

物流における位置追跡システム

江頭 良太^{†1} 小林 郁太郎^{†1} 板生 清^{†1}

近年、携帯情報端末の小型化・高性能化が顕著で、ウェアラブル・コンピューティングが実現しつつある。また将来的にはウェアラブル情報端末が、人間以外の人工物や自然物にも多数装着され、ネットワークに接続されていくと思われる。本研究では人工物への応用に焦点をあて、物流において必要不可欠な存在であるパレットにPHS位置検索専用端末を装着し、有効な位置追跡システムの構築を試みた。

The positioning system in logistics

Ryota Egashira^{†1} Ikutaro Kobayashi^{†1} Kiyoshi Itao^{†1}

Recently, portable devices have been so highly integrated and miniaturized that wearable computing is already applicable to a commercial use. In the near future, vast amounts of wearable information devices connected to a intelligent network would be implemented to artifacts and nature environments as well as worn on human beings. We focused on the applicaton of wearble information devices to artifacts. We applied PHS positioning devices to pallets that are indispensable in logistics, and succeeded in constructing a trial.

1. はじめに

情報通信機器の体積・重量は本質的には零であるべきで、この究極の目的に向けたマイクロ化技術が電気・機械・物理・化学の各方面から開発されており、今後もその試みは続いていくと思われる。近年では徐々に、マイクロマシン技術、マイクロセンサ技術、無線技術、インターネット技術などの融合により、環境や生体から出る情報を捉え判断・処理することが可能になってきている。そのような技術的な流れの中で情報機器の形態はモバイルからウェアラブルへと変化している。常に服のポケットに入っている携帯電話はその代表的な一例である。ウェアラブル機器は人間にだけでなく、人工物、動物及び自然物にも装着することで、人間環境以外にも人工環境や自然環境とい

たあらゆる環境に適用することができる。このように様々な環境に装着するウェアラブル機器を、我々は「ネイチャーインターフェーサ」と提唱している¹⁾。ネイチャーインターフェーサの構成は、図 1.1 のようになっている。すなわち、人間、動物、自然及び人工物から発信される光、音、温度、圧力、画像情報、化学物質、生理情報及び位置情報等のアナログ信号をセンサが感知し、コンピュータでのデジタル変換及びデータベースに基づく行動認識を行い、無線の発信機によってネットワークに情報伝送するという一連の機能を持つ。また、それぞれのネイチャーインターフェーサを広域ネットワークに接続することによって各環境の情報の収集と制御を遠隔地で行う、いわゆる、「ウェアラブル・インフォメーション・ネットワーク」

^{†1} 東京大学(東京都文京区本郷 7-3-1)

^{†1} Tokyo University(7-3-1,Hongo,Bunkyo-ku,Tokyo)

2) 3) 4) の確立が可能となる。ウェアラブル・インフォメーション・ネットワークの、現在研究されている応用としては、

- [1] 自然環境における環境モニタリング及び動物活動モニタリング^{5), 6)}
- [2] 生活環境における汚染モニタリング及び快適度モニタリング
- [3] 生産環境における生産自動化及びエネルギー制御
- [4] 人体環境による小型医療・福祉機器による患者モニタリング及び手術の自動制御。
- [5] 交通環境における自動化及び物流のモニタリング。
- [6] 農業環境における育成モニタリング及び温室制御。
- [7] 防災環境における河川水位モニタリング及びダム強度モニタリング、等があげられる。(図 1.2)

2. 物流における位置追跡システム

ウェアラブル・インフォメーション・ネットワークを具現化する例として、上記「[5]交通環境における自動化及び物流のモニタリング」の「物流のモニタリング」に関する実験を行った。物流モニタリングの具体例として、物資輸送において不可欠な存在であるパレットを対象とした以下の位置追跡実験を実施した。

2.1 パレット位置追跡システム

2.1.1 パレットについて

パレットとはフォークリフトでの荷物の運搬、及び倉庫内での製品の保管に用いられる木製（及びプラスチック）の台である。(図 2.1)



