Sistema de Proteção e Supervisão de Cargas a Granel com Tecnologia RFID

A. G. Foina[1], **F. J. Ramirez-Fernandez**[1]

[1] Laboratório de Microeletrônica - Escola Politécnica - Universidade de São Paulo

*Corresponding author: Aislan G. Foina, +55-11-9215-6454, aislan.foina@poli.usp.br

Abstract

In this article we will show the results gained with the application of active RFID technology as a tool of trucks' supervision. For this, active RFID tags were settled at trucks' dump-carts and readers were spread through out discharge warehouses, at the weight balance and through unload platforms. The unload inspectors used robust PDA with camera and Wifi, along with Access Points installed in warehouses, to confirm unload and take a snapshot for future auditorship. A wireless broadband link was used to connect two balances that are distant from the discharge area. All technologies dialogue with a web-based application that manages all different devices.

Keywords: RFID, Active, Supervision, Wifi, Wireless.

Introdução

Os descarregamentos de cargas a granel é um grande problema de segurança das empresas que trabalham com essa modalidade de produto, pois o processo de descarga consiste em:

1. Pesagem bruta, onde o caminhão é pesado com a carroceria cheia;
2. Descarga, onde o veiculo vai ao local designado e descarrega o produto;
3. Pesagem da tara, onde o caminhão é novamente pesado vazio.

A quantidade descarregada pelo caminhão é a diferença da 2ª e da 1ª pesagem. Assim, se o furto da carga ocorrer no período entre as duas pesagens, a empresa não terá como saber se ocorreu o roubo e nem quanto foi roubado.

No porto de Santos, a área das empresas exportadoras é aberta e de acesso a qualquer pessoa ou veiculo. Os locais de pesagem ficam aproximadamente a 2 km de distancia dessa área. Esse cenário torna o furto de carga possível da seguinte forma: o caminhão é pesado cheio, depois vai para uma área fora da zona de descarga, descarrega a carga dentro de outro caminhão ou faz uma troca das carrocerias, e depois retorna para pesar o caminhão vazio.

As perdas estimadas com roubos de carga a granel, na empresa estudada, é de aproximadamente 7% do seu lucro anual, o que equivale a um valor de 1,5 milhões de reais.

Baseado nisso, foi desenhada uma solução baseada na utilização de RFID – *Radio Frequency Identification* – como lacre eletrônico nas carrocerias dos caminhões. Com isso conseguimos controlar os locais onde o caminhão está passando, os tempos de um ponto a outro e detectar eletronicamente a violação do lacre da carroceria. Junto com o RFID, foram utilizadas três outras tecnologias:

- Rede Wifi IEEE802.11 instalada nos galpões de descarga da mercadoria;
- PDAs – *Personal digital assistants* –robustos com wifi, câmera e com resistência a poeira e água (IP65); e
- Enlace de banda larga wireless de longo alcance para interligar os distantes locais de pesagem na rede dos equipamentos.

Todas as tecnologias serão descritas a seguir, inclusive o aplicativo que as gerencia.

Sistema de RFID ativo

Os sistemas de RFID consistem basicamente em três componentes: Um tag, ou etiqueta eletrônica, um leitor e um excitador. Quando o tag passa perto do excitador, ele envia um sinal para o leitor com a sua identificação única. O leitor recebe esse sinal, e através de uma interface RS232 ou uma porta Ethernet disponível, ele repassa essas informações para um servidor. Este servidor tem um aplicativo gerenciador que recebe essas informações, processa e disponibiliza na sua interface gráfica.

As etiquetas de RFID se dividem em dois grupos, as ativas e as passivas. As ativas possuem alimentação própria e as passivas se alimentam de campos eletromagnéticos emitidos pelo leitor. No caso dos tags passivos, o excitador é a própria antena do leitor, que emite o campo eletromagnético. Já nos tags ativos, como o raio de leitura do leitor chega a distâncias de 200 metros, o

excitador é um equipamento que define os pontos de controle dentro da área de cobertura do leitor.

