

工場内における物品の位置情報システムの開発

米沢裕司* 吉村慶之*

工場では、原材料や仕掛品など様々な物品の所在を把握する必要があるが、人手では把握が難しい場合があり課題となっている。そこで、工場内の物品の位置を自動的に検出することができる位置情報システムを開発した。本システムでは、無線通信モジュールを物品に取り付け、無線通信モジュールが受信する電波強度を機械学習の一種であるRandom Forestsを用いて解析することにより、物品の位置を検出する。位置検出実験の結果、電波の反射や干渉が生じる工場環境下においても、本システムによって精度良く物品の位置を検出できることを確認した。

キーワード：位置情報，機械学習，Random Forests，無線通信モジュール

Development of a Position Information System for Items within a Factory

Yuji YONEZAWA and Yoshiyuki YOSHIMURA

In factories it is necessary to keep track of the location of various items such as raw materials and works in progress, however at times such work cannot be performed through manpower alone. Therefore, we developed a position information system that can automatically detect the location of items within a factory. In this system, the location of items can be detected by attaching a wireless communication module to them and analyzing the intensity of radio waves received through the module, using a type of machine learning called Random Forests. The results of location detection experiments confirmed that this system can precisely detect the location of items, even within factory environments in which the reflection and interference of radio waves occurs.

Keywords: position information, machine learning, Random Forests, wireless communication module

1. 緒 言

工場には、原材料や仕掛かり品、完成品、機材等の様々な物品があり、これらを管理する上で、物品の所在を把握する必要がある。また、製造の進捗状況を管理する上でも、物品の所在をリアルタイムに把握する必要がある。しかし、広い工場内で物品が不規則、不定期に移動する場合や、多数の物品がある場合は、人手での把握には限界があり、これらの管理が困難になる場合がある。そこで、このような課題を解決するために、ITシステムを用いて物品の位置管理を自動化することが求められている。

ここで、工場の物品の位置管理を行うITシステムには、多くの場合、以下のような要件が必要となる。

(1)位置検出精度

数cmといった高い精度までは必要ないものの、3～4m程度の精度で物品の位置を検出する必要がある。

(2)低コスト

中小企業の工場の多くでは、高価なITシステムの導入は困難であり、システムのコストを抑える必要がある。

(3)広い検出エリア

工場の建屋は広い場合が多く、敷地内に複数の建屋がある場合もある。そのような場合であっても、工場のどの場所に物品があるかを検出できるようにする必要がある。

(4)多数の物品への対応

工場内には多数の物品があり、数百個あるいは数千個といった多数の物品の位置を検出できるようにする必要がある。

位置を検出するためのシステムとしては、GPS(Global Positioning System：全地球測位システム)が普及しており、カーナビなどで広く利用されている。ところが、GPSの電波信号は屋内で受信できないことから、工場内の物品の位置検出には利用することがで

*電子情報部

きない。また、GPS以外の屋内で利用できる様々な測位方式がある¹⁾ものの、上記(1)~(4)の要件を十分に満たすには至っていない。そこで、これらの要件を満たす新たな測位方式によるシステムの開発を目指した。

2. 開発システムの構成と位置検出の方法

2.1 開発システムの構成

図1に開発システムの構成を示す。本システムでは、無線通信モジュール(固定機)を工場の各所に設置するとともに、位置を検出したい物品にも同様の無線通信モジュール(移動機)を取り付ける。物品に取り付けた移動機は、工場内の各所の固定機からの電波を受信し、その電波強度データ(各固定機からの電波強度の値)をPCに無線送信する。PCでは、後述の方法によって電波強度データから物品の位置、すなわち物品に取り付けた移動機のXY座標値を求め、PC画面に位置を表示する。

無線通信モジュールの外観を図2に示す。無線通信モジュールにはIEEE802.15.4に準拠した市販品((株)横山商会・OZV)を用い、制御回路基板や後述する加速度センサ等と共に樹脂ケース内に格納して物品に取り付けた。IEEE802.15.4とは近距離ワイヤレス通信規格であり、低消費電力で低コストという特徴を備えている³⁾。また、理論上、1つの通信ネットワーク内に約6万個のモジュールを配することができる。つまり、非常に多くの移動機を工場内に配置することができることから、工場内の物品が多数の場合でも、各々の物品に移動機を取り付けて位置を検出することができる。また、無線通信モジュール間で直接通信できる距離は数十メートルであるものの、通信を中継させることによって、直接には通信できないモジュールとも通信することができ、通信距離を大きく伸ばすことができる。

このようなことから、IEEE802.15.4に準拠した市販無線通信モジュールを用いることにより、広いエリアをカバーし、多数の物品を対象にするシステムを比較的 low コストに構築することができる。すなわち、前章に述べたシステムに求められる要件のうち、(2)~(4)を満たすことができる。

なお、固定機にはコンセントから電源を供給することができるが、移動機は電池で動作させる必要がある。そこで、移動機に消費電力が極めて小さい加速度センサを取り付け、移動機の移動もしくは静止を加速度センサで検知するようにした。そして、静止中は位置情

