

Sistema para Programação Automática
de Bombas de Infusão
utilizando identificação
por radiofrequência (RFID)
– SisPABI –

Mestrando: Eng. Ramón Finger Lilienthal

Orientador(a): Dario Francisco Guimarães de Azevedo, PhD.

14 de abril de 2009

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE ENGENHARIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

Sistema para Programação Automática
de Bombas de Infusão
utilizando identificação
por radiofrequência (RFID)
– SisPABI –

ENG. RAMÓN FINGER LILIENTHAL

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Elétrica.

Área de concentração: Engenharia Biomédica

Orientador: Dario Francisco Guimarães de Azevedo, PhD.

Porto Alegre, 14 de abril de 2009

Sistema para Programação Automática
de Bombas de Infusão
utilizando identificação
por radiofrequência (RFID)
– SisPABI –

CANDIDATO: ENG. RAMÓN FINGER LILIENTHAL

Esta dissertação foi julgada para a obtenção do título de MESTRE EM ENGENHARIA ELÉTRICA e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.

Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica

Prof. Dr. Rubem Dutra Ribeiro Fagundes

BANCA EXAMINADORA

Dario Francisco Guimarães de Azevedo, PhD. – Presidente

Profa. Dra. Thaís Russomano – PUCRS

Prof. Dr. Fabiano Pasuelo Hessel – PUCRS

”A Luz de Deus nunca falha!”

(El Morya Khan)

Agradecimentos



Quero agradecer primeiramente a Deus, por todos os desafios e oportunidades que me foram e ainda serão concedidos. Agradeço aos meus pais Klaus e Eloise e meu grande irmão Raôni. Por terem sempre me apoiado, tanto mentalmente, quanto espiritualmente e também financeiramente. E que sem vocês nada disso seria possível.

Agradeço ao meu orientador Dario F.G. de Azevedo, pelo apoio e pela paciência durante todo o mestrado. E também, pelas suas grandes contribuições para o desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço aos professores Fernando C. C. de Castro e Maria Cristina F. de Castro, por tudo que me ensinaram durante o período em que tive a oportunidade de trabalhar com eles. Os conhecimentos obtidos foram muito úteis no decorrer do mestrado e da vida profissional.

Agradeço aos meus grandes amigos: Márcio Vieira Figueira, Tiago Leonardo Broilo, Sérgio Helegda, Luiz Vitório Cargnini e Lara Colognese, que muito me apoiaram durante todo o mestrado. Agradeço também, ao Léo Fabrício Pereira, por ter acreditado na minha capacidade e ter me convidado para trabalhar com ele. E também a empresa Lifemed pelo incentivo.

Agradeço aos funcionários do departamento de Engenharia Biomédica e Clínica do Hospital São Lucas da PUC. Em especial ao Eng. Dênis Xavier Barbieri, que acolheu e apoiou este projeto em seu departamento. E aos amigos Elton Trindade da Silva e Vanderlei Sanhudo, também do departamento.

Agradeço ao Prof. Anderson Terroso pelas contribuições técnicas sobre RFID e microcontroladores para o desenvolvimento deste projeto.

Agradeço ao Prof. Juarez Sagebin Correa, pela sua colaboração na revisão deste trabalho. Agradeço a secretaria do PPGEE, em especial, Inelve Colognese e Maria Helena Maciel de Almeida que sempre me atenderam prontamente e sempre fizeram o possível para resolver os problemas burocráticos que apareciam pelo caminho.

Agradeço a todos os que colocaram uma pedra no meu caminho, pois sem estas pedras eu não poderia ter construído este trabalho.

E um abraço a todos os que me acompanharam nesta caminhada. E que Deus os acompanhem e os iluminem!

Eu Sou Ramón!



Resumo

O objetivo deste trabalho é o desenvolvimento de um sistema programação automática de bombas de infusão através da utilização da tecnologia de identificação por rádio frequência (RFID), prevendo a sua integração com um sistema de informação hospitalar.

Dentro da rotina hospitalar podem ocorrer erros na administração de infusoterapia devido a informações ausentes ou incorretas e também pelo erro da programação da bomba. Estes erros podem acarretar sérios danos a saúde do paciente. Os erros podem ocorrer em qualquer momento desde a prescrição médica até o procedimento de infusão no paciente propriamente dito.

