ANÁLISE E IMPACTO DAS FONTES PARA REDES DE SENSORES PARA O CORPO HUMANO

Luís Fernando Refatti
Graduação em Licenciatura Plena em Informática (2010) na Universidade Federal de Mato Grosso. Está cursando mestrado em Engenharia de Automação e Sistemas na Universidade Federal de Santa Catarina. refatti@das.ufsc.br.
Tatiana Annoni Pazeto
Graduação em Bacharelado em Ciências da Computação na Fundação Universidade Regional de Blumenau, concluindo em (1998) e mestrado em Ciências da Computação pela Universidade Federal de Santa Catarina (2000). Está cursando o doutorado na Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação na Universidade Estadual de Campinas. Atualmente é Professor Assistente II da Universidade Federal de Mato Grosso. tpazeto@gmail.com.

RESUMO
Redes de Sensores para o Corpo Humano (RSCH) são um tipo de rede ad hoc, com a finalidade de monitorar sinais vitais de pessoas. Estas redes são compostas de vários sensores, sendo que os nós sensores são alimentados por baterias. Como os mesmos podem ser internos ao corpo, dificultando a substituição, o consumo de energia é um dos fatores críticos desses sistemas. Assim, como a tarefa de transmissão de dados é a que mais consome energia, pretende-se analisar o modelo de tráfego de uma RSSF e propor uma forma de reduzir a transmissão de mensagens desnecessárias, fazendo com que o tempo de vida desses sistemas seja prolongado. Os resultados obtidos mostram que através da implementação de um limite mínimo para transmissão de um pacote, é possível reduzir transmissões desnecessárias, aumentando assim a vida útil do sistema.

PALAVRAS-CHAVE: Rede de Sensores Sem Fios, Rede de Sensores para o Corpo Humano, Modelo de tráfego On/Off.

ANALYSIS AND IMPACT OF SOURCES FOR SENSOR BODY NETWORKS

ABSTRACT
Body Sensor Networks (BSN), are a type of ad hoc networks, with the purpose of monitoring human health. These networks are composed of several sensors, and the sensors are fed by batteries. As the same ones are internal to the body, hindering the substitution, the consumption of energy is one of the critical factors of those systems. Like this, as the data transmission task it is what more consumes energy, it intends to analyze the model of traffic of a WSN and to propose a form of reducing the transmission of unnecessary messages doing with that the lifetime of those systems is prolonged. The obtained results show that through the implementation of a minimum limit for transmission of packets, it is possible to reduce unnecessary transmissions increasing the useful life of the system.

PALAVRAS-CHAVE: Wireless Sensor Networks, Body Area Networks, On/Off Traffic Model.

ANÁLISE E IMPACTO DAS FONTES PARA REDES DE SENSORES PARA O CORPO HUMANO

INTRODUÇÃO

Redes de Sensores para o Corpo Humano são aplicações de Redes de Sensores Sem Fios (RSSF) com a finalidade de coletar informações sobre a saúde de pacientes. Estas redes são compostas por vários nós sensores, sendo que estes possuem capacidade limitada de processamento, comunicação e energia. Contudo, geralmente há outros nós com maior capacidade de comunicação, processamento e energia para se comunicarem com outras redes. RSSF são um tipo de rede móvel *ad hoc*, onde os nós se comunicam diretamente, sem a necessidade de um *gateway* [1].

Um dos problemas das RSSF é o consumo de energia, e pelo fato dos sensores serem alimentados por baterias, os nós não tem muita autonomia. Neste sentido, existem várias funções que consomem energia sendo elas: o sensoriamento, o processamento e a comunicação. Dentre as tarefas que mais consomem energia das baterias está a comunicação entre os nós. Porém, cada RSSF possui modelos diferentes de sensores e finalidades diversas, variando também o consumo de energia de cada operação de acordo com o objetivo e arquitetura da RSSF [2].

RSSF são compostas por vários nós, que se comunicam através do ar. Uma vez que mais de um sensor comece a transmitir dados ao mesmo tempo, poderão ocorrer colisão e perda de informações importantes, fazendo com que os nós tenham que retransmitir os dados. Desta forma, há um aumento no consumo de energia dos nós, reduzindo o tempo de vida do sistema.

