

Estudo sobre Estabilidade de Rotas em Redes Corporais Sem Fio

Vinicius C. Ferreira, Débora C. Muchaluat-Saade, Célio V. N. de Albuquerque

¹Laboratório MídiaCom – Universidade Federal Fluminense (UFF)
Niterói – RJ – Brasil

{vferreira, debora, celio}@ic.uff.br

Resumo. *Redes Corporais Sem Fio (Wireless Body Area Networks – WBANs) são projetadas para monitorar sinais vitais e parâmetros ambientais próximos ao corpo, utilizando comunicação sem fio. A confiabilidade, estabilidade da comunicação e tempo de vida útil da rede são vitais neste cenário. Assim, protocolos de comunicação de múltiplos saltos são utilizados como uma estratégia de aprimoramento do desempenho dessas redes. Entretanto, para que esse fim seja atingido, os protocolos devem estar adequados ao dinamismo requerido pelo cenário de WBANs. Este trabalho realiza um estudo sobre estabilidade de rotas formadas por um protocolo de roteamento dinâmico em WBANs, através de simulação.*

1. Introdução

A fim de explorar plenamente o uso das tecnologias sem fio na telemedicina, um novo tipo de rede sem fio emergiu: as redes corporais sem fio ou *Wireless Body Area Networks* - (WBANs) [Movassaghi et al. 2014]. Uma WBAN consiste em pequenos dispositivos inteligentes conectados sobre a pele ou implantados no corpo que são capazes de trocar dados através da comunicação sem fio. Esses dispositivos podem fornecer monitoramento contínuo da saúde e *feedback* em tempo real de um usuário.

Os requisitos rigorosos das WBANs impõem certas restrições na concepção de seu protocolo de roteamento que leva a novos desafios, como a propagação no meio sem fio dinâmico, movimentos posturais do corpo, limitações de recursos dos sensores, ambiente heterogêneo, tempo de vida da rede e interferências do funcionamento da rede no corpo humano [Movassaghi et al. 2014].

A comunicação por múltiplos saltos tem sido alvo de investigação para superar tais restrições. Uma análise prévia da utilização do protocolo AODV (*Ad hoc On-Demand Distance Vector*) [Perkins et al. 2003] no cenário WBANs foi realizada em [Ferreira et al. 2017]. No presente trabalho, é apresentado um estudo complementar sobre estabilidade de rotas do AODV nesse cenário.

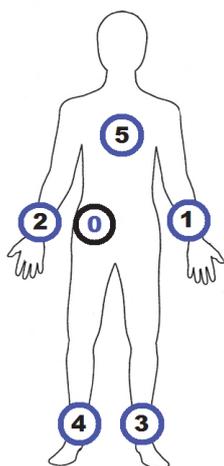
As demais seções estão organizadas da seguinte maneira. A Seção 2 detalha a proposta e faz uma breve explanação sobre o cenário e protocolo utilizados na avaliação. A Seção 3 apresenta uma avaliação dos resultados obtidos no cenário explicitado. Já na Seção 4, constam as considerações finais, os próximos passos a serem seguidos e as conclusões obtidas.

2. Metodologia

O cenário avaliado se trata de uma rede corporal sem fio, utilizada para monitorar os sinais vitais de um indivíduo. A rede consiste em um nó coordenador, denominado nó 0 e cinco nós sensores, numerados de 1 a 5, distribuídos conforme a Figura 1(a). Os nós sensores enviam periodicamente suas medições ao nó coordenador.

As configurações do cenário foram mantidas da avaliação anterior [Ferreira et al. 2017], as quais são:

- Utilizou-se, como modelo físico de perda de caminho, variação temporal do canal e mobilidade baseados em medidas experimentais [Smith et al. 2010].
- As configurações de camada física e MAC utilizadas foram as descritas no padrão IEEE 802.15.6 [IEEE Std 802.15.6 2012] e utilizaram-se apenas os aspectos da transmissão em banda estreita do padrão.
- O protocolo de roteamento utilizado foi o AODV [Perkins et al. 2003].



(a) Nós.