Um módulo de prescrição eletrônica foi desenvolvido com a finalidade de gerenciar e armazenar prescrições eletrônicas de infusoterapia. Este módulo é baseado em *web* para permitir sua utilização em qualquer ambiente do hospital com acesso a rede local. O módulo desenvolvido faz o papel do sistema de informação hospitalar.

Foi desenvolvido neste trabalho, um módulo de gravação para etiquetas RFID integrável com o sistema de informação hospitalar (HIS). Este módulo é capaz de se conectar ao banco de dados requisitando a lista de prescrições de infusoterapia e apresentar ao farmacêutico que seleciona e grava os dados numa etiqueta inteligente RFID. E esta etiqueta é então colada na seringa que contém o fármaco prescrito.

Foi desenvolvido um *firmware* auxiliar para bombas de infusão de seringa, que permite a comunicação da bomba com um módulo leitor RFID, a leitura e a decodificação dos dados contidos na etiqueta RFID, e a programação dos parâmetros correspondentes da bomba.

Este trabalho constitui uma ferramenta de auxílio para a redução de erros nos procedimentos de infusoterapia dentro do ambiente hospitalar.

Os módulos e o *firmware* desenvolvidos neste projeto completam o ciclo de automação de informações dentro do hospital para procedimentos de infusoterapia, pois abrangem desde a prescrição do fármaco, manipulação da informação na farmácia do hospital até sua administração no paciente.

Palavras-chave: RFID, Bombas de Infusão, Sistema de Informação Hospitalar, Etiqueta Inteligente, segurança, autoprogramação.

Abstract

The objective of this work is to propose an automatic programming system for infusion pumps using the radiofrequency identification technology (RFID), aiming its integration to the Hospital Information System (HIS).

In a hospital routine mistakes may occur on an infusion therapy due to missing or wrong information and also programming errors. These mistakes may cause serious harm to the patient health.

Mistakes may occur at any time during the information flow between the medical prescription and the infusion therapy delivered to the patient.

An electronic prescription module was developed to manage and store infusion therapy medical prescriptions. This module is web based to allow its utilization in anywhere in the hospital since a local network connection is available. The module will serve as the hospital information system.

In this project, we developed a module to write to the RFID label all the necessary parameters to program the infusion pump, integrated to the hospital information system. This module can connect to the database, obtain a list of intravenous therapy prescriptions and show them to the operator. The selected prescription data are translated to the necessary programming parameters to the infusion pump that are written on a RFID label. This label is affixed to the syringe that contains the prescribed drug. To improve this interface, it was developed a web based electronic prescription module, that manages and stores in the databank these medical prescriptions.

An additional firmware was developed for the infusion pumps. This firmware enables the infusion pump to communicate with a RFID reader module, making possible reading, writing and decoding the data read from the smart label. The programming parameters are then transferred to the pump.

This work is an important tool for reducing the errors occurred in infusion therapy procedures in a hospital.

The developed modules and firmware completes the information cycle of infusion therapy inside the hospital. They includes medical prescription and patient information(to the hospital pharmacy) and the drug administration on the patient.

Keywords: RFID, Infusion Pump, Hospitalar Information System, Smart Tag, Safety, Autoprogramming.

Sumário

1	Introdução	1
1.1	Objetivos	2
1.2	Objetivos Específicos	2
1.3	Justificativa	2
1.4	Estrutura da Dissertação	4
2	Conclusão	5
2.1	Trabalhos Futuros	8

Lista de Siglas

BI	-	Bomba de Infusão
CRC	-	Verificação por Redundância Cíclica
HF	-	Alta frequência
HIS	-	Sistema de Informação Hospitalar
IV	-	Intravenoso
LED	-	Diodo emissor de luz
LF	-	Baixa frequência
LCD	-	Display de Cristal Líquido
ODBC	-	Open Data Base Connectivity
RFID	-	Identificação por Radiofrequência
UART	-	Transmissor/Receptor Universal Assíncrono
UHF	-	Ultra Alta frequência

1 Introdução

Aproximadamente 90% dos pacientes hospitalizados recebem medicamentos pela via intravenosa, e em grande parte são administrados através de bombas de infusão [1]. Estas bombas possuem a capacidade de infundir fármacos em artérias onde a pressão sanguínea é maior do que a infusão por gravidade é capaz de fornecer.

