

携帯電話におけるコンテキスト情報としての 低消費電力位置情報取得方式

清原 良三[†] 三井 聡^{††} 松本 光弘[†] 沼尾 正行^{†††} 栗原 聡^{†††}

[†] 大阪大学大学院情報科学研究科

^{††} 三菱電機(株)情報技術総合研究所

^{†††} 大阪大学産業科学研究所

E-mail: †r-kiyohara@ist.osaka-u.ac.jp

あらまし 近年、携帯電話やカーナビゲーションシステムは高機能化し、広域、近距離の無線通信を備えたユビキタス時代の中心端末となっている。そのため、機能が増加しているにも係らずキーの数などは一定であり、操作の複雑性が増している。一方、ある人が使う機能はその人のおかれた状況によって一定のパターンがあることが容易に推測できる。このパターンを操作のログから抽出することによってユーザの操作を支援できれば有効であり、常時ユーザのおかれた状況を把握することにより実現可能と考える。しかしながら、常時コンテキスト情報を取得することは電池を消耗することになりうる。本論文では、コンテキスト情報としての位置情報(GPS)の取得に関して、その取得回数を減らしても常時位置を特定する手法を提案し、位置情報の取得による電池問題への影響が少ないことを実験により評価し、その手法に効果があることを示す。

キーワード 携帯電話, 携帯端末, コンテキストウェア, 消費電力, GPS

Location Detection with Low Power Consumption for Obtaining Context Data for Mobile Devices

Ryozo KIYOHARA[†], Satoshi MII^{††}, Mitsuhiro MATSUMOTO[†], Masayuki NUMAO^{†††}, and

Satoshi KURIHARA^{†††}

[†] Graduate School of Informartion Science and Technology, Osaka University

^{††} Information Techonology R & D Center, Mitsubishi Electric Corpration

^{†††} The Institute of Scientific and Industrial Research, Osaka University

E-mail: †r-kiyohara@ist.osaka-u.ac.jp

Abstract Recent technology advancement makes mobile terminals such as smartphones and car navigation systems small PCs with full of functions. The increasing number of functions designed to help user could produce a undesired problem; increasing complexity of the operation. To solve the problem many research has been proposed to utilize context-aware technology, which could predict a user's preference based on past user-experiences in similar context. Mobile devices always have to know location as context information in order to predict next operation quickly. GPS function consume a lot of battery power. In this paper we propose a method for getting context information with a few numbers of using GPS function. We show it is quite effective by evaluating the result of experiments.

Key words コンテキストウェア, 消費電力, GPS

1. はじめに

近年、携帯電話は急速に高機能化、多機能化している。その一方で携帯電話のサイズは小型化され、サイズは一定で画面が

大きくなるなど、キーの数はそれほど増やすことができない状況である。そのため、操作のツリーは深くなり複雑になる傾向にある。携帯電話は屋外で使うことも多く、複雑な操作は注意を散漫にしてしまうため、できる限り避けるべきである。

一方、最近の携帯電話には GPS や加速度センサなど複数のセンサが予め備えられている。センサを利用してユーザの置かれた状況を把握し、コンテキストに依存したサービスを提供する研究も盛んになっている。しかしながら、携帯電話上に単純に実装し、センサで情報を常時取得したりすると、消費電力の問題などが発生すると推測できる。

そこで本研究では、既存の携帯電話上でコンテキストに依存したサービスを実現するための位置情報取得に関して、頻繁に GPS 機能で位置情報を取得すると、どの程度影響が出るのかを測定し、一般の労働者のように日常生活で行動パターンのあるような人には実際上問題のない範囲に抑えるための低消費電力で実現する方式を提案する。その結果を評価し、その有効性を示す。

2. 関連研究

携帯電話の操作とユーザの置かれた状況に関連性があることを調査した結果が文献[2]に示されている。文献[2]では、実際に人の行動を人に張り付く形で観察し、コンテキストと操作に関連性があることを示している。