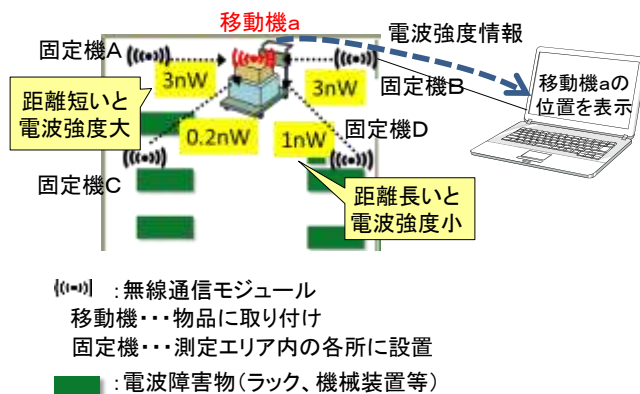


図1 システムの構成



図2 無線通信モジュールの外観

報を更新する必要がないことから、移動中の場合のみ無線通信モジュールの電源を入れ、電波強度データを移動機からPCに無線送信して位置検出するようにした。これによって、不必要な無線通信を抑制して移動機の電池の消耗を防ぎ、長期間にわたって電池交換することなく運用することができる。また、移動機からは電波強度データと共に電池電圧もPCに無線送信するようにし、電池交換の時期が分かるようにした。

2.2 電波強度に基づく位置検出の課題

一般に、電波強度は送信機と受信機との距離によって変化し、距離が長いほど電波強度は小さくなる。本研究では、このような電波の特性を利用することによって、受信機である移動機の位置を検出することを目指した。電波強度データの取り扱いについてはIEEE802.15.4に規定されており²⁾、無線通信モジュールには電波強度を取得するコマンド等が用意されていることが多い。そのため、移動機における固定機の電波強度を取得してPCに収集することは、比較的容易に行うことができる。

しかしながら、PCに収集した電波強度を単純な方法で解析するだけでは、移動機の位置を精度良く検出することはできない。これは、工場内では、設置されている金属製のラックや機械装置などにより電波の反射、屈折や干渉が生じるためである。その結果、距離が長くなるにつれて電波強度が小さくなるという関係が崩れ、距離が短い場合でも電波強度が小さい場合や、僅かな位置の違いによって電波強度が大きく変わる場合が生じる。さらに、工場内の作業員も影響を及ぼし、作業員の有無や位置によって電波環境は時々刻々と変化する。その結果、工場環境下では電波強度と距離との関係は複雑かつ不規則なものとなり、単純な方法では電波強度から精度良く位置を検出することが困難であった。そこで、この電波強度と位置との複雑・不規則な関係に柔軟に対応し、物品の位置を検出することができる新たな方法を開発した。

2. 3 位置検出方法

機械学習の一種であるRandom Forests⁴⁾を適用した位置検出方法を開発した。これは、あらかじめ工場内の各所において電波強度を実測し、そのデータをPCで解析(機械学習)することによって、位置と電波強度との関係を導き出すものである。

ただし、ある瞬間の電波強度のみに基づいて位置を検出しようとする方法では、干渉等の影響によって電波強度が大きく乱れた場合に位置検出の結果に大きな誤差が生ずる懸念がある。そこで、ある瞬間の電波強度だけでなく、その近辺の時刻の電波強度も含めて機械学習することとした。そして、位置を検出する際にも、その時の電波強度及びその近辺の時刻の電波強度をPCに入力し、機械学習結果に基づいて位置を得るようにした。

これは、前節に述べたような時刻とともに電波の干渉等の影響の程度が変化することを考慮したものである。つまり、ある瞬間に電波強度が大きく乱れている場合でも、その前後の時刻の電波強度は乱れが小さいことが期待できることから、前後の時刻の電波強度も

位置検出の判断に用いることによって、電波干渉等の影響の低減を図った⁵⁾。

また、機械学習には様々な方法があるが、その中でもRandom Forestsには、入力(電波強度)と出力(位置)との間の複雑な関係を学習することができ、かつ、入力のノイズ的な変動や欠落に頑健であるという特徴がある。本システムでは、このような特徴を備えたRandom Forestsを適用することによって、電波強度の複雑な変化に対応し、かつ、電波障害物の影響によって電波強度データにノイズ的な変動があった場合や、電波強度データの一部が欠落した場合でも、物品の位置を精度良く出力できるようにした⁵⁾。

さらに、Random Forestsは2分木とよばれる単純な条件分岐処理を多数組み合わせで行う方法であり、演算処理負荷が小さいという特徴もある。そのため、本システムには特別なPCは不要であり、一般的なスペックのPCでシステムの運用を行えることも、低コスト化を図る上での利点である。

3. 位置検出実験

3. 1 実験方法

本システムの有効性を確認するため、図3のような工業試験場2階の50m×7mの範囲を検出エリアとして、位置検出実験を行った。この検出エリア内には金属製の機械装置や、ロッカー、ラックなどが設置されており、本システムのターゲットである工場と同様に、電波の反射や干渉などが発生する環境である。

