

Otimização e Tolerância a Falhas em uma Rede de Sensores sem Fio

Inácio Henrique Yano
PUC-Campinas – São Paulo – Brasil
inacio.hy@puccampinas.edu.br

Marcos Jesus dos Santos
PUC-Campinas – São Paulo – Brasil
marcos.js@puccampinas.edu.br

Eduardo Veiga de Araújo
PUC-Campinas – São Paulo – Brasil
edveiga@puc-campinas.edu.br

Eric Alberto de Melo Fagotto
PUC-Campinas – São Paulo – Brasil
eric@puc-campinas.edu.br

Resumo – Este artigo apresenta uma proposta de solução para otimização e tolerância a falhas para uma Rede de Sensores Sem Fio, que são redes próprias para coletar dados em ambientes inóspitos, hostis, de difícil acesso ou de custo de infraestrutura elevados. Essas redes tem atualmente muitas restrições em seu tempo de vida, dada a pouca autonomia da carga de suas baterias, destaca-se, portanto, a importância de sua otimização. Discute-se também a importância da redundância de recursos para garantia de coleta de dados. A solução proposta é uma implementação factível e de baixo custo, como considera-se que deva ser uma rede para esses fins e com essas características.

Palavras-chave: Otimização, Tolerância a Falhas, Rede de Sensores Sem Fio.

Introdução

Redes de Sensores Sem Fio (RSSF) são redes formadas com o objetivo de coletar e transmitir dados, geralmente em ambientes com pouca ou nenhuma infraestrutura de energia e dados, muitas vezes de difícil acesso e manutenção. Para atender a essas características seus dispositivos são compostos basicamente de uma unidade de processamento, memória, bateria e rádio. Esses elementos somados a um ou mais transdutores formam o que chamamos de sensor. Os transdutores são interfaces analógicas ou digitais responsáveis pela aquisição de dados, que representam o estado de uma variável em medidas elétricas. Em certos casos, são necessários circuitos conversores de sinal para adequar as medições coletadas em escalas passíveis de serem tratadas e transmitidas. A característica de ser sem fio, e portanto, autônomo em relação a uma infraestrutura cabeada é dada pelo rádio e, neste estudo particularmente, a presença de baterias. Estas últimas limitam o tempo de vida do nó que alimentam. Quando o nó faz o papel de repetidor, a questão do limite do seu tempo de vida torna-se ainda mais crítica, porque existem diversos outros nós que dele dependem para transmitir seus dados, e sua inatividade significa a interrupção da transmissão dos mesmos.

Esta é a razão da decisão de dispor de forma redundante [1], nesses pontos críticos, mais nós repetidores, com o objetivo de garantir que os caminhos necessários para que os dados cheguem à unidade base não se interrompam, seja pelo fim da bateria, que é o recurso mais escasso do sensor, ou por qualquer tipo de falha que o mesmo possa sofrer.

A existência de nós que concentram o roteamento, denominados *Cluster Heads*

(CH), é devido à distância limite de alcance do sinal dos sensores, que em campo aberto, segundo o fabricante do modelo utilizado para este estudo, é de, aproximadamente, 100 metros. Portanto, em alguns casos, é necessário fazer a comunicação dividindo-se a distância a ser vencida em pequenos saltos, por meio de um ou vários CHs.

Outro motivo para a existência de CHs[2] é o fato de a transmissão e recepção de dados serem preponderantes no consumo de energia. E esse custo de comunicação é maior conforme aumenta a distância entre os nós. Assim, uma topologia que encurte distâncias pode reduzir os gastos de energia, e por conseguinte aumentar o tempo de vida da rede.

Existem soluções, para prolongar a vida de uma RSSF, baseadas em informações compartilhadas de estoque de energia remanescente nos CHs. Aqueles CHs que atingirem determinado patamar mínimo de energia avisariam os demais nós que não mais poderiam exercer essa função [3] [4]. O problema dessa solução é que requer uma quantidade maior de medições do estado da bateria e também de troca de avisos entre os nós da rede, além de exigir uma maior inteligência e maior processamento dos nós coletores de dados, aqui denominados *End Devices* (ED). Porque os mesmos ficam com a incumbência de direcionar seus quadros para o seu respectivo CH.

O objetivo principal deste estudo é permitir o pleno funcionamento de toda a rede pelo maior tempo possível. Para tanto, é preciso fazer com que as rotas, que definem os caminhos por onde os EDs irão transmitir seus dados até a base, permaneçam ativas. Caso um nó, que tenha a função de roteamento pare, é preciso que outro nó assuma suas atividades, ou seja, haja uma tolerância a falhas para manter as rotas da rede. Evitando-se assim a formação de nós órfãos [5], cuja ocorrência acontece quando os nós que fazem o roteamento de uma dada parte da rede ficam inativos prematuramente.

