

1 Introdução

Procedimentos de identificação automática de objetos têm se tornado populares para diferentes aplicações da indústria, logística, controle de estoque, distribuição e diversos outros. A identificação automática tem o objetivo de prover informação a respeito de pessoas, animais, ativos e produtos, sem intervenção humana [16], isto é, automaticamente.

Em diferentes tipos de aplicação, a tecnologia de código de barras, antes revolucionária, se tornou inadequada devido aos fatos de código de barras possuir pequena capacidade de armazenamento, não poder ser reprogramado e de necessitar de manuseio para que se consiga ter uma leitura da etiqueta do item em questão, impossibilitando, em alguns casos, a identificação automática.

Uma alternativa ao uso de código de barras é o armazenamento da identificação do item em *chips* com maior capacidade de armazenamento acoplados a micro antenas capazes de transmitir a identificação armazenada no *chip* via rádio frequência. A tecnologia que implementa este conceito é chamada de *RFID (Radio Frequency Identification)* [6] [12] [16] [27]. Esta tecnologia possibilita a identificação automática de objetos, possui maior capacidade de armazenamento e permite a criação de chips reprogramáveis, se assim for desejável.

A infra-estrutura da tecnologia de RFID – leitoras e etiquetas RFID, a codificação *Electronic Product Code (EPC)* e softwares que interagem com as leitoras – gera um volume de dados em tempo real nunca vislumbrado antes e, conseqüentemente, necessita de sistemas de software capazes de interagir com esta tecnologia, interpretar, filtrar e gerar relatórios a respeito desses dados. Tendo uma fonte de dados RFID, que indica qual item de produto foi “visto” em um determinado local, é preciso inferir, por exemplo, (i) se esta informação é a respeito de um item saindo de um local, chegando ao mesmo, ou simplesmente se mantendo no mesmo lugar; (ii) se é preciso gerar uma nota fiscal de saída ou uma de entrada, ou (iii) se o item se encontra em um local proibido para ele.

Ou seja, é preciso interpretar dados crus gerados pela infra-estrutura RFID e obter informações com semântica de negócios.

Este capítulo de introdução apresenta na seção 1.1 a seguir a descrição do problema da necessidade da existência de softwares capazes de interagir com esta infra-estrutura RFID a fim de interpretar os dados fornecidos por ela gerando semântica de negócios. A seção 1.2 apresenta uma introdução da solução proposta por esta dissertação, enquanto que as seções 1.3 e 1.4 apresentam as contribuições e a organização desta dissertação, respectivamente.

1.1. Descrição do Problema

Sistemas de RFID consistem em etiquetas e leitoras, nos quais as etiquetas armazenam informações, e as leitoras lêem essas informações através de ondas de rádio [27].

Imaginando um cenário de um grande centro de distribuição que utiliza a tecnologia RFID para identificar os produtos que por ele circulam, pode-se visualizar a grande quantidade de leitoras espalhadas, distribuídas ao longo de todo o estabelecimento, com o objetivo de captar informações dos inúmeros produtos etiquetados com etiquetas RFID.

Num cenário como este, o uso da tecnologia de RFID promove uma nova discussão de como tratar os dados dos produtos. Isso se deve ao fato de que a partir do uso desta tecnologia, o volume gerado de informações aumenta consideravelmente. Quando antes, com a tecnologia de código de barras, um produto era lido ao entrar num estabelecimento e ao sair dele (horas, dias ou até semanas depois), podendo haver uma ou outra leitura durante o ciclo de vida deste produto neste local, agora este produto pode ser lido a todo momento (em tempo-real, ou com uma grande periodicidade), pois este item é reconhecido pela infra-estrutura RFID de leitoras com uma frequência muito grande. Estas leitoras, por sua vez, devem repassar estas informações (produto lido, local, data, temperatura, etc.) para um sistema de software que saiba tratá-las.

Os sistemas de software empresariais (*Enterprise Systems*), tais como *Enterprise Resource Planning* (ERP) e *Warehouse Management System* (WMS), existentes hoje, em sua grande maioria (SAP, Oracle Applications, PeopleSoft, etc.), não estão preparados para lidar com o volume de informações geradas pela infra-estrutura RFID. A informação armazenada e tratada hoje é a quantidade de itens de uma determinada classe de produto, e não a instância

(identificação do número de série e local e data de leitura) de cada item desta classe. Não se guarda a informação sobre cada item em si.

Esta coexistência de sistemas empresariais e da tecnologia RFID gera uma impedância entre esses dois paradigmas: diversas leitoras distribuídas gerando dados em tempo real (dados estes que possuem um nível a mais de identificação: o do item em si) e sistemas empresariais centralizados. É preciso haver sistemas que saibam tratar dados crus gerados pela infra-estrutura RFID de tal forma a gerar informações com semântica de negócios, capazes de serem, em última instância, manipuladas por sistemas empresariais existentes. Estes sistemas, além de poderem tratar esta nova massa de dados a fim de alimentar os sistemas existentes, podem possibilitar a implementação de novas funcionalidades: verificação automática de recebimento de materiais; monitoramento de estoque para verificação de furtos, inventários em tempo real sem intervenção humana, entre muitas outras.

1.2. Solução Proposta

Paralelo a pesquisa e desenvolvimento da tecnologia RFID está o advento de pesquisas relacionadas a softwares orientados a agentes. Segundo M. Wooldridge [36] “Um agente é um sistema de software que está situado em um ambiente, e é capaz de executar ações com autonomia neste ambiente a fim de alcançar seus objetivos de projeto”, onde autonomia é tida como a capacidade de agir sem a intervenção humana ou de outros sistemas.

