

# Análise de Desempenho de um Esquema de Acesso Hierárquico Baseado em *Polling* para WBAN

Fernando Di Gianni, Shusaburo Motoyama

Mestrado em Ciência da Computação – Faculdade Campo Limpo Paulista (FACCAMP)  
Rua Guatemala, 167 - Campo Limpo Paulista – SP – 13231-230 – Brasil

fernandodigianni@gmail.com, shumotoyama@gmail.com

**Abstract.** *The performance analysis of a hierarchy structured access scheme for wireless body sensor network – WBAN is carried out in this paper. The access scheme uses polling technique in each level of hierarchy. The study is made through computer simulation and the used performance parameters are the average packet transfer time and average polling cycle time. The results obtained through simulation for the first level of hierarchy show that the scheme is feasible for load less than 0.6, where the system operates in stable conditions.*

**Resumo.** *Neste artigo é feita a análise de desempenho de um esquema de acesso estruturado hierarquicamente para uma rede corporal de sensores sem fio – WBAN. O esquema de acesso utiliza a técnica polling em cada nível de hierarquia. O estudo é feito através de simulação computacional e utiliza como os parâmetros de desempenho o tempo médio de transferência de pacotes e o tempo médio de ciclo de polling. Os resultados obtidos através da simulação para o primeiro nível da hierarquia mostram que o esquema é viável para cargas inferiores a 0,6, onde o sistema opera em condições estáveis.*

## 1. Introdução

A rede de área corporal sem fio - WBAN - *Wireless Body Area Network* objetiva monitorar e controlar os sinais vitais de um corpo humano. Nessa rede, os sensores são colocados em várias partes do corpo e medem sinais vitais como temperatura, pressão arterial, batimento cardíaco, entre outros, e transmitem esses dados para um dispositivo externo. Os sensores podem ser colocados sobre a pele ou serem implantados abaixo da pele, e a comunicação com o dispositivo externo é sem fio, o que garante maior mobilidade e conforto ao usuário de uma WBAN. Quando um sensor é dotado de capacidade de processamento e transmissão de dados sem fio pode ser denominado de nó sensor e o dispositivo externo de nó *sink* ou sorvedouro.

Na implantação dos sensores no corpo, alguns requisitos devem ser considerados, como transmissão à curta distância, baixo consumo de energia e dimensões diminutas. Essas características proporcionam baixo índice de irradiação, longevidade no uso do sensor sem reposição de bateria e conforto em consonância com Ullah and Kwak (2010).

Quando vários nós sensores começam a transmitir os pacotes simultaneamente, colisões ocorrem e os pacotes devem ser retransmitidos, desperdiçando energia. Assim, o controle de acesso ao meio ou MAC - *Media Access Control* deve ser projetado de maneira a evitar colisão e operar eficientemente para reduzir o consumo de energia. Um

dos esquemas de acesso MAC apresentados na literatura utiliza a técnica *polling* como exposto em Motoyama (2013). No trabalho apresentado, os sensores são divididos em grupos e cada grupo possui um nó *sink* que coleta os dados dos sensores utilizando a técnica *polling*. Para coletar os dados dos nós *sinks*, existe outro nó denominado de *master* que coleta os dados utilizando, também, a técnica *polling*. Esta estrutura de acesso MAC foi denominada de *polling* hierárquico em Motoyama (2013) e o desempenho desse esquema foi estudado teoricamente através de modelos matemáticos.

Nos modelos teóricos apresentados em Motoyama (2013) foram feitas aproximações e os resultados obtidos necessitam ser comprovados quanto as suas exatidões. A proposta deste artigo é analisar a estrutura proposta em Motoyama (2013) através de simulação computacional para validar o modelo teórico. Neste artigo, é analisado somente o primeiro nível da estrutura hierárquica.

O artigo está organizado em quatro seções. Na segunda seção são expostos os conceitos relacionados com os esquemas de acesso MAC baseados em topologia hierárquica. Alguns detalhes do simulador computacional desenvolvido e a análise dos resultados obtidos são apresentados na terceira seção. Finalmente, as principais conclusões são demonstradas na seção quatro.