コンテキスト情報を各種センサで取得し、リモコン機器などを一つのボタンで実現する手法[1]も提案、実現されている。この手法は携帯電話にも応用可能であると考えているが、携帯電話は屋外で利用されるケースが多いため、そのままでは適用できるわけではない。

文献[4],[5],[6],[18]などは携帯電話にコンテキストウェアの考え方を検討し、携帯電話上でコンテキストウェアアプリケーションを開発できるような環境を提案している。

また、文献[8]では、加速度計や、照度計、マイクなどを体中に付けることによって状況を把握し、必要な処理を行う研究もされている。しかし、現実に体にこのような多くのセンサをつけるのは困難であるが、携帯電話にはこれらのセンサの一部が既に搭載されており利用可能な状況にもなっている。ある決まったルールに基づいて状況を判断し処理をするモデルである。

一方、文献[9]では、文献[8]の研究をさらに進めて、ルールを学習して動的に変化させる方法を提案している。これらの手法は、ユーザの操作性を向上するという観点で非常に有効な手法であると考えられる。

また、文献[10]では、車の中での操作は特別であり、運転中であることを判断する手法に関して述べている。このように、停止しているのか、動いているのかなどを加速度センサを用いて判断することは非常に有効と考える。

文献[7]では、加速度センサではなく、基地局の情報から状態を推定する手法に関して述べている。消費電力の面などを考えると有効な手法の一つと考える。

[11]や[12]ではコンテキストに応じて携帯端末を動作させる研究が進んでいる。また、[13]では、さらにコンテキスト情報をその確率の高い時だけに取得するというような手法で、コンテキスト情報取得の問題を解いている。

これらの先行研究から、位置情報は非常に重要なコンテキスト情報であり、何かをやりようとしたときに、常に把握する必要

があると考え、精度、どこでも取得できる可能性から GPS を利用することが良いと考える。GPS をアクションがあった時点で起動すると瞬時には位置情報を得られない。そのため、定期的に GPS を動作させる必要があるが、それでは電池がもたない。

そこで、本論文では GPS の起動のタイミングを制御することにより、コンテキスト情報としての位置情報を取得しても電池の消耗に最小限の影響しか与えない手法を提案した。実際の携帯電話を利用して GPS の電池消耗状態を評価し、提案方式で効果のあることを示す。

3. システム構成

3.1 状況依存型アプリケーション

状況適応型 UI の目標は、図 1 に示すように、ユーザの置かれた状況によって、携帯端末の使い方に特徴があること[2]を利用して、携帯端末の操作性を向上することにある。操作性とは操作回数および操作時間によって決まるもので、画面を集中して見る時間が削減できれば良い。しばしば、数回程度の操作回数でできることが、1 回減る程度では効果が薄いという議論もあるが、ユーザの視点での操作回数の削減だけで判断するべきではなく、街中で歩きながらの操作を行った場合などは事故などの危険性が伴うため、少しでも画面に集中する時間を減らすことは十分意味のあることである。

状況適応型 UI の構成には次に示す 2 種類があると考えられる。

- 状況を判断して自動的にアプリケーションを起動する。
- 状況を判断して確率の高いアプリケーションの候補を提示する。

アプリケーションを自動的に選択するのが操作性は良いが、確実に正しいアプリケーションを選択できるとは限らない。また、状況には全く依存しないアプリケーションもある[15]。そこで、アプリケーションの候補を提示するという後者の方針をとる。

