

## ジオフェンシングサービスにおける効果的な消費電力削減手法の提案

関谷仁志<sup>†</sup> 中村 嘉隆<sup>†</sup> 高橋 修<sup>†</sup> 本田 和明<sup>†</sup>公立ほこだて未来大学 システム情報科学部<sup>†</sup>公立ほこだて未来大学院 システム情報科学研究科<sup>†</sup>

## 1. はじめに

近年、幅広い応用が期待される M2M サービスの一つとして、ジオフェンシング技術が注目されている。ジオフェンシング技術は、対象が持つ端末が仮想的に設置された境界を通過したことを検知し、端末に対してあらかじめ決められた処理を自動的に実行することで、場所に応じたサービスを提供することが可能である。ジオフェンシングの応用が期待されているサービスの例として刑務所における囚人の監視や、高齢者施設などにおける入居者情報の把握が挙げられる。刑務所や施設は入居者を管理しなければならない。しかし、対象人物の心身の健康や人権などの観点から、限られた屋内に束縛することは望ましくない。これらに対する解決法としてジオフェンシングの応用が考えられる。あらかじめ屋外での作業場や散歩コースを全て囲んだ仮想境界を設置することで、入居者が仮想境界を超えた場合、施設の管理者に通知される。これによって、入居者が施設外に出た場合も、入居者の管理が可能となる。しかし、現在のジオフェンシングには、いくつかの課題が挙げられる。例えば、GPS 精度の課題、位置情報を公開することに対するプライバシーについての課題、常に位置情報を ON にするために発生する端末の消費電力の課題などが挙げられる。GPS を常時起動した状態で、待ち受け状態に比べ、約 120 倍もの電力を消費してしまう[1]。そのため、常時 GPS を ON にするジオフェンシングは、端末の電力消費が大きい。一方、ジオフェンシングの検出精度を高めるためには測位回数を増やす必要がある。しかし、測位回数を増やすことによって消費電力が増大してしまうというトレードオフの関係がある[2]。本稿では、端末位置の検出精度を維持しつつ、端末の省電力化を行う消費電力削減手法の提案を行う。

## 2. 関連研究

文献[3]ではジオフェンシングにおいて効果的な省電力化を実現するために、移動検出機能、測位手段切り替え機能、間隔可変測位機能の 3 つの機能を組み合わせた消費電力削減手法を提案している。

## 2.1. 移動検出機能

移動検出機能は、端末が静止している場合にセンシングや測位頻度を抑制するために利用できる。端末が静止状態の場合、GPS を停止して加速度センサを起動し、監視する。端末が移動を開始した場合に加速度センサと GPS を切り替える[1]。また、加速度センサによる移動検出の測位契機を仮想境界の距離に応じて変化させる機能を追加している。この追加機能により、GPS をより長時間スリープ状態に維持できる。

## 2.2. 測位手段切り替え機能

測位手段を切り替えることで省電力化を目指す機能は複数提案されている。それらの大半は GPS 測位と基地局測位を切り替える機能である。測位誤差の水準と仮想境界までの距離に応じて測位手段を変更。仮想境界までの距離が測位誤差の水準を十分に超えている場合には、消費電力の小さい測位手段に切り替えることでジオフェンシングの省電力化を実現している。

## 2.3. 間隔可変測位機能

仮想境界と端末の距離を算出し、その距離と予想される接近速度から仮想境界への到達時間を算出することで測位回数を削減する。この機能では接近速度の予測が問題となる。端末が移動する最大の速度を事前に予測し、利用するものがあるが、速度を

固定値とする以上、消費電力の抑制効果は限定的である。文献[3]では、予想される速度を固定値としない間隔可変測位機能を考案している。

文献[3]では、位置測定が不可能な屋外での正確な位置測定が課題となっている。しかし、屋内での位置測定は、基地局を利用する位置測定では、どうしても誤差が発生してしまう。これは第 5 章の実験結果からも明らかである。よって端末が屋内にいる場合には、GPS を OFF にすることができれば、ジオフェンシングサービスにおいて最も消費電力を削減できると考える。