## 2. MACs com Topologia Hierárquica

O conceito de topologia hierárquica para WBAN foi apresentado pela primeira vez em Marinkovic and Spagnol and Popovici (2009). A ideia foi minimizar as áreas de sombras devido ao desvanecimento do sinal, pois os sensores na WBAN têm curtos alcances, geralmente menos de 1 metro e a potência de transmissão é bastante baixa e qualquer obstáculo ou movimento ocasionará o desvanecimento do sinal. Nesse artigo, os sensores foram divididos em grupos e cada grupo é atendido por um nó intermediário utilizando a técnica TDMA - *Time Division Multiple Access*. Os nós intermediários são atendidos por outro nó concentrador que utiliza, também, a técnica TDMA.

No trabalho apresentado em Motoyama (2013) foi utilizado, também, o conceito de topologia hierárquica, porém, a técnica de coleta de dados é baseada em *polling*. Nessa proposta os nós sensores do primeiro nível, são, também, divididos em grupos e os nós sorvedouros ou nós *sink* coletam os dados de cada grupo utilizando a técnica *polling* e o nó mestre ou o nó *master* coleta todos os dados dos nós *sink* do segundo nível, utilizando, também, a técnica *polling* como mostrado na Figura 1.

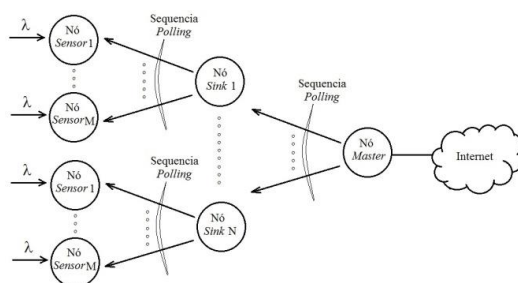


Figura 1. *Polling* Hierárquico Motoyama (2013)

O protocolo de comunicação utilizado para a troca de informações entre os nós sensores e o nó *sink* em um grupo funciona resumidamente da seguinte forma, lembrando que toda a comunicação é feita sem fio. O nó *sink* transmite por difusão um pacote que contém o número do nó sensor (número que identifica unicamente o nó

sensor), isto é, é uma autorização para que um nó sensor transmita os dados. Este pacote de autorização contém em seu cabeçalho bits suficientes para a sua sincronização no nó sensor. Após o reconhecimento do seu número, se um nó sensor tem pacotes para transmitir, começa a transmitir. Depois da transmissão, o nó sensor espera por pacote de confirmação para o caso da necessidade de retransmissão. Se o nó sensor não tem pacotes para transmitir, mantém o transceptor desligado, para economizar energia. O nó *sink* reconhece que um nó sensor está desligado esperando um intervalo pequeno de tempo após a transmissão do pacote de autorização. Se os dados não chegam daquele nó sensor investigado, o nó *sink* conclui que o nó sensor não possui dados para transmitir e começa a investigar o próximo nó sensor na sequência.

Neste esquema de comunicação, praticamente todas as funções de comunicação ficam no nó *sink* e somente a função de transmissão é atribuída para o nó sensor, com o objetivo de economizar a sua energia.

Este mesmo protocolo de comunicação descrito acima pode ser utilizado no segundo nível quando o nó *master* investiga os nós *sink* para obter os dados. Provavelmente, para uma WBAN apenas dois níveis serão suficientes.

### 3. Simulador e Resultados

Foi desenvolvido um programa de simulação computacional na linguagem Java, para análise de desempenho do *polling* hierárquico. O programa desenvolvido contempla toda estrutura de rede, mas somente o primeiro nível será analisado neste artigo.

Os parâmetros de entrada de dados do programa simulador foram: tamanho médio do pacote de  $E\{X\} = 900$  bits, capacidade do canal de  $R = 20$  kbps, tempo de transmissão de pacote de  $900/20k = 45$ ms (milissegundos), tempo de transmissão de pacote de autorização de 4,5ms e o tempo de sincronização de um pacote de 2ms. Esses parâmetros foram utilizados para realizar a comparação com o teórico.

Os pacotes gerados em cada sensor obedecem a uma distribuição exponencial negativa de média  $1/\lambda$ . Para garantir que as estatísticas coletadas estão em regime de equilíbrio estatístico, os 10.000 primeiros pacotes gerados são descartados em cada nó sensor do total de 50.000 criados.

