

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 23 日現在

機関番号：35406

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2013～2015

課題番号：25560017

研究課題名(和文) NFCによるオブジェクト指向ICタグの提案と生産システムへの応用

研究課題名(英文) Suggestion of Object-oriented RFID with NFC and its Application for Manufacturing Systems

研究代表者

神垣 太持 (Kamigaki, Tamotsu)

広島国際学院大学・情報文化学部・教授

研究者番号：80261064

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,300,000円

研究成果の概要(和文)：最近の高度な生産システムではICT(情報・通信技術)化が進み、RFIDを用いた工程管理システムの導入も進んでいる。NFC(Near Field Communication)と呼ばれる規格統一によって新たな段階に入り、対応する機器の普及に伴い、低価格化やスマートフォンやタブレットコンピュータに内蔵されることも多くなった。このような現状を鑑み、これらの機器を使用することで、生産システムにおいても効果的にRFIDを運用するために必要なシステム管理手法をオブジェクト指向の概念を応用することで新たに提案し、学会論文誌へその成果を報告した。

研究成果の概要(英文)：In this research, I describe the suggestion of the object-oriented RFID(Radio Frequency Identification) and its applications to improve both the effectivity and the flexibility in the control and management of the information system in the manufacturing system. Spreading of the NFC(Near Field Communication) system makes the initial cost of the RFID system lower. The object-oriented RFID suggested in this research is the object that does not only have unique IDs or data, but also has the methods to processing these data like the object in the object oriented concept. Realizing this system, I provide one solution using the object oriented features such as the inheritance mechanism and the polymorphism mechanism.

研究分野：システムデザイン、生産工学

キーワード：RFID NFC オブジェクト指向

1. 研究開始当初の背景

ニーズの多様化により柔軟な生産体制をとることが上位企業から求められている下請けの中小の企業では、工程の柔軟性を上げるための RFID (Radio Frequency IDentification) やバーコードといったシステムの導入は問題解決の鍵となることも多い。しかし、その導入には工場内すべての工程においてネットワークシステムが必須で初期導入のハードルが高く、不況にあえぐ経営者にとっては導入を断念せざるを得ない状況である。実際、大手の導入が終わってしまったここ数年、RFID システムの導入実績は低迷傾向にある。

しかし、平成 22 年の NFC(Near Field Communication) と呼ばれる規格統一によって新たな段階に入り、平成 23 年頃から対応する機器の普及に伴い、低価格化やスマートフォンやタブレットコンピュータに内蔵されることも多くなった。

2. 研究の目的

本研究は、RFID の取り扱いについて、一歩踏み込んだ利用法の提案を行うもので、本研究で提案するオブジェクト指向 RFID(OORFID)を用いたシステムでは、RFID を従来のシステムで使われているように単なる紐付けデータ媒体として用いるのではなく、「オブジェクト」として扱っている。そして、継承やポリモーフィズムといったオブジェクト指向の概念で必須とされる機能を生かして、複雑な機能を RFID 特に NFC タグといった少ないメモリ空間でも効率よく持たせることを可能にすることで、今後の生産システムにおける情報の管理、制御のさらなる柔軟性を目指すことを目的とする。

3. 研究の方法

前述のような現状を鑑み、RFID をオブジェクトとして利用し、生産システムでの情報の管理、制御を柔軟かつ効果的に運用するために、次のような手順で研究を進めることにした。

