

適応型ルールベースコンテキストモデル生成方法の提案と評価

M2014SE006 豊田 丈晃

指導教員 青山 幹雄

1. はじめに

モバイルデバイスが利用者のコンテキストに応じて適切なサービスを提供するコンテキストウェアシステムが注目されている。コンテキストウェアシステムの実現には環境に応じたコンテキストモデルが必要となる。しかし、具体的な環境に応じたモデル生成方法は未確立であるため、環境の変化に適応する仕組みが必要となる。本研究では適応型コンテキストモデル生成方法を提案する。

2. 研究の課題

環境の変化に適応するコンテキストモデルを生成するために、以下の2点を研究課題とする。

- (1) 環境の変化に適応できるコンテキストモデル構造
環境の変化に適応するために、コンテキストモデルの更新が容易なデータ構造が必要となる。
- (2) コンテキストモデルの適応プロセス
コンテキストモデルを環境に適応させるプロセスの定義が必要である。

3. 関連研究

3.1. BML フィードバックループ

BML (Build Measure Learn) フィードバックループとは、MVP (Minimum Viable Product) と呼ばれる、必要最小限の機能を持ったプロダクトを学習、構築、測定の3プロセスを繰り返すことでユーザの要求を獲得する手法である[3]。

3.2. エネルギー消費モデリング

Jiang らの調査では、モバイルデバイスの利用状況や消費電力には相関関係があり、個人に合わせたエネルギー消費モデルが作成可能であるとしている[1]。

3.3. モバイルデバイスにおけるコンテキストウェア

モバイルデバイスにおけるコンテキストウェアシステムにおいて、コンテキストモデルを表現するシンプルで軽量のモデリング言語と推論エンジンが必要であり、特にルールベースのシステムが最適であると結論づけている[2]。

4. アプローチ

コンテキストウェアの概念に基づくモバイルデバイスの電力消費の最適化を、環境の変化に適応させて実現するために、コンテキストと振る舞いの関係をルールベースで表現することで、更新を容易にした適応型ルールベースコンテキストモデルを提案する。また、仮説検証法である

BML フィードバックループを用いたコンテキストモデル適応プロセスを提案する。構成図を図1に示す。

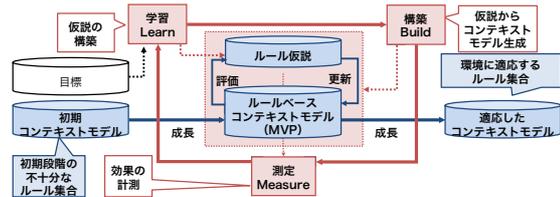


図1 アプローチの構成図

5. 提案

5.1. 適応型ルールベースコンテキストモデル

本提案手法ではコンテキストモデルは、以下のルールで表現する。

If <条件> *Then* <振る舞い> (1)

コンテキストモデルにはコンテキストの分類に関わるルールとコンテキストとサービスのマッチングに関わるルールが含まれる。コンテキストとサービスのマッチングに関わるルールをルール仮説として生成し、コンテキストモデルに追加することで更新可能とする。

5.2. コンテキストモデル適応プロセス

適応型コンテキストウェアシステムの提案プロセスの全体図を図2に示す。本フレームワークにはコンテキストモデルを更新する構築、コンテキストモデル内のルールの効果の測定、測定結果を元に新たなルールを生成する学習の3プロセスが含まれる。また、システムには制御対象のシステムとこのシステムが達成すべきゴールが設定されており、コンテキストウェアシステムはこのゴールを達成するよう環境の変化に適応する。

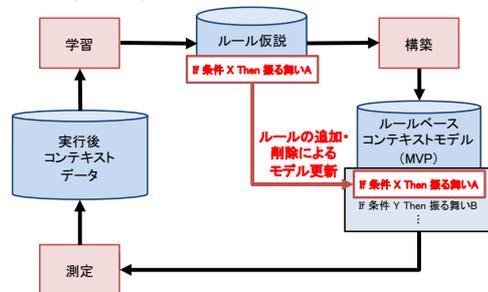


図2 コンテキストモデル適応プロセス

5.2.1. 構築

構築では、学習によって生成されたルールをコンテキストモデルへ適用する。構築プロセスの詳細図を図 3 に示す。仮説にはルールと追加、更新、削除命令が含まれており、コンテキストモデルに対して変更を加える。