Na solução aqui apresentada, pretende-se, também, obter maior tempo de vida da rede com menor custo de programação e processamento dos EDs. Porque o CH é que irá decidir quais quadros serão por ele retransmitidos, baseando-se na origem dos mesmos, ou seja, se um quadro veio encaminhado por um nó pertencente ao seu *cluster*, ou mesmo, pertencente a um outro *cluster*, cujo CH foi identificado como inativo.

Considerando-se que os CHs e seus pares (backups) tem visada para os nós que os mesmos irão atender, independentemente de os quadros a ele serem direcionados, primeiro recebem-se os quadros, para depois, se for o caso, descartá-los. Nestes casos, o custo maior, que é o da recepção, irá acontecer inevitavelmente, portanto, a solução apresentada não irá incrementar significativamente o gasto de energia dos CHs.

Solução Proposta

Neste estudo, os CHs terão uma lista dos nós, que cada um irá atender, bem como a de seus pares (backups). Caso um pacote que um CH receba pertença a sua lista, o mesmo será retransmitido, após a devida identificação deste CH, que é o responsável pela retransmissão, ser adicionada a esse quadro. Assim todos os quadros que vierem identificados como retransmitidos indicam que não precisam mais ser retransmitidos, pois já o foram, e também indicam que o CH que o identificou está ativo.

Caso um quadro venha sem identificação de retransmissão, e portanto, ainda não foi retransmitido é necessário verificar se o CH responsável pelo nó de origem desse quadro ainda está ativo.

O procedimento para se saber se um CH está ativo ou não é a vinda de um quadro por ele identificado. Como a transmissão de dados pelos EDs costuma acontecer em intervalos regulares, existe uma expectativa da vinda desses quadros identificados, pelo seu respectivo CH, nesses mesmos intervalos. Assim, a ausência de quadros identificados, por períodos que excedem esses intervalos regulares, indicam a inatividade desse CH específico. E conseqüentemente, a necessidade de se assumir a responsabilidade de retransmitir os quadros cuja origem seja do *cluster* do CH supostamente inativo, cumprindo a função de tolerância a falhas.

Esta proposição tem as seguintes vantagens:

1. Liberar o ED da tarefa de se comunicar com a rede na busca de informações sobre rotas e alternativas de rotas.
2. Diminuir a troca de mensagens para determinação e identificação de CHs.
3. Caso um CH inativo volte a operar, esta nova situação será constatada por seu substituto (backup), que deixará de atender a esse *cluster* específico, cujo CH teve uma falha momentânea sanada.

Metodologia

Para o desenvolvimento da solução proposta foram utilizados módulos *Xbee series 1* e microcontroladores 12F675 da Microchip para cada nó, conforme Figura 1.

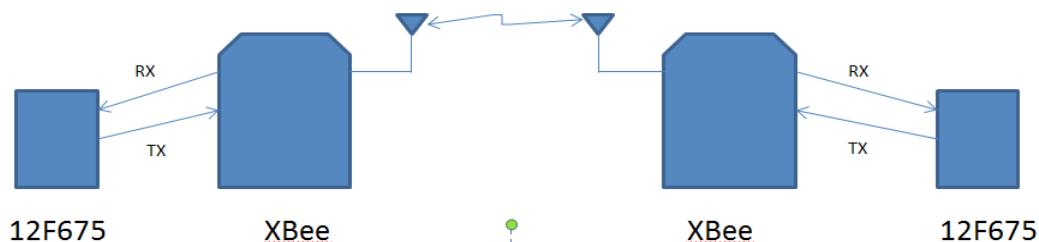


Figura 1 - Principais componentes dos nós sensores e seu esquema de comunicação.

A utilização do microcontrolador deve-se ao fato de os módulos *Xbee series 1* somente formarem redes ponto e multiponto, ou seja, não possuem *firmware* nativo para redes *mesh*. Sendo que as redes tipo *mesh* costumam apresentar maiores possibilidades de caminhos alternativos, que são essenciais para contornar falhas. Assim, nesta solução, os módulos *Xbee* funcionam apenas como transceptores e todas as funções de coleta de dados, contagem de tempo e tomada de decisões sobre descartes e transmissões ficam a cargo dos microcontroladores, que são fáceis de programar e tem custo reduzido.

A Figura 2 representa o ambiente de testes da solução proposta. É composta por dois CHs, na ausência do CH1, o CH2 assume a transmissão dos quadros do ED1, e obviamente na ausência do CH2, o CH1 passa a transmitir os quadros do ED2.