Neste sentido, o objetivo deste trabalho é analisar o impacto de fontes de dados em redes de sensores sem fios para o corpo humano e reduzir a transmissão de informações desnecessárias para poupar energia.

O artigo está organizado em cinco seções. Na seção 2 uma introdução sobre redes de sensores sem fios e seus modos de operação são apresentados. Na seção 3 os parâmetros necessários para gerar tráfego são mencionados, bem como é realizada uma analogia com o modelo On/Off, apresentando os resultados das simulações para estas fontes. Na seção 4 é proposta uma alteração no simulador com o objetivo de reduzir a transmissão de pacotes, demonstrando os resultados e benefícios da solução proposta. Por fim, as conclusões e trabalhos futuros são relatados na seção 5.

REDES DE SENSORES PARA O CORPO HUMANO

Redes de Sensores Sem Fios (RSSF) possuem aplicações em diversas áreas. Uma RSSF composta por sensores biológicos com o objetivo de monitorar sinais vitais de pacientes é chamada de Rede de Sensores para o Corpo Humano (RSCH) [3].

RSCH trazem inúmeros benefícios para pessoas que precisam de um acompanhamento médico contínuo. Entre os benefícios estão o conforto de o paciente poder ter sua saúde monitorada a distância, redução de gastos com internações hospitalares e redução da probabilidade de contrair infecções hospitalares provenientes de internações. Contudo, deve-se levar em consideração os aspectos éticos sobre o uso de sensores no corpo humano, principalmente no que se refere às normas para o contato com a pele ou invólucro, de modo a não agredir a pele ou o corpo. Neste sentido, respeitar normas de instrumentalização médica é fundamental [3].

Uma RSSF pode operar em dois modos: o modo *event driven*, e o modo *continuous monitoring*. No primeiro modo, os nós só transmitem informações quando um evento esperado é detectado. Já no segundo modo, os dados são coletados e transmitidos de acordo com um intervalo de tempo definido [2].

RSCH são sistemas que coletam informações sobre o estado físico de saúde de pacientes, como pressão sanguínea, frequência cardíaca, temperatura corporal, entre outros. Deste modo, é interessante que estes sistemas trabalhem no modo *continuous monitoring*, permitindo que o médico esteja sempre atualizado sobre o estado de saúde de seu paciente. Já sistemas onde somente o que interessa ao observador é um evento específico, como por exemplo, detectar focos de incêndio em uma floresta, o modo *event driven* seria o mais indicado, pois não havendo transmissões de dados há economia de energia.

Considerando o consumo de energia de RSSF que trabalham no modo *event driven*, estas tendem a ter uma sobrevida maior. Desta forma pode-se fazer com que as RSCH trabalhem nos dois modos, economizando energia e mantendo o médico sempre atualizado.

Por exemplo, sabe-se que a temperatura corporal do ser humano considerada normal é de aproximadamente 36º C. Deste modo o nó responsável pela medição da temperatura estará sempre realizando esta medição. Supondo que o sensor realize 20 medições de temperatura e somente há variação em uma amostra coletada, então para economizar energia, só é transmitida esta medição.

Supondo também que durante um dia não houve variação anormal na temperatura corporal do paciente. Trabalhando no modo citado acima, o médico não recebendo informações sobre a temperatura pode acreditar que este nó da rede está desativado, por falta de energia ou por estar fora do alcance do rádio do nó *sink* ou estação base. Desta forma pode-se fazer que, por exemplo, a cada X medições consideradas normais, ele envie uma informação para manter sempre o médico atualizado.

Sendo assim, uma visualização do cenário descrito é apresentada na Figura 1.

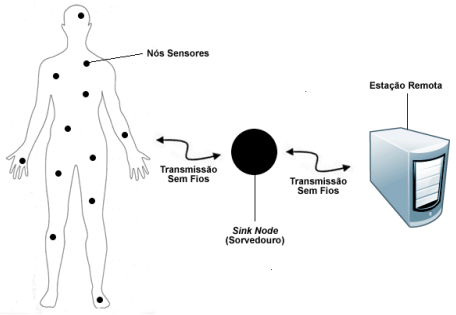


Figura 1 – Rede de Sensores para o Corpo Humano

Na Figura 1 os sensores coletam informações sobre os sinais vitais do paciente e enviam a um nó com maior capacidade de processamento e energia (nó *sink*, sendo que este pode ser o MicaZ). Este nó, por sua vez, pode realizar a fusão dos dados e enviar para a estação base apenas uma informação sobre o estado geral de saúde do paciente, ou transmitir todos os dados recebidos pelos sensores para a estação base.

