

Proposta de uma Plataforma de Larga Escala para Monitoração de Pacientes

Norberto dos Santos¹, Shusaburo Motoyama²

¹Diretoria de Informática e Computação - Universidade Nove de Julho (Uninove)
Av. Dr. Adolpho Pinto, 109 - Barra Funda - São Paulo – SP - Brasil.

²Programa de Mestrado em Ciência da Computação - Faculdade Campo Limpo Paulista
(Faccamp)
Rua Guatemala, 167 – Jardim América – Campo Limpo Paulista – SP - Brasil.
norberto@uninove.br, motoyama@cc.faccamp.br

Resumo. A necessidade do cuidado terapêutico constante dos pacientes e a evolução da tecnologia estão possibilitando o desenvolvimento de “redes corporais de sensores sem fio” ou WBANs (*Wireless Body Sensor Networks*), para monitoração dos sinais vitais de pacientes. As WBANs permitem que os pacientes tenham continuidade do tratamento hospitalar em seus domicílios, reduzindo o risco de infecção hospitalar e outros efeitos adversos decorrentes da internação. O objetivo deste trabalho é o desenvolvimento de uma plataforma de larga escala de monitoração de sensores, para atendimento de pacientes em seus domicílios, em casas de repouso e em grandes hospitais.

Palavras chave: WBAN, atendimento domiciliar, monitoração de larga escala, sinais vitais.

Abstract. The need for constant therapeutic care of patients and the technology evolution are enabling the development of wireless body sensor networks, WBANs, for vital signs monitoring of patients. The WBANs allow the patients to have continuity of treatment in their homes, reducing the risk of hospital infections and other adverse effects of hospitalization. The objective of this work is to develop a large-scale platform of sensors monitoring for application in home cares, in nursing homes and in large hospitals.

Key word: WBAN, home care, large-scale monitoring, vital signs.

1. Introdução

Os avanços tecnológicos observados recentemente, como a miniaturização dos componentes eletrônicos, o desenvolvimento de soluções em software inteligente, a evolução de sistemas embarcados de baixo consumo de energia, as melhorias em telecomunicações e em redes de computadores, estão possibilitando mudanças de paradigmas nas várias áreas de aplicação, tais como agricultura, automação industrial, controle de tráfego urbano, na área de saúde, etc. Na área de saúde, os avanços tecnológicos poderão produzir um sistema inteligente para o monitoramento de pacientes de forma continuada, um acompanhamento médico mais pontual e uma interação dinâmica através da telemedicina.

Essa evolução tecnológica, associada às antenas com irradiações de baixa potência, permitiu o desenvolvimento de uma nova concepção de arquitetura de rede designada como WBAN (*Wireless Body Area Networks*), ou redes corporais sem fio que monitoram os pacientes internados em hospitais ou em domicílio pelo uso da rede mundial de computadores, a Internet.

Uma WBAN é uma rede corporal de sensores sem fio ou dispositivos que podem ser incorporados ao redor do corpo humano ou implantados sob a pele. Os sinais vitais são coletados e utilizados para a parametrização no fornecimento de medicamentos, ou permitir monitoramento constante dos pacientes, principalmente nos casos que exijam rápida intervenção da equipe terapêutica.

As WBANs, atualmente em desenvolvimento, são baseadas no padrão IEEE 802.15.6 que utilizam as técnicas *TDMA* (*Time Division Multiple Access*) ou *polling* para o esquema de acesso e um controle centralizado. A utilização da técnica *TDMA* permite maior velocidade de acesso, e está sendo proposta para aplicações médicas e, também, para jogos com a utilização de vestimentas especiais. Para aplicações somente médicas, provavelmente, a técnica *polling* poderá ser adequada.

O objetivo deste trabalho é desenvolver uma plataforma de monitoramento de pacientes de larga escala, por ex., no monitoramento de todos os pacientes de uma casa de repouso ou de um hospital. Como as técnicas de acesso baseadas em *TDMA* e *polling* não permitem uma facilidade de expansão, pois aumentando o número de sensores, aumentam-se proporcionalmente as colisões no caso do *TDMA* e no *polling*, os ciclos de varredura podem ficar demasiadamente grandes e lentos. Nesta proposta será utilizada a técnica de compartilhamento dedicado baseado em características especiais do rádio da *Nordic* em modo *Enhanced ShockBurst™*. Neste modo mais de 300 sensores poderão ser monitorados.

