

MAPEAMENTO DO MODELO INDUSTRIAL¹

MES-INDUSTRIAL MAPPING MODEL

Luiz Alberto da Silva Vieira²
Alexandre Afonso Munck Pimentel³

Resumo

Demonstrar a utilização da ferramenta de mapeamento do modelo industrial em um sistema MES. O IMM, Industrial Model Mapping, tem como objetivo permitir a criação de um mapa lógico das unidades operacionais (equipamentos, processos) que compõem uma planta produtiva, permitindo que informações resultantes da operação dessas unidades, bem como do relacionamento interdependente entre elas, sejam recuperadas de maneira ágil, consolidada e em tempo real. Através do IMM o usuário cria o mapa de sua planta produtiva, construindo para cada unidade operacional um equivalente lógico que por sua vez possui relacionamentos de composição ou participação em outras unidades operacionais. Uma vez que o mapa seja definido qualquer evento ocorrido com uma unidade operacional é naturalmente propagado para as unidades interdependentes através de uma cadeia de eventos. Assim o IMM é capaz de responder perguntas como situação atual da unidade, produção, indicadores de performance, atividades programadas, entre outras. O IMM está implementado sobre a aplicação MES Porto de Tubarão da Companhia Vale do Rio Doce (CVRD) desenvolvida sobre a plataforma J2EE. Com sua utilização foi possível unificar o registro operacional de todos os equipamentos e processos do porto, fornecendo informações sobre os indicadores de performance e produção de cada unidade mapeada 24 horas por dia. Através do IMM a distância entre as informações da planta produtiva do porto e os sistemas de nível gerencial foi sensivelmente diminuída, tornando o gerenciamento dos processos mais intuitivos e integrados.

Palavras-chave: Modelagem industrial; Unidade operacional; MES.

INDUSTRIAL MAPPING MODEL

MES-INDUSTRIAL MAPPING MODEL

Abstract

It shows the use of Industrial Model Mapping (IMM) tool inside a MES system. The IMM objective is to create operational units (equipments and processes inside a productive plant) logical map. That eases fast, reliable, consolidated and online recovering of resultant information of a unit operation and its interdependencies. Using IMM makes possible the creation of a productive plant map by a user, building logical substitutes for each operational unit. These substitutes, like operational units, have composition and participation relationship with others operational units. Since a map has been defined, an event that happens with a operational unit is triggered to the related operational units through an event chain. The IMM becomes capable to answer questions like actual unit status, production, performance indicators, scheduled activities and so on. The IMM was developed inside a MES application (MES Porto de Tubarão of Companhia Vale do Rio Doce) over J2EE platform. Using IMM it was possible to unify the operational records of all equipments and processes of the port, providing information about the performance indicators and production of each unit mapped along all day. Through IMM, the distance between productive information plant and management systems was sensible decreased, turning the process management more integrated and intuitive.

Key words: Industrial model; Operational units; MES.

¹ *Contribuição técnica ao XI Seminário de Automação de Processos, 3 a 5 de outubro, Porto Alegre-RS Bacharel em Matemática Computacional pela Universidade Federal de Minas Gerais.*

² *Engenheiro de Sistemas da Siemens-VAI Engenheiro de Controle e Automação pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Especialista em Engenharia de Software pela Universidade Federal de Minas Gerais.*

INTRODUÇÃO

O Mapeamento do Modelo Industrial – IMM¹ resulta do desenvolvimento de conceitos e ferramentas de controle com o objetivo de auxiliar na abstração de um modelo industrial. O principal instrumento de abstração do IMM consiste na criação de entidades fictícias, chamadas Unidades Operacionais (UOs), que representam, cada uma, uma entidade existente no modelo a ser mapeado.

Uma Unidade Operacional pode estar relacionada com uma ou mais unidades, formando uma cadeia de componentes interligados e dependentes que unidos visam representar os componentes industriais. A característica principal de uma unidade operacional é o fato de que as ações tomadas sobre uma delas podem vir a impactar em outras unidades operacionais.