Contudo, como o trabalho visa analisar como o comportamento das fontes de dados pode degradar o sistema, nenhuma tecnologia de RSSF será considerada. Futuramente será definido o cenário o qual apresentará diferentes tipos de sensores, bem como a quantidade de cada tipo. Cada tipo de sensor terá a finalidade de monitorar determinado sinal fisiológico do corpo humano, tais como temperatura, pressão, batimentos cardíacos. No entanto, a ideia é que o cenário tenha poucos sensores, sendo que a comunicação dos mesmos será realizada diretamente com o nó *sink*. Desta forma há uma baixa probabilidade de interferência na comunicação, não ocasionando perda de dados. Entretanto, isso só poderá ser verificado mediante a implementação do Controle de Acesso ao Meio (MAC), bem como através da definição do cenário.

FONTES DE TRÁFEGO E PARÂMETROS PARA SUA GERAÇÃO

Um modelo de tráfego representa o comportamento de um sistema de redes. Dentre os modelos existentes o mais simples é a fonte On/Off [4]. O modelo fonte On/Off é dividido em dois períodos (Figura 2). Este modelo de tráfego consiste em períodos de tempo em que os nós de rede podem estar transmitindo informações para o servidor (período On), havendo assim atividade no canal de comunicação da rede. O outro estado corresponde ao nó aguardando resposta do servidor ou estando inativo (período Off), sendo que este período também pode ser usado para sincronização e controle, caso isso seja necessário.

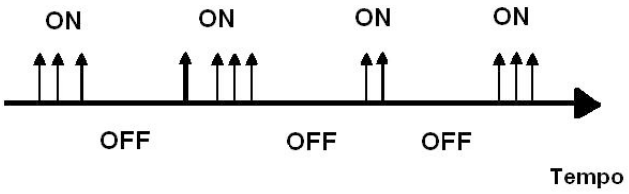


Figura 2 - Modelo de tráfego fonte On/Off. [4]

Em uma RSSF os nós podem assumir dois modos [5]: ativo e inativo. Assim, no modo ativo são realizadas atividades de sensoriamento, processamento e transmissão de dados. Contudo, caso o nó, no período ativo, não esteja transmitindo uma mensagem, o seu rádio pode ser desligado para poupar energia [1], [2]. Deste modo, há períodos em que não há atividade na rede, pois os nós podem estar dormindo ou realizando outras atividades, e períodos em que os nós estão transmitindo informações para outros nós ou para a estação base.

Fazendo uma analogia entre o modelo de tráfego On/Off e o modo de operação de uma RSSF, pode-se perceber que o modelo de tráfego de uma RSSF pode ser considerado como sendo uma fonte On/Off. Desta forma, para analisar o desempenho destes sistemas, a proposta deste trabalho é alterar o simulador desenvolvido por Silva e Pazeto [6], adaptando os parâmetros de geração de tráfego aos de uma RSSF.

Para utilizar o simulador desenvolvido por Silva e Pazeto [6], é necessário conhecer os seguintes parâmetros: taxa de pico em bps, tamanho médio do pacote em bits, tempo de On e tempo de Off em segundos. Deste modo, os valores definidos para as simulações realizadas neste trabalho foram identificados de acordo com os valores encontrados na literatura [2], [7], sendo estes apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Parâmetros citados por outros autores

Parâmetro	Sichitiu [2]	Otto *et al* [7]
Tamanho do pacote	-	16 bits
Tempo de Off	990 ms	450 ms
Tempo de On	50 ms	50 ms
Taxa de pico	-	35,2 kbps

Os valores apresentados na Tabela 1 representam os parâmetros referentes ao tráfego de dados de uma RSSF, nos cenários definidos em Sichitiu [2] e Otto *et al* [7]. O tamanho do pacote representa o tamanho em bits de cada pacote gerado pelo sensor. O tempo de On corresponde ao período de atividade do nó, ou seja, o tempo de transmissão do pacote em um ciclo. O tempo de Off representa o tempo em que o nó permanece sem transmitir nenhum pacote de dados.