Este trabalho está organizado em três seções. Na seção 2, a seguir, será feita uma revisão bibliográfica de WBANs, salientando as principais características e os principais esquemas de acesso propostos na literatura. Na última seção, será detalhada a proposta de plataforma de monitoração de pacientes de larga escala.

2. Características das WBANs

Nas WBANs a eficiência no consumo de energia é de extrema importância para o tempo de vida dos sensores. Neste contexto, vários critérios são propostos para minimizar o consumo de energia, como evitar colisão, diminuir o *overhearing* (escuta inútil), controle do *overhead* e *idle listening* (escuta ociosa, quando não há tráfego na rede). Nas arquiteturas de protocolos que são utilizados nas WBANs, uma das camadas de maior relevância é a MAC (*Medium Access Control*), pois os métodos de controle de acesso ao meio influenciam diretamente o consumo de energia dos dispositivos sensores. As técnicas de acesso *TDMA* e *Polling* são as mais utilizadas na camada MAC para as WBANs.

Os protocolos baseados em *TDMA* utilizam uma topologia em estrela, onde um nó central controla todas as operações do protocolo. O nó central organiza a sincronização dos quadros e faz a alocação dos canais a partir das solicitações recebidas dos sensores. O sensor por sua vez tem a função básica de solicitar o canal e proceder à transmissão quando de posse do canal e finalmente enviar a informação. Neste contexto, existe uma significativa economia de energia no momento que o sensor não está transmitindo,

porém, neste processo simples existe a necessidade de sensores ficarem “ouvindo” o meio, ou seja, seus receptores devem permanecer ligados a fim de detectar o canal livre para efetuar suas transmissões ocasionando eventualmente colisões. O fato dos transmissores ficarem ligados para “ouvir” este meio provoca um consumo de energia, tornando esta solução parcialmente satisfatória. Também nesta forma simplificada não se leva em consideração as urgências de transmissão de dados, onde os sensores devem transmitir imediatamente.

Um avanço neste contexto é à proposta de Yan e Liu (2011) que desenvolveram o *TDMA MAC*. Este protocolo trabalha com a prerrogativa de serem “sensível ao contexto”, atendendo prontamente qualquer sensor que necessite de transmitir uma intercorrência fora da sua ordem. O *TDMA MAC* utiliza um frame *beacon* (bits de sinalização) que ao receber este, irá adotar um modo de transmissão (Normal ou Intercorrência) e, poderá utilizar mais de um time *slot* para envio dos dados.

O protocolo *CA-MAC* também “sensível ao contexto” trabalha tendo um controle dinâmico do canal em caso de desvanecimento do sinal. A estrutura do quadro *MAC* é alterada dinamicamente e em combinação com a técnica *polling*, consegue gerenciar as exigências de tráfego de emergência. Outra característica é que o seu quadro está dividido em duas partes, uma parte baseada em contenção, que tem como característica lidar com a perda da informação e a outra parte, se encarrega de assegurar a transmissão de dados de forma confiável [Liu, B., Yan, Z., Chen 2011].

Zhang (2009) propôs a utilização de um canal secundário implementado no nó central com a função de enviar um sinal de *broadcast* a toda rede de sensores para a energização do rádio principal dos receptores, tornando-os aptos a receber as requisições do transmissor (nó central). Esta proposta produz uma economia de energia, pois ambos (transmissor e receptor) permanecem desligados em (modo *sleep*), aumentando significativamente a economia de energia. Entretanto, todos os sensores estariam conectados em um *broadcast*, e muitos podem não ter informação alguma para transmitir, o que acarretaria um consumo desnecessário.