A finalidade do IMM é acompanhar as operações de produção através de registros otimizados e integrados dos eventos de operação, realizando um registro unificado para várias unidades operacionais de maneira encadeada. Desse modo, o operador da planta é eximido da tarefa de apontar boa parte dos eventos desencadeados pelo processo operacional uma vez que o IMM conhece os relacionamentos interdependentes de seus componentes.

Nesse artigo serão descritos todos os fundamentos teóricos, as ferramentas utilizadas e a metodologia adotada para implementação do IMM bem como a estrutura de organização do software, os pré-requisitos necessários e os resultados obtidos.

MATERIAL E MÉTODOS

A concepção do IMM, como ferramenta de abstração do modelo industrial, foi baseada em um conjunto de propriedades observadas nas entidades envolvidas no processo produtivo. Essas propriedades se manifestam, como por exemplo, nos relacionamentos de composição de setores operacionais, onde um equipamento somente está apto para operar se todos os seus componentes estão aptos para operar. Levando em consideração essas propriedades, definimos primeiro o conceito de Unidades Operacional.

1. Uma Unidade Operacional (UO), é uma entidade fictícia que representa um componente operacional industrial.

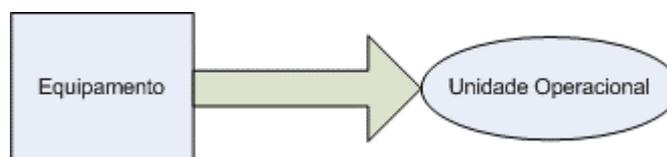


Figura 1 - Unidade operacional como abstração de um equipamento

Desse modo, qualquer componente operacional industrial, seja ele representado por um equipamento, grupo de equipamentos ou processo participante das atividades de produção pode ser identificado por uma UO.

Cada UO pode estar naturalmente inserida em um contexto operacional, no qual o estado de uma UO depende do estado de outra UO, estes relacionamentos de dependência assumem tipos diferentes, são eles:

¹ Do inglês *Industrial Model Mapping*.

a) Relacionamento de composição.

Uma UO pode ser composta por uma ou mais UOs e seu estado operacional depende do estado operacional de todos os seus componentes.

b) Relacionamento de participação.

Uma UO pode possuir uma ou mais UOs participantes e seu estado operacional depende do estado operacional de seus participantes.

c) Relacionamento de associação.

Um ou mais estados operacionais de uma UO são dependentes dos estados operacionais de outra UO e esta não é seu componente ou participante.

Com base nos possíveis relacionamentos entre as Unidades Operacionais, podemos definir dois tipos de unidades operacionais:

1. Unidades Operacionais Físicas.

UO física é uma unidade operacional que existe fisicamente e que o estado operacional é ternário (Operando/ Com defeito/ Disponível). As características de uma UO física são:

- a) Se uma unidade operacional é física então todas as unidades operacionais componentes são físicas.
- b) Uma UO física somente está em operação se todos os componentes estão em operação.
- c) Uma UO física somente está disponível se todos os componentes não estão indisponíveis.
- d) Uma UO física não pode possuir participante, ou seja, UO por relacionamento de participação.

2. Unidades Operacionais Lógicas.

UO lógica é uma unidade operacional, que embora possua estados definidos em “operando”, “com defeito” e “disponível”, pode assumir esses estados de maneira parcial, por exemplo operando com capacidade reduzida a 50%. As características de uma UO lógica são:

- a) Se uma UO é lógica então as UOs das quais esta participa são lógicas.
- b) Uma UO lógica está em operação se pelo menos um de seus participantes está em operação.
- c) Uma UO lógica está disponível se pelo menos um de seus participantes está disponível e não existe nenhum participante operando.
- d) Uma UO lógica está parada por defeito se todos os seus componentes estão parados por defeito.

Para determinação do estado operacional de uma UO, precisamos definir o conceito de evento.

- Evento é um sinal aplicado sobre uma Unidade Operacional que pode provocar uma mudança de estado da unidade.



Figura 1 - Mudança de estado de uma UO a partir de um evento externo

Um evento pode ser originado externamente ou internamente ao IMM. Todo evento interno ao IMM é causado originalmente por um evento externo, desse modo todo evento interno possui um evento externo causador.