## 3. 提案方式

本研究では、位置測定が不可能な状況において、GPS を OFF にすることで、消費電力を削減する手法を提案する。GPS の ON/OFF の切り替えの最適な指標を導出することで、効果的な省電力化を実現する。

GPS の位置測定が不可能となるような状況では、GPS を取得する端末は屋内または地下にいると考えられる。このしたがって、GPS による位置測定が不可能な場所は、位置測定可能な場所に比べて、周辺温度の変化が顕著であると予想される。よって、本研究では、温度センサを用いることで、屋内屋外間の移動を検出し、それに応じて GPS を切り替えることで電力消費を抑える。

本手法では、端末は位置測定が不可能な場所に移動した場合に屋内への移動が行われたと測定して GPS を OFF、温度センサを ON にし、周辺温度の変化から屋内から屋外への移動を推定して温度センサを OFF、GPS を ON に切り替えている。そのため、GPS がどのような値をとったときに位置測定が不可能となったと判定するか、周辺温度変化がどのくらいの差で屋内から屋外、屋外から屋内への移動をしたと判定するかが課題となる。これらの値に関する予備実験は 4 章で行う。

さらに、本研究にて、関連研究を拡張した場合の状態遷移図を図 1 に示す。

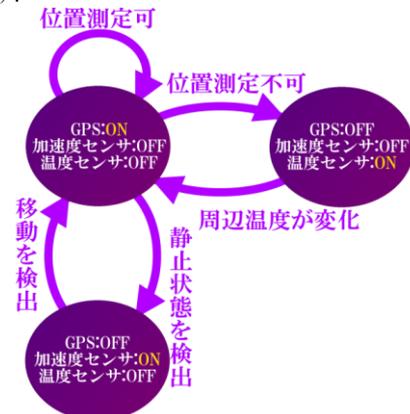


図 1 全てのセンサにおける状態遷移図

これにより、関連研究に加えて、位置測定不可な場所のみ GPS を OFF にすることで、さらなるジオフェンシングの省電力化が期待できる。

## 4. 予備実験

提案方式の予備実験として、端末が位置測定不可な場所に移動した際の GPS を OFF にするトリガーを調査するために、GPS を搭載した小型デバイスを用いた。この小型デバイスのスペックを表 1 に示す。

## “An effective power education method in Geo-fencing service”

Masashi Sekiya<sup>†</sup>, Yoshitaka Nakamura<sup>†</sup>, Osamu Takahashi<sup>†</sup><sup>†</sup> School of Systems Information Science, Future University Hakodate

表1 GPSを搭載した小型デバイスのスペック

搭載しているセンサ	GPS, 3G
GPSデータの測定周期	1(s)
※GPSから十分な位置情報が取得できない場合基地局から位置情報を自動的に取得する	

この小型デバイスのGPSを起動し、GPSデータを取得しつつ屋内外移動を行い、屋内外を移動するタイミングでGPSデータがどのような値を示すか調査した。さらに位置測定可能な場所に移動した際のGPSをONにするトリガーを調査するために、デジタル温度計を用いた。このデジタル温度計のスペックを表2に示す。

表2 デジタル温度計のスペック

測定範囲	-5(°C)~50(°C)
誤差	±2(°C)
測定周期	60(s)

上記の小型デバイスとデジタル温度計を携帯し、屋内外の移動を行い、それぞれの値を観測した。観測したデータは、「屋内から1分後に建物の中から外に移動し、5分間屋外を移動、その後、建物の中に戻る」という行動を取った最中のデータである。また上記の行動を別日程で2回行った。いずれも屋内屋外間での気温差は20°Cである。1回目の実験結果を実験1、2回目の実験結果を実験2とする。