Com o aprimoramento das BI, foram acrescentadas nestas bombas a capacidade de consultar em uma tabela interna, se o fluxo programado é superior ao fluxo crítico para um determinado fármaco. Estas bombas são chamadas de bombas de infusão inteligentes.

Dentro do ambiente hospitalar existem fontes de erros que podem ocorrer desde a prescrição médica, passando pela farmácia do hospital até a administração do fármaco no paciente.

Segundo Taxis [2], dentre os procedimentos de infusoterapia estudados ocorreram erros de preparação do fármaco em 7% dos casos, erros de administração em 36% dos casos e os dois tipos de erros juntos em 6% dos casos. Constitui assim 49% de ocorrências de erros nos 430 procedimentos observados.

Para aumentar a segurança do paciente é apresentada a idéia da utilização da tecnologia de identificação por radiofrequência (RFID) em bombas de infusão aliados a um módulo de prescrição eletrônica. Onde as informações referentes a terapia de infusão prescrita pelo médico são armazenadas e gerenciadas por um módulo de prescrição eletrônica dentro do sistema de informação hospitalar (HIS).

As informações sobre a infusoterapia prescrita são importadas do banco de dados na farmácia hospitalar e são gravadas em uma etiqueta RFID que será afixada na seringa que contém o fármaco prescrito. Esta seringa é levada até o paciente, onde é colocada na bomba de infusão. Neste momento, a BI faz a leitura e a autoprogramação com os

parâmetros contidos na etiqueta. Basta apenas a enfermeira conferir os dados e dar início ao procedimento.

Com o sistema desenvolvido a incidência de erros nos procedimentos de infusoterapia tende a zero.

1.1 Objetivos

Este trabalho tem como objetivo propor a utilização da tecnologia de identificação por radiofrequência (RFID) em bombas de infusão (BI), para o aumento da segurança do paciente de infusoterapia.

1.2 Objetivos Específicos

- ★ Desenvolvimento de um módulo de prescrição eletrônica baseado em web, capaz de armazenar e gerenciar as prescrições de infusoterapia, dados dos pacientes e dos médicos do hospital.
- ★ Desenvolvimento de um módulo de gravação baseado em um microcomputador, para a programação dos dados correspondentes à prescrição médica do fármaco receitado para o tratamento do paciente, armazenada no sistema de informação hospital (HIS).
- ★ Desenvolvimento de firmware¹ para que a bomba de infusão seja capaz de fazer a leitura e o reconhecimento dos dados contidos em uma etiqueta inteligente RFID, colada no recipiente do fármaco prescrito para o paciente.

1.3 Justificativa

O aumento da capacidade de atendimento dos hospitais, acarretam conseqüentemente o aumento da complexidade do gerenciamento de pacientes e da administração

¹Firmware é um software permanente de baixo nível que controla diretamente o hardware.

de fármacos. A partir disto ocorre um incremento das chances da ocorrência de erros na administração dos fármacos, tanto pela identificação errônea do paciente, dosagem incorreta, má interpretação de caligrafia, erros de transcrição. Prejudica assim a segurança do paciente.

Estudo realizado por Taxis [2] revela que de todas as infusões realizadas, ocorrem erros de administração em 49% dos casos. E na administração de doses de bolus, ocorrem erros em 73% dos casos. E em 95% destes casos esta dose foi administrada de forma mais rápida do que a recomendada. Taxis [2] propõe como solução, uma bomba que seja capaz de prevenir ministração de doses de bolus² mais rápida que a recomendada.

Estudos realizados por Husch [3] mostram que entre os procedimentos observados em um hospital, ocorreram erros associados à administração do fármaco em 66,9% dos casos. E dentre todos os 389 erros ocorridos no período de observação, 10% ocorreram por desvio no fluxo recomendado e 1% ocorreram devido a erros de programação.

Husch [3] afirma que os frequentes erros associados administração de medicamentos por infusão, tem potencial para causar danos ao paciente e são epidemiologicamente diversos. Desde 1985, dezenas de relatórios sobre incidentes envolvendo bombas de infusão foram reportadas ao Federal Drug Administration (FDA) e muitos desses incidentes levaram ao óbito do paciente [4].

Dentre os erros avaliados por Hush [3] e Taxis [2] estão o desvio de fluxo (paciente recebe o fármaco com fluxo diferente do prescrito), medicação incorreta, etiqueta não contém o fluxo prescrito, fluxo incorreto escrito na etiqueta e erro de identificação do paciente.