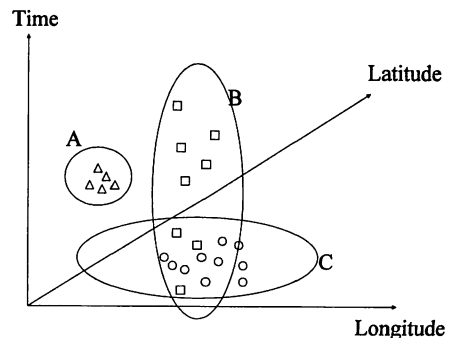


図 1 状況に依存したアプリケーションの例

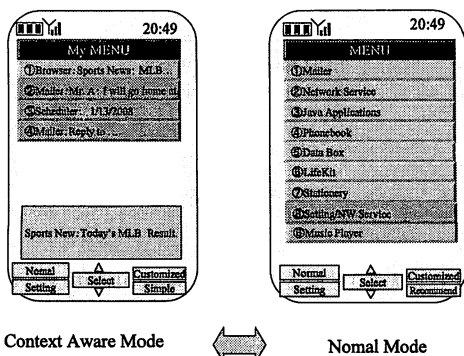


図 2 状況依存型 UI の例

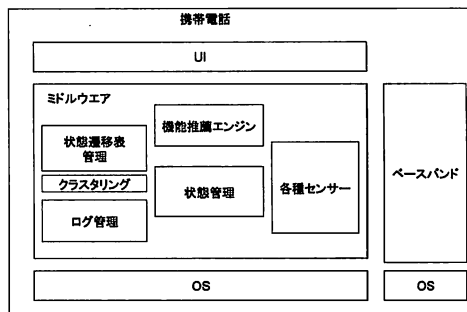


図 3 全体構成

3.2 状況適応型 UI

具体的な UI のイメージを図 2 に示す。街中でも使うような携帯電話は片手操作を重視すべき [16] と考え、最近の iPhone [14] に代表されるタッチパネルを主体にした UI ではなく、従来型の UI での適用を想定した。左側が状況適応型 UI を適用した例で、候補が抽出されている。右側は従来の UI の例である。ボタン一つで双方を呼び出すことができることを想定している。

3.3 機能要件

状況適応型 UI では、以下の機能要件が必要であるとする。

(1) 状況に依存しないタイプのアプリケーションもあるため、通常の UI と状況適応型 UI をボタン一つで選択できる必要がある。

(2) 状況適応型のモードを選択している場合は、候補のターゲット機能に簡単にアクセスできる必要がある。

(3) 状況に応じた機能の予測は間違っても想定して複数の候補を抽出するべきである。

(4) レスポンスタイムは通常の UI と変わらない必要がある。

(5) 消費電力をできる限り通常と変わらない必要がある。状況に応じてアプリケーションの候補を選択するためには、予め状況ごとの状態遷移表の作成を行う必要がある。また、レスポンスタイムを通常と変わらないようにするためには常時状況を把握しておかなければならない。一方 GPS を始めとするセンサを常時動かすと消費電力に影響がある。そのため常に状況を把握するように単純に実装すると機能要件を満たさない可能性が高い。

3.4 全体構成

システム全体としては、図 3 に示す構成となる。ミドルウェア層にて状況を判定し、機能の推薦を行う。そのために、ユーザの操作のログを管理し、充電時などに消費電力を気にせず、携帯電話のアプリケーションという観点に着目したクラスタリングを行い、各状態での動作確率を導き出し、状態ごとに状態遷移表を作成しておく。

機能を使おうとしたときには、現在の状況の判別も大切で、そのために各種センサを利用して状況を判別する。また、機能推薦エンジンは、メニューを合成するなどの機能である。

ここで、本報告ではセンサとしては GPS を主に考える。本来は、GPS はマクロ的な位置を取得することに使い、無線 LAN などを局所的な位置把握に利用するべきである。しかし、両方を搭載した携帯電話は現時点ではわずかであることに比べて GPS は全機種で搭載されることから GPS を主に検討した。

また、屋内での位置捕捉に関しても、擬似的な GPS の利用に関する研究も進んでおり、将来的には屋内でもある程度利用することが可能になると期待できる。

4. H/W 構成と基本消費電力測定

GPS 機能の消費電力への影響を知るために、実際に GPS 搭載の携帯電話を用いて、GPS のチップの消費電力だけでなく、周辺のコードが動作する影響なども含めて消費電力がどの程度問題になるかを調べるため以下の事項を実験調査した。