図 2.1 フォークリフトとパレット

現在パレットは国内に 2 億枚存在すると言われている。また、1999 年度国内貨物総輸送量 64 億トンのうち 12% の輸送においてパレットが使用されている。⁷⁾

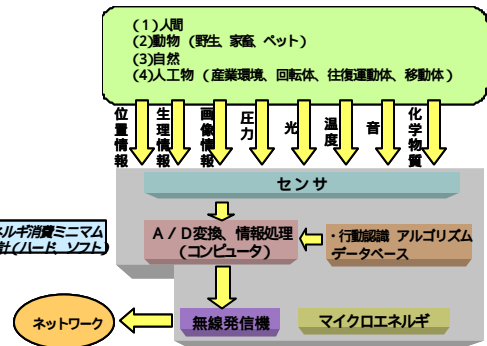


図 1.1 ネイチャーインターフェーサーの構成

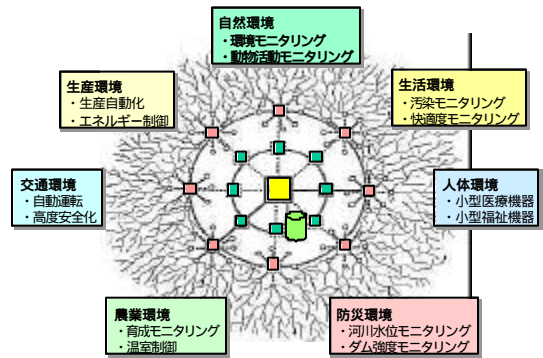


図 1.2 ウェアラブル・インフォメーション・ネットワークのイメージ

2.1.2 パレットの紛失

パレットは製品と共に輸送されるが、一旦輸送の役目を終え空パレットになった後は、他社・他人から勝手に利用される傾向にある。そのため、自社パレット及びレンタルパレットが管理外の倉庫へ勝手に輸送され、紛失することが多い。各社の一般的な管理方法は、製品（または商品）の出荷時に、製品伝票とは別にパレット伝票を作成することで行なわれているが、管理作業は煩雑であり、人為的なミス等により平均 10% 程度紛失が生じる。

パレット価格は一枚 3000 ~ 5000 円であるため、被害の総額は甚大である。まず、パレット物流の概要を把握することが求められ、次に具体的に紛失経路を特定し、紛失防止を可能にするパレット位置追跡システムの開発が必要とされている。

2.1.3 位置追跡システム

現在導入が検討されている位置追跡システムとして RF-ID(Radio-Frequency Identification) タグ方式がある。タグ方式とは、移動体(パレット)に取り付けられたタグと、固定されたリーダ間の電磁誘導を利用することで、非接触での情報通信を可能とする方式である。

タグ方式の利点は以下の 2 点

タグ自体が電力を持つ必要がなく、半永久的な使用が可能。

タグ自体に数 k ~ 数百 k バイトの情報の書き込みが可能。

欠点は以下の 2 点

位置情報の取得が間接的であり、リーダの設置場所における出入りの確認しかできない。

タグとリーダ間の有効距離が数 10cm と短く、リーダの必要数が多い。

予想外の動きをするパレットの紛失経路特定の方法として、RF-ID タグ方式は欠点、から不十分。より直接的、かつ空間的な位置情報取得が必要である。これらの条件を満たす位置センサとして現在では GPS、PHS がある。その中で、物資輸送では倉庫という室内環境での位置追跡の必要性が高いという点と小型、省電力であるという点を考慮して、今回我々は、PHS によるパレット追跡システムを提案した。

2.2 PHS によるパレットの移動追跡実験

パレットの移動追跡において PHS の有効性を調べるため、パレットに PHS 端末を装着して予備実験を行った。予備実験は、レンタルリーシング社^{†2}、電気化学工業^{†3}、源総業^{†4} に御協力頂いた。予備実験は輸送時と倉庫保管時の 2 種類の状態に分けて行い、実験には NTT ドコモ社製 PHS 位置専用端末 P-doco?mini(図 2.2)を使用した。