Outro recurso dos tags ativos é que eles podem se ligar a sensores de temperatura, de violação, de movimento, entre outros. Por esses motivos foi escolhida uma tecnologia de tags ativos que trabalham com freqüências de 915MHz (envio) e 433MHz (recebimento de comandos), com alcance de leitura de 90 metros e com capacidade de ligação de um sensor de violação dos terminais do sensor. Este sensor acusa status "violado" se os seus terminais forem colocados em curto-circuito e "ok" se ambos os terminais estiverem em aberto. Essa flexibilidade permitiu desenvolver um modelo de tag, visto na Figura 1, que pudesse ser fixado na carroceria do caminhão e, caso ocorresse uma tentativa de remoção, o sensor de abertura do tag detectaria e emitiria um sinal de violação para a leitora mais próxima. Foram instalados vários leitores na área de descarga, assim se ocorrer alguma anomalia nos procedimentos normais (como por exemplo, o veiculo não entrar na área, entrar na área e não descarregar ou violar o tag) um alarme será apresentado na tela do balanceiro quando o caminhão for pesar a tara (peso do caminhão sem carga).

Figura 1 - Tag ativo em forma de cadeado com detecção de abertura

A principal dificuldade encontrada foi quanto à grande diferença entre os caminhões que descarregam como visto na Figura 2, o que dificultou o desenho de um tag único que pudesse ser fixado em todos eles. Para resolver o problema o desenho do tag foi feito de forma similar a um cadeado, que pode ser fixado em qualquer barra com ate duas polegadas de espessura. Assim, podemos fixar o tag em diversas partes do caminhão.

Figura 2 - Diferentes pontos de fixação do Tag de diferentes caminhões. (a) Caminhão caçamba, escada para subir na caçamba. (b) Caminhão graneleiro, barra de madeira para fixação da lona. (c) Caminhão basculante, barra de ferro para fixação da lona.

A detecção da violação do tag é feito por meio de uma pequena chave, que quando o cadeado é fechado, essa chave é pressionada e quando o cadeado é aberto, a chave é liberada. Essa chave foi ligada por meio de dois fios aos terminais do sensor de violação do circuito do tag. Um dos problemas enfrentados foi quando colocamos o circuito dentro do cadeado e não foi possível enviar e nem receber comandos ao tag. Isso aconteceu, pois a antena impressa no circuito do tag ficou próxima ao gancho metálico do cadeado, gerando uma

alteração na indução da antena, consequentemente alterando a freqüência de ressonância da mesma e assim impedindo a comunicação. Para contornar esse problema Então a colocação do circuito dentro do cadeado foi feita de maneira a manter a antena o mais distante possível do qualquer metal, visto na Figura 3.

A regra adotada para instalação dos leitores no porto foi a seguinte: Em cada entrada e saída foi instalado um excitador. Por exemplo, na plataforma da balança de pesagem são instalados dois excitadores, um na entrada da balança e outro na saída, conforme Figura 4. As leitoras foram instaladas de forma que o maior número possível de excitadores seja coberto pelo seu raio de leitura. Ou seja, para cobrir os dois excitadores da balança, somente um leitor foi instalado junto com os equipamentos da balança. Nos armazéns de descarga, foi colocado um excitador em cada portão de entrada/saída e um leitor cobrindo os excitadores. Todos os leitores foram ligados em rede por cabos UTP – *Unshielded Twisted Pair* – categoria 5 e os armazéns e balança ligados por cabos de fibra óptica, montando assim uma rede de comunicação entre todos os dispositivos e o servidor que executa aplicativo gerenciador.

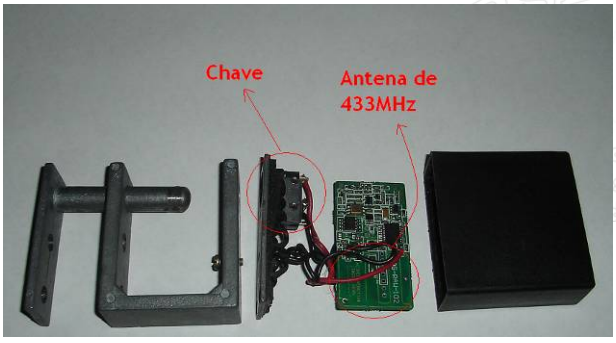

Figura 3 - Cadeado desmontado, mostrando a chave de violação e a antena impressa do tag.

Figura 4 – Leitores de RFID instalados na entrada e na saída de uma das balanças de pesagem

Resumindo, foi colocado um excitador em cada ponto de entrada/saída de caminhões, leitores cobrindo todos os excitadores, e ligado um ponto de rede próximo para conectar os leitores que receberão as informações dos tags em rede. Todos os leitores estão ligados ao servidor que executa o aplicativo gerenciador. A cada passagem do caminhão por uma entrada/saída é gerado um pacote ao servidor com as informações de número e status do tag, número do excitador que o excitou e número do leitor que recebeu as informações.