Taxa de entrega de pacotes dos nós - Nó transmissor (linha) x Nó receptor (coluna)

	nó 0	nó 1	nó 2	nó 3	nó 4	nó 5
nó 0	-	63,80 ± 0,79	97,05 ± 0,19	48,10 ± 1,11	77,20 ± 0,77	58,60 ± 0,92
nó 1	68,35 ± 0,92	-	81,70 ± 0,53	81,85 ± 0,74	60,80 ± 0,93	42,60 ± 1,22
nó 2	97,55 ± 0,13	81,70 ± 0,68	-	60,25 ± 0,93	73,90 ± 0,95	37,20 ± 0,60
nó 3	57,75 ± 0,91	78,90 ± 0,75	59,55 ± 0,95	-	85,85 ± 0,43	26,70 ± 0,68
nó 4	75,10 ± 0,89	57,85 ± 1,19	76,50 ± 0,68	86,25 ± 0,45	-	25,35 ± 0,97
nó 5	59,70 ± 0,82	40,35 ± 1,03	38,10 ± 1,02	28,55 ± 0,93	27,95 ± 0,82	-

(b) Qualidade dos enlaces

Figura 1. Topologia da rede e medida de qualidade dos enlaces.

Um teste inicial foi realizado para averiguar a qualidade dos enlaces entre os nós. Nesse teste, houve a transmissão de 100 pacotes de cada nó a todos os demais, o teste foi realizado 20 vezes e os resultados de taxa de entrega de pacotes, percentual de pacotes recebidos pelo coordenador, estão dispostos na Figura 1(b) com um intervalo de confiança de 95%. Desse teste, observamos que os nós 3 e 5 possuem enlaces diretos ao nó coordenador (nó 0) de mais baixa qualidade, apenas cerca de 60% dos pacotes foram recebidos pelo coordenador. Portanto, serão feitos dois testes utilizando tais nós como nós transmissores um em cada rodada, para avaliar a formação de rotas com múltiplos saltos excluindo o impacto das colisões e carga gerada por outros nós na rede.

Outro fato interessante de ser observado nesse teste inicial é a baixa variabilidade na qualidade dos enlaces. Esse fato pressupõe que o cenário possui uma certa estabilidade em suas possíveis rotas. Caso os enlaces de melhor qualidade sejam empregados na formação de rotas teremos: a partir do nó 3 a utilização do nó 4 como retransmissor; a partir do nó 5 salto direto ao nó 0.

O protocolo de roteamento AODV é um protocolo reativo, ou seja, cria suas rotas apenas quando há uma demanda. Assim, quando há necessidade de encaminhar um pacote a um nó destinatário que não consta em sua tabela de rotas, inicia-se um processo de descoberta de rotas. Neste processo de descoberta, pacotes de requisição de rota são enviados em broadcast e retransmitidos até o destino. Quando o pacote encontra o destinatário, uma resposta de rota é enviada para o remetente utilizando o mesmo caminho. A rota registrada é então adicionada à tabela de rotas.

Há também um mecanismo de manutenção de rotas, no qual pacotes são enviados periodicamente aos nós vizinhos para verificar se estão ativos. Nas simulações executadas, esta periodicidade é de 25 segundos. Caso não se verifique o pacote de manutenção de rotas durante um tempo máximo de validade da rota, todas as rotas em que o nó era utilizado são invalidadas. O tempo de validade de rota utilizado foi de 60 segundos. Ao se detectar uma rota rompida, um alerta de ruptura de rota é gerado e enviado ao remetente, enquanto esta rota é removida da tabela de rotas de todos os nós no caminho. Após a ruptura, uma nova etapa de descoberta de rotas deverá ser realizada caso haja um destinatário que utilize a rota excluída.

Definidos então o cenário, o comportamento esperado das rotas e o funcionamento do protocolo utilizado, os resultados dos testes realizados são descritos na próxima seção.

3. Resultados

Os testes foram iniciados utilizando o nó 3 como nó transmissor. O tempo de execução deste teste foi de 30 minutos, e realizaram-se 20 rodadas. Em todas as 20 execuções, o nó 3 utilizou três possíveis rotas, (1) comunicação direta com o nó 0, (2) salto através do nó 4 e (3) salto utilizando o nó 1 como retransmissor para seus pacotes, conforme ilustrado na Figura 2.

A Rota 1 foi a rota preferencial, sendo utilizada em 69,68% do tempo total simulado. Já as rotas 2 e 3 foram utilizadas 15,32% e 15% respectivamente. Portanto, o critério de percurso com enlaces de melhor qualidade esperado não foi respeitado em todas as rodadas. Isso se deve a ausência de uma métrica de qualidade no roteamento e ao funcionamento do protocolo AODV que escolhe a rota encontrada mais rapidamente. Pode-se observar que, uma vez formada uma rota, a mesma não se alterava, ratificando a ideia de baixa variabilidade do meio em questão, com rotas sendo formadas e mantidas.

