

## Middleware para equipamentos médicos em System on a Chip

Matheus Crespi Schenfeld\*, Felipe de Vargas\*, Marcelo Trindade Rebonatto# e Oneide Paixão\*\*

\*Curso de Ciência da Computação – Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, Brasil

#Programa de Computação Aplicada – Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, Brasil

\*\*Centro de Engenharia Biomédica – Hospital São Vicente de Paulo, Passo Fundo, Brasil

e-mail: 111967@upf.br

**Resumo:** Este artigo descreve um projeto de modelagem de um middleware capaz de se conectar com equipamentos médicos heterogêneos e obter dados de pacientes por intermédio de um SoC. Com essas informações é feito um processamento de dados, analisando as informações mais relevantes, as quais são disponibilizadas ao consumidor nos formatos XML, HL7 e JSON. Além disso, é realizada uma revisão bibliográfica de trabalhos já existentes e soluções de marcas específicas, mostrando a relevância do tema e identificando possíveis pontos ainda a serem trabalhados, propondo uma solução para os mesmos.

**Palavras-chave:** middleware, equipamentos médicos, SoC.

**Abstract:** This article describes a modeling project of a middleware, capable of connecting with heterogeneous medical equipment and obtaining data from patients by means of a SoC. With such information a data processing is made, analyzing the most relevant information, which is made available to the consumer in XML, HL7 and JSON formats. Furthermore, a literature review of already existing work is performed and solutions of specific brands, showing the relevance of theme and identifying possible matters still to be worked on, offering a solution to them.

**Keywords:** *middleware, medical devices, SoC.*

### Introdução

Um hospital é uma instituição completa e complexa, sendo uma importante peça da organização médica e social, tendo como seu principal objetivo a assistência médica integral, curativa e preventiva. O objetivo da assistência hospitalar é através do emprego de métodos e técnicas para diagnósticos, devolver cidadãos em melhor estado ou curados para sociedade [1]. Para a assistência hospitalar são necessários, entre outros recursos, aparelhos para o monitoramento de pacientes, tais como monitores multiparamétricos, oxímetros e ventiladores pulmonares, entre outros. Devido à heterogeneidade de aparelhos médicos, as interfaces de comunicação podem ser diferentes, como

por exemplo: serial, Ethernet ou analógica. A diversidade de tipos de saídas de dados resulta em grandes problemas na comunicação dos aparelhos, e na geração de dados para integração com a tecnologia da informação (TI) [1]. Todavia, solucionando os problemas de conexão, dentre as vantagens de coletar dados de pacientes, podem-se elencar a automatização do processo de aquisição de dados do prontuário eletrônico, sistemas de monitoramento com armazenamento em banco de dados para uso futuro e sistemas que podem reagir com ações, dependendo da associação de eventos, tais como processadores de eventos complexos.

Um *middleware* [2] é um componente de software responsável pela mediação de sistemas com diferentes protocolos de comunicação, arquiteturas e plataformas, mascarando a heterogeneidade existente, sendo executado entre as aplicações e o sistema operacional. Pode-se implementar um *middleware* em um *System on a Chip* (SoC), um sistema computacional completo num único chip.

Este artigo descreve o projeto de um *middleware* para equipamentos médicos executado em sistemas SoC. O objetivo é descrever um middleware que funcione com inúmeros equipamentos médicos das mais variadas marcas e modelos.

### Materiais e métodos

No desenvolvimento foram buscadas soluções comerciais, disponibilizadas em geral por empresas que produzem equipamentos médicos e soluções descritas na literatura acadêmica. As revisões tiveram por objetivo verificar quais pontos já são atendidos e quais os modelos podem ser melhorados.

Em seguida, a definição de um modelo de middleware que, em seu funcionamento, deve fortalecer as potencialidades e buscar sanar as fragilidades identificadas no estudo realizado.

**Trabalhos relacionados** - Na parte comercial, foram pesquisadas as marcas Maquet, Draeger, Intermed e Mindray com seus respectivos software de interface, que conectam apenas aparelhos da mesma marca. Elas

foram relacionadas em virtude do elevado número de equipamentos disponíveis. Trabalhos focados na heterogeneidade de equipamentos e que usam padrões conhecidos de saídas de dados, como XML e HL7, foram encontrados em artigos da área. A Tabela 1 descreve as principais características encontradas no estudo dos trabalhos relacionados.

Tabela 1: Comparativo entre as soluções encontradas.

