

Avaliação em Testbed do Módulo de Monitoramento de Métricas de Desempenho do Arcabouço IT-SDN

Bruno Macedo Sanches, Gustavo A. Nunez Segura e Cintia Borges Margi

Resumo—Redes de sensores sem fio definidas por software (SDWSN) surgiram com o objetivo de solucionar problemas em redes de sensores sem fio, tais como escalabilidade e configuração e controle da rede. Este artigo avalia a coleta de dados de monitoramento em SDWSN utilizando o arcabouço IT-SDN. Métricas de atraso e taxas de entregas foram coletadas de simulações e testbeds usando dispositivos TelosB. Os resultados mostram similaridades das taxas de entrega para as simulações e as testbeds, e atrasos maiores na testbed, principalmente causados pela conexão serial entre os sensores e os computadores.

Palavras-Chave—Redes de Sensores sem fio, Redes definidas por software, IT-SDN, Monitoramento.

Abstract—Software defined wireless sensor networks (SDWSN) were proposed to solve problems in wireless sensor networks, such as scalability, and network management and configuration. This paper evaluates data monitoring collection in SDWSN using the IT-SDN framework. Data delay and delivery rate metrics were collected from both simulations and testbed experiments using TelosB devices. Results show that the delivery rate is similar for both simulations and testbed experiments, while the delay is higher in the testbed, mainly due to the serial connection between the sensor nodes and the computers.

Keywords—Wireless sensor networks, Software defined networks, IT-SDN, Monitoring.

I. INTRODUÇÃO

Redes de sensores sem fio são essenciais para diversas aplicações que buscam conhecimento do ambiente, tais como reconhecimento e monitoramento ambiental e industrial. O paradigma de redes definidas por software (SDN) aplicado a redes de sensores sem fio surgiu frente à necessidade de se obter um melhor aproveitamento da rede, através da otimização do roteamento, gerenciamento de nós e da rede, e flexibilidade [3]. O IT-SDN [2] é um arcabouço para redes de sensores sem fio definidas por software (SDWSN), que possui separação de seus componentes: *southbound (SB)*, *neighbor discovery (ND)* e *controller discovery (CD)* protocols.

O padrão RFC 7426 [4] define um plano de gerenciamento para as SDNs, com o objetivo de manter um correto funcionamento da rede. O gerenciamento da rede se baseia na coleta de métricas e tomadas de decisões sobre os dados obtidos, como atrasos na rede e consumo de energia dos dispositivos [5]. No IT-SDN foi proposta a coleta de métricas como o atraso de fila, número de pacotes enviados e energia disponível [6]. Os resultados indicaram que, nas simulações, o módulo de monitoramento não prejudica substancialmente o desempenho

Bruno Macedo Sanches, Gustavo A. Nunez Segura e Cintia Borges Margi, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo - SP, E-mails: {brunosanches, gustavoalonso.nunez, cintia}@usp.br. Bruno M. Sanches é bolsista CNPq (139464/2018-2).

da rede, porém os trabalhos realizados até o momento tratam apenas de redes simuladas em computador.

Neste artigo são apresentados os resultados de comparações entre experimentos feitos em testbeds e simulações. Com o objetivo de validar o monitoramento do IT-SDN, avaliam-se métricas de atraso de pacotes e taxas de entrega da rede.

II. MÉTODOS

Para a testbed, 10 nós foram dispostos em uma topologia linear conforme a Figura 1. O hardware usado foi o Crossbow TelosB, que conta com o modelo de rádio CC2420. A potência do rádio foi configurada para -25dbm. O arcabouço usado foi o IT-SDN versão 0.4, com parâmetros: (1) Tempo de retransmissão do controlador: 60 s; (2) Protocolo ND: *Collect-based*; (3) Frequência máxima de *neighbor reports*: 1/min; (4) Algoritmo de cálculo de rota e limite de cálculo: Dijkstra, 20%. O sistema operacional usado foi o Contiki 3.0, com o protocolo CSMA na camada MAC e protocolo *Radio duty cycle* (RDC) ContikiMAC. Cada experimento foi realizado em intervalos de 1h, todos os nós foram ligados em sequência e com intervalos entre 3 e 5 segundos.



