

Tecnologias de monitoramento remoto de sinais vitais de pacientes: uma abordagem teórico-conceitual

Luana Coelho de Moraes¹
Stella Jacyszyn Bachega²

Dalton Matsuo Tavares³

Resumo: O progressivo aumento da expectativa de vida desde o final do século passado ocasionou modificações nas características das doenças existentes e acarretou o aumento de doenças crônicas e degenerativas. À vista disso, percebe-se a necessidade do uso de práticas que auxiliem na prevenção e no tratamento de doenças. Neste sentido, tecnologias de monitoramento de pacientes têm se destacado, pois contribuem para a promoção e reabilitação da saúde, ao passo que facilitam o rápido atendimento a emergências e o compartilhamento de informações entre profissionais da saúde. Desta forma, o presente artigo tem como objetivo expor os resultados de um estudo bibliográfico utilizado como base para a arquitetura desenvolvida para o monitoramento remoto de sinais vitais de pacientes atendidos no SUS. Para tanto, utilizou-se de uma pesquisa de cunho teórico-conceitual, tratando-se de uma revisão da literatura.

Palavras-chave: Tecnologia. Monitoramento de pacientes. Pesquisa teórico-conceitual.

-
- 1 Universidade Federal de Goiás – UFG. Regional Catalão, Unidade Acadêmica Especial de Engenharias. Contato: luanacoelho@live.com. Bolsista do Programa Institucional de Iniciação em Desenvolvimento Tecnológico e Inovação (PIBITI/UFG/CNPq).
 - 2 Universidade Federal de Goiás – UFG. Regional Catalão, Unidade Acadêmica Especial de Engenharias. Contato: stella@ufg.br
 - 3 Universidade Federal de Goiás – UFG. Regional Catalão, Unidade Acadêmica Especial de Biotecnologia. Contato: dalton_tavares@ufg.br

1 Introdução

O monitoramento de pacientes tem sido largamente utilizado como forma de diminuição do agravamento de doenças e auxílio à alocação de recursos e diagnósticos precoces, visando a diminuição dos índices de mortalidade (PEIXOTO et al., 2008). Percebe-se, então, que este tipo de tecnologia se faz necessária cada vez mais para a promoção e reabilitação da saúde, além da prevenção e tratamento de doenças (LUCCHESI et al. 2010). Graças ao aumento da expectativa de vida decorrente da modificação do perfil das patologias, a idade avançada e hábitos criados ao longo da vida podem ocasionar o surgimento de doenças crônicas degenerativas, as quais requerem uma atenção especial (MALTA et al., 2006).

Neste sentido, Barra et al. (2006) declaram que cada vez mais são apresentados os benefícios fornecidos pela tecnologia à saúde, melhorando gradualmente o diagnóstico e o tratamento de doenças. Tratando-se da tecnologia de monitoramento, Mims (2010) afirma que pode ser realizado, através de um smartphone, por exemplo, a transmissão de informações do paciente, em tempo real, para os médicos. Isso possibilita o rápido atendimento de emergências, além do compartilhamento de informações entre os profissionais envolvidos.

Badal et al. (2013), Chunming e Xuemei (2010), Hasan et al. (2014), Sirait et al. (2013) e Sloane e Gelhot (2004) utilizam-se da simulação computacional como auxílio no desenvolvimento de arquiteturas de monitoramento de pacientes. Já Alghamdi e Fouchal (2014), Ayatollahitafti e Ngadi (2012), Chávez-Santiago et al. (2009), Gorce et al. (2009), Kumar e Mukesh (2013), Maskooki et al. (2011), Nadeem et al. (2015), Otto et al. (2006), Prabh et al. (2012), Tello et al. (2013), Ullah e Kwak (2012), Yu (2009), entre outros autores, trazem uma discussão mais ampla sobre Redes de Área Corporal (*Body Area Network* ou BAN), tecnologia que se utiliza de sensores colocados sobre o corpo humano e uma rede sem fio para o monitoramento em tempo real dos sinais vitais de pacientes.

O presente artigo contribuiu com a etapa de pesquisa bibliográfica para o desenvolvimento da arquitetura de monitoramento em tempo real do estado geral de saúde de pacientes, no âmbito do Projeto de Pesquisa intitulado “Arquitetura Para Monitoramento de Sinais Vitais em Longa Distância em Saúde” vinculado ao Grupo de Desenvolvimento de Produtos Mecatrônicos. O referido projeto possui o intuito de desenvolver uma arquitetura que proporcione o monitoramento remoto de pacientes atendidos no Sistema Único de Saúde (SUS),⁴ que seja de baixo custo e dotada de uma gama de sensores que não sejam específicos de fabricante.