Aplicativo gerenciador

O aplicativo gerenciador controla as informações sobre o processo de descarga do veículo monitorado. Cada caminhão é tratado no sistema como uma fila de eventos a serem executados. Cada passagem de um caminhão por uma entrada/saída é um evento. Pesagem cheio, descarga e pesagem vazio são exemplos de eventos a serem executados pelo caminhão. Então, no sistema, cada caminhão possui um estado dentro de uma máquina de estados finitos, que através dos eventos recebidos por aquele caminhão registra exatamente em qual etapa do fluxo de descarga o caminhão está. Em outras palavras, os caminhões em movimentação na área são tratados como *threads* independentes no sistema, que é iniciado quando o seu tag passa pela balança de pesagem para capturar o peso bruto, gerando o 1º evento. Quando esses *threads* são criados, uma fila de tarefa – *taskqueue* – na base de dados é criada, com todas as tarefas que o caminhão deve cumprir no processo total, como entrada na balança para pesagem bruta, captura do peso bruto, saída da balança, entrada no local de descarga, confirmação do operador do PDA, etc. À medida que o caminhão se desloca e gera os eventos, estes são interpretados pelo sistema e convertidos nas suas respectivas tarefas, e assim elas são retiradas da lista e inseridas na tabela de histórico. Caso a ordem das tarefas não seja obedecida, um alarme é gerado na tela do operador do sistema.

O aplicativo foi desenvolvido totalmente em Java, sendo que parte dele é monolítica e parte em forma de *webservice*. Ele é executado por um servidor de aplicativos Tomcat e conectado a um banco de dados Oracle 9i com recursos de *advanced taskqueue*. Como são usadas diferentes tecnologias o aplicativo gerenciador foi desenvolvido com quatro grandes módulos, apresentados na Figura 5.

A primeira camada do sistema, chamada de DMS – *Device Management Subsystem* – é a camada responsável pela ponte entre os dispositivos físicos da solução (leitores RFID, PDAs, etc) e o motor de controle das regras de descarga, dos tempos e dos alarmes, chamado aqui de Core. Dentro do DMS tem uma parte aplicativo (DMSApp) e outra parte

servlet (DMSServer). O aplicativo fica aguardando um pacote na porta serial ou nas conexões ethernet, e quando recebe um dado enviado por algum dispositivo, ele interpreta a informação e gera um pacote XML – *extensible markup language* – com o conteúdo, que é transmitido para o DMSServer. O DMSServer por sua vez, quando recebe esse XML, faz consultas às tabelas da base de dados onde estão as informações do posicionamento dos dispositivos e gera um XML de mais alto nível a ser enviado ao Core, com informações sobre o nome do local onde foi lido e com mais detalhes sobre o dispositivo que enviou o pacote.

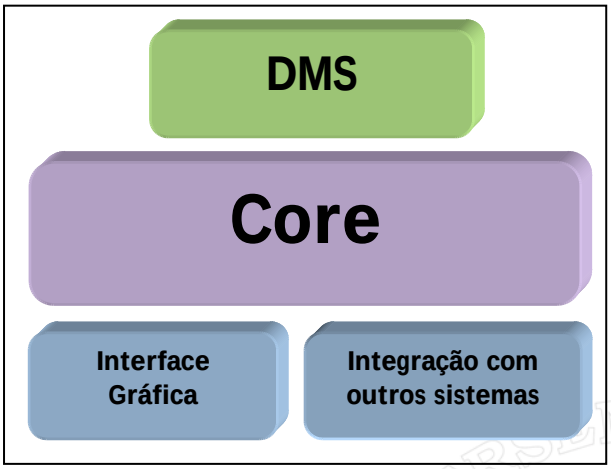

Figura 5 - Estrutura do aplicativo gerenciador

Uma dificuldade encontrada foi na calibração da potência emitida dos equipamentos de RFID para conseguir realizar leituras de todos os tags. A influência do material da caçamba e o local onde é colocado o tag alteram significativamente o seu alcance de leitura. Como existem caminhões com caçamba de madeira e de metal, fizemos a calibração para o pior caso, aumentando a potência emitida acima do necessário. Esse aumento trouxe alguns problemas, como leituras contínuas e leituras antecipadas. Por exemplo, dependendo da onde era colocado o tag no caminhão, o leitor da saída da balança conseguia ler constantemente o tag durante sua pesagem na balança antes de ter saído, e em outros casos, o leitor da entrada da balança ficava lendo o tag durante a pesagem. Para contornar isso, foi inserida uma série de filtros no DMS, para que somente a informação real chegasse ao Core. Para os casos que o leitor da entrada lê constantemente o tag no caminhão, foi colocado um filtro anti-repetição, enviando somente a 1ª leitura de entrada e ignorando as seguintes num dado intervalo de tempo. No caso da saída, foi colocado um filtro atrasador que somente envia somente a ultima leitura de saída, ignorando as primeiras. Assim os filtros evitam que seja enviado duas vezes o mesmo evento de entrada e também evita que o evento de saída seja enviado antes da hora.