- (1) 電池パックの実際の容量の測定
- (2) 待ち受け電流の測定
- (3) GPS 動作時の電流量の測定

測定にあたっては図 4 に示すような一般的な携帯電話のバッテリー部に配線をつけ、その接点間の電流を測定することにより、電流量を測定した。

測定は 1 秒に 1 回の割りでその瞬間の電流を記録保存するという手法で記録した。

4.1 電池パックの容量

実験する際の条件を明確にするためにまず実験対象とする携帯電話の電池パックの容量を測定した。測定条件を表 1 に示す。電池パックに一般に電池業界で電池の寿命を測定する基準 [20] と言われる 0.2c 電流値を流すことにより、低電圧のアラームを出す電圧まで下がるにどの程度の時間がかかるかを測定した。測定は 5 回測定した平均で示す。

初期電圧が 4.251[V] であった。そのため、計測した電流値を

表 2 待ち受け電流

項目	測定結果 [mA]
LCD 標準状態	159.98
LCD オフ状態	1.93

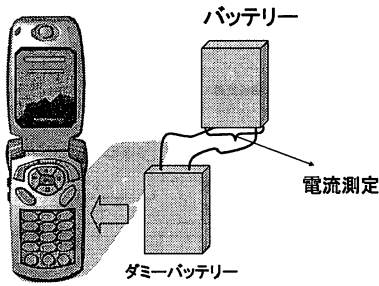


図 4 電流測定方法

表 1 電流量測定条件

項目	内容	データ
測定環境	気温	23~25 °C
	電池パック	定格 3.7[V] 790[mAh]
測定パラメーター	測定方法	ダミー放電
	ダミー電流	158[mA]
	測定間隔	1 秒

合計し、時間あたりにすることにより容量を計算した。

$$v[mAh] = \sum(\text{計測した電流値 [mA]})/3600 \quad (1)$$

その結果測定対象とする電池では以下ようになった。

$$v = 708.88[mAh] \quad (2)$$

公証値と違うのは携帯電話で充電した結果では満充電にはならないと推定できる。

4.2 待ち受け電流

次に実際の携帯電話を用いて、待ち受け時の電流を測定した。携帯電話を静止した状態でしかも電波が入る状態で、LCD を標準輝度でつけたままにした場合と、LCD をオフした場合のそれぞれに対して、起動後時間がたって安定した状態で 15 分間に関して 2 種類 5 回測定し、その平均を調べた。表 2 にその結果を示す。LCD オフでの待ち受け電流を m として、待ち受け時間を計算すると以下になる。

$$\begin{aligned} h(LCD - off) &= v/m \\ &= 708.88/1.93 \\ &= 367.25 \text{ 時間} \end{aligned} \quad (3)$$

もし LCD をつけばなしにすると LCD の電流を l として以下になる。

$$h(LCD - on) = v/(l + m)$$

$$\begin{aligned} &= 708.88/159.98 \\ &= 4.43 \text{ 時間} \end{aligned} \quad (4)$$

LCD は大きさや明るさなど携帯電話の種類によって大きく変わる部分であるが、多少の差はあっても待ち受け時間に大きく影響する要素であることが確認できた。LCD オフで動作する機能は着信イベントの確認処理や位置登録に関する処理などが考えられる。

4.3 GPS 機能

次に GPS 機能での電流を測定した。測定環境の都合上、LCD を標準でつけた状態であり、GPS 捕捉できずに基地局情報で補正するという最悪のケースを利用した測定を 5 回行った結果、392.17[mA] であった。パイプレータの鳴動など目で見ても明らか部分の消費電力はカットする形で計算した。

結果から計算すると、GPS 機能単独で電流量の影響は単純に引き算をして、 $g = 232.19[mA]$ であることがわかった。この値は LCD を点灯したままにするよりも常時 GPS で位置を捕捉している方が影響が大きいことを示しており、連続して GPS を利用すると、次に示す時間しか携帯電話が使えないことになる。また、この最悪の場合で計測するのに 1 回 40 秒かかった。また、この値はチップの公証値とはかなり異なる。その理由は、GPS の測定では GPS チップのみが動作するわけではなく、通信機能など他の機能も動作するためである。

$$\begin{aligned} h(GPS - LCD - off) &= v/(g + m) \\ &= 708.88/(232.19 + 1.93) \\ &= 3.03 \text{ 時間} \end{aligned} \quad (5)$$

