

RW-Link+: 高反応性と省電力性を考慮した実世界リンクの試み

宮崎 学[†] 岩井 将行^{*‡} 戸辺 義人^{§*}東京電機大学 未来科学研究科[†] 東京大学 生産技術研究所[‡]
東京電機大学 未来科学部[§] 科学技術振興機構 CREST^{*}

1. はじめに

実世界のモノの情報は、ウェブ世界のようにリンクを辿ることができず、参照できない場合が多いため、必要なモノが即座に発見できないことがある。そこで、実世界のモノ同士がウェブのようにリンクを相互に構築することで、モノの位置情報を検索可能にし、空間内にいかなるモノがいくつあるのか確認することが可能になれば有用である。そこで、我々はモノの分散管理システム、RW-Link を構築した。本稿では、RW-Link の加速度取得部の制御と、照度による在室判定を追加することにより、反応性と省電力性の改善を狙った RW-Link+ の実装について述べる。

2. RW-Link の前提と問題点

RW-Link ではモノを、移動する可能性のない SO(Static Object)と移動可能な MO (Mobile Object) の 2 つに分類する。MO は最近隣の SO を探索し登録要求を送ることで SO に登録され、ユーザは MO を紛失した場合に、どの SO の近くにあるのかを知ることができる。先行研究^[1]では移動終了トリガ位置登録手法を提案し、移動中の SO 探索パケットの送信を抑制することでリンクの正確性と省電力性の性能向上を示した。しかしながら、パケット送信抑制により、SO 登録に要する時間が増加してしまう。また、MO の消費電力もさらに低減しなければならない。

3. 提案手法

前述の 2 点の問題点を解決するために、移動トリガ加速度センシング制御と、照度センサを用いた在室判定を提案する。移動トリガ加速度センシング制御により検索クエリに対する高反応性を、照度センサを用いた在室判定により省電力性の向上実現を図る。以下に各手法の詳細を述べる。

3.1. 移動トリガ加速度センシング制御

RW-Link では一定時間毎に加速度を取得し、直前の値との差が閾値以上となった場合を移動があったと判断する。移動中の MO は移動終了を待ち、停止判定後に SO 探索パケットを送信する。ここで、静止中に得られる加

RW-Link+ : A Linking System of Real-World-Things

Considering High Reactivity and Energy Saving

Manabu MIYAZAKI[†], Masayuki IWAI^{*‡}, Yoshito TOBE^{§*}[†] Graduate School of Science and Technology for Future Life, Tokyo Denki University[‡] Institute of Industrial Science, the University of Tokyo[§] School of Science and Technology for Future Life, Tokyo Denki University

*CREST, Japan Science and Technology Agency

速度を A_s 、移動中に得られる加速度を A_m 、 $|A_s - A_m| > \delta$ とする。静止してから 1 度目の加速度取得では、加速度の差は $|A_m - A_s| > \delta$ であり、静止判定されるためには静止後 2 回の加速度取得が必要である。MO が移動を開始してから再度 SO に登録されるまでの時間 T_r を(1)式で示す。 T_a は加速度取得間隔、 k は(移動開始時刻 - 加速度取得時刻) / T_a であり、 $0 < k < 1$ の範囲で変動する。 T_m は MO が移動している時間であり、 T_a よりも短いと移動を検知できない可能性がある。 Δt_r は SO に登録要求を送信して受理されるまでの時間で、ほぼ無視可能である。

$$T_r = T_a \cdot (k + 1) + T_m + \Delta t_r \quad (1)$$

本手法は、移動中のみ T_a を短縮させ、最低限の電力消費の増加で SO 登録の高速性向上を実現する。

3.2. 照度センサを用いた在室判定

本システムは屋内における使用を想定しているため、ユーザが不在の場合は、移動を考慮する必要はない。本手法は、ユーザが在室時には電灯をつけるという前提を利用する。MO は移動がない場合に一定間隔でキープアラートパケットとして SO 探索パケットを送信しているが、その際に照度を取得しパケットに付与して送信することとする。システム上における過半数のノードの照度値が閾値を下回った場合、システムはユーザが外出中と判断し外出モードに移行する。外出モードでは加速度センシングを行わず、定期送信間隔を延長することで省電力性向上を実現する。

4. 提案手法の評価実験

本章では前章で提案した 2 つの手法の有用性を確認するための評価実験を行った。以下に、各実験の施行方法、実験環境、設定したパラメータについて述べる。本システムでは無線通信やセンシング機能を有する SunSPOT を実世界のモノに付与し実世界検索を実現する。SunSPOT は 3.7V 720mAh のバッテリーで駆動する。

4.1. 移動トリガ加速度センシング制御評価実験

本実験では評価指標として、実際に移動を開始してから再度登録されるまでの時間を登録時間 T_r と定義する。移動中も含めた全体の時間 T で SO に登録されている時間を割ったものを即時正答率 PIA(a Percentage of Immediacy correct Answer)として定義し、(2)式に示す。

$$PIA = (T - T_r) / T \quad (2)$$

実験は 60[s]の間にランダムなタイミングで 10[s]間 MO を移動させ、停止後 SO に再登録されるまでの時間を計測した。手法適用時の加速度取得間隔は停止判定時 10[s]、移動判定時 5[s]とした。図 1 に加速度センシング制御の有無による即時正答率と放電量の関係を示す。表 1 に登録時間と即時正答率の平均値と改善率を示す。