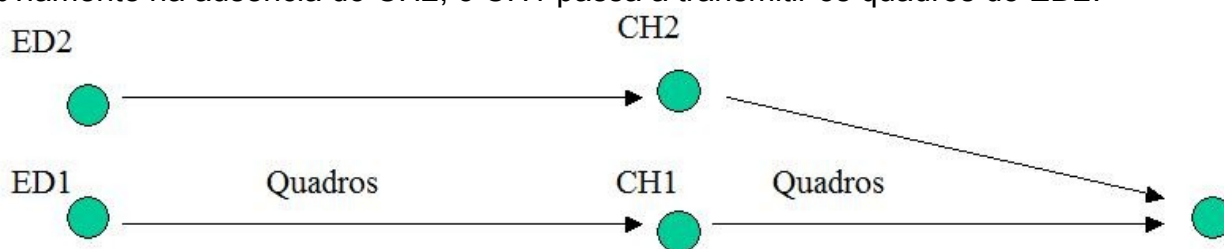


Figura 2 – Esquema do ambiente de testes da solução apresentada.

A Figura 3 representa a topologia para a coleta de dados de um vaporímetro¹, entre outros dados ambientais, cujo ED mais distante fica aproximadamente a 400 metros da estação base. Essa necessidade específica para aquisição de dados propicia as condições necessárias para a validação da proposta apresentada em relação à otimização do tempo de vida da rede.

Resultados

Considerando-se que este estudo ainda está em sua fase inicial, somente foi possível constatar, até o presente momento, sua eficácia no contorno de situações de falhas. Evitando-se a formação de nós órfãos, bem como a possibilidade do retorno da rede à sua configuração original, quando do retorno à atividade de um CH que teve seu

¹ O vaporímetro é um instrumento por meio do qual é possível medir níveis de evaporação da água.

funcionamento interrompido propositalmente.

A questão da otimização será validada futuramente, quando uma rede será montada para coleta de dados ambientais.

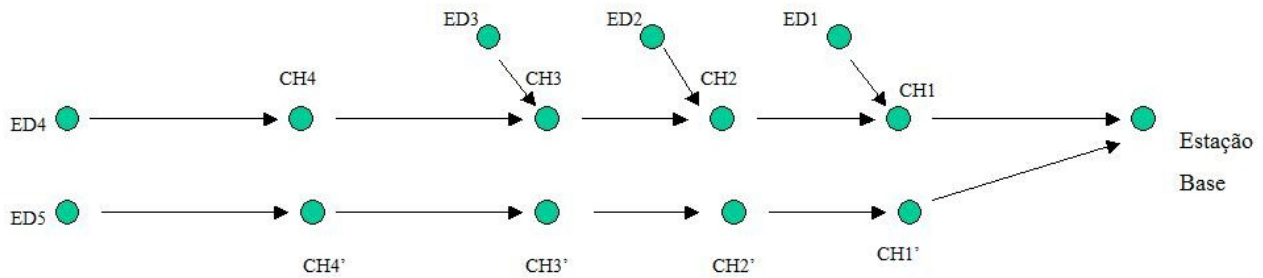


Figura 3 – Topologia para validação da proposta apresentada

Conclusões

A estratégia apresentada neste artigo permite contornar falhas nos CHs mediante a utilização de rotas alternativas que são ativadas dinamicamente.

Este trabalho encontra-se em andamento, e deve direcionar-se para a comprovação de aumento do tempo de vida de uma RSSF, que a proposta apresentada pode dar, possivelmente aliando-a a outras medidas, tais como utilização das funções de dormência dos módulos sensores, programação linear para otimização da distribuição da carga de retransmissões entre os CHs e soluções de melhoria na topologia e formação de clusters, de forma a encurtar as distâncias entre os CHs e os EDs e, portanto, consumir menos energia, entre outras.

Agradecimentos ao Prof. Dr. Omar Carvalho Branquinho e à Adriana Gama Campagnuci por discussões esclarecedoras.

Referências

- [1] Lakshmipathi R., Chandrasekaran M., Senthilkumar J., Mohanraj V., Suresh Y., (2010) “Back Up Cluster Head Determination in Wireless Sensor Routing Using Supervisory Selection Time Approach”, Volume 2, No. 2, pp. 227-230
- [2] Zahmati Amir Sepasi, (2007) “EPMPLCS: An Efficient Power Management Protocol with Limited Cluster Size for Wireless Sensor Networks” Proc. 27th International Conference on Distributed Computing Systems (ICDCS), submitted for publication.
- [3] Ke Li, (2009) “Better Power Management of Wireless Sensor Network”, IEEE Conferences, pp.103-106
- [4] Hacène Fouchal, (2009) “A Distributed Power Management Optimisation in Wireless Sensors Networks”, IEEE Conferences, pp.763-769
- [5] Ines Slama, (2007) “Optimal Power management scheme for Heterogeneous Wireless Sensor Networks: Lifetime Maximization under QoS and Energy Constraints, IEEE Conferences, pp.69

Contato

Inácio Henrique Yano, Analista de Gestão de Redes e Segurança da Informação da Embrapa Informática Agropecuária – Av. André Tosello, 209 – Campinas/SP
Tel.: (19)3211-5768 – Email: inacio.hy@puccampinas.edu.br