5. 位置情報取得

5.1 位置情報取得方式

状況適応型 UI の実現には位置情報の取得は必須である。位置情報を取得する方法は様々な方法がある。GPS を利用する方法は、どこでも利用できる一方で屋内などでは測定できない欠点がある。また、高さなど測定できない面もある。無線 LAN を使って位置を推定する方法もある。この手法では、GPS とは逆に屋内でインフラが設置されていれば、高さの情報まで含めて利用できる。よってこれらの方法を的確に使いわけるのが良いと考える。

しかしながら、GPS は携帯電話の搭載が義務化されており、しかも基地局の情報を使えばある程度の位置は常にわかることになるのに対して、無線 LAN は搭載されている携帯電話はわずかである。また、ユーザが意図して無線 LAN で位置を推定するようなアプリケーションをインストールしなければ使えない状況である。そこでまずは GPS のみで位置を常時把握する

ことにした場合に消費電力はどのようになるかを調べた。

5.2 消費電力への影響

消費電力の影響は大きいことが実験によりわかった。位置情報を把握しておくために常に GPS で位置を把握しておくという方式は、単純に実装すると現実的には使いものにならないことがわかった。しかし、ユーザが操作をしようとした時点で位置情報を取得しているようでは応答性が問題となり、やはり状況適応型 UI は現実性を失うことになる。

そこで、位置情報の取得の間隔をあけることを考える。もし、待ち受け時間を状況を把握しない場合に比べて状況を把握したとしても $p\%$ は確保したいとするなら次のようになる。間隔を i 分に 1 回とし、GPS の 1 分あたりの消費電力は以下である。

$$232.19 * 40/60 = 154.79[mAm] \quad (6)$$

を計算した上で GPS の単位時間あたりの消費電流を $g(i), r = p/100$ とすると

$$\begin{aligned} g(i) &= g/i \\ h &= rh(LCD - off) \\ h &= v/g(i) \end{aligned}$$

これを解くと、以下になる。

$$r = mi/g \quad (7)$$

よって r は以下になる。

$$\begin{aligned} r &= 1.93i/154.79 \\ r &= 0.012i \end{aligned} \quad (8)$$

この式から、40分に1回GPSを動作させる程度でも待ち受け時間は半分になる。

LCDを利用して使う場合とほぼ同じぐらいの消費電力性能を保とうとすると、40分に1回程度GPSを動作させることで実現できる。しかし、40分に1回GPSを動作させる程度で状況を常に把握できているといえるのかという方が問題となる。そこで、GPSをなるべく動作させない位置把握方式が必要となる。

6. 提案方式

6.1 加速度センサの利用

一つの方法は多くの携帯電話にすでに搭載されている加速度センサの利用である。加速度センサにより、ユーザがどのような速度で動いているのかか乗用車に乗っているのか、あるいは電車にのっているのかという区別が可能である[17]。こういった情報を利用することにより、移動していなければ位置も変わらないためGPSを利用しないということが考えられる。

加速度センサの消費電力は、良いものでは、0.1mA~0.2mA程度であり、待ち受け時の電流が1.93mAであることを考えると影響は小さいように考えられる。しかし、センサの電流だけですむわけではない。そこで携帯端末上での実測を行った。その結果、加速度センサを常時動作させて待ち受け電流が3.1mA

となることがわかった。これだけで、待ち受け時間を3分の2になることを示している。この程度であれば常時動作させることができるのではないかと考える^(注2)。

例えば、休憩時間や睡眠時間なども考えると、実際に移動する時間は人それぞれ違うものの、1日の半分程度ではなろうか。だとすると、GPSは、移動している時間だけに利用すると仮定すれば、20分に1回起動すれば良いことになる。そこで次のようにする。

- 移動していないと判断できる場合、位置は測定しない。
- 低速での移動中と判断される場合は、数分に1回程度の位置測定を行う。これは停止した瞬間の位置の情報が問題となるためである。
- 高速での移動中と判断される場合は、移動中という状態の影響の度合いの方が大きいと考え、位置は停止するまで測定しない。