4.2. 照度センサを用いた在室判定評価実験

本実験では、簡略化のために SO と MO は 1 個ずつで行う。実験環境を図 2 に示す。MO の照度が閾値を下回った場合にユーザが外出中であると判断する。加速度取得間隔、照度取得と SO 探索パケット送信間隔のパラメータを表 2 に示す。実験は 12 時間システムを連続稼働させ 3 時間毎に電灯を点消し、MO のバッテリー残量を調査する。また、本実験では、MO の移動は考慮しないものとする。図 3 に MO のバッテリー残量と経過時間の関係を示す。表 3 に在室判定手法の有無による、放電量と削減率を示す。

4.3. 実験結果と考察

実験 4.1 および 4.2 の結果を図 1, 3 と表 1, 3 に示した。4.1 の結果として、登録時間では 10.3[s], 38%の時間短縮が確認できた。登録に要する 2 回の加速度取得において加速度センシング制御により Ta を短縮した分だけ、手法を用いない場合よりも登録時間が少なくて済むことを確認した。即時正答率は平均 17%向上し、移動トリガ加速度センシング制御手法の高反応性向上における有効性を示した。4.2 節にある実験の環境では、放電量を平均して 47%抑制する結果となった。不在時における無駄な電力消費を抑える手法としての有用性を示すことができた。

5. 関連研究

照度センサを利用して省電力性を実現する研究に知的照明システム^[2]が挙げられる。照明、照度センサ、電力系を一つのネットワークに接続し、各ユーザの要求に応じた照度を提供し、かつ省エネルギー性を実現する。本研究では、照度をユーザの在室判定に使用し、不在時の電力消費削減を実現した。オブジェクトの位置推定の研究として、Li 等の研究^[3]がある。複数の ZigBee 端末の RSSI を用いてモノの位置推定を行う。Li 等の研究では推定精度は高いものの、RSSI 値と距離の関係に学習が必要である点やモノの情報を集中サーバにて管理する点が、本システムのようにモノ情報はモノ同士で分散管理する手法とは異なるため、柔軟性のあるリンクを作成することは難しい。

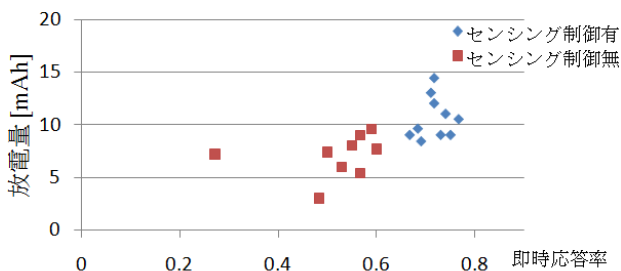


図 1. センシング制御の有無による即時正答率と放電量の関係

表 1. 制御手法の有無による各平均値と改善率

	未適用時	適用時	改善率
平均登録時間[s]	27.3	17.0	38%
平均即時正答率	55%	72%	17%

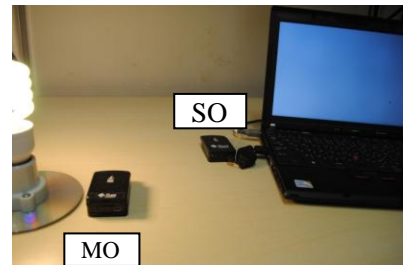


図 2. 照度センサによる省電力実験の環境

表 2. モード別の各動作間隔

	加速度	照度+SO探索
在室モードパラメータ[s]	10	60
外出モードパラメータ[s]	なし	300

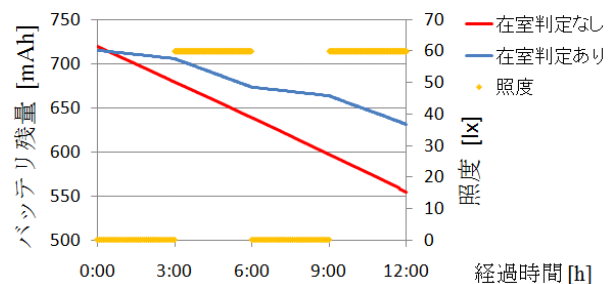


図 3. MO のバッテリー残量と経過時間の関係

表 3. 在室判定の有無による放電量と削減率

	判定無	判定有	削減率
放電量[mAh]	13.8	7.4	47%

6. まとめと今後の課題

本稿では、先行研究である RW-Link を反応性と省電力性の観点から改善を施した RW-Link+ の提案を行った。評価実験から、移動トリガ加速度センシング制御により 4.1 節の実験環境では SO への登録時間を平均 38% 削減可能であることを示した。また照度センサを用いた在室判定により、4.2 節の実験環境では 47% の電力消費削減を達成した。今後の発展として、検索機能の充実が挙げられる。モノに分類を示す論理的なラベルを付与し、関連物同士の表現や、管理履歴をマイクロログなどで保存し、モノ検索支援の利便性を向上する。

参考文献

- [1] 中田 龍太郎, 石塚 宏紀, 岩井 将行, テープウィロー ジャナポン ニワット, 戸辺 義人, 加速度センサを用いた移動トリガ位置登録システムの設計と実装, FIT2009 第 8 回情報科学技術フォーラム, pp.263-264, (2009)
- [2] 三木光範, 知的照明システムと知的オフィス環境コンソーシアム, 人工知能学会, Vol.22, No.3, pp.399-410, 2007
- [3] Ming Li, Taketoshi Mori, Object Location Estimation with ZigBee Module in Actual Living Environment, INSS2010 Workshop:HBS2010, p.8-15 (2010).