5. 実験結果と考察

図2.3の実験結果より、いずれも屋内での正確な位置測定は不可能であった。屋外では正確な位置測定をすることが可能であり、正確な軌跡を描くことが出来たが、建物近辺での位置測定の際に、マルチパスの影響により、建物から離れた場所と比較すると不正確であった。このことは図2.3を比べると明らかである。また屋内から屋外へと移動した後、すなわち小型デバイスが3GからGPSに切り替わった際の位置測定に関しても不正確が目立つ。



図2 実験1におけるGPSデータの結果

実験1では、屋内での位置測定の結果が右側に異常値として観測された。いずれも200m以上の誤差があり、GPSのON/OFFを切り替えるための十分な指標が検出できた。



図3 実験2におけるGPSデータの結果

実験2では、屋内での位置測定の結果が分散しており、誤差が50m以内で収まるデータも検出された。このことから位置測定の結果から異常値をトリガーとして、GPSのON/OFFを切り替える手段は有効ではないと判断できる。したがってGPSのON/OFFを切り替えるトリガーとしては、既存のGPSから3Gに切り替わるアルゴリズムを用いる。

図4の実験結果から値の変化が顕著なことからGPSのON/OFFを切り替えるための有効な指標を観測できた。上記でも述べたとおり、今回の実験では、1分後に屋内から屋外に移動している。いずれも屋内から屋外への温度変化は顕著に表れているため、室内温度の3°C以上の変化を取れば1分以内の誤差で屋内外移動タイミングを測定できる。正確な温度指標については、今後、多様な実験を経て、温度指標を検証する。

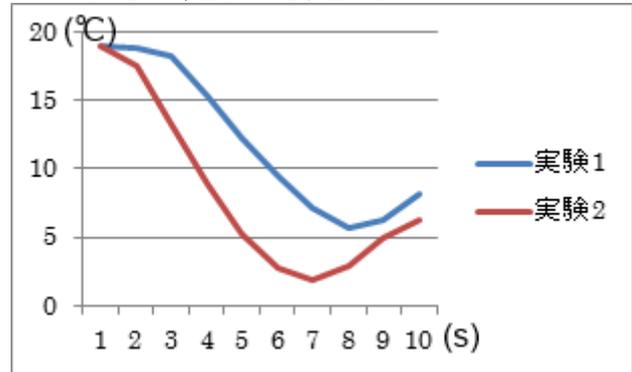


図4 デジタル温度計の値の変化

以上の結果から、位置測定不可能を検知するトリガーをGPSから3Gに切り替わるアルゴリズムを利用することが有効であることがわかった。また、温度センサによるトリガーに関しては、周辺温度を取得することで、屋内外を検出するための顕著な温度変化があり、多様な実験を重ねることで十分な温度指標を取得できることがわかった。

6. おわりに

本研究では、屋内などGPSによる位置測定が不可能な状況に対し、温度センサと加速度センサを用いて屋内での移動状況を推定し屋内滞在時はGPSをOFFにすることで、端末の消費電力を削減する手法を提案した。今後は予備実験から得られた結果を用いて、省電力化を考慮しないジオフェンシングとの電力消費の比較、評価を課題とする。評価では屋内外の移動、移動状態と静止状態の切り替わりを想定して評価を行う。

参考文献

[1]清原良三, 三井聡, 松本光弘, 沼尾正行, 栗原聡, "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," 情学技報, Vol.2008, No.44, pp.33-38, 2008.  
 [2]瀬古俊一, 八木貴史, 茂木学, 武藤信洋, "GPSの消費電力軽減にむけた気温情報を用いた屋内外移動タイミング推定手法," 信学技報, Vol.110, No.450, pp.131-136, 2011.  
 [3]中川智尋, 山田渉, 土井千章, 稲村浩, 太田賢, 鈴木誠, 森川博之, "ジオフェンシングサービスのための間隔可変測位による省電力入圏検出方法の評価," DICOMO2013 論文集, pp.1116-1122, 2013.