Conseqüentemente, sistemas multi-agentes são sistemas formados por dois ou mais agentes de software, que podem executar tarefas paralelamente, podem estar distribuídos em diferentes computadores e podem cooperar para atingir não apenas seus próprios objetivos, mas sim o do sistema como um todo.

Esta dissertação tem o objetivo de aplicar a abordagem de sistemas multi-agentes neste domínio de manipulação de dados gerados a partir da infra-estrutura distribuída de RFID. Para isso, a solução proposta é prover um *framework* para a instanciação de sistemas capazes de interagir com tal infra-estrutura e facilitar a geração de informações com semântica de negócios, através de uma arquitetura que ajuda na criação de novas funcionalidades decorrentes do leque de aplicações vislumbradas pelo surgimento de RFID.

O *framework* proposto facilita a implementação de sistemas multi-agentes distribuídos. Imaginando o sistema como sendo composto por diversas partes

distribuídas, formando uma espécie de grafo, cada parte desta foi chamada de um nó, ou *Node*. Cada *Node* pode agregar um ou mais agentes, que por sua vez podem executar uma ou mais tarefas. Essas tarefas podem ser executadas paralelamente ou com uma dependência entre elas (uma só é executada após outra ter sido finalizada). Os agentes podem se comunicar entre si através do envio de mensagens, que podem ser endereçadas a um ou mais agentes, pertencentes ou não ao mesmo *Node* do agente remetente.

O *framework*, batizado de *Shine*, provê uma infra-estrutura que fornece os serviços básicos para os agentes das aplicações criadas a partir da instanciação do *Shine*. Estes serviços são: (i) o envio de mensagens; (ii) o recebimento de mensagens; e (iii) a descoberta de do *Node* de outros agentes. Isso torna transparente para os desenvolvedores de aplicações a forma como o *Shine* encontra agentes nos diversos *Nodes* do sistema, envia e recebe mensagens.

Para facilitar a instanciação, manutenção e evolução das aplicações e do próprio *framework* em si, o *Shine* e suas instâncias (aplicações criadas utilizando o *framework*) são configurados através de arquivos XML, que definem cada *Node* da aplicação. Esses arquivos de configuração determinam as implementações dos serviços básicos de cada *Node* (envio e recebimento de mensagens, e descoberta de agentes), determinam a identidade e endereçamento de rede do *Node*, os agentes que farão parte dele e os *Nodes* vizinhos que este terá. Em relação aos agentes, a configuração determina quais as tarefas que cada agente pode desempenhar a partir de performativas de mensagens recebidas. Cada performativa pode determinar uma ou mais tarefas a serem executadas, e cada tarefa pode ser configurada de tal forma a ser executada independente ou dependentemente de outra.

Com o *framework* *Shine*, conseguiu-se criar uma camada de software que interage com a infra-estrutura de RFID (detalhada na seção 2.3), sendo capaz de tratar o grande volume de dados gerados pela mesma, intermediando as fontes de dados RFID com os sistemas empresariais existentes. Ao mesmo tempo, criou-se um *framework* capaz de gerar novas aplicações que implementam funcionalidades apenas imaginadas com a chegada de RFID, tais como verificação automática de recebimento de materiais, monitoramento de estoque para verificação de furtos, inventários em tempo real, entre tantas outras.

1.3. Contribuições

As principais contribuições desta dissertação são:

- A criação de um *framework* de sistemas distribuídos multi-agentes capaz de gerar aplicações que interagem com a infra-estrutura RFID, facilitando o tratamento do grande volume de dados gerados por esta infra-estrutura, e simplificando a implementação de funcionalidades vislumbradas a partir da criação desta tecnologia.
- Implementação da especificação *Application Level Events* (ALE). Esta especificação, criada pela EPCglobal Inc, não possui implementação de referência nem implementações públicas. A implementação desta dissertação provê uma que simula a infra-estrutura RFID: EPC *middleware*, leitoras e etiquetas.
- Diminuição do *gap* entre sistemas empresariais existentes (implementados sob o paradigma de sistemas centralizados) e a infra-estrutura RFID (criada sob o paradigma distribuído).
- Demonstração da aplicabilidade da abordagem de sistemas multi-agentes como solução para um novo domínio de aplicações: RFID.
- Duas aplicações orientadas a agentes baseadas no *framework* que tratam um problema clássico de gerência de estoques e um novo problema que surge com o uso de RFID:
 - Aplicação 1: Inventário em tempo real.
 - Aplicação 2: Reconciliação de EPC fantasma.

Detalhes dos problemas das duas aplicações podem ser vistos na seção 5 desta dissertação.

1.4. Organização da Dissertação

Esta dissertação está organizada da seguinte forma:

- O Capítulo 2 apresenta os fundamentos conceituais necessários para o bom entendimento desta dissertação. São apresentados os conceitos de *Frameworks*, Sistemas Multi-agentes e Radio Frequency Identification (RFID).
- O Capítulo 3 apresenta a análise do problema desta dissertação.

- O Capítulo 4 apresenta a solução proposta, mostrando os requisitos, a arquitetura da solução, projeto e detalhes de implementação.
- O Capítulo 5 apresenta dois estudos de casos que procuram comprovar a abordagem proposta por esta dissertação.
- O Capítulo 6 mostra alguns trabalhos relacionados com esta dissertação.
- O Capítulo 7 apresenta as contribuições da dissertação, e finalmente no Capítulo 8, são apresentadas as conclusões e trabalhos futuros.