O *polling* é uma técnica que evita definitivamente as colisões, porque cada sensor terá seu momento certo para fazer suas transmissões. No *polling*, o controle é centralizado, ou seja, existe um nó central que fará as requisições por dados aos nós sensores, em uma ordem previamente definida. Cada nó sensor terá sua fatia de tempo para receber a requisição e fazer a transmissão para o nó central. Um avanço proposto foi à versão *polling* flexível, onde em condições normais, o nó central realiza a coleta os dados dos sensores por *polling* normal, e nas intercorrências de urgências, muda o estado de atendimento para uma ordem prioritária de sensores. [Borges et al. 2011]

Diferente dos esquemas de acesso referenciados, uma nova proposta foi pesquisada por Chen et al. (2008) que é a utilização de canais virtuais trafegando por um único canal físico. O trabalho apresentado demonstrou a comunicação entre dispositivos de forma *stand alone*, ou seja, um nó central e um sensor apenas. Este trabalho propõe a utilização de mais sensores em sistema hierárquico do tipo árvore, onde dispositivos sensores também são utilizados como dispositivos centrais, e, com isso, um número maior de sensores poderá ser acoplado neste esquema, utilizando um número muito menor de frequências da banda ISM.

3. Proposta de Trabalho

A plataforma de monitoramento de pacientes proposta neste trabalho utiliza as características particulares do rádio da *Nordic* no modo *Enhanced ShockBurst™* que possibilita o compartilhamento de uma frequência com até seis transmissões simultâneas. Portanto, permite o atendimento de até seis sensores acoplados aos corpos dos pacientes, simultaneamente, utilizando a mesma frequência. Desta forma, não haverá compartilhamento do canal, como no caso do *TDMA* ou *polling*, mas um canal dedicado para cada sensor, possibilitando que o sensor possa ficar desligado e acordar somente quando há dados para transmitir, economizando energia. Além disso, não haverá colisão e nem necessitará de sincronização periódica dos sensores, como requer o esquema de acesso *TDMA*, possibilitando assim maior economia de energia dos sensores. Como o rádio da *Nordic* permite operar com ao menos 50 diferentes frequências, a plataforma que será desenvolvida poderá monitorar, no total, mais de 300 sensores. A plataforma a ser desenvolvida é mostrada na Figura 1.