(1) NFC や RFID システムに関する動向調査

本研究の提案するシステムの実装のためには常に最新の動向を知っておく必要がある

(2) オブジェクト指向機能の実装手法の確立とモデル設定

これまでの研究の延長線上として押し進め、実用化のための実験モデルの設定を行う

(3) 実験モデルのプロトタイプシミュレーションモデル作成および実験

提案システムの実用化のためにこれらの実証実験を行う

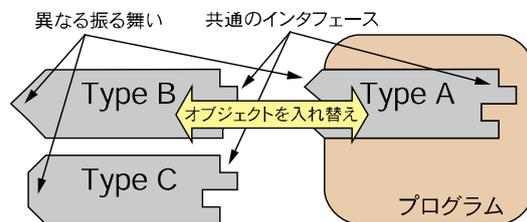
(4) システム設計手法および運用手法の提案

提案システムの実用化に向け、システムの運用手法の確立も不可欠である

4. 研究成果

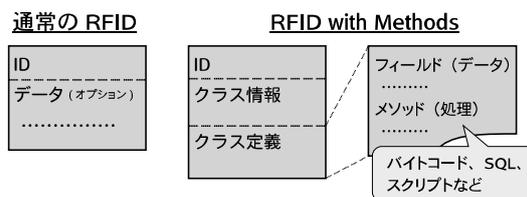
(1) オブジェクト指向 RFID のコンセプト

オブジェクト指向とは、システム内に存在するモノをオブジェクトとしてとらえ、そのオブジェクト間の相互作用をデザインすることでシステムの振る舞いを決めることである。オブジェクト指向にはポリモーフィズム (多態性、多様性) という概念があり、第 1 図のように共通のインターフェースを持つオブジェクトを入れ替えることで異なる振る舞いをさせ、動作を切り替えるといったものである。例えばゲーム機のゲームカセットのように、カセットを入れ替えることで全く異なるゲームを遊べるといった考え方である。OORFID は、このゲームカセットに相当する部分に RFID を利用すればポリモーフィズムが実現でき、結果として柔軟性が向上するのではないかとといったコンセプトからスタートしている。



第 1 図 ポリモーフィズムの考え方

RFID にはいくつかの種類や規格があり、その中にはある程度の容量の書き換え可能なメモリを持ったものが存在している。通常の RFID システムではこういった特徴を利用した例はほとんどなく、ID 部分のみを使用することが多い。初期の OORFID (RFID with Methods)では、第 2 図のように、RFID のメモリ上にメソッド (処理) を格納し、これを読み込み実行することで柔軟な制御を実現した。



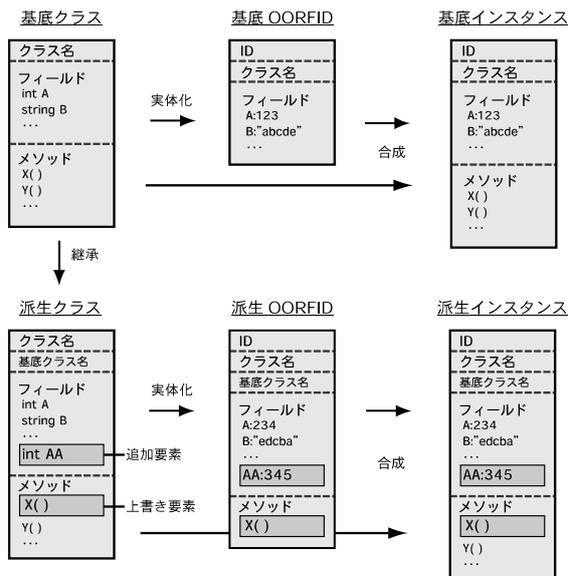
第 2 図 通常の RFID と RFID with Methods の違い

しかし、この方式では RFID にすべてのデータと処理内容を記述することが必要となるため、メモリ容量が少ない NFC では格納できる処理に制限があったり、読み取り時間がかかったり等の制約があった。そこで、使用メモリ効率を上げるため、オブジェクト指向における継承機構を応用することとした。

(2) 継承を用いたポリモーフィズム

第 3 図に OORFID システムにおけるクラスと RFID、実際の実行イメージであるインスタ

ンスとの関係を示す。クラスは部品の種類ごとに用意され、部品がどのようなデータや属性を持っているかを定義しているフィールドと、部品に対する処理、手順、手続き等を定義したメソッドをまとめたものである。また、クラスは単なる型なので、各部品の持つ具体的なデータはインスタンスを生成して処理される。基底クラスでは、基本的なフィールドやメソッドを定義し、その OORFID には、その部品の属性値を格納している。読み取られることでインスタンスへと合成される実行される。



第3図 クラスとRFID、インスタンスの関係

派生クラスは、基底クラスを拡張や変更したいときに定義する。派生クラスは、基底クラスと共通の部分はそのまま継承し、拡張や変更のある部分のみを新たに定義する。派生クラスの OORFID には、その部品の属性値とこれら新たに定義したフィールドとメソッドを格納している。読み取られることで、結果的には基底クラスと合成され、再定義したものは上書き(オーバーライド)されインスタンスを生成し、実行される。つまり、これらのクラスはテンプレートのような働きをし、実体化によって実際の OORFID へフィールドなどが格納され、この OORFID がカードリーダーなどによって読み取られると、クラスと結合されて実行オブジェクトであるインスタンスが完成する。

様々な部品の種類に対して、共通の基底クラスから継承したそれぞれの派生クラスの OORFID を生成し、部品に添付、読み取り、実行することで、部品毎に異なる処理ができるようになり、ポリモーフィズムが実現する。