Nesta perspectiva, o presente trabalho possui como objetivo apresentar o estudo bibliográfico utilizado como base para a arquitetura em desenvolvimento

4 Parecer consubstanciado do CEP nº 879.910 aprovado em 16/11/2014.

para o monitoramento remoto de sinais vitais de pacientes atendidos no SUS. Para isto, apresenta-se, na primeira seção, a abordagem proposta; na segunda é exposta a metodologia da pesquisa; na terceira seção, os resultados obtidos; e, na última seção são apontadas as considerações finais.

2 Revisão de literatura

A partir da necessidade de se conhecer as tecnologias existentes no ramo de monitoramento remoto de pacientes, pode-se verificar em diversos trabalhos a variedade de métodos e tecnologias de transmissão sem fio. Segundo Teixeira (2009), a escolha de determinada tecnologia para o monitoramento de sinais vitais humanos deve ser definida de acordo com as características do sistema a ser implementado, ou seja, deve-se levar em consideração a disponibilidade, a segurança dos dados, a rapidez da entrega dos dados diante de uma situação de emergência, a robustez e a mobilidade.

Os Quadros 1 e 2 apresentam resumidamente as tecnologias identificadas, as quais contribuíram para a definição da arquitetura de monitoramento remoto de sinais vitais de pacientes atendidos no SUS. Além disso, o quadro apresenta os autores que utilizaram desses métodos em seus estudos, o título e o ano de publicação dos resultados.

Quadro 1 Tecnologias utilizadas em monitoramento de pacientes (Parte 1).

Tecnologia	Título do artigo	Autores	Ano
Simulador Monte Carlo acelerado por GPU	<i>A real-time radiation dose monitoring system for patients and staff during interventional fluoroscopy using a GPU-Accelerated Monte Carlo simulator and an automatic 3D localization system based on a depth camera</i>	Badal et al.	2013
ZigBee	<i>Routing algorithm simulation of the patient monitoring system based on ZigBee</i>	Chunming e Xuemei	2010

Fonte: Dados da pesquisa.

Quadro 2 Tecnologias utilizadas em monitoramento de pacientes (Parte 2).

Tecnologia	Título do artigo	Autores	Ano
Radio Frequency Identification (RFID)	<i>An implanted dipole antenna for RFID-based patient monitoring system</i>	Sirait et al.	2013
Sistema sem fio EEG	<i>Design and simulation of cost effective wireless EEG acquisition system for patient monitoring</i>	Hasan et al.	2014

Continua

Quadro 2 Tecnologias utilizadas em monitoramento de pacientes (Parte 2). (Continuação)

Tecnologia	Título do artigo	Autores	Ano
Body Area Network (BAN)	<i>System architecture of a wireless body area sensor network for ubiquitous health monitoring</i>	Otto et al.	2005
	<i>Wireless body area networks for healthcare: a feasibility study</i>	Yu	2009
	<i>Opportunistic relaying protocols for human monitoring in BAN</i>	Gorce et al.	2009
	<i>Architecture of an ultra wideband wireless body area network for medical applications</i>	Chávez-Santiago et al.	2009
	<i>Opportunistic routing for body area network</i>	Maskooki et al.	2011
	<i>An efficient algorithm with reduced delay in body area networks</i>	Ayatollahitafti e Ngadi	2012
	<i>BANMAC: an opportunistic MAC protocol for reliable communications in body area networks</i>	Prabh et al.	2012
	<i>An ultra low-power and traffic-adaptive medium access control protocol for wireless body area network</i>	Ullah e Kwak	2012
	<i>Remote monitoring system of ECG and body temperature signals</i>	Tello et al.	2013
	<i>State of the art: security in wireless body area networks</i>	Kumar e Mukesh	2013
	<i>A mobile wireless body area network platform</i>	Alghamdi e Fouchal	2014
<i>Application specific study, analysis and classification of body area wireless sensor network applications</i>	Nadeem et al.	2015	

Fonte: Dados da pesquisa.

Observa-se que as tecnologias utilizadas nos trabalhos verificados foram simulador Monte Carlos acelerado por GPU, ZigBee, RFID, Sistema sem fio EEG e BAN. Ainda, notou-se que os trabalhos identificados, com o propósito de monitorar remotamente pacientes, foram de 2005 até 2015.

3 Metodologia

A presente pesquisa é caracterizada como teórico-conceitual. Segundo Heerdt e Leonel (2007), este procedimento de pesquisa trata-se de uma revisão da literatura, a partir da qual pode se desenvolver um levantamento bibliográfico com a

finalidade de apoiar um novo estudo. O principal objetivo, de acordo com Silva e Silva (2004), é explicar uma problemática, de forma independente ou como parte de uma pesquisa descritiva ou experimental, partindo de referenciais teóricos publicados em documentos.

Berto e Nakano (2000) classificam como pesquisas teórico-conceituais, discussões conceituais que têm como base a literatura e as revisões bibliográficas. Segundo estes autores, este tipo de pesquisa versa sobre uma série de reflexões com fundamento em um fato observado ou exposto na literatura, a partir de um conjunto de opiniões e ideias de diversos autores sobre o mesmo assunto ou, até mesmo, da simulação e modelagem teórica.

