

DISS. ETH Nr. 17621

Graphen-basierte Modellierungsmethode zur Materialflussverfolgung

ABHANDLUNG

Zur Erlangung des Titels
Doktorin der Wissenschaften

der

EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE
ZÜRICH

vorgelegt von

PRISKA MEBES

Dipl. Math. Universität Zürich

geboren am 10.10.1968

von Deutschland

Angenommen auf Antrag von:

Prof. Dr. Urs Meyer, Referent

Prof. Dr. Konrad Wegener, Korreferent

2008

Zusammenfassung

In jeder Produktion muss ein hohes Mass an Qualitätsbewusstsein herrschen. Es reicht dabei nicht aus, ein Produkt (Gut oder Dienstleistung) jeweils erst nach Fertigstellung auf mögliche Fehler zu überprüfen, sondern es braucht von Anfang bis Ende der Herstellung eine Qualitätskontrolle. Qualität wird nicht erprüft, sondern produziert. Die Nichteinhaltung der gestellten Qualitätsanforderungen führt zwangsläufig zu einem Ausscheiden aus dem Wettbewerb. Qualitätsmanagement wird daher zunehmend zu einer Existenzfrage der Betriebe und Dienstleistungsanbietern.

Damit gerät das Qualitätsmanagement in der Produktion zunehmend in den Mittelpunkt. Einige Industriezweige wie etwa die Luft- und Raumfahrt oder die nukleare Industrie können es sich nicht leisten auf eine angemessene Qualitätsgarantie zu verzichten. Neu dabei ist die Lebensmittelindustrie. Diese hat sich mit einer EU-Norm verpflichtet, dass die Chargen über den ganzen Produktions- und Versandprozess hinweg rückverfolgbar sind. Um diese Norm einhalten zu können ist eine geeignete Materialflussverfolgung unabdingbar.

Um den Weg eines Objekts in einer logistischen Kette nachzuvollziehen, werden heute häufig Auto-ID-Systeme verwendet. Diese erlauben es, das Objekt an nahezu jeder Stelle der Kette automatisch, d.h. ohne Verwendung menschlicher Arbeitskraft, zu identifizieren. Die Kennung bzw. Information über das Produkt ist typischerweise auf Etiketten (z.B. als Barcode) angebracht. Unter den Auto-ID-Systemen ist die sog. RFID-Technologie (Radio-Frequenz-Identifizierung) mit Transponderetiketten (Smart Label) dasjenige System, das zugleich die vielfältigsten Einsatzmöglichkeiten und die zuverlässigste Erkennung bietet.

Bei jeder dieser Auto-ID-Systemen gibt es Vor- und Nachteile. Ein wesentlicher Nachteil dieser Verfahren ist das Anbringen der Informationen über das Produkt ans Produkt selbst. Bei z. B. Verschmutzung der Barcode-Etiketten werden diese unleserlich und Informationen gehen verloren. Ausserdem werden die Produkte nur dort erfasst, wo auch ein Lesegerät steht. Innerhalb von Produktionsprozessen können keine Daten ausgetauscht werden. Die Idee ist es nun, die Informationen nicht mehr am Objekt selbst zu sammeln, sondern über eine Offline- oder Online-Simulation direkt im Computer zu erhalten. Die entsprechenden Systeme erfordern dafür eine passende Modellierung.

Für Systeme, in denen es entscheidend ist, die transienten bzw. beweglichen Elemente unterscheiden zu können, gibt es nur wenige adäquate Modellierungsmethoden. Bei den höheren Petri-Netzen wird man fündig. Gefärbte Petri-Netze oder FUNSOFT-Netze arbeiten mit unterscheidbaren Marken. Ausserdem gibt es noch die Warteschlangen-Netzwerke, die offen sind und mit mehreren verschiedenen

Auftragsklassen operieren. Für eine Unterscheidung von beweglichen Elementen sind weder die Petri-Netze noch die Warteschlangen-Netzwerke als geeignetes Beschreibungsmittel konzipiert wegen ihrer schwierigen Handhabung und, besonders bei den Petri-Netzen, den fehlenden allgemeinen Erstellungsregeln.

Für die Umsetzung der von den betreffenden Industrien gestellten Anforderungen an eine entsprechende Materialflussverfolgung bedarf es einer neuen Methode, die den Materialfluss darstellen und modellieren kann. Bei gängigen Simulationsprogrammen sind die Möglichkeiten eines Eingriffes auf die Methoden der Materialflussverfolgung nur beschränkt vorhanden. In dieser Arbeit wird eine Modellierungsmethode entwickelt, um die adäquate Darstellung des Materialflusses zu ermöglichen.

Anhand eines Beispiels aus der Lebensmittelproduktion wird diese neue Modellierungsmethode vorgestellt. Betrachtet wird eine Etikettierlinie für Konfitürengläser der Firma Hero in Lenzburg. Es werden aber nicht nur die Gläser selbst, sondern auch die Etiketten, welche auf den Gläsern angebracht werden, verfolgt. Für Konfitürengläser gleichen Inhalts sind je nach Exportland unterschiedliche Etiketten vorgeschrieben. Dazu kommen noch Spezialetiketten für länderspezifische Wettbewerbe. Zusätzlich müssen die unterschiedlichen Ablaufdaten der Konfitüren berücksichtigt werden. Das Lager und damit die Lagerdauer zwischen Abfüllanlage und Etikettierung darf nicht zu gross werden, da eine Verweilzeit bei den Klein- und Grosshändlern miteinberechnet werden muss. Konfitüre ist ein Produkt, dessen Absatz zufällige Schwankungen erlebt. Eine genaue Voraussage, wie viele Konfitüren von welcher Sorte wann verkauft werden, ist unmöglich. Um solche Probleme besser in den Griff zu bekommen und taugliche Lösungen zu finden, wird eine optimalere Modellierungsmethode notwendig.