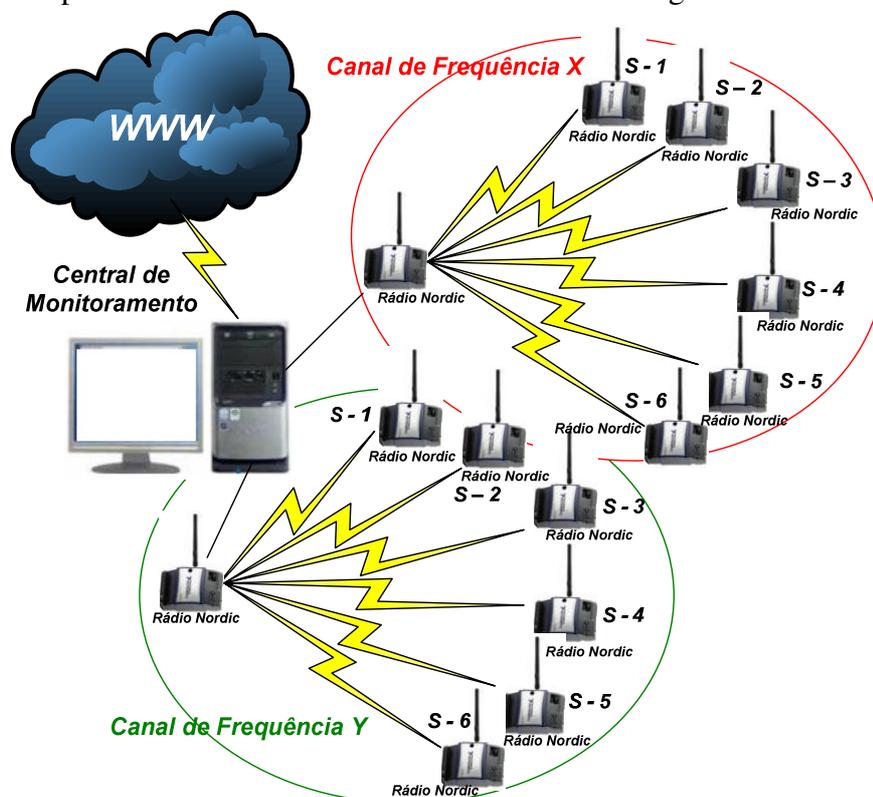


Figura 1 – Distribuição de Sensores na Configuração *ShockBurst™*

Como observado na Figura 1, o rádio da *Nordic* será utilizado tanto no transmissor como no sensor. No modo *Enhanced ShockBurst™*, o rádio da *Nordic* possibilita, além do atendimento de até seis sensores por frequência, o tratamento dos requisitos de confiabilidade pela confirmação positiva de envio (*ACK*), e, também, a retransmissão no caso de erro. Possui um *payload* configurável de até 32 bytes, e as velocidades dos links podem ser de 250 kbps, 1 Mbps ou de até 2 Mbps configurável pelo protocolo *SPI* (*Serial Peripheral Interface*) [Nordic 2012].

A central de monitoramento, mostrada na Figura 1, terá como função principal o processamento de dados recebidos dos pacientes e, posteriormente, apresentá-los à

equipe médica ou aos cuidadores responsáveis. Será utilizado como processador principal, o microcontrolador AVR da ATMEL, operando com velocidade de 16 ou 8MHz e programado em linguagem C [Atmega 2012].

Para os testes de comunicação, três sensores serão desenvolvidos com a justificativa de serem totalmente aderentes aos circuitos propostos e não necessitar de ajustes ou adaptações caso fosse utilizado similares de mercado. O primeiro é um monitor de pulsação cardíaca que é uma variante do pletismógrafo, aparelho médico este, que serve para medir as variações do volume de um órgão como resultado de flutuações rítmicas da circulação do sangue pelo corpo humano. O segundo sensor é um termómetro sem contato físico, que faz a mensuração por termográfica infravermelha, através do componente MLX90614, e finalmente, um sensor de umidade corporal. [Melexis 2013]

Para o monitoramento de uma casa de repouso, provavelmente, 300 sensores serão suficientes, mas necessitando de números maiores, mais dispositivos podem ser interligados. Assim, a plataforma proposta poderá suprir qualquer número de pacientes.

Para trabalhos futuros, algoritmos que melhorem o desempenho do conjunto deverão ser pesquisados, bem como uma unidade central de monitoramento totalmente visual e conectada à Internet.

Referência Bibliográfica

- Atmega (2012) “Atmel 8-bits Microcontroller With 4/8/32Kbytes Programmable Flash” Acesso em 05/2015 - www.atmel.com
- Borges, L.M., Velez, F.J. & Lebres, A.S., 2011. Performance Evaluation of the Schedule Channel Polling MAC Protocol applied to Health Monitoring in the Context of IEEE 802.15.4. In *Wireless Conference 2011 - Sustainable Wireless Technologies (European Wireless), 11th European*. pp. 1–8. Available at: http://ieeexplore.ieee.org/xpl/freeabs_all.jsp?arnumber=5898073.
- Chen, Z. et al., 2008. Protocol architecture for Wireless Body Area Network based on nRF24L01. *Automation and Logistics, 2008. ICAL 2008. IEEE International Conference on*, pp.3050–3054.
- Liu, B., Yan, Z., Chen, C., "CA-MAC (2011) “A Hybrid Context-aware MAC Protocol for Wireless Body Area Networks”, IEEE 13th International Conference on e-Health Networking, Applications and Services
- Melexis (2013) “Data Sheet - MLX90614 family *Single and Dual Zone Infra Red Thermometer in TO-3*” Acesso em 04/2015 - www.melexis.com
- Nordic (2012) “nRF240x ShockBurst™ technology” Acesso em 04/2015: <http://www.nordicsemi.com/eng/Products/2.4GHz-RF/nRF24L01>
- Yan, Z., & Liu, B. (2011) “A context aware MAC protocol for medical Wireless Body Area Network. In *Wireless Communications and Mobile Computing Conference*” IWCMC – IEEE - 7th International - pp. 2133 - 2138
- Zhang X, Jiang H, Xiankai C, Lingwei Z, Zhihuaw (2009) “An Energy Efficient Implementation of On-Demand MAC Protocol in Medical Wireless Body Sensor Networks” *Circuits and Systems, 2009. ISCAS 2009. IEEE International Symposium on* – p. 3094 – 3097