Portanto, nesta pesquisa, o intuito de adoção do procedimento teórico-conceitual é a pré-orientação teórica sobre o tema abordado na pesquisa e para a identificação das tecnologias atualmente utilizadas para monitoramento remoto de pacientes.

4 Discussão e resultados

Nesta seção, são apresentados alguns estudos referentes ao monitoramento remoto de pacientes baseados em diferentes tecnologias, tais como, simulador Monte Carlo acelerado por GPU, ZigBee, *Radio Frequency Identification* (RFID), sistema sem fio EEG e *Body Area Network* (BAN).

4.1 Sistema de controle de dose de radiação usando simulador Monte Carlo acelerado por GPU

Badal et al. (2013) mostram que sistemas de monitorização de radiação capazes de controlar com precisão a dose de radiação recebida pelo paciente e a equipe médica durante a fluoroscopia intervencionista podem ser utilizados para minimizar a probabilidade e gravidade das lesões de pele e estimar as doses nos órgãos acumuladas por radiação induzida. Além disso, descrevem um método para monitorizar em tempo real as doses usando sensores automáticos na sala de imagem e um simulador de computador acelerado por GPU.

O código de simulação Monte Carlo MC-GPU é usado para estimar doses decorrentes da radiação primária e dispersas a pacientes e funcionários, juntamente com as incertezas estatísticas associadas. Badal et al. (2013) demonstram que um sistema de monitoramento de dose com base em simulações Monte Carlo pode ser utilizado para estimar em tempo real as médias e picos de doses em órgãos, tanto para o paciente quanto para a equipe em fluoroscopia intervencionista, e fornecer informações oportunas sobre possíveis overdoses enquanto o pro-

cedimento de imagem está sendo realizado. A Figura 1 apresenta um fluxograma detalhado descrevendo os diferentes elementos da estrutura do software utilizado.

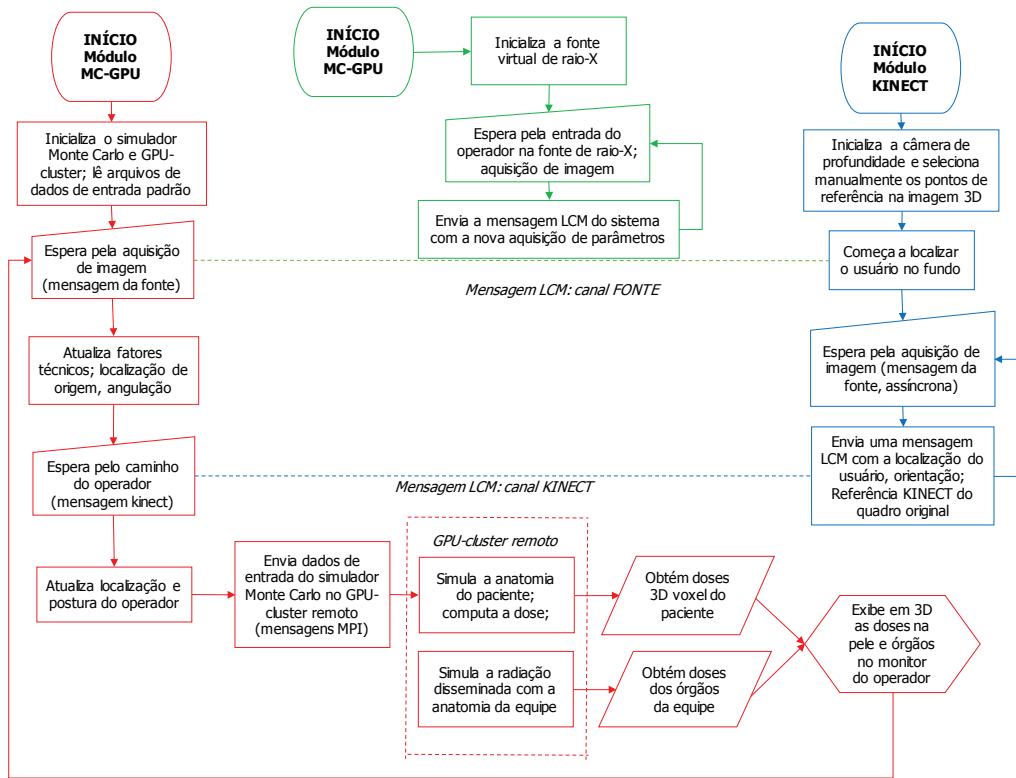


Figura 1 Fluxograma da estrutura computacional de monitorização.

Fonte: Adaptado de Badal et al. (2013).