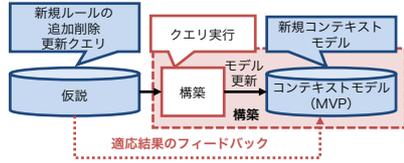


図 3 構築プロセス詳細図

5.2.2. 測定

測定プロセスの詳細図を図 4 に示す。測定では、センサ値などコンテキストをコンテキストモデルへ問い合わせ、振る舞いを決定する。決定した振る舞いを制御対象システムへ適用し、その効果を測定する。これらの結果を実行後コンテキストデータとする。

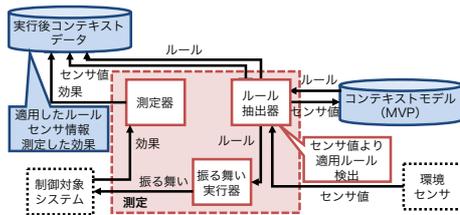


図 4 測定プロセス詳細図

5.2.3. 学習

学習では、実行後コンテキストデータをもとにコンテキストと振る舞いの関係を特定し、新たなルールを生成する。学習プロセスの詳細図を図 5 に示す。

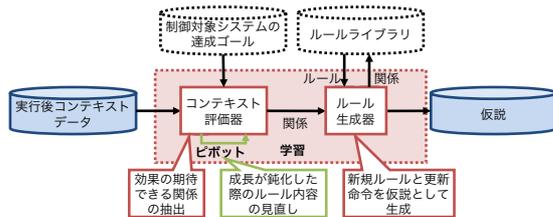


図 5 学習プロセス詳細図

学習プロセスで新規ルールの条件を作成する方針をルールの詳細化とピボットの 2 種類に分類する。

(1) ルールの詳細化

ルールの詳細化は、適用したルールの条件に追加して、要素を追加した新たな条件を設定し、ルールを作成する。

(2) ピボット

ピボットは期待値の高いコンテキスト条件に見られる共通の要素を、関連ルールマイニング[4]などを用い

て抽出し、新規ルールを作成する。

この 2 つのルール作成を計測したルールの効果に応じて切り替えることでユーザー環境に適応したコンテキストモデル生成が可能となる。

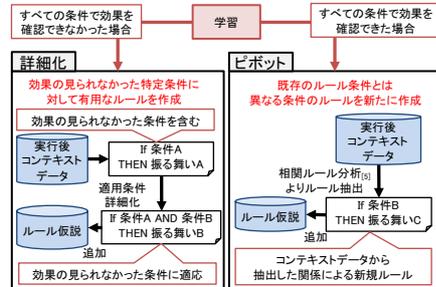


図 6 ルールの詳細化とピボット

5.3. フィードバックの適応プロセス

提案手法では、ルールベースのコンテキストモデルを、BMLフィードバックループを通して更新することで、環境の変化へ適応させる。コンテキストモデルはルールベースであるため、ルールを追加することによって更新が可能である。全体のプロセスは BML フィードバックループによって実行される。

6. プロトタイプの実装

6.1. プロトタイプの構造

Twitter やメール、RSS などの定期的にファイルをダウンロードするアプリケーションにおける電力最適化機能を想定し、プロトタイプとして実装した。プロトタイプの構造図を図 7 に示す。

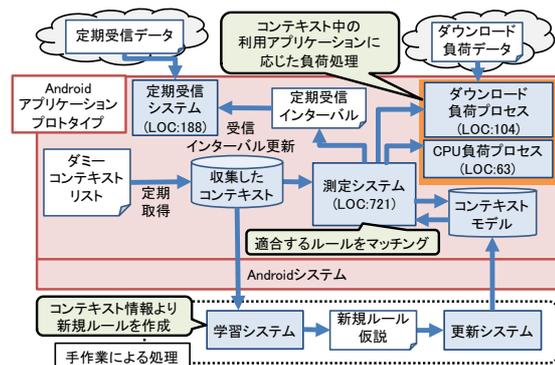


図 7 プロトタイプの構造

6.2. プロトタイプの実装

本プロトタイプは Android 向けのアプリケーションであり Java を用いて実装を行った。プロトタイプではダミーのコンテキストが含まれるリストから一定時間ごとにコンテキストを取得する。コンテキストモデルから取得したコンテキストと合致するルールを抽出し、ルールに応じて定期受信システムのインターバルを更新する。

表 1 実装環境

機種	Galaxy Nexus
CPU	OMAP4460 1.2GHzデュアルコアプロセッサ
メインメモリ	1GB
OS	Android4.3

また、ユーザによるアプリケーションの利用を想定し、アプリケーションの利用に関するコンテキストが存在する場合にはデバイスのCPUや通信に負荷を与える。実行後コンテキストデータは端末内に逐次保存され、1日毎に効果検証システムへ送り、新規マッチングルールを作成する。本プロトタイプはAndroid向けソフトウェアとして実装を行い、表1の環境で検証を行った。