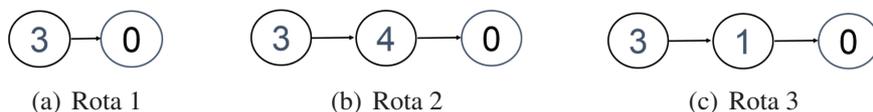


Figura 2. Rotas formadas para transmissões do nó 3.

No teste utilizando o nó 5 como transmissor, o seu enlace de comunicação direta para o nó coordenador 0 foi utilizado majoritariamente em todas as rodadas durante toda a execução. Por alguns breves momentos, os nós 2, 3 e 4 foram utilizados como retransmissores. Assim, as rotas formadas estão representadas na Figura 3. As rotas 1, 2, 3 e 4, permaneceram por 97,14% do tempo, 1,31% do tempo, 0,94% do tempo e 0,56% do tempo, respectivamente.

Estas rotas mais longas, de baixa qualidade, eram formadas no início das rodadas e permaneciam ativas por poucos minutos, entre 1,5 e 8,5 minutos. Portanto, neste caso, apesar de não evitar inicialmente as rotas de pior qualidade, os piores enlaces eram descartados com o tempo devido às perdas de pacotes. Assim, em um curto prazo, o enlace de melhor qualidade era utilizado e mantido ao longo das simulações.

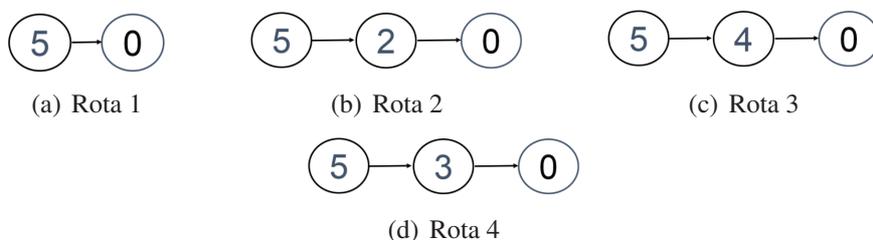


Figura 3. Rotas formadas para transmissões do nó 5.

4. Conclusões

O trabalho apresentou um estudo de estabilidade de rotas em redes corporais sem fio, utilizando um cenário baseado em dados reais, sob os quais foram feitas diversas rodadas de simulação. Após a realização de testes que mediram a qualidade dos enlaces e a formação das rotas em uma WBAN, utilizando um protocolo de roteamento reativo e dinâmico, pode-se concluir que: as rotas possuem uma certa estaticidade devido a estabilidade da qualidade dos enlaces no cenário apresentado e há uma necessidade de utilização de uma métrica de qualidade para formação de rotas, para que as rotas com menor taxa de entrega sejam evitadas.

Como trabalho futuro, será proposto um novo protocolo de roteamento para WBANs que permita melhorar o desempenho da rede através de comunicação sem fio por múltiplos saltos.

Referências

- Ferreira, V. C., Seixas, F. L., Muchaluat-Saade, D. C., and de Albuquerque, C. V. N. (2017). Análise do protocolo aodv para roteamento em wireless body area networks. In *Anais do VII Simpósio Brasileiro de Engenharia de Sistemas Computacionais (SBESC)*, pages 1–8.
- IEEE Std 802.15.6 (2012). IEEE Standard for Local and metropolitan area networks - Part 15.6: Wireless Body Area Networks. Standard, Institute of Electrical and Electronic Engineers, New York, USA.
- Movassaghi, S., Abolhasan, M., Lipman, J., Smith, D., and Jamalipour, A. (2014). Wireless body area networks: A survey. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 16(3):1658–1686.
- Perkins, C., Belding-Royer, E., and Das, S. (2003). Ad hoc on-demand distance vector (aodv) routing. Technical report.
- Smith, D. B., Miniutti, D., Hanlen, L. W., Rodda, D., and Gilbert, B. (2010). Dynamic narrowband body area communications: Link-margin based performance analysis and second-order temporal statistics. In *2010 IEEE Wireless Communication and Networking Conference*, pages 1–6. IEEE.