図 2.2 P-doco?mini 外観

2.2.1 輸送時の位置追跡

パレットは金属カバーの大型トラック内に積まれた状態で輸送される。よってトラックの無線電波に対するシールド効果と PHS 基地局切り替え(ハンドオーバー)時の走行スピードが検索成功率に与える影響を評価するため、高速道路上と一般道路上で移動追跡実験を行った。

高速道路

千葉県市原市から、大阪府平野市と滋賀県守山市へと高速道路で輸送されるパレットに PHS を装着し、検索成功率を測定した。位置追跡結果は図 2.3~2.4 参照(NTT-AT:パルミール2、ALPS:プロアトラスを使用)、追跡結果地図、検索成功率(表 2.1)を見ると、追跡に十分なデータが取得できた事が分かる。

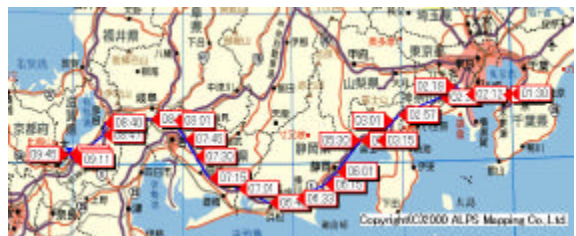


図 2.3 大阪行パレットの検索結果マップ



図 2.4 滋賀行パレットの検索結果マップ

†2 レンタルリーシング株式会社(東京都港区新橋 6-9-4 リクルート新橋スタジオビル)

†3 電気化学工業株式会社(東京都千代田区有楽町 1-4-1 日比谷三信ビル)

†4 源総業株式会社(千葉県市原市玉前西 1-5-1)

	総データ 取得回数	有効な データ数	成功率 [%]
大阪府行	32	21	65.6
滋賀県行	33	33	100.0

表 2.1 高速道路における検索成功率

一般道路

千葉県市原市から群馬県尾島町、福島県郡山市へと一般道路上を輸送されるパレットに PHS 端末を装着し、検索成功率を測定した。位置追跡結果は図 2.5 ~ 2.6 参照。検索成功率(表 2.2)を見ても、追跡に十分なデータが取得できた事が分かる。



図 2.5 左図：群馬県行きパレット検索結果マップ

図 2.6 右図：福島県行きパレット検索結果マップ

	総データ 取得回数	有効な データ数	成功率 [%]
群馬県行	15	10	66.6
福島県行	10	10	100.0

表 2.2 一般道路における検索成功率

(考察)

トラックの金属カバーに関わらず、PHS 端末による位置検索には支障のないことが分かった。また高速移動時のハンドオーバーによる障害に関しては、時速約 100km 移動時(高速道路)においても安定した位置検索が可能であることから、輸送時のパレット位置追跡には問題がないことが分かった。最終的には地域毎

の PHS 基地局の有無によってデータ取得率が左右される。しかしパレット輸送に使われるトラックは比較的広い国道を使用することが多いため、PHS 基地局の存在確率は高いと思われる。

2.2.2 倉庫保管時の位置追跡

パレットは、輸送時以外倉庫内に保管されているため、倉庫自体の無線電波に対するシールド効果を把握する実験を行った。事前調査で周囲に PHS 基地局が存在し、電波状況が良いと分かっている倉庫(A、B、C)と、周囲に基地局がなく電波状況の悪いと分かっている倉庫(D、E)での保管時の検索成功率を計測した。

電波状況の良い倉庫

倉庫 A：大阪府平野市

倉庫 B：福島県郡山市

倉庫 C：滋賀県守山市

電波状況の悪い倉庫

倉庫 D：茨城県真壁郡

倉庫 E：大阪府堺市

	総データ 取得回数	有効な データ数	成功率 [%]
倉庫 A	30	30	100
倉庫 B	30	30	100
倉庫 C	30	30	100
倉庫 D	30	0	0
倉庫 E	30	0	0

表 2.3 倉庫保管時の検索成功率

(考察)