7. プロトタイプを用いた実験と検証

7.1. 前提条件

プロトタイプの適用方法として、ユーザのコンテキスト値を事前に仮定して、事前にリストに格納されている。このコンテキストリストの特徴として、文献[1]をもとに、ユーザの利用パターンを考慮している。また、本実験の目標を1分あたりのバッテリーレベル変化量が1%以下とすると設定し、これを達成するようにルールを生成する。

7.2. シナリオ

7.2.1. 想定するコンテキスト

本研究で想定するコンテキストは、ユーザコンテキストとして時間、位置情報、ユーザの移動、ユーザが利用しているアプリケーション、電力消費とする(表2)。ただし、バッテリー残量についてはエネルギー消費に影響を与えないと考え、サービスを決定するコンテキストからは除外している。

表 2 収集するコンテキストの種類

コンテキストの種類	分類
時間情報	朝、昼、夜、深夜
位置情報	自宅、職場(学校)、その他
ユーザの移動	移動状態、静止状態
利用アプリケーション	なし、ソーシャルアプリケーション、ゲームアプリケーション
バッテリー残量	数値(%)

これらのコンテキストは1分毎に取得される。また、モバイルデバイスの利用に応じて画面輝度の変更や、CPUやダウンロード処理に負荷をかける(表3)。

表 3 利用アプリケーションの種類と負荷

利用アプリケーションの種類	画面輝度	CPU負荷	ダウンロード負荷
なし	最低	なし	なし
ソーシャルアプリケーション	最高	なし	50MB
ゲームアプリケーション	最高	あり	50MB

7.2.2. 振る舞いのシナリオ

プロトタイプは一定期間ごとのコンテキストの収集とは別に、一定期間ごとにダウンロードを行っている。この周期は外部から変更が可能であり、通常は1分ごとに250MBのダウンロードを行っているが、その周期を2分、3分と切り替えることで消費電力の変化を確認する。

7.3. 結果の検証と考察

7.3.1. 電力消費最適化効果に対する検証

検証結果よりルールの適用による省電力効果の検証を行う。今回の検証実験では4周目のループの段階で以下のコンテキストモデルが生成された。

```
Rule2:IF 時間==evening AND 場所==home AND 利用==socialapp THEN interval=3min
Rule3:IF 場所==school AND 利用==gameapp THEN interval=2min
Rule4:IF 場所==home AND 利用==socialapp THEN interval=2min
Rule5:IF 時間==evening AND 場所==home THEN interval=3min
```

それぞれのルールを適用する前と後での1分あたりのバッテリーレベル変化量を図8に示す。今回生成されたすべてのルールの適用前と比べ適用後のほうがバッテリーレベル変化量が減少していることが確認できる。

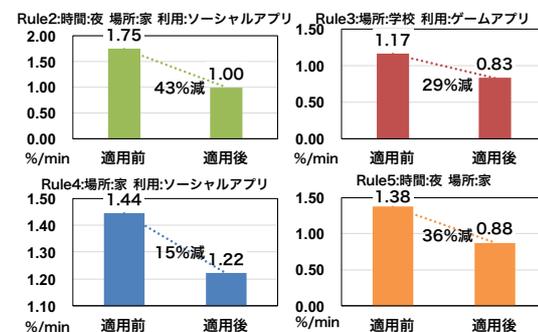


図 8 ルール適用によるバッテリーレベル変化量の減少

7.3.2. 生成されたモデルに対する検証

続いて生成されたモデルについて検証を行う。事前に作成されたコンテキストには消費電力が大きくなるユーザの利用パターンを考慮してある。このパターンの内、今回生成したコンテキストモデル内のルールが発火したものを図9に示す。今回の実験では事前に設定したユーザの利用パターンの約62%が発火していることが確認できた。

時間	事前定義したユーザの利用パターン	ルール発火の有無	時間	事前定義したユーザの利用パターン	ルール発火の有無
7:00			17:00		
8:00			18:00		
9:00			19:00		
10:00			20:00		
11:00			21:00		
12:00			22:00		
13:00			23:00		
14:00			0:00		
15:00			1:00		
16:00					

図 9 コンテキストリスト中のユーザの利用パターンと発火ルール

表4より、事前に設定したユーザの利用パターンの中で、低負荷のソーシャルアプリケーションの利用に関わるパターンの約54%が発火した。また、高負荷のゲームアプ

リケーションの利用に関わるパターンの約 77%が発火していることが確認できた。これによりユーザの利用による負荷に適応したユーザ行動のルールモデル化を確認できた。

表 4 利用するアプリケーションの種類と発火ルール数

利用アプリケーション	負荷	利用パターン数	発火ルール数	発火率(%)
なし	低	79	4	5.1
ソーシャルアプリケーション	中	24	13	54.2
ゲームアプリケーション	高	13	10	76.9

