

Otimização de rede de sensores sem fio através de algoritmo de codificação de rede

Jéssica Bartholdy Sanson, Natanael Rodrigues Gomes, Renato Machado, Andrei Legg, Dimas Irion Alves

Resumo—Uma rede de sensores sem fio é um tipo de rede ad hoc que pode ser usada para monitorar uma variedade de características ambientais em diversos domínios com propósitos, por exemplo, militares, ambientais, etc. Um problema típico dessas redes é como coletar e enviar o histórico de informações de todos os nós sensores da rede para a estação base. Neste trabalho são comparadas duas técnicas, usando codificação de rede, para reduzir o número total de transmissões em redes de sensores e o tempo de transmissão, resultando em uma rede mais eficiente. Duas configurações de codificação de redes são implementadas e os resultados comparados com aqueles de uma rede que usa uma simples transmissão por difusão.

Palavras-Chave—Codificação de Rede, Redes de Sensores Sem Fio, Transmissão de Dados.

Abstract—A wireless sensor network is a kind of ad hoc network that can be used to monitor a variety of environmental characteristics in various fields with, for instance, military purposes, environmental purposes, etc. A typical problem of these networks is how to collect and send historical information from all network sensor nodes to the base station. In this work are compared two techniques using network coding to reduce the total number of transmissions in sensor networks and the transmission time, resulting in a more efficient network. Two network coding configurations are implemented and the results are compared to those of a network that uses a simple broadcast transmission.

Keywords—Network Coding, Wireless Sensor Network, Data Transmission.

I. INTRODUÇÃO

A topologia das redes de sensores sem fio consiste em múltiplas fontes e uma estação base de recepção. Isso faz com que surjam problemas como, congestionamento de dados e recursos limitados. Consequentemente, é importante aplicar técnicas para redução dos dados para que menos bits sejam transmitidos pelo meio sem fio [1]. A codificação de redes é uma técnica que pode ser utilizada para isso. A técnica permite que os nós da rede combinem algebricamente, através da operação “ou exclusivo” (XOR), representada pelo símbolo “ \oplus ”, os pacotes recebidos, produzindo novos pacotes [2]. Tal estratégia permite reduzir congestionamentos, e assim aumentar a capacidade e velocidade de transmissão da rede, além de simplificar significativamente seu funcionamento, dispensando o uso de algoritmos de roteamento complexos, uma vez que os nós sensores têm recursos computacionais bastante limitados.

Jéssica Bartholdy Sanson, Natanael Rodrigues Gomes, Renato Machado e Dimas Irion Alves Departamento de Eletrônica e Computação, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria-RS, Brasil, E-mails: jessikbs.37@hotmail.com, natanael.rgomes@gmail.com, renatomachado@ufsm.br, dimasirion977@gmail.com. Andrei Legg, Laboratório de Ciências Espaciais de Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria-RS, Brasil E-mail: andrei.legg@gmail.com.

II. CODIFICAÇÃO DE REDE

Algumas das vantagens da codificação de rede foram introduzidas em termos de vazão em uma rede borboleta [1], conforme ilustra a Fig. 1. Para transmitir um bit “A” e um bit “B” aos nós receptores R_1 e R_2 , se apenas o roteamento fosse permitido, seriam necessários dois instantes de tempo. Em contraste, com codificação de rede, há a possibilidade de processamento no nó intermediário “X” (operação XOR) dos bits recebidos. Tal processamento permite a recepção dos bits “A” e “B” em um único instante de tempo. O nó R_1 , que recebe os bits A e $A \oplus B$, obtém B calculando $A \oplus (A \oplus B) = B$. Analogamente, o nó R_2 também é capaz de decodificar A e B [3]. Assim, há um benefício em termos de taxa de transmissão quando se permite o processamento de informação pelos nós intermediários da rede, justificando o uso de codificação de rede [4].

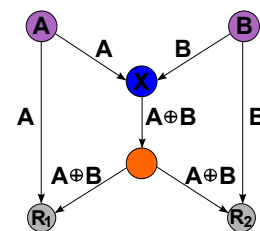


Fig. 1. Representação da Rede Borboleta

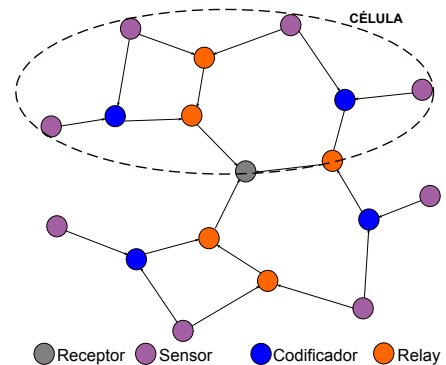


Fig. 2. Representação da Rede de Sensores

III. METODOLOGIA

Neste trabalho emprega-se o processo de codificação utilizado em redes borboletas para se obter um aumento da taxa de transmissão de dados em redes de sensores sem fio. Os nós dessas redes são implantados de forma sistemática e

distribuída visando uma codificação eficiente da informação dos nós sensores por nós intermediários denominados codificadores. Em razão desta implantação, para fins de comparação, foram considerados dois tamanhos diferentes de rede, um com grande número de nós, denominado rede tipo B e outro com um número menor de nós, denominado rede tipo A. Além de nós sensores, as redes apresentadas neste trabalho são formadas por nós intermediários denominados *relays*, os quais retransmitem a informação de outros nós em direção a estação base. Há *relays* que realizam a operação XOR dos dados recebidos e por isso são denominados codificadores. As simulações foram realizadas em software matemático, onde se trabalhou com taxas de transmissão e quadro de dados normalizados. Limitou-se os nós da rede a 3 conexões em cada instante de tempo, como pode ser visto na Fig. 2.