Assim, conforme pode ser observado na Tabela 1, os valores correspondentes ao tempo de On são os mesmos dos mencionados por Sichitiu [2] e Otto *et al* [7]. Já o tempo de Off em Otto *et al* [7] é menos do que a metade do valor proposto por Sichitiu [2]. Contudo, são gerados dois pacotes por ciclo contra um pacote gerado em Sichitiu [2]. Outrossim, deve-se considerar que os valores são diferentes, pois para cada aplicação de uma RSSF, podem ser utilizados diferentes modelos e quantidades de sensores.

Na Tabela 2 são apresentados os valores utilizados para as simulações. Estes valores foram definidos baseando-se nos mencionados na Tabela1.

Tabela 2 - Valores utilizados nas simulações

Tamanho do pacote	32 bits
Tempo de Off	0.00799 s
Tempo de On	0.0008 s
Taxa de pico	36045 bps
Tamanho do pacote	32 bits

Os valores apresentados na Tabela 2 representam os parâmetros necessários para geração de tráfego pelo simulador desenvolvido por Silva e Pazeto [6]. O tamanho do pacote foi definido como 32 bits, pois em Otto *et al* [7] são gerados 2 pacotes de 16 bits a cada segundo e em Sichitiu [2] somente um pacote é gerado, não sendo apresentado o seu tamanho. O valor da taxa de pico é medido em bps. Desta forma o valor foi obtido através da conversão de 35.2 kbps para bps. Para isto multiplica-se o valor da taxa de pico por 1024. Este valor foi baseado em Otto *et al* [7], já que em Sichitiu nenhum valor para este parâmetro é apresentado. O tempo de On é obtido através da divisão do tamanho do pacote pela taxa de pico, pois representa o tempo que um pacote leva para ser transmitido. Segundo Otto *et al* [7], esse período representa 10% do tempo de cada ciclo. Desta forma, o tempo de Off foi definido como 90% do tempo de um ciclo, sendo que este valor foi obtido através de regra de três simples.

Após a definição dos parâmetros, estes valores foram inseridos no código do simulador Fonte Fixa [6]. Além destes parâmetros, o simulador recebe como entrada a quantidade de pacotes que devem ser gerada na simulação.

Simulações e Resultados

Para analisar o modelo de tráfego proposto para a RSSF, foram realizadas simulações com 100000, 200000 e 300000 pacotes. Para testar a confiabilidade do simulador cada simulação foi executada cinco vezes.

A Tabela 3 apresenta a média dos resultados das simulações.

Tabela 3 - Resultados produzidos pelo simulador Fonte Fixa

Qtd. De Pacotes	100000	200000	300000
Quant. Intervalos On	80000	160000	240000
Totalizador de On (s)	71.023834	141.824615	212.625397
Quant. Intervalos Off	80000	160000	240000
Totalizador de Off (s)	647.9771362	1294.878564	1946.983374
Media de On (s)	0.000888	0.000886	0.000886
Media de Off (s)	0.0080996	0.0080929	0.0081122

Para fins estatísticos os primeiros 20% dos pacotes são descartados. Este descarte estatístico é realizado para que durante este tempo o sistema possa entrar em equilíbrio. Assim os valores apresentados na Tabela 3 correspondem a 80% da quantidade de pacotes definida para cada simulação.

Na Tabela 3 é contabilizada a quantidade de intervalos On e Off, os totalizadores dos intervalos, que representam a soma dos tempos de cada intervalo, e as médias de On e Off. Estas últimas são obtidas através da divisão do totalizador pela quantidade de intervalos. Desta forma, pode-se observar que as médias de On e Off convergem para os valores descritos na Tabela 2. Outrossim, entre as simulações, a diferença na média de On acontece somente após a quinta casa decimal, ocorrendo o mesmo para as médias do tempo de Off para 100000 e 200000 pacotes. Já em relação a simulação com 300000 pacotes existe uma diferença maior, apresentando variação após a terceira casa decimal.

Além disso, conforme se pode comprovar através dos resultados apresentados na Tabela 3, o tempo de Off corresponde a 91% do tempo, sendo que conforme Otto *et al* [7] o período equivalente a este intervalo é de 90%.