O IMM implementa o conceito de unidade operacional, permitindo que o usuário identifique as UOs envolvidas no processo industrial e aponte seus relacionamentos e tipos. Assim, a utilização de técnicas de propagação de eventos baseada no tipo de relacionamento de suas unidades operacionais torna o IMM apto a acompanhar os estados operacionais de cada um de seus componentes. Resumindo dado o estado de uma unidade operacional o IMM é capaz de inferir o estado de todas as unidades relacionadas a ela, propagando este estado para todas as UOs envolvidas.

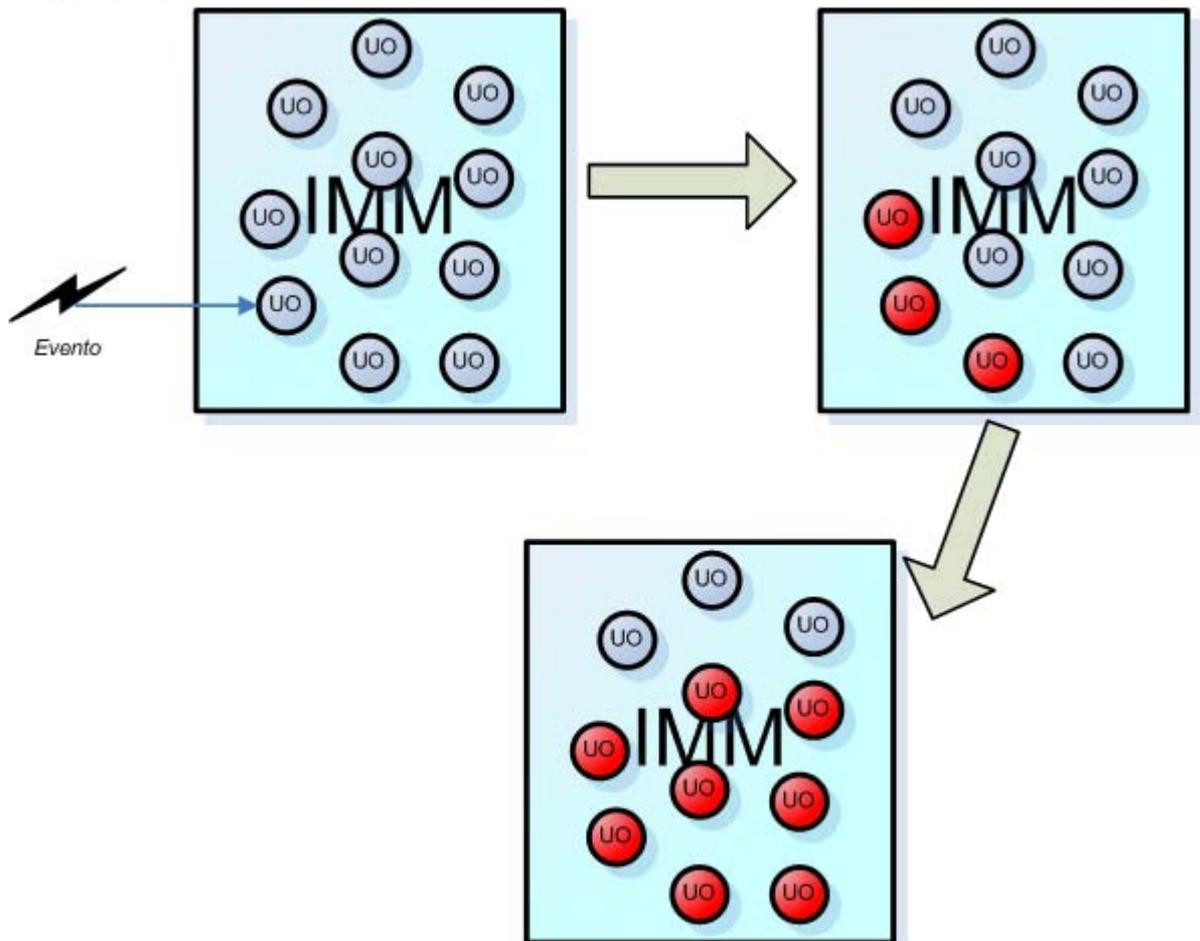


Figura 2 - Processamento realizado pelo IMM a partir de um evento externo

A propagação dos eventos é realizada a partir de um conjunto de proposições, estas por sua vez são consequência direta das características das UOs, algumas delas estão listadas abaixo:

Proposição 1:

Seja A uma UO física e B uma UO física da qual A é componente, então se A pára B pára. Temos então que a parada de A é causadora da parada de B.

Proposição 2:

Seja A uma UO física e B uma UO física da qual A é componente, sendo B a única UO da qual A faz parte, então se B pára A pára. Temos então que a parada de B é causadora da parada de A.

Proposição 3:

Uma UO lógica pára se todos os seus participantes param.

As proposições acima tratam somente da propagação dos eventos de paralisação das unidades operacionais, ou seja, somente eventos que mudam o estado das unidades operacionais para “com defeito” são contemplados. Os eventos que causam os demais estados são tratados de maneira similar e conseqüentemente são propagados para as unidades operacionais relacionadas.

- Modelagem

O IMM é modelado sobre o conceito de grafos parcialmente conectados sem restrição de navegação e acíclicos (árvores). Grafos são estruturas formadas por nós (ou nodos) e arestas (relacionamentos) entre os nós. No IMM cada UO é representada por um nó no grafo.

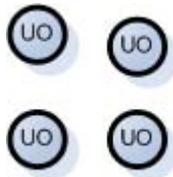


Figura 3 - Unidades Operacionais como nós em um grafo

Os relacionamentos entre as UOs são representados pelas arestas entre os nós do grafo.

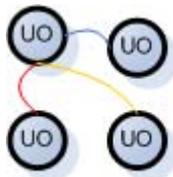


Figura 4 - Relacionamentos entre os nós em um grafo

O grafo de UOs do IMM representa todas as unidades operacionais mapeadas e os relacionamentos entre elas. Quando um evento é apontado para uma unidade operacional, todas as unidades operacionais relacionadas são afetadas. Cada uma das unidades operacionais afetadas propaga o evento para suas unidades operacionais relacionadas e assim o processo se repete em uma cadeia de eventos.

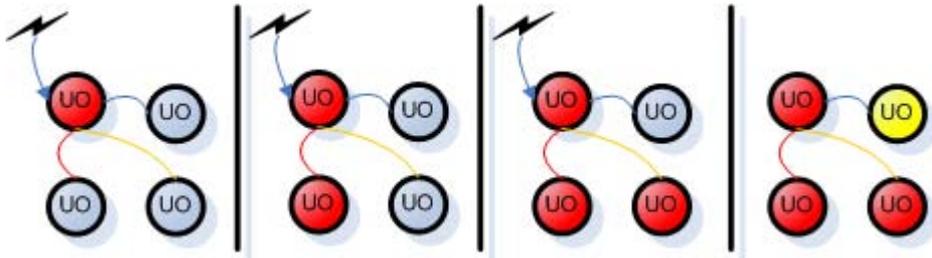


Figura 5 - Propagação dos eventos no IMM

- Implementação

A materialização do IMM como componente de software foi idealizada segundo as premissas de uma arquitetura SOA (Service Orientated Architecture) e implementada utilizando a linguagem Java™ sobre uma plataforma J2EE. Essa decisão permitiu que o IMM assumisse o papel de componente disponibilizado como um serviço em um ambiente corporativo.

As tecnologias J2EE utilizadas são:

EJB (Enterprise Java Beans). Possibilitam que o IMM seja disponibilizado como serviço de software em um servidor de aplicação J2EE. Representam a camada de negócios do IMM.

Struts e JSF (Java Server Faces): Frameworks de controle da aplicação cliente do IMM. Possibilitam que as funcionalidades de configuração e acompanhamento do IMM sejam disponibilizadas em um ambiente web e possam ser acessadas através de um navegador web. Representam a camada de controle do IMM.