しかし、加速度センサでは移動していると判断されるケースが多くある。例えばオフィスの中で動きまわる場合に、移動していると判断してしまい、頻繁に位置を取得しに行く。これでは電力消費が激しくなる。また、加速度センサでのユーザの行動の推定は、精度が高いわけではないため、誤ることも考えられるので加速度センサの情報のみを使うだけでは実用的にはならないと考える。

また、実際にライフログを取得する端末で、人の動作状況を見ると、加速度センサーとしては動いているように判断できる場合でもその多くのケースでは、家の中での動きやオフィスの中での小さな動きが多く、実際にGPSを要する場合は少ないはずである。

そこで、加速度センサは睡眠時などまったく動いてないかどうかの判断に使うのが良い。それでも1日の約3分の1はGPSを起動する必要がなくなる。

6.2 過去の行動履歴の利用

習慣的にユーザが行動するという仮定に基づいて、状況依存型のUIを設計している。例えばオフィスにいる場合は、毎日オフィスにいると仮定できる。そのため、少々の移動がある程度では、GPSは起動しなくても、位置は変わっていないと考えることができる。

GPSで位置を取得しなければならないかどうかは日々の行動パターンの情報も使うことし、加速度センサでの判断で少し動いた程度では判断しない。

日々の行動は、時間帯によって、携帯電話を使う可能性が高い、低いがあると考えられる。例えば、昼休みなどは頻度があるが、作業中は下がるというような傾向が考えられる。

このようなパターンは、出張などのときには変わるが、それは1日の最初の行動から変わると考えられるため、その場合は、頻度高くGPSを動作する必要が出てくるが、そうでない場合には利用頻度の高い時間の前にGPS測定をすることにより、日々の行動パターンかどうかを判断することで対応できる

(注2)：加速度センサを搭載した機種で、歩数計を動作させるだけで待ち受け時間が半減する機種もある

と想定する。

6.3 補助動作的位置情報取得

加速度センサによるユーザの状況推定にしろ、過去の行動履歴を利用しようとも100%のユーザの状況を推定できるわけではない。間違った推定をしたままで状況を推定しつづけると、常に状況把握を誤り、ユーザビリティを落とすことにつながる。

そこで、状況推定は誤るものという立場にたつて、寝ている時間などを除いた時間では、1時間に1回程度は位置情報を把握することにより推定の誤りを訂正する。しかし、そのときに建物の中などで位置捕捉ができなかった場合が問題となる。しかし、そもそもユーザへの機能の推薦は間違えることがあるものであり、これ以上の状況取得の精度を上げる意味があまりないのではないかと考える。

7. おわりに

携帯電話のユーザビリティの向上を目指して、コンテキストウェアでユーザの使いたい機能を推薦する方式を検討し、そのアーキテクチャの中で必須となる位置情報の取得に関して実装可能性を検討した。現状のインフラや端末の搭載機能からするとGPSを利用するのが現実身があるが、消費電力が問題となるとされていた。

そこで、実際の程度問題になるのかを実際の携帯電話を利用して電流を測定することにより確かめた。常時位置を取得するためにGPSを稼働させることはやはり現実的ではないことがわかり、1時間に1回程度動かすぐらいにする必要があることがわかった。そこで、加速度センサや過去の履歴を使うことによって、位置が推定できる場合は位置情報取得を行わないという方法を提案した。

また、無線LANに関しても同様な測定を行い、位置情報の取得のためにはどの程度の消費電力であるのかを検証し、今後、GPS、無線LAN、加速度センサの動きから現実的にどの程度GPS情報を取得する必要があったか、無線LANを利用するとどうなるかを検証し、本方式の有効性を確認していく予定である。