4.2 Sistema de Monitoramento de Pacientes baseado em ZigBee

De acordo com Chunming e Xuemei (2010), o Sistema de Monitoramento de Pacientes baseado em ZigBee foi desenvolvido a fim de melhorar a validade de protocolo de roteamento e controle de sobrecarga do sistema de monitoramento de pacientes baseado em ZigBee, comparando e analisando dois tipos de algoritmos de roteamento (DSR – *Dynamic Source Routing* e AODV – *Ad hoc On-demand Distance Vector*), e usando a ferramenta de simulação OPNET para a simulação do protocolo de roteamento AODV.

O princípio do sistema de monitoramento de pacientes funciona da seguinte maneira: o sistema, através de nós sensores sem fio, recolhe dados fisiológicos, através de abordagem *multi-hop relay* para transmitir dados para o nó central

ZigBee. Este, por sua vez, transfere dados para o computador central de monitoramento, através do software de monitoramento, para valorizar o monitoramento em tempo real de dados fisiológicos (CHUNMING; XUEMEI, 2010).

O diagrama da arquitetura do sistema de monitoramento de pacientes é mostrado na Figura 2.

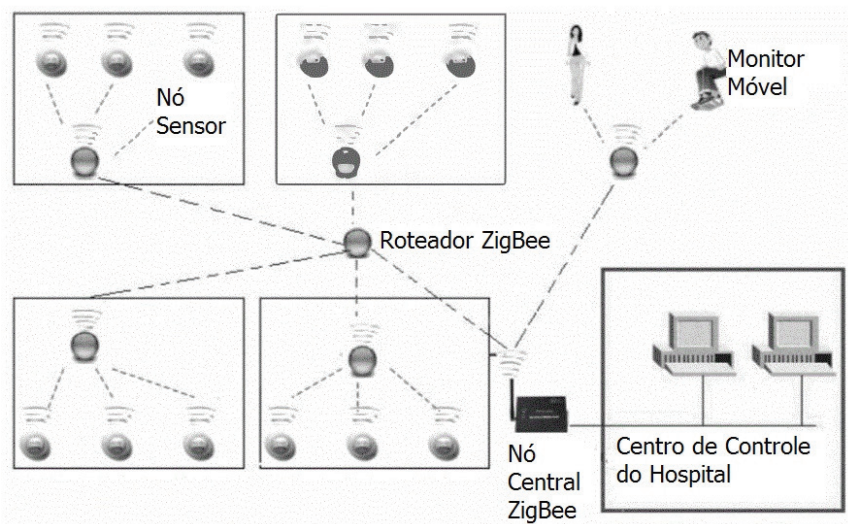


Figura 2 Arquitetura do sistema de monitoramento de pacientes.

Fonte: Adaptado de Chunming e Xuemei (2010).

4.3 Sistema de Monitoramento de Pacientes com base em RFID

Segundo Sirait et al. (2013), *Radio Frequency Identification* (RFID) é uma das tecnologias desenvolvidas que é utilizada em várias aplicações, inclusive para aplicações do campo médico. Para a finalidade de monitoramento do paciente, o sistema RFID é constituído por uma *tag* médica que é implantada no corpo humano, e uma unidade de leitura que é instalada longe ou em proximidade do corpo.

De acordo com Sirait et al. (2013), este sistema de comunicação pode reduzir o erro médico, o risco de a *tag* ser perdida, e pode ser utilizado para doente não cooperante. O dispositivo de monitorização será conectado em uma rede existente que permite proporcionar a mobilidade dos pacientes. Assim, os médicos ou profissionais de saúde podem obter facilmente informações médicas do paciente, sem gastar muito tempo através de uma conexão de rede. A aplicação de RFID para sistema monitoramento de paciente poderia ser uma antena implantada no paciente, e outra antena de recepção instalada no quarto, por exemplo.

3.4 Sistema sem fio EEG para Monitoramento de Pacientes

Hasan et al. (2014) têm como objetivo projetar um sistema sem fio EEG de baixo custo de aquisição para o fácil monitoramento de pacientes. O sistema inclui a aquisição e transmissão de dados, e a unidade que contém o site de monitoramento de pacientes recebendo estes dados.

O sistema desenvolvido também é adequado para aplicações como controle remoto de dispositivos, resgate, entre outras. A decodificação e o processamento do sinal EEG móvel com alta taxa de transferência de informações (ITR – *Information Transfer Rate*) são incorporados ao sistema. A peculiaridade da pesquisa proposta é a inclusão do filtro Butterworth, que tem uma melhor estabilidade e possibilitou um corte de custo razoável (HASAN et al., 2014).

O sistema proposto é mostrado na Figura 3, a qual na Figura 3 (a) mostra o diagrama de blocos de aquisição e de transmissão de dados de EEG, e na Figura 3 (b) mostra-se o diagrama de blocos de recepção e de controle da unidade que apresenta o sistema de monitoramento de pacientes.