IV. SIMULAÇÃO DAS REDES DE SENSORES

Foram simuladas duas técnicas de codificação considerando os nós *relays*, denominadas respectivamente, técnica 1 e técnica 2. A técnica 1 apresenta os nós codificadores processando dados de um par de nós sensores. Nessa técnica, apenas um único sensor envia informação há um nó *relay* e a um nó codificador, como pode ser visto na Fig. 3. A informação desse sensor (assinalado na Fig.3) é utilizada para decodificar os dados de toda a rede. Na técnica 2, a rede é representada por células, uma dessas células está assinalada em linha tracejada na Fig.2. Em cada célula a informação é processada de forma similar aquela da rede borboleta. Há um nó codificador que processa a informação de um par de sensores, enquanto um dos sensores do par transmite sua informação a um nó *relay*. Uma diferença entre as duas técnicas, é que a técnica 2 suporta mais sensores que a técnica 1, devido a limitação do número de conexões nos nós, porém as informações levam mais tempo pra chegar ao receptor.

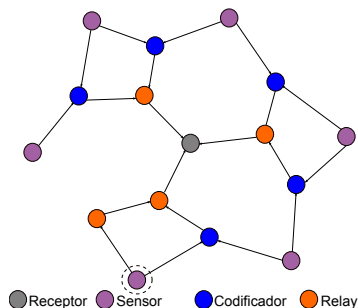


Fig. 3. Representação da Rede de Sensores Utilizando a Técnica 1

V. RESULTADOS

Na Tabela 1 estão os resultados referentes às três redes de sensores: (1) sem codificação; (2) considerando a técnica 1 e (3) considerando a técnica 2. Na análise dos dados são empregadas as seguintes definições: *ciclo* é o intervalo de tempo no qual chega ao nó receptor as informações de todos os sensores; *atraso de transmissão* é o tempo necessário para uma informação ser transmitida entre dois nós; *NN* é o número de nós da rede; *B* é a quantidade de dados que chega ao receptor

TABELA I
COMPARAÇÃO DE RESULTADOS DAS 3 TÉCNICAS

Rede Tipo A	NN	B	AT	NT	T
Sem codificação.	18	8	5	24	0.08889
técnica 1	16	9	4	18	0.11250
técnica 2	18	8	5	24	0.08889
Rede Tipo B	NN	B	AT	NT	T
Sem codificação.	38	16	8	64	0.05263
técnica 1	34	15	7	48	0.05514
técnica 2	38	19	9	64	0.0625

durante o tempo necessário à rede sem codificação completar um ciclo; *AT* representa quantos atrasos de transmissão a rede precisou para completar seu ciclo; *NT* é a quantidade de transmissões necessárias para completar um ciclo; *T* é a taxa de transmissão dada em bits/nós/tempo.

A técnica 1 se mostra mais eficaz para um tamanho de rede do tipo A. Em outras palavras, ela tem uma taxa de transmissão maior, necessita de menos transmissões para que a informação chegue a estação base e menos nós na rede, o que leva a uma economia de energia e tempo na transmissão das informações. A técnica 2 não apresenta vantagens em relação a redes do tipo A sem codificação. Já para uma rede do tipo B, vemos que a técnica 1 tem um menor desempenho, porém melhor que a técnica sem codificação. No entanto, a técnica 2 começa a ter maior vantagem em relação as outras duas, apresentando uma maior taxa de transmissão e diminuindo a quantidade de transmissões utilizadas em razão do número de informações que chegam a estação base. Tal desempenho aumenta conforme o tamanho da rede aumenta, demonstrando-se uma técnica com bom rendimento para redes grandes.

VI. CONCLUSÕES

Com o presente trabalho verifica-se que a codificação de redes aplicada à redes sem fio, através das duas técnicas implementadas, apresenta vantagens em relação a técnica de transmissão convencional (sem codificação). A técnica 1 apresentou bom desempenho em redes de pequeno porte. Esta técnica permite a compressão lógica dos dados, permitindo a concatenação dos dados no percurso em direção ao nó controlador nos pontos de agregação. Porém, conforme aumenta-se o tamanho da rede, a técnica 1 vai se mostrando menos eficiente. Em oposição, a técnica 2, que em redes pequenas não apresentava vantagens, tem seu desempenho melhorado a medida que aumenta-se o tamanho da rede. Isso se deve ao número de colisões na rede, ou seja, em uma rede sem codificação há maior número de colisões do que em uma com codificação de rede.

REFERÊNCIAS

- [1] N. Jain, S. Sharma e S. Sahu, "Efficient Flooding for a Large Sensor Networks Using Network Coding," *International Journal of Computer Applications*, v. 30, no.9, September 2011.
- [2] J. L. Rebelatto, *Codificação de Rede Baseada em Códigos Corretores de Erros Clássicos*. Universidade Federal de Santa Catarina, 2010.
- [3] R. W. da Nóbrega, *Códigos de Subespaço aplicados a Codificação de Rede*. Universidade Federal de Santa Catarina, 2009.
- [4] R. Ahlswede, S. Y. R. Li, R.W. Yeung, "Network Information Flow," *IEEE Transactions on Information Theory*, Vol.46, No. 4, 2000.