周囲に PHS 基地局が存在し、電波状況が良いと分かっている地域の倉庫では、成功率は 100%であるため、倉庫自体のシールド効果は影響が少ないと考えられる。一方、周囲に PHS 基地局が存在しない地域の倉庫では全く位置データが取得できないことから、最終的にはデータ取得率は周囲の PHS 基地局の密度に左右される。

3. 現在の課題と展望

現在の技術的課題は、PHS 端末の寿命が短く紛失パレットの探索に充分でない事と、パレット紛失管理ソフトの必要性の2点である。

3.1 PHS 端末寿命

NTTDocomo 製の P-doco?mini は、付属の電池がリチウムイオン 2 次電池：200mAh であり、1 時間に 1 回の定期検索設定において 10 日程度の寿命である。パレット追跡に最低必要な寿命は、関係者の話より 3 ヶ月(パレットの動きが一巡する期間)であるため、長寿命化が不可欠である。長寿命化のためには以下の 2 点の解決法がある。

バッテリー容量の拡大。
省電力設計。

に関しては、現在の付属電池の代わりに容量の大きい電池を外付けすることを考えている。電池交換に伴う法的処理も含め検討中である。

に関しては、振動をトリガーにしたスイッチング回路を設計した。パレット追跡においては、輸送時のみ位置データが取得できればよく、倉庫内で保管時は、省電力のために端末が眠っている状態が理想的である。そのために振動を感知した時のみスイッチが on になる回路を製作した(図 3.1)。今後は微小な振動センサを用いることで、回路全体を小型化し、on chip 化することを目指す。

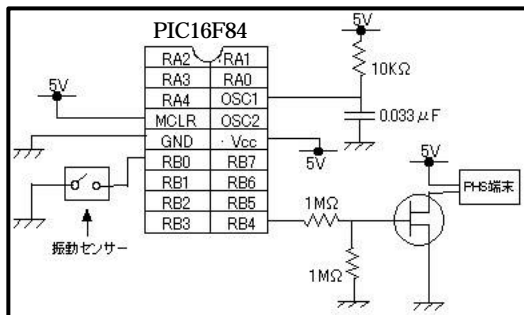


図 3.1 振動によるスイッチング回路

3.2 パレット紛失管理ソフト

パレットは、製品と共に基本的に倉庫から倉庫へと

動く。よって 1 台 1 台の動きを時系列に追うのと共に、倉庫を定点として各端末の出入りを確認できる機能も重要になる。今後そのような機能を実現し、パレット紛失管理用はもちろん、将来は物資輸送管理全般に適用可能なソフトの開発を行う。

4. 結論

本実験を通して得た結論は、以下の通りである。

- (1) ウェアラブル・インフォメーション・ネットワークにおける物流モニタリングの具体例を提示した。
- (2) 物流全体の位置追跡システムの具体例として、PHS を用いたパレット追跡システムの有効性を示した。

謝 辞

本研究を行うにあたって、多大なるお力添えを頂いたレンタルリーシングの方々、及び実験場所を提供して頂いた電気化学工業、源総業の方々に深く感謝致します。また、実験に必要な端末を提供して頂いた NTT ドコモの方々に深く感謝致します。

参 考 文 献

- 1) 板生清、苗村潔：センサ情報網端末としてのウェアラブル情報機器、情報処理学会研究 99-MBL-8、(1999)、pp.15-21
- 2) 板生清：情報マイクロシステムの世界とウェアラブル情報機器、マイクロメカトロニクス(日本時計学会誌)(1998)、pp.72-79
- 3) 板生清監修：ウェアラブル情報機器の実際、オプトロニクス社、(1999)
- 4) 板生清著：ウェアラブルへの挑戦、工業調査会(2001)
- 5) 長戸理恵：PHS による野生動物の位置探索、情報処理学会研究報告 MBL-12、(1999)
- 6) 高崎俊之：PHS を用いた野生動物の位置探索、情報処理学会研究報告 MBL-6、(2000)
- 7) JILS 総合研究所：1999 年度業界別一貫パレチゼーション普及調査について(2000.3) pp.35-99