O Core possui um servlet que recebe os XMLs do DMSServer e insere na base de dados. Quando essa inserção é feita, a tabela onde são inseridas essas informações possui um gatilho – *trigger* – que inicia todo o processo de analise das informações, como os alarmes que possam ser gerados decorrentes deste evento ou atualizações nas informações da posição do caminhão no processo de descarga.

Interligado ao Core, existem outros dois módulos, a interface gráfica e o de integração com outros sistemas. O primeiro é o responsável por apresentar as informações na tela, como os alarmes, e de todo o mapa de navegação e geração de relatórios. O segundo módulo é responsável por enviar informações ao sistema de gerência da empresa, atualizando o estoque, ligando as informações e alarmes gerados aos sistemas corporativos pré-existentes na empresa.

Toda comunicação entre os módulos do sistema é feita via XML e toda a interface gráfica do sistema é *web-based*, permitindo seu acesso de qualquer computador sem a necessidade de instalar aplicativos específicos, somente um web browser convencional.

A integração da solução proposta com os sistemas corporativos da empresa é feita através de mensagens XML gravadas em um diretório compartilhado.

Outras tecnologias usadas

A área do porto, por ter uma alta concentração de armazéns e pouco espaço disponível, fez com que as empresas do porto contratassem balanças de pesagem de caminhões terceirizadas, localizadas aos arredores a uma distância de aproximadamente 2 km da área dos armazéns. Assim, foi necessária a instalação de um link interligando as balanças com a rede dos leitores de RFID. Para concretizar esse enlace, foi utilizado um equipamento de enlace por rádio de alta freqüência, visto na Figura 6, devido a sua facilidade de configuração e administração remota. O equipamento trabalha na freqüência de 5.8GHz e com um refletor acoplado que possui um ângulo de abertura horizontal de 6 graus e uma distancia de até 56 km. Esse equipamento pode fornecer um enlace de 20MBPS, o suficiente para trafegar todas as informações necessárias, possibilitando a interligação entre as balanças e a rede dos leitores de RFID e do servidor do aplicativo.

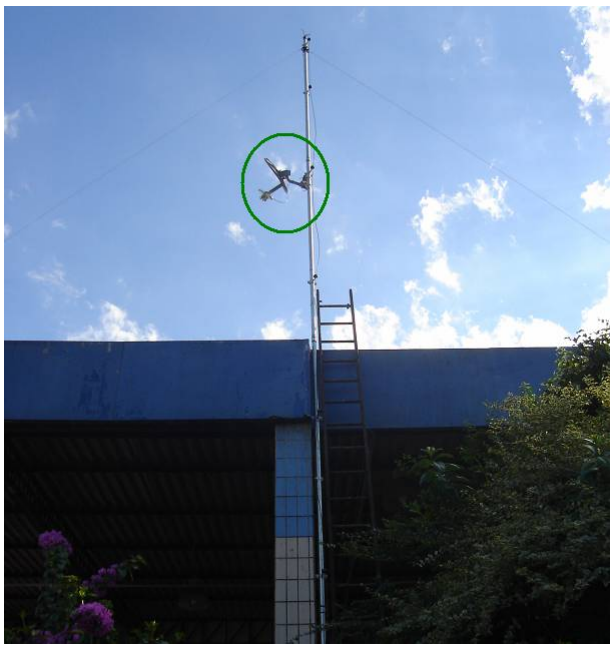

Figura 6 - Rádio 5.8GHz com refletor instalado em uma das balanças externas. Alcance de até 56 km

Outra tecnologia utilizada foi um PDA robusto com conectividade a rede Wifi, onde os fiscais de descarga confirmam a entrada e a descarga dos caminhões, para não ocorrer erros gerados por leituras acidentais dos tags e nem por tentativas de furto. Os PDAs possuem também uma câmera digital que permite o fiscal tirar fotos da descarga para ter um registro fotográfico para auditoria futura das descargas. Para que a comunicação dos PDAs ocorra, foi instalado em cada armazém um *Access Point* e ligado aos pontos de rede que chegam aos leitores de RFID.