FONTE ON/OFF COM REDUÇÃO DE TRANSMISSÕES

Como uma das tarefas que mais consomem energia em uma RSSF refere-se a comunicação entre os sensores, visando economizar energia dos nós, é apresentada uma proposta que somente pacotes contendo informação com um determinado percentual de variação sejam transmitidos [5]. Deste modo, como apresentado na Seção 2, pode-se fazer com que os sensores operem tanto em modo *event driven* quanto em *continuous monitoring*.

Assim foi implementado no simulador uma função que gera um valor aleatório para cada intervalo On, sendo que este valor representa a medição realizada pelo sensor. Também foi acrescentado como parâmetro de entrada para o simulador, um campo onde é definido um valor mínimo para que o pacote seja transmitido. Então para cada intervalo de On, o valor gerado pela função é comparado com o valor definido como mínimo. Neste sentido o pacote só é transmitido se o valor da informação for maior do que o mínimo estabelecido.

O objetivo desta função implementada é reduzir a transmissão de pacotes de dados, visando minimizar envios desnecessários, reduzindo os períodos de On e o consumo de energia.

Simulações e resultados

Para analisar os resultados obtidos com a implementação de um limite mínimo para transmissão de mensagens foram realizadas simulações com 100000, 200000 e 300000 pacotes e como valor mínimo de informação para transmissão do pacote foi adotado o valor 0,5.

Tendo em vista que a temperatura corporal bem como a pressão arterial não possuem muitas alterações durante o dia, o valor 0,5 pode ser substituído por um número condizente a realidade dos sinais fisiológicos. A intenção é que somente as informações que apresentarem valores superiores ao limiar definido sejam transmitidas. Contudo, o valor 0,5 foi adotado para fins de teste, visando verificar se a função atinge o objetivo para o qual foi proposta.

Os resultados das simulações são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 - Resultados produzidos pelo simulador Fonte Fixa com redução de transmissões

Qtd. de Pacotes	100000	200000	300000
Quant. de Intervalos On	29915	59815	89723
Totalizador de On (s)	26.54888	53.11337	79.62914
Quant. de Intervalos Off	80000	160000	240000
Totalizador de Off (s)	647.5144	1296.388	1943.843
Média de On (s)	0.000887	0.000888	0.000887
Média de Off (s)	0.008094	0.008102	0.008099
Pacotes menores que a taxa mínima	62680	125308.2	187848.8
Pacotes maiores que a taxa mínima	37320	74691.8	112151.2
Média dos valores gerados	0.506605	0.506493	0.506246
Totalizador Off dos pacotes não transmitidos (s)	55.65967	111.122	166.4711
Tempo Total de Off	703.1741	1407.51	2110.314
Média geral de Off	0.00879	0.008797	0.008793

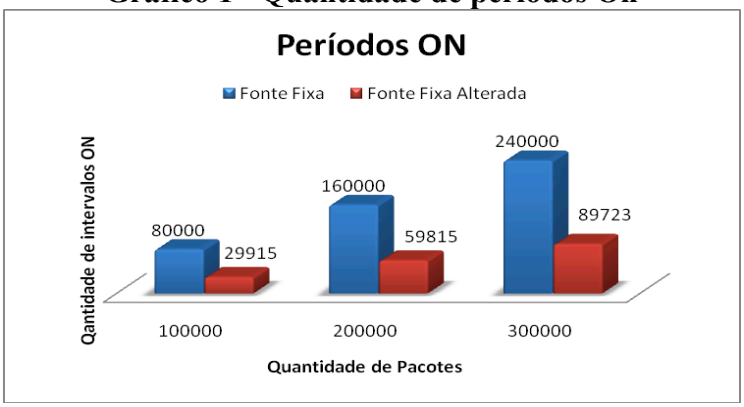
Na Tabela 4, novas informações são mostradas, sendo descritas a seguir. Pacotes menores que a taxa mínima, representando a quantidade de pacotes que apresentaram informações menores que a definida como valor mínimo. Pacotes maiores que a taxa mínima, que representam os pacotes com valores maiores que a taxa mínima definida, sendo que apenas estes pacotes serão transmitidos. A média das informações corresponde a média de todos os valores gerados com distribuição exponencial. O intuito é verificar se este valor está

convergindo para o limiar definido nas simulações como sendo 0,5. O totalizador Off dos pacotes não transmitidos, representa a soma dos intervalos dos pacotes que não foram transmitidos por conterem informação menor do que a taxa mínima definida, sendo que estes tempos devem ser adicionados ao tempo de Off. O tempo total de Off corresponde a soma dos totalizadores de Off. Por fim, a média geral de Off representa a divisão do tempo total de Off pela quantidade de intervalos Off.