Características	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]
Necessidade de servidor	Sim	Sim	Sim	Não	Não
Suporte a Wi-Fi	Não	Sim	Não	Sim	Sim
Dados em tempo real	Sim	Sim	Sim	Não	Não
Monitoramento constante	Sim	Sim	Sim	Não	Não
Conexão Ethernet	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Múltiplos Pacientes*	Não	Sim Até 16	Não	Não	Não
Vários Aparelhos	Não	Sim ≈200	Não	Sim	Não
Forma de Conexão	Ethernet	Ethernet	Ethernet	Wi-Fi	Ethernet
Formatos Suportados	HL7	HL7	HL7	XML	XML
Compatibilidade de marcas	Não	Não	Não	Sim	Não

\* por dispositivo

Pode-se comprovar a relevância do tema, uma vez que praticamente todas as empresas que produzem aparelhos médicos contam com uma solução (proprietária) para coleta e uso dos dados. O enfoque dos trabalhos acadêmicos tenta normalmente trabalhar com a heterogeneidade de equipamentos e marcas.

**Modelo proposto** – Ele define a necessidade de um middleware, que suporte múltiplas interfaces de conexão, para atender a diversos equipamentos médicos. Esse middleware foi projetado para ser executado num SoC. A Figura 1 ilustra o modelo de middleware proposto nesse artigo.

Os equipamentos médicos, além de informar a equipe médica por meio de visores e alarmes sonoros, enviam os dados ao middleware, uma vez que estão diretamente conectados a ele. O middleware deve estar preparado para transmitir os dados recebidos por conexão sem fio aos consumidores, que podem ser de muitos tipos. A conexão sem fio ameniza a quantidade de cabos ligados entre o paciente, os equipamentos médicos e o middleware.

Diversas aplicações seriam beneficiadas com adoção do middleware num hospital. Entre elas se pode citar o prontuário eletrônico, sistemas de monitoramento com armazenamento em banco de dados e sistemas que podem reagir com ações, dependendo da associação de eventos, tais como

processadores de eventos complexos (CEP) [8].

O middleware deve possibilitar uma conexão com vários tipos de equipamentos médicos e fornecer dados em diversos formatos. Ele deverá ser compatível com diferentes marcas presentes no mercado e possuir diversos tipos de conexão, tais como Ethernet, serial RS-232 ou RS-485, Wi-Fi ou USB. Os dados adquiridos junto aos equipamentos médicos devem ser disponibilizados em mais de um formato, sendo que os formatos definidos são XML, JSON ou HL7. O funcionamento do middleware não deverá depender de servidor de processamento, sendo um dispositivo SoC gerando informações para cada paciente.

A quantidade e periodicidade dos dados comunicados pelos aparelhos médicos será controlada. Por exemplo, mesmo que o monitor multiparamétrico envie diversas medições por segundo, o middleware terá a capacidade de realizar um pré-processamento, entregando valores a cada segundo. Além disso, o middleware poderá ser configurado por equipamento, indicando o que deverá ser comunicado aos sistemas consumidores de cada equipamento. Por exemplo, a cada período (um segundo) poderá se escolher receber o maior ou menor valor registrado, uma média ou a mediana.

## Resultados

O modelo descrito neste artigo ainda não foi completamente implementado.

No estágio atual, estão sendo realizados testes com os dispositivos SoC selecionados. Entre as alternativas atuais de sistemas SoC para receber o middleware, foram realizados testes com a plataforma UDOO [9] e também com a PcDuino [10]. Ambas as plataformas possuem  $\mu$ c ARM de 32 bits e pelo menos 1GB de memória RAM. Elas possuem conexões com entradas analógicas e digitais bem como, conexões no padrão USB e Ethernet. Ambos os sistemas SoC disponibilizam o uso de cartões de memória para armazenamento do binário, do middleware e dados de configuração e funcionamento. Elas executam variantes do sistema operacional Linux (porte para processadores ARM), proporcionando que o desenvolvimento seja facilitado, uma vez que desobriga a implementação de rotinas de gerenciamento de processador e gerenciamento de memória, entre outros.

A linguagem escolhida para o desenvolvimento do binário que executará o middleware foi a linguagem Java. Ela possibilita o desenvolvimento e testes do middleware em ambiente de computadores pessoais (PC) sem a necessidade da criação de um ambiente de cross-compiler.

Foram testadas as conexões de rede Ethernet e Wi-Fi dos dispositivos. Como o PcDuino não apresenta a

conexão Wi-Fi por padrão, foi adicionado um adaptador USB/Wi-Fi para que o mesmo possa ter uma conexão de saída sem fio. Além disso, testes com a linguagem Java em relação às conexões e comunicação do dispositivo SoC com microcomputadores já foram realizados.