Segundo Husch [3], as bombas de infusão inteligentes existentes atualmente não produzem um aumento significativo na segurança do paciente, pois não se comunicam com outros sistemas como: registros médicos eletrônicos, prescrição eletrônica, sistemas de informação da farmácia hospitalar.

²Na medicina, o bolus é a administração de um medicamento, droga ou fármaco que é dado para aumentar sua concentração no sangue até um nível efetivo.

Segundo Solanas [5], ao contrário do código de barras, dispositivos RFID permitem que objetos sejam identificados sem contato visual, aprimoram e automatizam muitos processos.

Este projeto propõe acrescentar em bombas de infusão a capacidade de ler etiquetas RFID e de se integrar com sistemas de informação hospitalar através da tecnologia RFID, viabilizando o aumento da segurança do paciente.

1.4 Estrutura da Dissertação

O Capítulo ??, apresenta uma revisão bibliográfica sobre Bombas de Infusão e sobre a tecnologia RFID. O Capítulo ?? apresenta os materiais e a metodologia de desenvolvimento e o Capítulo ??, mostra o desenvolvimento do projeto. O Capítulo ?? apresenta os resultados obtidos. E o Capítulo 2 apresenta as conclusões e sugestões para trabalhos futuros. E por fim são apresentadas as Referências Bibliográficas.

2 Conclusão

Foi demonstrado o potencial do projeto para a melhorar a qualidade do tratamento do paciente. O desempenho de cada um dos módulos das partes desenvolvidas no projeto foi avaliado a partir de ensaios exaustivos de leitura e escrita nas etiquetas inteligentes e no acesso às informações contidas no sistema de prescrição eletrônica.

O desempenho do módulo de prescrição eletrônica foi avaliado através de testes específicos realizados. Os testes realizados foram: cadastramento e remoção de pacientes, cadastramento e remoção de médicos e cadastramento e remoção de prescrições. Para cada teste foi realizado uma centena de cadastramentos e remoções do sistema para verificar se os dados eram corretamente inseridos e removidos do banco de dados. Durante todos os testes realizados não ocorreram erros de cadastramento e de remoção dos dados do sistema. Desta forma foi verificado o correto funcionamento do módulo prescrição desenvolvido. Foram realizados também testes para avaliar se o sistema era capaz de acusar problemas de comunicação e/ou acesso ao banco de dados. Neste teste o sistema foi eficiente ao informar problemas de comunicação com o banco de dados. Além disso para a sua utilização é necessário apenas de um computador com acesso a rede local, podendo desta forma ser utilizado em qualquer ambiente de hospital, desde o consultório médico até o quarto em que o paciente está em tratamento.

Para avaliar o funcionamento do módulo de gravação de etiquetas RFID desenvolvido foram realizados testes específicos. O teste principal foi realizado para verificar se o módulo conseguia se comunicar com o banco de dados e fazer a correta importação da lista de prescrições. Todos os testes realizados confirmaram que o módulo era capaz de importar os dados corretamente e também de detectar possíveis problemas de comunicação do módulo com o banco de dados. Os testes realizados demonstraram que o módulo consegue se comunicar corretamente com o banco de dados. Testes foram realizados para

verificação da gravação correta da etiqueta inteligente com os dados recém importados do banco de dados. Na série de gravações feitas na etiqueta não houveram erros nos dados gravados, isto é, os dados gravados na etiqueta eram exatamente iguais aos dados obtidos do banco de dados. Desta forma foi demonstrada a capacidade do módulo de se integrar ao Sistema de Informação Hospitalar. As informações referentes às prescrições de infusoterapia contidas no banco de dados do Hospital foram corretamente importadas e apresentadas para o profissional de saúde. Todas as informações relevantes ao procedimento estão contidas na etiqueta, evitando possíveis erros de transcrição da prescrição médica para uma etiqueta comum que normalmente é afixada na seringa que contém o fármaco.

O firmware auxiliar desenvolvido para Bomba de Infusão foi testado inúmeras vezes quanto ao seu desempenho. Foram testadas as capacidades do firmware de ler e decodificar os dados da etiqueta, e a capacidade de detectar erro de leitura. Em todos os testes realizados com a etiqueta na *distância ideal*¹ não houveram erros de leitura, isto é, todos os dados obtidos da etiqueta estavam corretos e foram apresentados corretamente no LCD. E nos testes em que a etiqueta foi mal posicionada, o firmware foi capaz de detectar o erro de comunicação com a etiqueta. Baseado em todos os testes realizados ficou demonstrado o desempenho adequado do firmware no que se refere a leitura correta dos dados contidos na etiqueta e a correta programação dos parâmetros de configuração da BI.