Através da Tabela 4 pode-se perceber que mesmo com a redução da quantidade de intervalos de On, a média de On ainda converge para o valor apresentado na Tabela 2. Outrossim, a diferença desta média entre as simulações não apresenta grande variação, sendo de apenas 0.000001 s. A média de Off também converge para o valor apresentado na Tabela 2. Esta média apresenta variação entre as simulações após a terceira casa decimal.

Com relação a quantidade de pacotes transmitidos, há uma redução de aproximadamente 70% na quantidade de intervalos de On, que correspondem ao período em que ocorre transmissão de dados. Desta forma a função implementada atinge o objetivo para o qual foi proposta. Isto pode ser observado através do Gráfico 1.

Gráfico 1 - Quantidade de períodos On

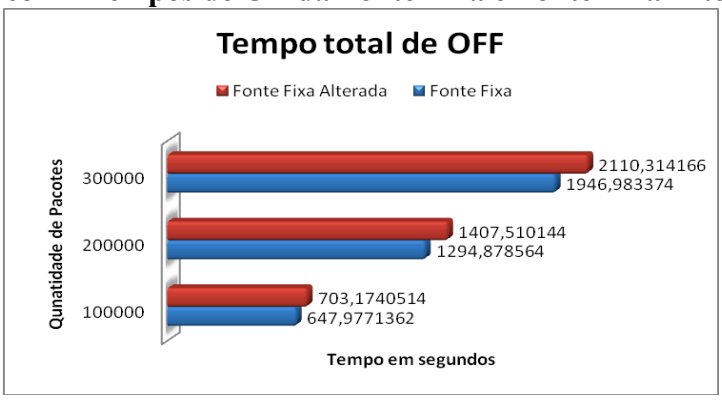


No Gráfico 1 são apresentados os resultados obtidos com as simulações da Fonte Fixa e da Fonte Fixa Alterada, possibilitando uma comparação entre a quantidade de intervalos de On. Desta forma pode-se observar que o programa Fonte Fixa Alterada apresenta quantidade menor de intervalos, nas três situações apresentadas, sendo esta proporcional a quantidade de pacotes gerados. Outrossim, com 100000, 200000 e 300000 pacotes gerados, a quantidade de intervalos On foi apenas de 37,38 %, o que corresponde a uma redução significativa.

Ainda analisando a Tabela 4, a quantidade de intervalos Off é a mesma da apresentada na Tabela 3, pois quando um pacote não é transmitido por apresentar informação desnecessária, o tempo deste intervalo é acrescentado ao tempo do intervalo de Off atual. Desta forma, há a mesma quantidade de intervalos, porém estes são maiores.

O Gráfico 2 apresenta uma comparação entre o tempo total de Off da Fonte Fixa e da Fonte Fixa Alterado.

Gráfico 2 - Tempos de Off da Fonte Fixa e Fonte Fixa Alterada



Analisando o Gráfico 2, no qual são apresentados os tempos dos intervalos Off, observa-se que para a Fonte Fixa Alterada os tempos são maiores nas três situações. Isso já era esperado, pois nos intervalos em que os pacotes não são transmitidos, este valor deve ser acrescentado ao intervalo de Off atual. Contudo, este aumento corresponde a aproximadamente 8%, representando que o intervalo de Off será próximo a 92%, o que se aproxima ao referenciado na literatura pesquisada.

Com intervalos maiores de Off, a tendência é que a média de Off seja também maior. Mas ainda assim esta média converge para o valor mostrado na Tabela 2, apresentando uma diferença média de 0.00080 s.

Considerando que em uma RSSF pode haver diversos tipos de sensores, e que cada sensor tem diferentes finalidades, novas fontes precisam ser desenvolvidas, para que haja um cenário próximo ao real. Assim pode-se implementar uma solução para controle de acesso ao meio e novamente analisar o impacto das fontes em uma RSCH.