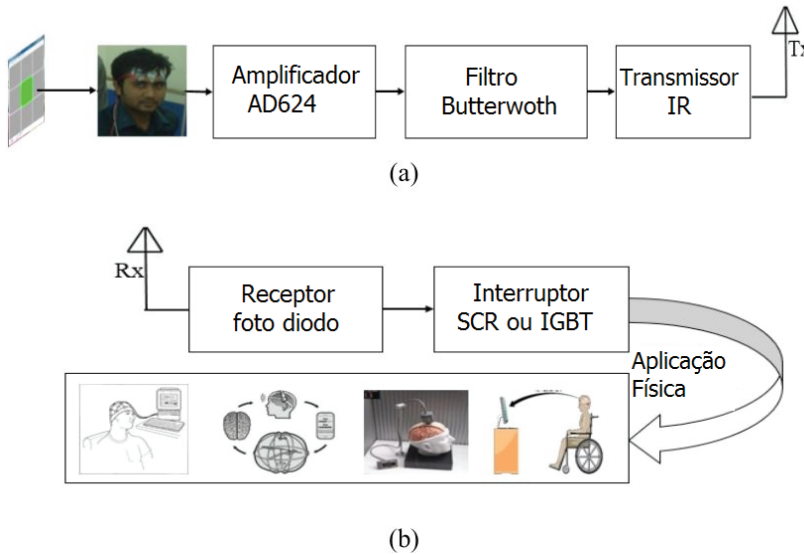


Figura 3 Diagrama de blocos do sistema proposto. (a) Aquisição e Transmissão. (b) Receptor e Controle do circuito.

Fonte: Adaptado de Hasan et al. (2014).

4.5 Body area network (BAN)

Otto et al. (2005) afirmam que os recentes avanços tecnológicos em sensores, microeletrônica de baixo consumo de energia e miniaturização e rede sem fio

habilitam a criação e proliferação de redes de sensores sem fio capazes de fazer o monitoramento e controle de ambientes autonomamente. Uma das aplicações mais promissoras de redes de sensores é para a vigilância da saúde humana. Uma série de sensores sem fio minúsculos, estrategicamente colocados sobre o corpo humano, criam um corpo de rede sem fio que pode monitorar vários sinais vitais, fornecendo *feedback* em tempo real para o usuário e equipe médica (OTTO et al., 2005).

Segundo Otto et al. (2005), *Wireless Body Area Network* promete revolucionar a monitorização da saúde. No entanto, os projetistas de tais sistemas enfrentam uma série de tarefas desafiadoras, pois eles precisam atender às exigências muitas vezes bastante conflitantes, para o tamanho, tempo de funcionamento, precisão e confiabilidade.

BAN (*Body Area Networks*) são redes que utilizam diferentes sensores para controlar o status dos pacientes (AYATOLLAHITAFTI; NGADI, 2012). Nestas redes, de acordo com o tipo de doença e observação médica, os sensores são colocados no corpo do paciente e controlam a pressão, a temperatura corporal e assim por diante. Segundo Ayatollahitafti e Ngadi (2012), um problema para os médicos é a informação que é enviada com atraso. Enviar as informações com atraso pode causar a morte de milhares de pacientes no mundo.

Nadeem et al. (2015) afirmam que a evolução da computação vestível e avanços em dispositivos sensores têm motivado várias aplicações de *Body Area Sensor Networks* (BASN). Nos últimos anos as BASNs surgiram como uma das principais categorias de redes de sensores sem fio (RSSF). Esta tecnologia de rede emergente pode ser usada em várias esferas da vida. Uma série de pesquisas tem sido publicada sobre o mecanismo de camada física de BASN ou MAC, mas muito pouco tem sido discutido sobre o ponto de vista da aplicação.

Ullah e Kwak (2012) afirmam que WBAN é a maneira mais confiável e mais barata para cuidar de pacientes que sofrem de doenças crônicas, como asma, diabetes e doenças cardiovasculares. Alguns dos atributos mais importantes de WBAN são o baixo consumo de energia e o atraso. Ullah e Kwak (2012) apresentam um protocolo MAC de tráfego adaptativo, que leva em conta as informações de trânsito dos nós sensores. O protocolo ajusta dinamicamente o ciclo de trabalho dos nós sensores de acordo com seus padrões de tráfego, resolvendo assim a questão de escuta ociosa e ouvindo problemas. O tráfego-padrão de todos os nós sensores é organizado e mantido pelo coordenador.

A utilização de tecnologia sem fio em serviços médicos tradicionais atende pacientes com maior mobilidade (CHÁVEZ-SANTIAGO et al., 2009). Isto tem um efeito positivo sobre a velocidade de recuperação de um paciente depois de procedimentos cirúrgicos maiores ou doença prolongada. Chávez-Santiago et al. (2009) apresentam a arquitetura de uma rede sem fio de saúde que explora as capacidades

da tecnologia de banda ultralarga (*Ultrawide Band* ou UWB) para sensoriamento médico no corpo com o intuito de realizar o rastreamento e tratamento de imagens. Segundo Chávez-Santiago et al. (2009), os requisitos de comunicação para um corpo ligado via tecnologia UWB (WBAN) devem ser levantados, pois tanto o corpo quanto os sensores devem ser levados em consideração. Estes autores dão especial atenção para as exigências de uma cápsula endoscópica, que é um dos sensores mais exigentes quanto ao rendimento em telemedicina moderna.