また、事前に設定した利用パターン以外の部分で発火ルールが存在するコンテキスト条件も確認できた。これは、「時間=evening, 場所=home」という条件の場合に消費電力が増大する利用パターンが多かったために相関ルール分析によって「時間=evening, 場所=home」という関係が抽出され、ルールとしてコンテキストモデルに含まれたことに起因する。

7.3.3. 既存方法との比較

文献[2]では、事前に設定されたルールによる、ルールベースのコンテキストウェアシステムを提案している。本プロトタイプによって生成されたルールモデルはユーザの行動をルールモデル化しているため、よりユーザの環境の変化に適応したコンテキストウェアサービスの提供が可能であると考えられる。

8. 評価と考察

8.1. 環境に適応するコンテキストモデル構造の評価

コンテキストモデルをルールベースで表せることから、コンテキスト-サービスマッチングルールを書き換えることによる環境変化へ適応可能なコンテキストモデル構造を提案した。検証実験では、フィードバックループを通じてルールの追加と検証をしていくことによってコンテキストモデルを環境に適応させることが可能となった。また、これらの結果を元にコンテキストモデルによって、モバイルデバイスの負荷が大きくなる利用パターンのルールモデル化を行うことが可能となった。

8.2. 適応型コンテキストモデル生成方法

BML フィードバックループを用いて、コンテキストモデルを環境の変化へ適応させるプロセスを提案した。

この結果、検証実験ではルール仮説をコンテキストモデルに追加する構築、コンテキストをもとにコンテキスト-サービスマッチングルールを用いて振る舞いを決定、効果を計測する測定、測定された効果をもとにルールの評価と新たなルール仮説の生成を行う学習のプロセスを通じてコンテキストモデルを環境変化に適応可能であることを示した。また、効果の検証を伴うため、消費電力の最適化などユーザによってルールが変化し、コンテキストと振る舞いの関係が不明瞭なものについても効果の期待できるコンテキストモデルが生成可能であることを示した。

8.3. 提案方法についての考察

本提案方法が適用可能な条件として以下の2つが考えられる。

- (1) コンテキストと振る舞いがルールで表現可能
コンテキストの条件と振る舞いの関係が一意に決まりルール表現が可能であるものを対象としている。そのため情報提供サービスなど提供する振る舞いが変化するものに対する適用は困難である。
- (2) ルールの効果を定量的に測定可能
本提案方法ではルールの効果を適用前のコンテキストと適用後のコンテキストを比較することで計測する。このため、事前にルールの効果を計測する基準を用意する必要がある。

9. 今後の課題

9.1. 計測対象外のコンテキストからの影響

計測対象外のコンテキストに目標値に与える影響の大きい物があつた場合には生成するルールの精度に問題が発生する場合があると考えられる。

9.2. コンテキストの増加による影響

収集するコンテキストの要素が多くなることによって同条件が発生する割合が低くなり、適切にルールを評価できなくなると考えられる。

9.3. ルールの発散の考慮

本提案手法はコンテキストモデルのルールが収束することを前提として提案している。このため実際の適応にはルールが発散してしまう場合に対する考慮が必要となる。

10. まとめ

本研究では周囲の環境やユーザのコンテキストの変化に適応したコンテキストモデルを生成するために BML フィードバックループを用いたコンテキストモデル生成方法を提案した。また、プロトタイプとして実装を行いフレームワークの妥当性を示した。その結果、利用時の負荷に適応したユーザの行動のルールモデル化や、消費電力に効果のあるルールの生成を行うことが可能となった。

参考文献

- [1] Y. Jiang, et al., Personalized Energy Consumption Modeling on Smartphones, Proc. MobiCASE 2012, LNICST Vol. 110, Springer, Oct. 2012, pp. 343-354.
- [2] G. J. Nalepa, et al., Rule-Based Solution for Context-Aware Reasoning on Mobile Devices, ComSIS vol.11, Oct. 2014, pp. 171-193
- [3] E. Ries, The Lean Startup, Crown Business, 2011.
- [4] R. Scoble and S. Israel, The Age of Context, Createspace, 2013.
- [5] 渡邊 真也ほか, 相関ルール分析に基づく非劣解分析支援システムの提案, 人工知能学会論文誌 29 巻 2 号, 2014.3., pp. 219-233