CONCLUSÕES

Neste artigo foi apresentado um modelo de geração de tráfego para RSSF, através da adaptação do simulador desenvolvido por Silva e Pazeto [6]. Para tanto, os parâmetros para a geração dos pacotes foram alterados de acordo com pesquisas realizadas na literatura. Mediante a modificação realizada, simulações com 100000, 200000 e 300000 pacotes foram feitas, as quais foram apresentadas na seção 3. Estas correspondem ao tráfego em uma RSSF.

Após foi implementada uma função para gerar números aleatórios que representasse a informação medida pelo sensor. Também foi criado um campo onde é definido um limite mínimo para que o pacote seja transmitido ao seu destino. Neste sentido, para cada pacote gerado, a informação é comparada com o limite definido. No caso das simulações realizadas neste trabalho, este limite foi definido como 0.5, e somente os pacotes que continham informação maior que este valor eram transmitidos. Neste cenário as simulações também foram realizadas com 100000, 200000 e 300000 pacotes, sendo os valores gerados demonstrados na seção 4.

Desconsiderando o descarte estatístico de 20%, houve uma redução significativa nas transmissões de pacotes no segundo modo, já que no primeiro todos os pacotes foram transmitidos. Assim, nas simulações realizadas com o limite implementado, cerca de 37%

dos pacotes foram transmitidos. Isto representa que como o nó irá dormir por mais tempo, logo poupará energia e a sobrevida do sistema será garantida.
Analisando as médias dos tempos de On e Off pode-se concluir que os valores obtidos com a Fonte Fixa e a Fonte Fixa Alterada estão corretos, pois convergem para os definidos na Tabela 2. Além disso, pode-se visualizar que os nós dormem aproximadamente 92% do tempo. Desta forma atende o que é mencionado em Otto *et al* [7]. Assim pode-se constatar que as fontes apresentam o comportamento esperado.

Para trabalhos futuros, pretende-se desenvolver novas fontes para simular de forma fiel o comportamento de um sistema de RSCH e integrar as fontes supracitadas aos escalonadores FIFO e DRR, desenvolvidos por Silva [8], incorporando diferentes protocolos de controle de acesso ao meio. Isso permitirá analisar os tempos de sistema, de fila, processamento e descarte de pacotes. O intuito é obter um ganho de energia, sem degradação da qualidade do monitoramento do paciente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. LOUREIRO, A. A. F.; NOGUEIRA, J. M. S.; RUIZ, L. B.; MINI, R. A. F.; NAKAMURA, E. F.; FIGUEIREDO, C. M. S. Redes de Sensores Sem Fios. In: XXI Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores; 2003, Natal, Rio Grande do Norte.
2. SICHITIU, Mihail L. Cross-Layer Scheduling for Power Efficiency in Wireless Sensor Networks. In: IEEE INFOCOM 2004.
3. BARBOSA, Talles Marcelo Gonçalves de Andrade. Uma Arquitetura de Redes de Sensores do Corpo Humano. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) – Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade de Brasília. Brasília, 2008.
4. KULCZYK, M. Desenvolvimento de um simulador para escalonar o tráfego On/Off HTTP e FTP. 2006. 93 f. Monografia (Bacharel em Ciências da Computação) – Universidade Unochapecó, Chapecó, 2006.
5. HENRIQUES, Felipe da Rocha; LOSOVIO, Lisandro; RUBINSTEIN, Marcelo Gonçalves. Algoritmos para Aumentar o Tempo de Vida de Redes de Sensores Sem Fio Utilizando Inovação. In: XXVII Simpósio Brasileiro de Telecomunicações. Blumenau – SC, 2009.
6. SILVA, Renato Moraes, PAZETO, Tatiana Annoni. Proposta de modelos de fonte On/Off para análise de seus impactos em escalonadores FIFO e DRR. In: Simpósio de Informática da Região Centro/RS. Santa Maria – RS, 2009.
7. OTTO, Chris; MILENKOVIC, Aleksandar; SANDERS, Corey, JOVANOV, Emil. System Architeture of a Body Area Sensor Network for Ubiquitous Health Monitoring. In: Journal of Mobile Multimedia. v.1, n. 4, 2006.
8. SILVA, Renato Moraes. Avaliação de desempenho de fontes On/Off através do desenvolvimento de um simulador para escalonamento FIFO e DRR. 2009. Monografia (Licenciatura Plena em Informática) - Universidade Federal de Mato Grosso.