Fig. 1. Topologia utilizada na testbed e nas simulações

Foram avaliados quatro casos descritos na Tabela I, onde apenas dois parâmetros variavam: a frequência de pacotes de monitoramento e o *reset* de informação dos nós (isto é, quantos pacotes de monitoramento o nó armazena). As simulações foram realizadas no simulador/emulador COOJA-Contiki com os mesmos parâmetros da testbed. A potência de transmissão foi escolhida de modo a obter uma rede linear no laboratório. Os parâmetros de Frequência de requisição e de Reset de informação são os mesmos dos experimentos realizados em [6], que utilizamos na comparação. Os demais parâmetros do IT-SDN seguiram os valores padrão.

TABELA I
CASOS ESTUDADOS

Caso	Frequência de requisição	Reset de informação
1	1/min	50
2	2/min	50
3	1/min	100
4	2/min	100

Foram coletadas métricas de atraso, taxa de entrega total (considerando pacotes de controle e de dados), e taxa de

entrega apenas de pacotes de dados. As métricas de atraso foram calculadas a partir da informação enviada ao controlador por meio do módulo de monitoramento e a informação que era impressa na saída dos nós (cada dispositivo foi ligado a um terminal para visualização de informações de execução dos programas), de modo a avaliar o impacto da perda de pacotes no cálculo dos atrasos. As métricas de taxa de entrega foram calculadas a partir da razão entre os pacotes recebidos e os pacotes enviados, a taxa de entrega total leva em conta pacotes enviados ao controlador e ao sink, a taxa de entrega de pacotes de dados leva em conta apenas pacotes enviados ao sink.

III. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As figuras 2, 3 e 4 mostram os resultados dos experimentos.

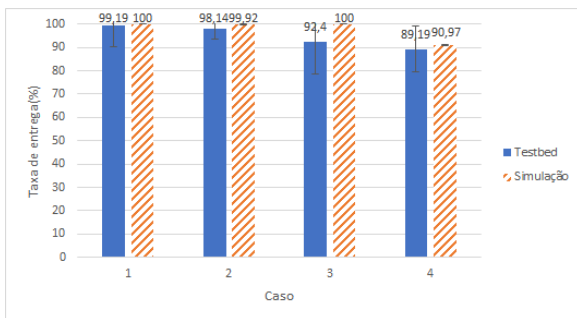


Fig. 2. Taxa de entrega calculada pela média das razões de pacotes de dados recebidos pelo sink e pacotes de controle recebidos pelo controlador e os enviados por cada nó.

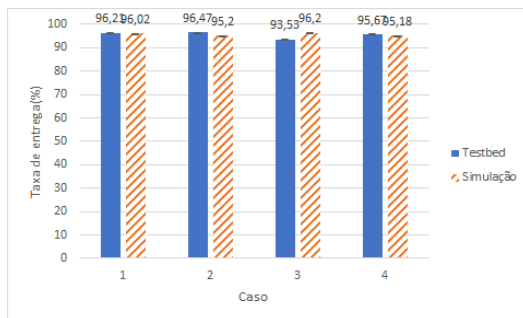


Fig. 3. Taxa de entrega calculada pela média das razões de pacotes de dados recebidos pelo sink e os enviados por cada nó.

Observando a Figura 2, nota-se que as taxas de entrega total e as taxas de entrega de dados para a testbed e para a simulação se aproximam, sendo as duas acima de 89% para os dois casos. Dentro do intervalo de confiança calculado para cada caso, os resultados estão comparáveis.