De acordo com Maskooki et al. (2011), WBAN é uma aplicação interessante de redes de sensores que pode revolucionar a interação com o mundo exterior. WBAN, como qualquer outra tecnologia de rede de sensores, sofre com relação aos recursos energéticos limitados e, portanto, tem dificuldade para preservar a energia dos nós. Com isso, Maskooki et al. (2011) propuseram um esquema oportunista para explorar os movimentos do corpo, para aumentar a autonomia energética de todo o sistema. Os resultados mostram que, comparando com os métodos existentes, o trabalho pode aumentar o tempo de utilização da rede.

Yu (2009) faz um estudo de viabilidade da introdução de WBAN e, também, fornece uma compreensão de possibilidades e desafios existentes quando se usa comunicações sem fios de curto alcance neste domínio. Para isso, Yu (2009) estabeleceu um protótipo do sistema BAN usando a tecnologia *Bluetooth* e o sinal de eletrocardiograma (ECG) para testar o desempenho da transmissão de dados através deste sistema.

Body Area Networks (BAN) oferecem perspectivas promissoras para instrumentos de apoio aos seres humanos em muitos aspectos da sua vida (GORCE et al., 2009). Entre todas as aplicações possíveis, Gorce et al. (2009) se concentram em aplicações de monitoramento corporal que têm um corpo equipado com um conjunto de sensores que transmitem em tempo real as suas medidas para um nó de processamento comum. A topologia de rede subjacente é uma topologia em estrela que é bastante usual no vasto âmbito de redes de sensores sem fio.

Prabh et al. (2012) consideram comunicações confiáveis em *Body Area Networks* (BAN), onde um conjunto de nós colocado no corpo humano é conectado usando ligações sem fios. Para manter a Taxa de Absorção Específica (*Specific Absorption Rate* ou SAR) tão baixa quanto possível. Por razões de segurança sanitária, essas redes operam em baixo regime de potência de transmissão, o que, no entanto, é conhecido por ser propenso a erros (PRABH et al., 2012). Tem-se observado que as flutuações da intensidade do sinal recebido (*Rate of Signal Strength* ou RSS) até os nós de um movimento da pessoa, mostram certas regularidades e que a magnitude dessas flutuações é significativa. Com isso, Prabh et al. (2012) apresentam o BANMAC. Este é um protocolo MAC que monitora e prevê as flutuações de canais e horários de transmissões oportunistas, quando for provável que o RSS seja mais elevado. O protocolo MAC é capaz de proporcionar

atendimento diferenciado e resolver a interferência de co-canal em caso de múltiplas BANs co-localizadas em uma vizinhança.

Alghamdi e Fouchal (2014) também propõem uma arquitetura de sistema para uma plataforma de monitorização móvel da saúde com base em um WBAN, detalhando as características de WBAN a partir de cada ponto de vista de hardware e software. Segundo Alghamdi e Fouchal (2014), a arquitetura do sistema desta plataforma é o sistema de três camadas, no qual cada camada é detalhada. Mostram o uso desta plataforma numa área ampla para detectar e acompanhar o movimento da doença no caso de situação de epidemia. Com isso, o sucesso de tal processo poderia ajudar na administração médica para interromper doenças de forma mais rápida do que o habitual.

Tello et al. (2013) apresentam um sistema de monitoramento remoto para sinais eletrocardiográficos e de temperatura. O sistema é composto por um módulo de aquisição de hardware, um módulo de transmissão *Bluetooth* e, finalmente, um módulo de visualização (PC ou dispositivos móveis). As informações são enviadas via IP (GPRS ou Wi-Fi) para um servidor de banco de dados contendo dados clínicos, o qual pode ser acessado através de uma aplicação web. Segundo Tello et al. (2013), o sistema foi avaliado por meio de testes com diferentes pacientes com o apoio de um médico para a obtenção de um desempenho positivo.

De acordo com Kumar e Mukesh (2013), WBAN enfrenta problemas de segurança variados como a perda de informações, autenticação e controle de acesso. Por isso, em seu trabalho, apresentam os desafios de segurança enfrentados por esse tipo de rede, com o intuito de se criar a WBAN realmente segura para a ampla gama de aplicações médicas e não-médicas.

5 Considerações finais

O presente artigo apresentou os resultados de uma revisão da literatura, a qual foi utilizada como base para a arquitetura em desenvolvimento no âmbito do projeto FAPEG intitulado “Arquitetura Para Monitoramento de Sinais Vitais em Longa Distância em Saúde”, a qual tem por objetivo o monitoramento remoto de sinais vitais de pacientes atendidos no SUS.