O programa executado no PDA funciona como um cliente do aplicativo gerenciador. Quando o aplicativo do PDA é iniciado, a 1º informação exigida do fiscal de descarga é o seu usuário e sua senha. Após a autenticação, por meio do endereço MAC do *Access Point* onde o PDA está conectado, o aplicativo gerenciador sabe em qual local de descarga esse fiscal está e envia para o PDA a informação dos caminhões que foram lidos entrando neste local e que não tenham saído ainda. Esse aplicativo do PDA fica consultando o servidor periodicamente para receber novas informações, como entrada de outro veiculo ou encerramento de descarga no local. Para cada caminhão que descarrega, o fiscal deve seguir o seguinte procedimento:

1. Confirmar as informações impressas na tela do PDA com as informações reais do caminhão (placa cavalo, placa carreta, nº. do tag, etc.);
2. Confirmar o inicio da descarga;
3. Fotografar o tag fixando no caminhão;
4. Fotografar o caminhão descarregando;
5. Confirmar fim de descarga.

Ao final de cada etapa desse processo do PDA, um XML é gerado e enviado para o aplicativo gerenciador, que valida as informações e armazena na base de dados.

Devido à hostilidade do meio para equipamentos eletrônicos, foi necessário colocar todos os dispositivos, leitores, *Access Points* e excitadores, dentro de caixas seladas de plástico (Figura 7) para proteger os equipamentos e não atrapalhar a leitura dos sinais.

Conclusão

Apesar das dificuldades de instalar uma rede sem fio e uma rede de fibra óptica em armazéns antigos e colocar equipamentos de radiofreqüência sensíveis expostos ao tempo, foi possível fazer toda a instalação e calibragem dos equipamentos com sucesso. O programa dos PDAs e do servidor se comportaram corretamente quando colocamos uma quantidade de 50 caminhões circulando pela área simultaneamente.

A instalação dos tag-cadeados de RFID nos caminhões reduziu em 60% o furto de cargas fechadas na área do porto e permitiu à equipe de segurança descobrir os pontos de falha do sistema anterior e detectar a maioria dos motoristas corrompidos pela quadrilha do roubo de carga. Com as informações adicionais geradas para o departamento de logística sobre as estatísticas dos tempos de pesagem e descarga, e o número de caminhões em tempo real em cada etapa do processo de descarga, foi possível uma otimização da fila de caminhões reduzindo a espera na fila e consequentemente, reduzindo o tempo médio do processo de descarga em 30 minutos.

Figura 7 - Leitor RFID na caixa de proteção plástica

Referências

[1] - Raza, N.; Bradshaw, V.; Hague, M.; "*Applications of RFID technology*", IEE Colloquium on, 25 October, 1999, Pages: 1/1 - 1/5

[2] - Tuttle, J.R.; "*Traditional and emerging technologies and applications in the radio frequency identification (RFID) industry*", Radio Frequency Integrated Circuits (RFIC) Symposium on, 8-11 June 1997, Pages: 5 – 8

[3] - Kho Hao Yuan; Ang Chip Hong; Ang, M.; Goi Sio Peng; "*Unmanned library: an intelligent robotic books retrieval & return system utilizing RFID tags*", Systems, Man and Cybernetics, 2002 IEEE International Conference on, Volume: 4, 6-9 October 2002, Pages: 5 pp.

[4] - Ni, L.M.; Yunhao Liu; Yiu Cho Lau; Patil, A.P.; "*LANDMARC: indoor location sensing using active RFID*", Pervasive Computing and Communications, 2003. (PerCom 2003). Proceedings of the First IEEE International Conference on, 23-26 March 2003, Pages: 407 – 415

[5] - Ju-Peng Chen; Tsung-Han Lin; Polly Huang; "*On the potential of sensor-enhanced active RFIDs*", Emerging Information Technology Conference on, 15-16 Aug. 2005, Page: 4 pp.

[6] - Hahnel, D.; Burgard, W.; Fox, D.; Fishkin, K.; Philipose, M.; "*Mapping and localization with RFID technology*", IEEE International Conference on Volume 1, 2004 Pages: 1015 - 1020

[7] – Hind, D.J.; "*Radio frequency identification and tracking systems in hazardous areas*", Electrical Safety in Hazardous Environments, 1994, Fifth International Conference on 19-21 Apr 1994 Pages: 215 - 227

IBERSENSOR 2006
5° Congreso Iberoamericano de Sensores
26 al 29 de setiembre de 2006
Montevideo - URUGUAY