Foram realizados testes de desempenho de leitura dos dados da etiqueta em função da distância da etiqueta em relação ao leitor. Foram feitos testes para *etiqueta plana* e para *etiqueta curvada*². Neste teste foi constatado que com a etiqueta curvada, ocorreu uma redução de 5cm para 4cm (aproximadamente 1cm) na distância máxima entre a etiqueta e o leitor. A distância máxima de funcionamento entre a etiqueta e a bomba demonstrou

¹etiqueta está dentro do campo próximo do leitor e este consegue fazer o acesso e leitura corretos da etiqueta.

²Posição curvada que a etiqueta assume quando colada numa superfície curvada de uma seringa.

ser adequada para a operação da BI e até mesmo para evitar interferências entre diversos equipamentos RFID que eventualmente possam estar próximos.

Todos os módulos desenvolvidos neste projeto completam o ciclo de informações dentro do hospital para o procedimento de infusoterapia, pois abrangem desde a prescrição do procedimento, manipulação do fármaco na farmácia hospitalar até a administração do fármaco no paciente.

Quando o módulo de gravação de etiquetas e a bomba de infusão (com RFID) trabalham em conjunto, formam uma ferramenta útil e importante para a rotina hospitalar, pois que reduzem as possibilidades de ocorrência dos erros descritos nos estudos realizados por Taxis [2] e Husch [3], como erros de programação da BI, desvios entre o fluxo prescrito e o efetivamente administrado. Foi aumentada desta forma a segurança do paciente em tratamento. Quando estes dois sistemas (módulo de gravação e BI) operam aliados ao sistema de prescrição eletrônica, além de aumentarem a segurança, viabilizam o registro sobre quem prescreveu determinado fármaco para determinado paciente.

Este projeto pode ainda agregar novas tecnologias: desde o aumento de parâmetros de configuração (massa do paciente, concentração alvo, dose de bolus), identificação do paciente alvo e até mesmo a possibilidade da *computação pervasiva*³ dentro do hospital.

Não se conhece estudos e/ou desenvolvimento de uma aplicação da tecnologia RFID voltada à programação automática de bombas de infusão, o que torna este projeto inédito e inovador. Com os resultados obtidos durante o desenvolvimento do projeto foi demonstrado que esta tecnologia poderá trazer uma grande contribuição à rotina hospitalar, para o aumento da eficiência e segurança do tratamento de infusoterapia.

³A computação pervasiva é um novo paradigma que contempla um novo cenário computacional com aplicações com novas funcionalidades em ambientes inteligentes. Essas aplicações são distribuídas e utilizam recursos de uma grande variedade de dispositivos interligados em uma rede altamente heterogênea [6].

2.1 Trabalhos Futuros

Sugere-se para trabalhos futuros:

- ★ Integração final do firmware auxiliar desenvolvido com o firmware principal da BI.
- ★ Validação médica do instrumento e testes pilotos em um ambiente hospitalar.

Referências Bibliográficas

- [1] Eskew J. A, Jacob J., and Buss W. E. Using innovative technologies to new safety standards for the infusion of intravenous medications. *Hosp. Pharm.*, 37, 2002.
- [2] Katja Taxis and Nick Barber. Ethnographic study of incidence and severity of intravenous drug errors. *BJM*, 326, 2003.
- [3] M. Husch, C. Sullivan, D Rooney, C Barnard, M. Fotis, J. Clarke, and G. Noskin. Insights from the sharp end of intravenous medication errors: implications for infusion pump technology. *Qual Saf Health Care*, 2005.
- [4] Brown L. S., Morrison A. E., and Parmentier C. M. Infusion pump adverse events: experience from medical device reports. *J. Intraven. Nurs.*, (20), 1997.
- [5] Augusti Solanas and Jordi Castellá-Rocca. Rfid technology for health care sector. *Recent Patents on Electrical Engineering*, (1), 2008.
- [6] Luís Henrique Leal Ries. Uma plataforma para integrar dispositivos eletrônicos em ambientes pervasivos. Master's thesis, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul - PUC-RS, Agosto 2007.