JSP (Java Server Pages): Utilizado para definição das interfaces com o usuário do IMM. Participam da camada de apresentação do IMM.

HTML (HyperText Markup Language): Meta Linguagem interpretada pelos navegadores para renderização das páginas da aplicação cliente do IMM.

JavaScript: Linguagem de script interpretada pelos navegadores e que permite a criação de interfaces interativas para o usuário.

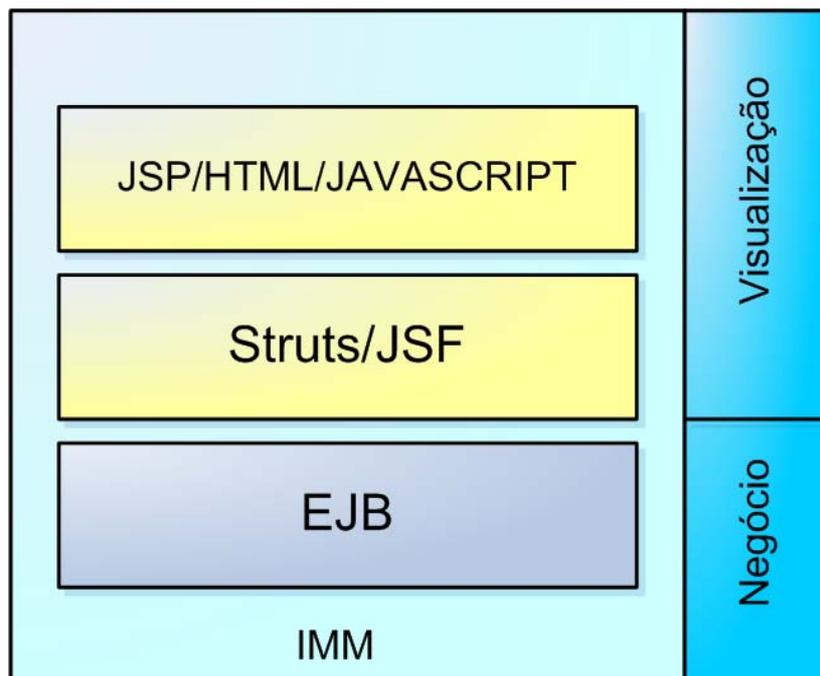


Figura 6 - Tecnologias utilizadas

As principais funcionalidades do IMM são definidas em sua camada de negócios. Nessa camada são implementadas as funções de controle das unidades operacionais. A camada de negócio é a responsável por reagir a qualquer evento externo que seja indicado para uma UO.

A camada de visualização do IMM é a responsável por tornar disponível para o usuário as funcionalidades de acompanhamento e configuração das unidades operacionais. Esta camada é composta por interfaces inteligentes que permitem ao usuário do IMM acesso as ferramentas de controle das informações registradas.

A persistência das informações registradas para as UOs é realizada em um banco de dados relacional (Oracle) acessado pela camada de negócios do IMM.

- MES-IMM

O IMM tipicamente está embarcado em um sistema MES. O MES, acompanha as informações de produção e passa as informações sobre os eventos ocorridos com as unidades operacionais para registro no IMM. O IMM, por outro lado, é fonte de informações centralizada sobre as entidades que compõe a planta para o MES. A composição do MES com o IMM intensifica a aquisição de informações para a indústria, aumentando a quantidade e qualidade da informação disponível sobre a produção.

Abaixo algumas das informações que são recuperadas e controladas pelo IMM quando em conjunto com o MES:

- Situação das unidades operacionais;
- Produção acumulada e atual das Unidades Operacionais;
- Histórico dos eventos dos estados das Unidades Operacionais;
- Manutenções programadas e realizadas;
- Taxas de produção;
- Recordes de produção e produtividade; e
- Indicadores de performance.