A Figura 3 mostra que a taxa de entrega dos pacotes de dados mantiveram-se próximas entre a testbed e a simulação, com pequenas diferenças ocasionadas por eventuais perdas de pacotes de dados.

Na Figura 4 observa-se que o atraso na testbed é maior que o atraso nas simulações para todos os casos. A principal razão desta diferença é que no caso da testbed existe uma comunicação serial entre os dispositivo sensor e o computador que tem um alto custo no atraso. Analisando os resultados

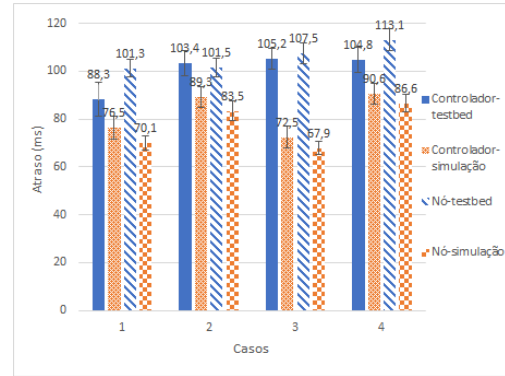


Fig. 4. Atrasos medidos na rede. Atraso controlador se refere ao atraso calculado com os pacotes recebidos pelo controlador, e atraso nó se refere aos calculados com os logs.

dos atrasos, existe uma diferença entre a média dos valores calculados a partir da informação enviada ao controlador e o valor calculado a partir da informação dos nós. Porém, a diferença não é significativa, estando dentro dos valores dos intervalos de confiança calculados para cada caso.

Resumindo, os resultados de taxa de entrega total (pacotes de controle e de dados) e taxa de entrega de pacotes de dados mostraram resultados similares na testbed e nas simulações. Os resultados de atraso mostram que a testbed tem um atraso maior que nas simulações, que é esperado pelo uso da comunicação serial sensor-computador.

IV. CONCLUSÃO

A partir da comparação de métricas de taxa de entrega e atraso em redes reais e simuladas validou-se o módulo de monitoramento para uma rede de dispositivos reais em 4 casos diferentes com alguns parâmetros de variação. Trabalhos anteriores verificaram a validade apenas para redes simuladas. Verifica-se que a introdução de mais pacotes na rede não afeta significativamente as métricas coletadas neste estudo, mas observou-se uma diferença nos resultados de atraso. Como trabalho futuro, pretende-se estudar métricas de consumo de energia dos dispositivos reais, e comparar com os resultados das simulações.

REFERÊNCIAS

- [1] Edgar H. Callaway Jr. *Wireless Sensor Networks: Architectures and Protocols*. 1. ed. Florida: CRC Press, 2004.
- [2] Renan Cerqueira Afonso Alves, Doriedson Oliveira, Gustavo Núñez, Cíntia B. Margi. *IT-SDN: Improved architecture for SDWSN*. Salão de Ferramentas - SBRC 2017.
- [3] Cíntia B. Margi. *Comunicação, segurança e gerenciamento em redes de sensores sem fio*. Tese de Livre-Docência. Universidade de São Paulo. 2015.
- [4] RFC 7426, Internet Research Task Force. *Software-Defined Networking (SDN): Layers and Architecture Terminology* RFC 7426. 2015
- [5] Chenhong Cao, Luyao Luo, Yi Gao, Wei Dong, Chun Chen. *TinySDM: Software Defined Measurement in Wireless Sensor Networks*. IPSN 2016.
- [6] Thamires C. Luz, Gustavo A. Nunez, Cintia B. Margi, Fabio L. Verdi. *In-network performance measurements for Software Defined Wireless Sensor Networks*. IEEE 16th International Conference on Networking, Sensing and Control (ICNSC), 2019.
- [7] A. Dunkels, B. Gronvall, and T. Voigt, *Contiki-a lightweight and flexible operating system for tiny networked sensors*. 29th Annual IEEE International Conference on in Local Computer Networks. 2004, pp. 455–462.