Zur Herleitung der neuen Modellierungsmethode wurde ein Teilgebiet der Graphentheorie - Netzwerke - als Basis verwendet. Diese Netzwerke sind ideal, um Produktionsprozesse abzubilden. Zum Beispiel stellen die Knoten Maschinen oder Arbeitsplätze dar, die Verbindungen oder Kanten sind die Wege dazwischen. Dieser Bezug auf die Netzwerke garantiert die mathematische Fundiertheit.

Mit dieser Methode können Systeme, in denen es ausserordentlich wichtig ist, alle Teile, die das System durchlaufen, unterscheiden und verfolgen zu können, klar und wohldefiniert als Modell dargestellt werden. Es werden genau beschriebene Regeln für die Darstellung und Berechnung des Modells festgelegt. Dieses Modell findet eine Wiederverwendung für eine Simulation oder auch als Grundlage für ein Steuerungsprogramm für das System. Eine Stärke ist die Anwendungsvielfalt dieser Methode. Sie unterstützt die Darstellung von Systemen im Bereich Produktion und Logistik grundsätzlich besser.

Abstract

A certain degree of quality consciousness has to be found in each production. It is not sufficient to test each product (property or service) for possible errors after finishing. But quality control is necessary from the beginning to the end of the production. It is not possible to test quality into a product. Quality of product is produced. The disregard of the demanded quality requirements results in elimination from the competition. Therefore quality management becomes increasingly a question of survival to the enterprises and service offerers. Thus quality management in production will be more and more the focus of interest.

Some industrial sectors, as for instance air and space travel or the nuclear industry, can not afford doing without an appropriate guarantee of quality. The foodstuffs industry belongs newly to the industrial sectors. It committed itself with an European Union standard to guaranteeing that the batches are traceable over the whole production and dispatch process. To keep this standard a suitable material flow tracing is absolutely necessary.

In order to reconstruct the way of an object in a logistic chain today frequently Auto-ID systems are used. These permit to identify automatically the object in almost any place of the chain, i.e. without use of manpower. The identification of and the information about respectively the product is typically added on labels (e.g. as bar code). Under the Auto-ID systems is the so-called RFID technology (radio frequency identification) with transponder labels (Smart label) that system, which offers the most varied application type and the most reliable recognition at the same time.

With each this Auto-ID systems there are pro and cons. A substantial disadvantage of these procedures is that the information about the product is attached to the product itself. In the case of e.g. contamination of the bar code labels these become illegible and information goes lost. Besides the products are recorded only there, where also a reader stands. Within production processes no data can be exchanged. The idea is now not to collect directly the information at the object but to pass it on to an off-line or an on-line simulation in the computer. The accordant systems require for the simulations a suitable modelling.

For systems in which it is crucial to be able to differentiate the transient and/or movable elements, there are only few adequate modelling methods. Higher Petri nets are one of these methods. Colored Petri nets or FUNSOFT nets work with distinguishable marks. In addition there are the queuing networks, which are open and operate with several different order classes. Neither the Petri nets nor the queuing networks is designed as a suitable description medium for a differentiation between movable elements, because of their difficult handling and, particularly with the Petri nets, the missing general compilation rules.

Because of the implementation of the demands of an accordant material flow tracing, it requires a new method which can represent and model the material flow. In current simulation programs is limited the possibility of the interference to the

existing methods of material flow tracing. In this work a modelling method which makes possible the adequate representation of the material flow is developed.

With an example from food production this new modelling method is presented. A labelling line for jam glasses of the company Hero in Lenzburg is regarded. However not only the glasses themselves, but also the labels which are attached on the glasses are traced. In different export countries different labels are required for the jam glasses with the same content. Additionally the different expiration dates of the jams must be considered. The stock and the turnover period between filling station and labelling may not become too large, since a retention time must be calculated with the small and wholesale dealers. Jam is a product, whose sales experiences coincidental fluctuations. An exact forecast, how many jam glasses by which sort when are sold, is not possibly. In order to get a grip on such problems or to find suited solutions, a more optimal modelling method becomes necessary.

The deduction of the new modelling method uses a subsection of the graph theory - networks - as basis. These networks are ideal in order to illustrate production processes. For example the knots represent machines or jobs, the connections or edges are the ways between them. This reference to the networks guarantees the mathematical foundations.

With this method it is possible systems, in which it is extraordinarily important to know all parts which go through the system and to differentiate and to trace them, to represent clearly and well defined as model. Exactly described rules are specified for the representation and calculation of the model. This model finds a re-use for a simulation or also as basis for a control program for the system. The application variety of this method is a strength of it. It supports in principle (basically) better the representation of systems within the sector production and logistics.