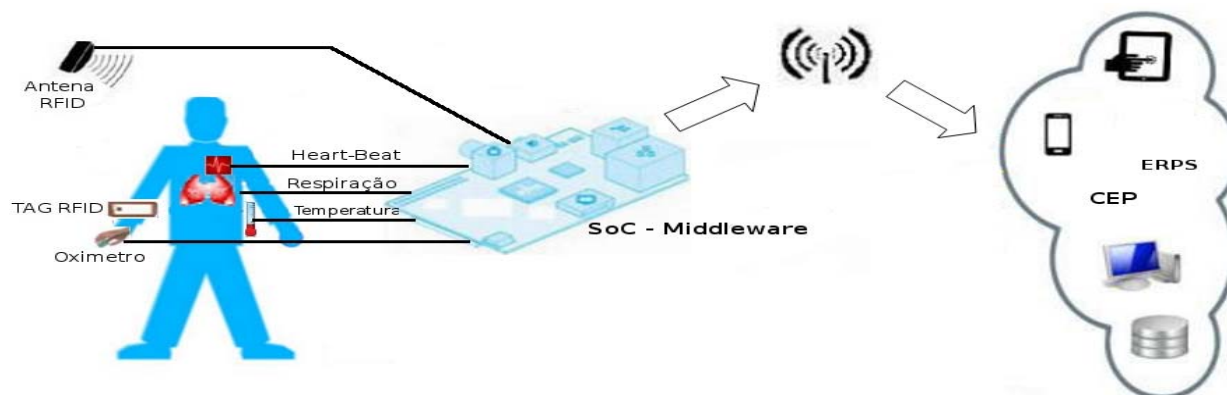


Figura 1 : Modelo de funcionamento do middleware

Testes com equipamentos médicos do tipo respiradores e monitores multiparamétricos das marcas Maquet, Draeger, Interméd e GE já iniciaram, porém ainda não foram finalizados.

### Discussão dos resultados

O middleware apresentado na Figura 1 apresenta várias vantagens em relação aos seus similares encontrados. Dentre elas, pode-se destacar uma conexão com vários tipos de equipamentos médicos e fornecimento de dados em diversos formatos. Analisando os projetos disponibilizados comercialmente, um ponto em comum é a necessidade de servidor para conexão entre sistema, middleware e equipamentos hospitalares. Tal característica engessa o usuário a adquirir além de dispositivos de conexão, servidores e software específico para seu funcionamento. A infraestrutura necessária nem sempre será compatível com o sistema de Tecnologia da Informação (TI) disponível. A proposta é de um sistema aberto, com interfaces definidas, facilitando a interconexão com os diferentes sistemas de TI presentes no ambiente hospitalar.

Entre os trabalhos consultados e relacionados na Tabela 1, a conexão por Wi-Fi, esta disponível apenas em [6]. Num ambiente hospitalar, onde o middleware é necessário, quanto menor a quantidade de fios e cabos, mais fácil o manuseio dos equipamentos e melhor a qualidade dos cuidados prestados aos pacientes. As únicas conexões por cabo serão dos equipamentos que ainda se comunicam de forma cabeada no modelo definido nesse artigo. Ele fornecerá dados em tempo real, ou seja, tão logo sejam coletados poderão ser disponibilizados aos sistemas consumidores. Essa conectividade poderá melhorar a chegada de dados ao

corpo clínico especializado e também pode proporcionar integração com sistemas de Processamento de Eventos Complexos, melhorando a qualidade do atendimento prestado pela instituição.

Os projetos da área acadêmica restringem-se a poucos tipos de conexão com os aparelhos médicos, no geral, apenas conexões Ethernet, restritos aos aparelhos da sua marca. A realidade em grande parte dos hospitais é que aparelhos médicos de diferentes marcas são encontrados. Dessa forma, um middleware realmente heterogêneo é uma solução que poderia aproveitar grande parte dos equipamentos já disponíveis. Nesse sentido, grande parte dos aparelhos médicos utiliza a conexão serial, uma das formas de conexão suportadas.

O formato de saída de dados também é uma limitação, pois, a maior parte são HL7, com poucas exceções em XML. Nesse trabalho é defendida a necessidade de comunicação com formatos mais leves e adaptados a dispositivos móveis como smartphones e tablets (JavaScript Object Notation – JSON). Com a explosão de dispositivos móveis que normalmente estão junto dos usuários, a comunicação com a equipe médica pode ser incrementada. Por exemplo, um serviço de notificação de determinadas condições de um paciente poderia ser facilmente implementado, enviando alertas diretamente para o smartphone do médico responsável. Em escala quase tão grande quanto os smartphones, os tablets também se apresentam em grande número. A facilidade para dar informações (controladas) sobre o estado de um paciente aos seus familiares seria um benefício que poderia ser explorado.