A carga de entrada é definida como

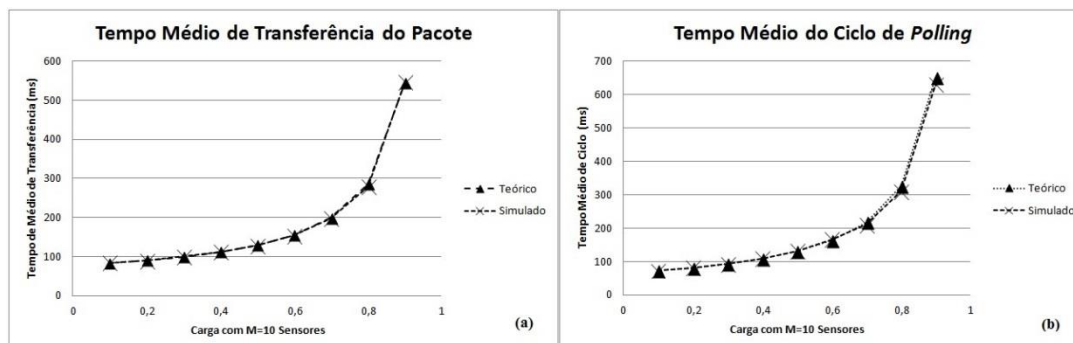
$$S = \frac{M\lambda E\{X\}}{R},$$

onde S é a carga de entrada, M a quantidade de sensores,  $\lambda$  a taxa média de chegadas de pacote,  $E\{X\}$  o tamanho médio do pacote e R a capacidade do canal.

Como critério de desempenho, utilizou-se o tempo médio de transferência de pacotes que é definido como o tempo médio de espera dos pacotes na fila de cada sensor somado com o tempo médio de transmissão de pacote. Outro parâmetro de desempenho é o tempo médio de ciclo que é definido como o tempo médio para inspecionar todos os sensores em um ciclo.

Considerou-se que o buffer de espera dos pacotes tem tamanho infinito, isto é, sem perdas e a disciplina de atendimento é exaustiva, significando que o buffer é completamente esvaziado quando é inspecionado.

A Figura 2 (a) e (b) mostra os resultados da simulação e a comparação com os resultados teóricos. Pode-se observar que os resultados obtidos na simulação estão bem próximos do teórico.



**Figura 2 (a) e (b). Comparações do Primeiro Nível - Tempo Médio de Transferência do Pacote e Tempo Médio do Ciclo de Polling**

Pelas curvas de tempos médios de transferência e de ciclo da Figura 2 (a), pode-se observar que não se pode operar com uma carga muito elevada (acima de 0,6), pois esses tempos se tornam proibitivamente grandes, significando que o tempo de espera de pacotes no buffer de cada nó sensor está muito grande, e que também na Figura 2 (b) o tempo de ciclo de atendimento encontrado é grande, e podem ocorrer situações em que algum nó sensor fique sem atendimento. Para que se tenha operação estável com os parâmetros dados, o esquema de *polling* hierárquico no primeiro nível deve operar com uma carga menor do que 0,6.

#### 4. Conclusão

Foi desenvolvido um programa de simulação computacional para analisar e validar um esquema de acesso com topologia hierárquica baseada em *polling* para redes corporais de sensores sem fio – WBAN. Os resultados obtidos através da simulação para o primeiro nível da hierarquia mostraram que o esquema é viável para cargas inferiores a 0,6, onde o sistema opera em condições estáveis.

Como trabalho futuro, o simulador será ampliado para analisar o segundo nível da hierarquia e comparar com o modelo teórico. Além da possibilidade de comparar com outros esquemas de acesso, o simulador poderá incorporar outros parâmetros como o nó sensor tendo buffer finito e também utilizar outros tipos de fontes de nós sensores que reflitam situações reais.

#### Referências

- Marinkovic, S. and Spagnol C. and Popovici, E. (2009). “Energy-Efficient TDMA-Based MAC Protocol for Wireless Body Area Networks”. Third International Conference on Sensor Technologies and Applications, Greece, p. 604-609.
- Motoyama, S. (2013). “Hierarchical Polling-based MAC scheme for Wireless Body Sensor Network”. International Conference on Wireless Networks - ICWN’13, Las Vegas, USA, p. 103-109.
- Ullah, S. and Kwak K. S. (2010). “Performance study of low-power MAC protocols for Wireless Body Area Networks”. IEEE 21st International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications Workshops, Turkey, p. 112-116.