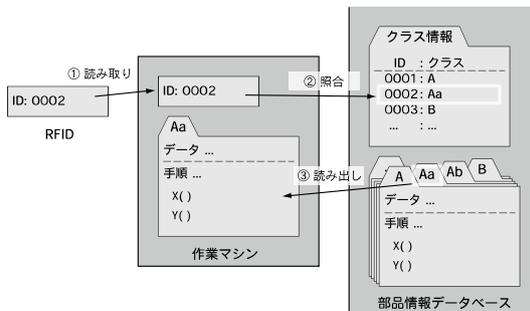
(3) システムへの実装

ここでは、実際にシステムとして OORFID が実装される状況を想定してみる。ここでは、生産システムにおいて RFID による生産指示

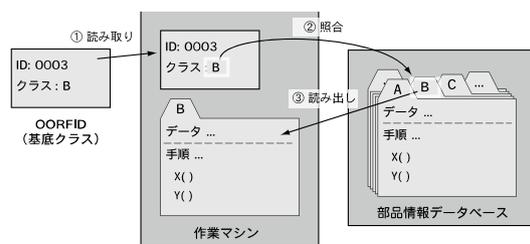
を行うシステムを想定する。

① 従来の RFID の場合

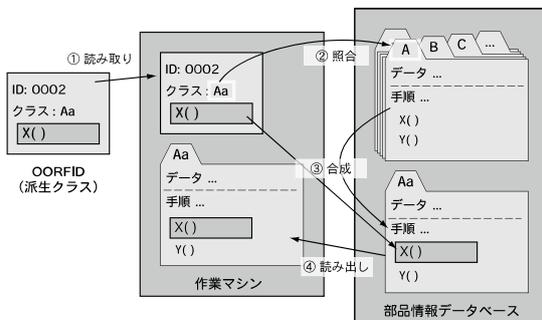
従来の RFID システムを用いた場合の具体的な情報の流れを第4図に示す。RFID 内には ID 情報のみが格納されているため、まず ID から部品の種類(クラス)を特定し、それに応じた部品情報をデータベースから引くことになる。そして、部品情報に修正や追加があった場合、どんな些細なものであってもデータベースを更新しなければならない。



第4図 従来 RFID を使用した場合の情報の流れ



(a) 基底クラスの OORFID の場合



(b) 派生クラスの OORFID の場合

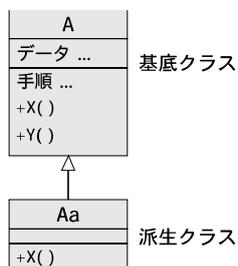
第5図 OORFID を使用した場合の情報の流れ

② OORFID の場合

本稿で提案する OORFID を用いたシステムでも、通常の RFID システムと同様、あらかじめ定義した部品クラスに関する部品情報のデータベースを持つことになる。 OORFID システムでは、このあらかじめ定義された部品群を基底クラス部品と呼ぶ。第5図(a)に示すように、基底クラス部品の場合の具体的な情報の流れは、部品クラス名の処理が違う程度で従来の RFID を用いたときの流れとほぼ同じである。

ここで、基底クラス部品である A の指示手

順 X に変更のある部品が追加されたと仮定する。先述の通り、従来の RFID システムでは部品情報に修正や追加があった場合、どんな些細なものであってもすべてのデータベースを更新する必要があるが、OORFID システムでは、第 6 図に示すように元となる基底クラス部品 A に対して、手順 X のみに変更のある派生クラス部品 Aa を新たに定義する。派生クラス部品 Aa の OORFID には、基底クラス A との差分である手順 X のみを格納シタグを生成する。作業マシンでは、第 5 図(b)のように派生クラス部品 Aa の OORFID を読み取り、③のようにデータベースの基底クラス部品 A と Aa の手順 X とを合成して、手順 X のみを上書きした派生クラス部品 Aa のインスタンス(実体)を生成し、実際の作業に使用する。



第 6 図 基底クラスから派生クラスへの継承のクラス図

(4) 生産システムへの応用と実装実験

本研究の実装応用例として BTO (Build To Order) パソコンの組み立てラインでの作業指示に OORFID を用いて実装実験を行った。BTO パソコンは、顧客によって指定された仕様によって使用する部品や構成が異なるため、製品個体によって作業指示が異なる。そのため、当初からバーコードや RFID といった製品個体を識別する仕組みが多く用いられている。

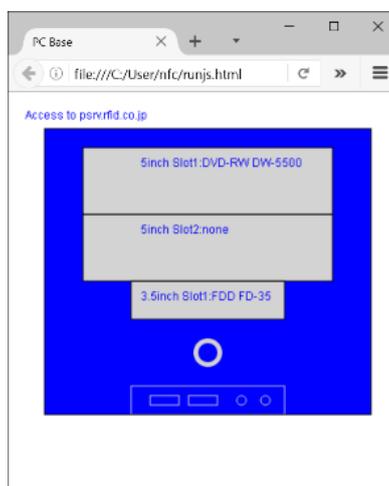
本システムでは、作業指示を出すための基底クラス部品として標準的な構成のパソコン(本例では 2 つの 5 インチドライブベイと 1 つの 3.5 インチドライブベイの構成)の組み立て作業情報を想定し、データとしてメモリやドライブなどの個々のパソコン構成部品情報を持たせることとした。