Dentre as tecnologias elencadas neste trabalho, são abordadas primariamente o papel de ferramentas de simulação computacional, Redes de Área Corporal (BANs) e o papel fundamental da tecnologia sem fio (wireless) no âmbito de sistemas de monitoramento de pacientes. Considerando o papel de simulação computacional, fica clara sua importância ao se inspecionar o comportamento de partes de um sistema de monitoramento de pacientes ou de uma arquitetura completa.

BANs são destacadas como tendo papel fundamental na vigilância de saúde e na disponibilização de informações em tempo real, características desejáveis para

a arquitetura em desenvolvimento. Observa-se que a disponibilização de informações de pacientes em tempo real, principalmente em quadros clínicos crônicos, é fundamental para a manutenção do bem-estar do paciente. Nesse contexto, tecnologias de BANs são consideradas como sendo de baixo custo, frente aos benefícios que proporcionam. Uma última observação quanto a BANs diz respeito a mobilidade inerente da tecnologia e, por conseguinte, sua necessidade por eficiência energética.

Como já observado (seção 1), a escolha de tecnologias para o sistema pretendido é definida de acordo com as características a serem implementadas. São características previstas em uma primeira etapa a disponibilidade do sistema, a rapidez na entrega dos dados diante de situações de emergência, a robustez e principalmente a mobilidade. Foi postergado para uma segunda etapa, as questões relativas à segurança devido ao prazo previsto para a entrega da versão preliminar do projeto (outubro/2016). Assim, o objetivo deste trabalho foi alcançado com êxito, tendo em vista a clara contribuição quanto ao desenvolvimento da arquitetura, ao se considerar a possibilidade de criação de um cenário de BAN e o aperfeiçoamento deste cenário, por exemplo, utilizando-se um simulador de eventos discretos como o ProModel®.

Agradecimentos

Os autores do artigo gostariam de agradecer o apoio oferecido pelas agências DE-CIT/SCTIE/MS/CNPq/ FAPEG na forma de recurso financeiro para a aquisição de equipamento, garantido pelos editais 006/2012 e 12/2013. Também, gostariam de agradecer ao CNPq pela bolsa concedida pelo Programa Institucional de Iniciação em Desenvolvimento Tecnológico e Inovação (PIBITI/UFG/CNPq).

Referências

- ALGHAMDI, B.; FOUCHAL, H. A mobile wireless body area network platform. *Journal of Computational Science*, v. 5, n. 4, p. 664–674, 2014.
- AYATOLLAHITAFTI, V.; NGADI, M. A. An efficient algorithm with reduced delay in body area networks. *International Journal of Applied Information Systems*, v. 4, n. 4, p. 19-23, 2012.
- BADAL, A.; ZAFAR, F.; DONG, H.; BADANO, A. A real-time radiation dose monitoring system for patients and staff during interventional fluoroscopy using a GPU-accelerated Monte Carlo simulator and an automatic 3D localization system based on a depth camera. In: *Progress in Biomedical Optics*

- and Imaging – SPIE, 2013, San Francisco. **Proceedings...** San Francisco: SPIE 2013, v. 8668, 11 p., 2013.
- BARRA, D. C. C.; NASCIMENTO, E. R. P.; MARTINS, J. J.; ALBUQUERQUE, G. L.; ERDMANN, A. L. Evolução histórica e impacto da tecnologia na área da saúde e da enfermagem. **Revista Eletrônica de Enfermagem**, v.8, n.2, p. 422-430, 2006.
- BERTO, R. M. V. S.; NAKANO, D. N. Metodologia da pesquisa e a engenharia de produção. **Produção**. v. 9, n. 2, p. 65-75, 2000.
- BRYMAN, A. **Research methods and organization studies**. London: Uniwin Hyman, 1989. 224 p.
- CHÁVEZ-SANTIAGO, R.; KHALEGHI, A.; BALASINGHAM, I.; RAMSTAD, T. A. Architecture of an ultra wideband wireless body area network for medical applications. In: Applied Sciences in Biomedical and Communication Technologies International Symposium, 2, 2009, Bratislava. **Proceedings...** Bratislava: IEEE, 2009, p. 1-6.
- CHUNMING, W.; XUEMEI, Z. Routing Algorithm Simulation of The Patient Monitoring System Based on ZigBee. In: International Conference on Networking and Digital Society, 2, 2010, Wenzhou. **Proceedings...** Wenzhou: IEEE, 2010, v. 2, p. 26-29.
- GORCE, J. M.; GOURSAUD, C.; VILLEMAUD, G.; D'ERRICO, R.; OUVRY, L. Opportunistic relaying protocols for human monitoring in BAN. In: Personal, Indoor and Mobile Radio Communications International Symposium, 20, 2009, Tóquio. **Proceedings...** Tóquio: IEEE, 2009, p. 732-736.
- HASAN, K.; RUSHO, R. Z.; HOSSAIN, T.; GHOSH, T. K.; AHMAD, M. Design and simulation of cost effective wireless EEG acquisition system for patient monitoring. In: International Conference on Informatics, Electronics and Vision, 2014, Dhaka. **Proceedings...** Dhaka: IEEE, 2014, p. 1-5.
- HEERDT, M. L.; LEONEL, V. **Metodologia Científica e da Pesquisa: livro didático**. 5 ed. Palhoça: UnisulVisual, 2007, 266 p.
- KUMAR, R.; MUKESH, R. State of the art: security in wireless body are networks. **International Journal of Computer Science & Engineering Technology (IJCSET)**, v. 4, n. 5, p. 622-630, 2013.