実験では、検出エリア内の14箇所に無線通信モジュールの固定機を設置した。そして、固定機のうちの1台にPCを接続し、移動機からこの固定機に送られてくる電波強度データをPCで収集した。この際、検出エリア内に設置した各固定機では、移動機から電波強度データを受信した場合に、PCと接続されている固定機にその情報を送信するようにした。PCと接続された固定機が移動機の通信圏外にある場合は、他の固定機が中継を行うことによって、移動機からの電波強度データをPCで収集できるようにした。

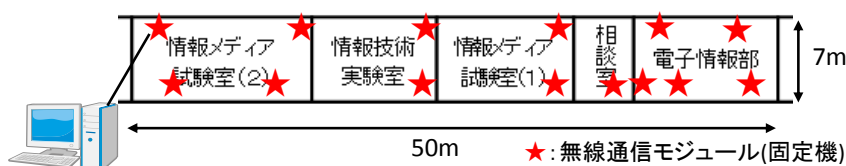


図3 位置検出実験エリア

そして、検出エリア内の様々な箇所に移動機を置き、延べ7941箇所にて電波強度データをPCに収集するとともに、その時の移動機の位置(XY座標値)をメジャー等で計測して記録した。次に、そのデータに対してRandom Forestsによる機械学習を行うことによって、電波強度データから位置を求める演算式を導出した。この際、ある瞬間の電波強度に加え、その前後0.5秒と1秒の計5時刻の電波強度を演算式の引数として用いることとした。つまり、Random Forestsではこれら複数時刻の電波強度と位置との関係を解析し、この複数時刻の電波強度を引数とする演算式を導き出すようにした。その後、検出エリア内で移動機を移動させながら、この演算式を用いて電波強度から位置を検出することを試み、延べ2636箇所について、実際の位置との比較を行った。

3. 2 実験結果

本システムによって検出された位置と、実際の位置を比較した結果を図4に示す。位置検出の誤差の平均値は0.9m、標準偏差は0.6mであり、電波障害物が多数存在する環境下においても精度良く位置を検出できることがわかった。また、実験に用いたPC(CPU:インテルCorei7-2700K)の場合、位置検出に要する計算処理時間は約0.1秒であり、リアルタイムに物品の位置を検出できることを確認した。

さらに、実際の工場環境下における性能を検証するため、県内の企業の協力を得て、工場内の金型や仕掛かり品の位置を検出する実験を行った。その結果、実際の工場環境下においても、物品の位置を十分な精度で長期間に渡って安定的に検出できることを確認した。

4. 結 言

工場内の物品の位置を自動的に検出することができるシステムを開発した。本システムでは、Random Forestsを用いて無線通信モジュールが受信する電波強度を解析することにより、物品の位置を精度良く検出することができる。また、低コスト、広い検出エリア、多数の物品への対応という工場向けのシステムに求められる要件を備えている。

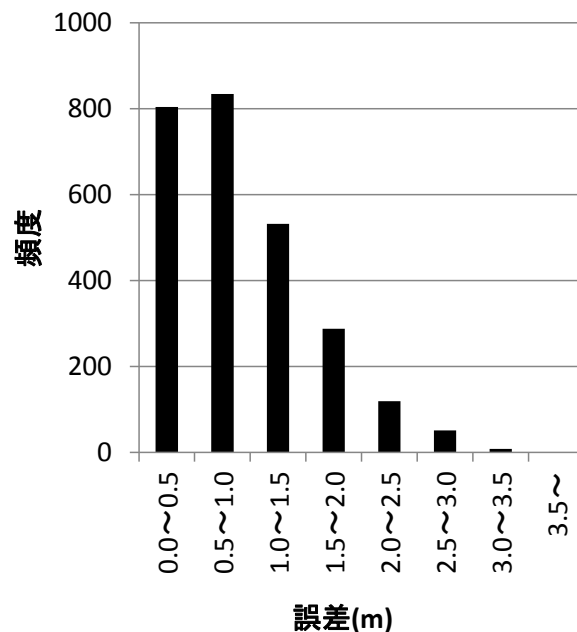


図4 位置検出実験の結果

また、本システムに用いた無線通信モジュールは、本来、センサ信号を無線で送受信するために利用されるものである。そのため、センサ等を本システムの無線通信モジュールに接続すれば、センサデータと共にセンサ位置(データの収集場所)を自動収集するようなIoTシステムの構築も可能である。このように、本システムは、物品の管理のみならず、IoTシステムにおける位置情報の収集など、様々な用途への活用が期待できる。

参考文献

- 1) 奥山敏, 森信一郎, 小川晃弘. 屋内ロケーション管理技術. Fujitsu. 2013, vol.1, no. 64, p. 66-73.
- 2) 鄭立. スマートセンサ無線ネットワーク. リックテレコム, 2012, p.26.
- 3) 鄭立. Zigbee開発ハンドブック. リックテレコム, 2006, p.68-72.
- 4) Leo Breiman. Random Forests. Machine Learning. 2001, Vol.45, p.5-32.
- 5) 石川県. 位置測定システム, 位置測定装置, 位置測定方法, 及びプログラム. 特許第6145623号. 2017-05-26.