① システムの実装実験と実行

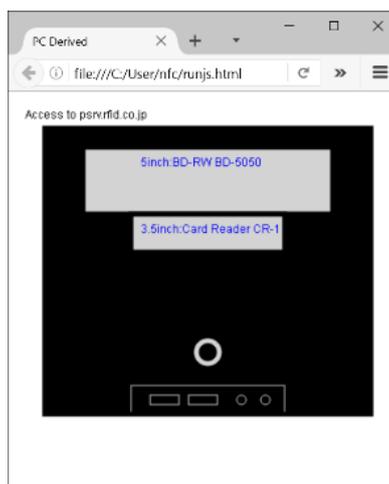
本システムを実装実験するにあたり、実際のクラス作成は Java スクリプトを埋め込んだ HTML5 によって行い、Web ブラウザに読み込ませることによってインスタンス化した。

作業指示システムでは、通常は OORFID を読み取ることで作業者に第 7 図のような作業指示が表示される。ここで、デザインの違うパソコンの筐体が使われた特別モデル(本例では 5 インチと 3.5 インチのドライブベイが各 1 つの構成)が追加となったことを想定して、派生クラスの OORFID を作成した。そして、この OORFID を読み取ることで第 8 図のような作業指示が表示される。つまり、派生クラスの OORFID には基底クラスとは異なる

手順が格納されており、作業指示システムに読み込まれると同時に基底クラスを上書きし、派生クラスの手順が使用された結果として異なる作業指示を表示することが可能となった。



第 7 図 作業指示のようす(基底クラス)



第 8 図 作業指示のようす(派生クラス)

② 考察

ここでのポイントは、作業指示システムにはあらかじめ基本的な作業指示の表示プログラムと基本的な部品データのみを用意しておき、新たなモデルへの対応は変更部分のみを格納した OORFID のみで対応しているということである。メモリ容量の限りがあるため大幅な変更へは OORFID のみで対応できないこともあるが、作業指示システムのデータやソフトウェアの変更なしでシステムの振る舞いを変更できることは、柔軟性の向上に充分寄与しうることを示すことができた。

オブジェクトの実装方式については、SQL や Java アプレットも使用してみたが、本例で使用した HTML5 は、データベースへのアクセスやグラフィカルな表現、メディアの再生、IoT (モノのインターネット) 等インターネットサービスとの通信をスクリプトベースでプログラミング可能であり、特別な開発ツ

ール不要な点からも OORFID と組み合わせやすいことがわかった。

(5) まとめ

本研究では柔軟な RFID システム構築のために、RFID を従来のシステムで使われているような単なる紐付けデータ媒体として用いるのではなく、データと処理を包括した「オブジェクト」として扱い、ポリモーフィズムといったオブジェクト指向の概念を取り込むことで、より柔軟なシステム構築を行うためのオブジェクト指向 RFID の提案を行った。さらに、実装実験によって、オブジェクトの実装方法について検討し、運用手法についても一指針を示すことができた。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 2 件)

- ① 神垣太持, “柔軟な RFID システム構築のための提案”, 自動認識, 招待論文, Vol. 29, No. 8, pp. 33-38, 2016.
- ② 神垣太持, “オブジェクト指向 RFID の提案と生産システムへの応用”, 日本生産管理学会論文誌, 査読有, Vol. 22, No. 1, pp. 27-32, 2015.

[学会発表] (計 2 件)

- ① Tamotsu Kamigaki and Daisuke Masuda, DESIGNING OF OBJECT-ORIENTED RFID: A NEW ATTEMPT TO INTRODUCE METAMORPHOSIS FUNCTION INTO RFID SYSTEMS, Proceedings of the 12th International Conference on Industrial Management, 査読有, pp. 185-190, 2014. 9. 3, 成都(中国).
- ② 神垣太持, “オブジェクト指向無線 IC タグの提案と応用—メタモルフォシス機構をもったタグオブジェクトの試み—”, 日本生産管理学会第 39 回全国大会, 2014/3/9, 大阪成蹊大学(大阪府).

[その他]

ホームページ等

「産官学の道しるべ：産学連携セミナー」
https://sangakukan.jp/event/right_contents/event/detail.php?eid=4744

6. 研究組織

(1) 研究代表者

神垣 太持 (KAMIGAKI, Tamotsu)
広島国際学院大学・情報文化学部・教授
研究者番号：80261064