- LUCCHESI, R.; VERA, I.; ROCHA, W. As políticas públicas de saúde – SUS – como referência para o processo ensino-aprendizagem do enfermeiro. *Revista Eletrônica de Enfermagem*, v. 12, n. 3, p. 562-566, 2010.
- MALTA, D. C.; CEZÁRIO, A. C.; MOURA, L.; MORAIS NETO, O. L.; SILVA JÚNIOR, J. B. Construção da vigilância e prevenção das doenças crônicas não transmissíveis no contexto do sistema único de saúde. *Epidemiologia e Serviços de Saúde*, v. 15, n. 3, p. 47-65, 2006.
- MASKOOKI, A.; SOH, C. B.; GUNAWAN, E.; LOW, K. S. Opportunistic routing for body area network. In: Consumer Communications and Networking Conference (CCNC), 2011, Las Vegas. *Proceedings...* Las Vegas: IEEE, 2011, p. 237-241.
- MIMS, C. *Android-Powered Sensors Monitors Vital Signs and More*. MIT Technology Review, 2010. Disponível em: <<http://www.technologyreview.com/view/419141/android-powered-sensors-monitors-vital-signs-and-more/>>. Acesso em: 24 mar. 2015.
- NADEEM, A.; HUSSAIN, M. A.; OWAIS, O.; SALAM, A.; IQBAL, S.; AHSAN, K. Application specific study, analysis and classification of body area wireless sensor network applications. *Computer Networks*, v. 83, p. 363–380, 2015.
- OTTO, C.; MILENKOVIĆ, A.; SANDERS, C.; JOVANOVIĆ, E. System architecture of a wireless body area sensor network for ubiquitous health monitoring. *Journal of Mobile Multimedia*, v. 1, n. 4, p. 307-326, 2005.
- PEIXOTO, M. R. G.; MONEGO, E. T.; ALEXANDRE, V. P.; SOUZA, R. G. M.; MOURA, E. C. Monitoramento por entrevistas telefônicas de fatores de risco para doenças crônicas: experiência de Goiânia, Goiás, Brasil. *Cadernos de Saúde Pública*, Rio de Janeiro, v.24, n.6, p.1323-1333, 2008.
- PRABH, K. S.; ROYO, F.; TENNINA, S.; OLIVARES, T. BANMAC: an opportunistic MAC protocol for reliable communications in body area networks. In: Distributed Computing in Sensor Systems (DCOSS) International Conference, 8, 2012, Hangzhou. *Proceedings...* Hangzhou: IEEE, 2012, p. 166-175.
- SILVA, H. H. R.; SILVA, M. L. A. *Metodologia da pesquisa*. São Paulo: Salesiano, 2004.

- SIRAIT, D. C.; BASARI; ZULKIFLI, F. Y.; RAHARDJO, E. T. An implanted dipole antenna for RFID-based patient monitoring system. In: 2013 International Conference on Quality in Research (QiR), 2013, Yogyakarta. **Proceedings...** Yogyakarta: IEEE, 2013, p. 142-145.
- SLOANE, E.B.; GELHOT, V. Applications of the Petri net to simulate, test, and validate the performance and safety of complex, heterogeneous, multi-modality patient monitoring alarm systems. In: Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, 26, 2004, San Francisco. **Proceedings...** San Francisco: IEEE, 2004, p. 3492-3495.
- TEIXEIRA, I. M. **Considerações de QoS para telemedicina e e-health em redes sem fio.** 2009. Disponível em: <<http://wiki.martin.Incc.br/atagomes-cursos-Incc-gb500-20094/file/gb500-iuri.pdf>>. Acesso em: 28 jun. 2015.
- TELLO, J. P.; MANJARRÉS, O.; QUIJANO, M.; BLANCO, A.; VARONA, F.; MANRIQUE, M. Remote monitoring system of ecg and body temperature signals. **IEEE Latin America Transactions**, v. 11, n. 1, p. 314-318, 2013.
- ULLAH, S.; KWAK, K. S. An ultra low-power and traffic-adaptive medium access control protocol for wireless body area network. **Journal of Medical Systems**, v. 36, n. 3, p. 1021-1030, 2012.
- YU, B. **Wireless body area networks for healthcare: a feasibility study.** Relatório (Projeto de pesquisa científica – Signal Processing, Communications and Networking) – University of Florida. Flórida, 2009. 12 p.