RESULTADOS

O IMM foi implementado em conjunto com o sistema MES Porto de Tubarão para a Companhia Vale do Rio Doce. Os resultados alcançados vão além da avaliação do estados das entidades da planta produtiva uma vez que é possível acompanhar de maneira otimizada o desempenho de cada setor da planta, seja ele equipamento ou conjunto de equipamentos. Com o IMM também foi possível a diminuição da necessidade de entrada manual de dados para acompanhamento dos equipamentos, uma vez que o IMM é capaz de inferir para equipamentos relacionados a situação de cada um deles, assim o acompanhamento dos equipamentos se tornou mais intuitivo e mais fiel a realidade. Abaixo uma lista dos principais resultados alcançados:

- Diminuição de entrada manual de dados
- Diminuição dos erros de apontamento de equipamentos
- Aumento da quantidade de dados adquiridos
- Maior disponibilidade de informação sobre o processo de produção.

DISCUSSÃO

As ferramentas de acompanhamento das operações industriais tradicionais utilizam principalmente a entrada manual de dados da planta pelos operadores, realizando um registro pontual sobre cada entidade existente no processo de produção. Além disso, muitas vezes as informações em tempo real de sistemas de controle estão isoladas dos sistemas de TI diminuindo a efetividade das operações e o acesso à informação. O IMM permite que mesmo em ambientes onde a entrada de dados é manual grande parte dessa seja inferida automaticamente pelo mapeamento realizado.

Seu desenvolvimento foi motivado pela necessidade de um acompanhamento mais intuitivo e integrado das operações da planta permitindo que o desejo do usuário em visualizar ou não uma informação fosse facilmente atendido. Para tanto, a forma como o IMM foi desenhado permite que as unidades operacionais sejam criadas e configuradas rapidamente, podendo utilizar informações já disponíveis no sistema MES ao qual faz parte.

CONCLUSÃO

O IMM apresenta uma proposta inovadora de abstração da realidade industrial utilizando-se de conceitos simples e efetivos para essa abstração. Sua implementação em plataforma J2EE, além de ser realizada em um dos maiores frameworks de desenvolvimento, permite que o IMM esteja livre de plataforma podendo ser utilizado em sistemas Windows, Linux, Solaris ou qualquer sistema operacional em que um servidor de aplicação J2EE possa ser instalado.

O IMM pode ser integrado com um sistema MES melhorando o desempenho de ambos. Além disso, seu modelo de implementação baseado em componentes de software permite que este seja integrado com qualquer outro sistema que seja capaz de utilizar comunicação com componentes EJB.

Agradecimentos

Agradecimentos às pessoas especiais que tornaram possível o desenvolvimento desse trabalho.

Leonardo Lúcio de Carvalho Vieira – Pelo apoio técnico e gerencial.

John Welington de Souza – Pelo suporte a análise e implementação.

BIBLIOGRAFIA

- 1 EJBs - Copyright 1994-2006 Sun Microsystems, Inc. Disponível em: <http://java.sun.com/products/ejb/> Acesso em 18 jun. 2007.
- 2 GRAFOS - [Chris K. Caldwell](#) (C) 1995 - <http://www.utm.edu/departments/math/graph/> Acesso em 18 Jun. 2007.
- 3 J2EE - Copyright 1994-2006 Sun Microsystems, Inc. Disponível em: <http://java.sun.com/javaee/> Acesso em 18 Jun. 2007.
- 4 JSF - Copyright 1994-2007 Sun Microsystems, Inc. <http://java.sun.com/javaee/javaxserverfaces/> Acesso em 18 Jun. 2007
- 5 Oracle® - Database <http://www.oracle.com/database/index.html> Acesso em 22 Jun. 07.

- 6 PEMBERTON S., HyperText Markup Language (HTML) Home Page, last modified feb. 2006. Disponível em: <http://www.w3.org/MarkUp/> Acesso em: 10 may. 2006
- 7 SOA - [Copyright © 1995-2007. The Open Group. All Rights Reserved.](http://opengroup.org/projects/soa/doc.tpl?gdid=10632) - <http://opengroup.org/projects/soa/doc.tpl?gdid=10632> Acesso em 18 Jun. 2007.
- 8 Struts - © 2000-2007 Apache Software Foundation
<http://struts.apache.org/index.html> Acesso em 18 jun. 2007.