトウェアをインストールする事はできないため、常時稼働する DB サーバとしての利用を検討している。一方、EC2 はコスト面では GAE には劣るものの、任意のソフトウェアをインストールできるため、統計解析のバッチ処理に向いていると考える。こうしたクラウドインフラ毎の特性も考慮したシステム開発を行う。

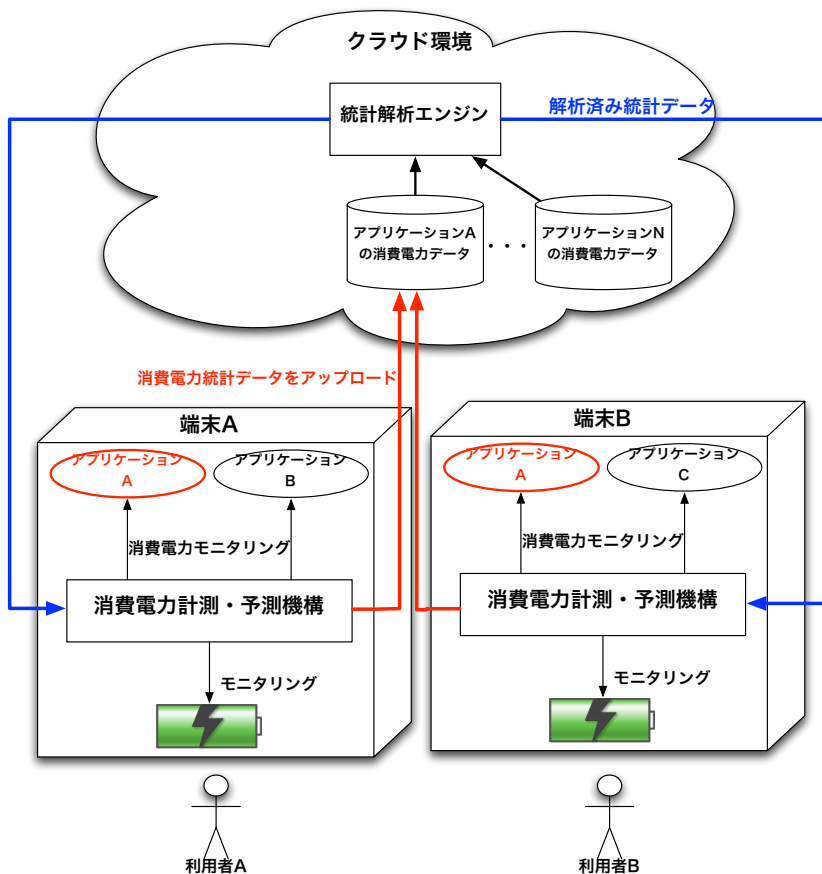


図 1 システム構成

実装と評価

提案システムの実装には、今後 Android 以外の端末にも応用の可能性を持た

せるため、昨今のクラウドシステムでは最も一般的な HTTP を API として採用した。Web サーバは Ruby on Rails と MySQL を用いて実装し、サーバ群は将来の処理負荷が上昇してもスケールできるよう、マスタデータベースサーバを除いて水平分散・冗長化可能な設計とした。こうしたサーバ構成は昨今の中・大規模 Web サービスでは一般的なものであるため、サービスの信頼性は高い。

また、端末から収集したモニタリングデータの蓄積については、当初生データをそのままサーバのデータベースに蓄積する形で実装したが、実機によって実験を行った結果、端末数を増やすと大量の INSERT クエリが発行され、マスタデータベースサーバへの負荷が非常に高まってしまうことが判明した(1 端末 1 日分のデータでおよそ 10MB~20MB)。そのため、当初の設計とは異なり端末側で利用している SQLite のデータベースファイルをファイル単位でアップロード、蓄積する実装に変更し、サーバ側では SQLite ファイルを解析に必要なタイミングで適宜読み込んで実装する実装とした。これにより、当初のレコード単位での保存に比べて劇的なパフォーマンス向上を実現することができた。

データ解析については、実機によるテストを行った結果、同じ機種 of 端末同士であれば高い予測精度が実現できた反面、異機種端末間では大きく予測精度が異なるという結果が得られた。これは端末に実装されている CPU やコプロセッサ、センサデバイスなどの消費電力が端末によって大きく異なるという要因もあるが、バッテリーの減衰特性が端末に大きく依存するという所も大きい。こうした異機種端末間でのデータ共有について、今後共有できる要素と端末に依存する要素を分離することで、よりデータ利用の幅を広げられることは今後の課題である。

まとめ

本研究では Android 端末から消費電力情報を収集し、アプリケーション毎の消費電力を解析して端末に解析結果を提供する消費電力情報共有システムを構築した。提案システムを使うことで、従来端末の限られたストレージ容量までしか保存できなかったセンシング情報の履歴を実質無限にクラウド上に保存できるようになり、長期間のデータを用いた解析が可能となった。また、同機種を使っているユーザ間で消費電力の統計情報を共有することができるようになることで、消費電力モニタリングを長期間行っていないユーザも最初から解析済みのデータを使って消費電力予測ができるようになった。今後は引き続き実

機からのデータを収集することで、消費電力統計情報の精度を高めていきたいと考えている。

[1] 2008 年度修士論文 マイクロユビキタスノードにおける高可用性を実現するバッテリー管理機構 森 March, 2009

[2] iPhone App Store <http://www.apple.com/jp/iphone/apps-for-iphone/>

[3] Android Market <http://www.android.com/market/>

[4] Networked Sensing Systems, 2008. INSS 2008 “P-Survive: Process level energy reservation for networked sensing systems” **Mori, M.**, Yura, J., Nakazawa, J. and Tokuda, H. June, 2008