文 献

- [1] Nakashima H.: Cyber assist project for situated human support, Proc. The Eighth International Conference on Distributed Multimedia Systems, ISBN 1-891706-11-X, Knowledge Systems Institute, pp. 3-7(2002)
- [2] Blom J., Chipchase J. and Lehtikoinen J.: Contextual and Cultural Challenges for User Mobility Research, CACM, Vol.48, No.7, pp.37-41(2005)
- [3] Kiyohara R., Matsumoto M., Shimizu N. and et al.: Context-Aware Middleware for Mobile Phone Based on Operational Logs, Proc. of 26th International Conference on Consumer Electronics, 8-1-5(2008)
- [4] Widjaja I. and Balbo S.: Spheres of Role in Context-Awareness, Proc. of OZCHI(2005)
- [5] Korpipää P., Häkkinen J., Kela J., et al.: Utilising Context Ontology in Mobile Device Application Personalisation, Proc. of MUM, pp.133-140(2004)
- [6] Henricksen K. and Indulska J.: Developing context-aware pervasive computing applications: Models and approach, pervasive and mobile computing, Vol.2, No.1, pp.37-64(2006)
- [7] Sohn T., Varshavsky A., LaMarca A., et al.: Mobility De-

- tection Using Everyday GSM Traces, Proc. of 8th International Conference on Ubiquitous Computing(2006).
- [8] Siewiorek D., Smailagic A., Furukawa J., et al.: SenSay: A Context-Aware Mobile Phone, Proc. of 7th IEEE International Symposium on Wearable Computers, pp.248-249(2003).
- [9] Karause A., Smailagic A., Siewiorek P. D.: Context-Aware Mobile Computing: Learning Context-Dependent Personal Preferences from a Wearable Sensor Array, IEEE transaction on mobile computing, Vol.5, No.2, pp.113-127(2006)
- [10] Zhang H., Schreiner C., Zhang K., et al.: Naturalistic Use of Cell Phones in Driving and Context-Based User Assistance, Proc. of the 9th international conference on Human computer interaction with mobile devices & services, ID-101(2007).
- [11] 遠山緑生, 豊田陽一, 加藤文彦ほか: コンテキスト情報と操作履歴の関連付けによる操作予測システムの提案, 情報処理学会研究報告-ユビキタスコンピューティングシステム, Vol.2004, No.112, pp.83-90(2004)
- [12] 河口信夫, 宮崎俊和, 稲垣康善: ユビキタス情報環境における履歴を用いた機器操作支援手法, 情報処理学会研究報告-ユビキタスコンピューティングシステム, Vol.2004, No.39, pp.57-62(2004)
- [13] 内田 渉, 笠井 裕之, 倉掛 正治: コンテキスト依存型サービスのスケラブルな実行制御方式, 電子通信学会論文誌 D, Vol. J90-D, No.6, pp.1403-1416(2007)
- [14] Apple: Apple-iphone, (online), available from <http://www.apple.com/iphone/> (accessed 2008-4-11)
- [15] 松本光弘, 清原良三, 福井秀徳ほか: 携帯電話におけるコンテキスト情報を用いたユーザの操作予測, 人工知能学会第79回知識ベースシステム研究会, SIG-KBS-A702, pp.87-92(2007)
- [16] Parhi P., Karlson K. A. and Bederson B. B.: Target Size Study for One-Handed Thumb Use on Small Touchscreen Devices, Proc. of the 8th international conference on Human computer interaction with mobile devices & services, pp.203-210(2006).
- [17] 山崎 亜希子, 五味田 啓: 加速度センサ等を用いた移動状態判定方式の検討, 情報処理学会第70回全国大会, 1E-3(2008)
- [18] 上坂大輔, 小林亜令, 横山浩之ほか: 携帯端末におけるユーザ行動パターン動的モデル化手法のための評価システムの開発, 第6回情報科学技術フォーラム(FIT2007), pp.261-262, M-054(2007)
- [19] ARM: ARM Processor Overview, (online), available from <http://www.arm.com./products/CPU/> (accessed 2008-04-11)
- [20] Baysun: 放電特性カーブの見方 バッテリー-ベリサン-, available from <http://www.baysun.net/lithium/lithium10.html> (accessed 2008-04-07)