Além das vantagens apresentadas, o uso do middleware em conjunto com formatos mais leves de transmissão de dados, abre a possibilidade da sua utilização Home Care, por ter qualidade e agilidade na

troca de dados. Equipamentos médicos na casa de um paciente podem monitorar seu estado clínico e enviar informações pelo celular para o médico ou hospital, melhorando a qualidade do monitoramento. Mesmo que o paciente necessite ser removido para um hospital, durante o transporte pela ambulância, o monitoramento não necessita ser interrompido, com os dados trafegando em conexões 3G.

Com um baixo custo de implementação por se tratar de um SoC, sem necessidade de licença de utilização e não necessitando de um servidor de dados local, a adoção do middleware definido neste artigo, resulta numa vantagem de custos relação a sistemas similares encontrados no mercado.

### Conclusão

Neste trabalho foi detalhado um projeto de middleware para informações de monitoramento de pacientes a ser implementado num sistema SoC. Suas principais vantagens são uma conexão com vários tipos de equipamentos médicos, com múltiplas formas de conexão e fornecimento de dados em diversos formatos.

O principal ponto de motivação é tornar mais ágil a disponibilização e monitoramento de dados hospitalares de pacientes. A criação de um dispositivo capaz de automatizar essa tarefa traz agilidade, qualidade e confiabilidade na operação. Sendo assim, se torna um trabalho de grande valia, podendo se tornar uma solução para problemas hospitalares desse sentido.

Na continuidade dos trabalhos, o modelo de middleware definido na Figura 1 terá sua implementação finalizada, sendo em seguida realizados testes de validação. A partir do momento em que seja possível a conexão aberta de dados de monitoramento de pacientes, serão investigadas opções para monitoramento à distância e para uso em conjunto de sistemas reativos (CEP), para aumentar a qualidade da monitoração realizada nos pacientes.

### Agradecimentos

Agradecimentos ao Hospital São Vicente de Paulo pelo auxílio no projeto e empréstimo dos equipamentos

médicos para os testes em andamento.

### Referências

- [1] Oliveira LL, *Modelo integrado de computação pervasiva para ambiente médico hospitalar de tratamento intensivo*. Dissertação (Mestre em Engenharia Elétrica). Faculdade de Engenharia Elétrica, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.
- [2] Coulouris GF, Dollimore J, Kinderberg T, *Distributed systems: concepts and design*. Harlow: Addison-Wesley, 2005
- [3] Mcare Remote Services [internet]. Janeiro 2013. Disponível em: [http://www.maquet.com/content/Documents/OtherSalesSupportMaterial/MTS-13-008\\_FLOW-i\\_MCareRemoteServicesWhitePaper\\_EN\\_ALL.pdf](http://www.maquet.com/content/Documents/OtherSalesSupportMaterial/MTS-13-008_FLOW-i_MCareRemoteServicesWhitePaper_EN_ALL.pdf). (Acesso em: 21/04/2014)
- [4] Infinity® OneNet [internet]. 2014. Disponível em: [http://www.draeger.com/sites/enus\\_us/Pages/Hospital/Infinity-OneNet.aspx?navID=252](http://www.draeger.com/sites/enus_us/Pages/Hospital/Infinity-OneNet.aspx?navID=252). (Acesso em: 22/04/2014)
- [5] CareFusion Smart Works [internet]. 2013. Disponível em: <http://www.carefusion.com/medical-products/carefusion-brands/carefusion-smartworks/>. (Acesso em: 22/04/2014)
- [6] Brito M, Vale L, Carvalho P, Henriques J, A Sensor Middleware for integration of heterogeneous medical devices., *Conf. Proc. IEEE Eng. Med. Biol.* 2010.
- [7] M. Sain, H. Lee, and W. Chung, “Middleware for Ubiquitous Healthcare Information System,” pp. 2325–2328, 2009.
- [8] Yao W, Chu C, Li, Z, Leveraging complex event processing for smart hospitals using RFID *Journal of Network and Computer Applications*. v.34 n.3 pp. 799-810, 2010.
- [9] Sistema SoC UDOO + Arduino [internet]. Disponível em: <http://www.udoo.org/>. (Acesso em: 03/04/2014)
- [10] PcDuino + Arduino™[internet]. Disponível em: <http://www.pcdduino.com/>. (Acesso em: 03/04/2014)