

Análise de Consumo Energético nas Transmissões NB-IoT de um Medidor Ultrassônico de Nível

Lucas A. Noce, Décio R. Faria, Reinaldo L. Abreu, Marina B. Macedo e Danilo H. Spadoti

Resumo—Este artigo apresenta uma análise do consumo de energia de um módulo SIMCom SIM7020, aplicado a um dispositivo de medição de nível ultrassônico. O estudo concentra-se em medir o consumo de energia do módulo durante a transmissão de dados via NB-IoT, considerando diferentes tamanhos e quantidades de pacotes enviados. O protocolo MQTT foi utilizado na transferência dos dados para uma plataforma online. Os dados obtidos mostram o impacto do tamanho e da quantidade de pacotes no consumo de energia do módulo NB-IoT, fornecendo, assim, informações importantes na otimização do uso eficiente de energia em implantações IoT semelhantes.

Palavras-Chave—Internet das Coisas, NB-IoT, SIM7020, MQTT, sensoriamento ultrassônico.

Abstract—This paper presents an energy consumption analysis of a SIMCom SIM7020 module, applied to an ultrasonic level measurement device. The study focuses on measuring the module's energy consumption during data transmission via NB-IoT, considering different sizes and number of packets. The MQTT protocol was used to transfer data to an online platform. The obtained data highlights the impact of packet size and quantity on NB-IoT module power consumption, providing valuable information to optimize power usage in similar IoT deployments.

Keywords—Internet of Things, NB-IoT, SIM7020, MQTT, ultrasonic sensing.

I. INTRODUÇÃO

Dispositivos de sensoriamento ultrassônico são capazes de gerar pulsos de ondas sonoras e medir com precisão o tempo decorrido até a recepção do eco do pulso enviado [1], permitindo realizar medições de distância sem contato físico direto com o objeto de estudo. Uma de suas aplicações é no monitoramento em tempo real (RTM) em equipamentos de drenagem urbana, como vertedores e reservatórios, para mensuração do nível, vazão e consequentemente, do balanço hídrico. Com isso, é possível otimizar a operação dos sistemas por controle em tempo real (RTC) [2], auxiliando no aumento da resiliência a eventos hídricos extremos. No entanto, uma vez que os sistemas de drenagem urbana são difusos, é necessário uma grande quantidade de dispositivos de monitoramento implementados para que o RTC seja eficiente. Assim, o desenvolvimento de sensores inteligentes de baixo custo se torna de fundamental importância.

Existem diversas tecnologias de transmissão de dados utilizadas no meio IoT. Atualmente, a NB-IoT e a LoRa estão entre as mais usadas devido às suas características de alcance, data rate, topologia e, principalmente, eficiência energética. Apesar de a LoRa geralmente apresentar melhor desempenho

com relação ao consumo [3], no presente trabalho foi escolhida a tecnologia NB-IoT (*Narrow-Band Internet of Things*) como forma de integração do dispositivo ultrassônico ao meio IoT. Trata-se de uma tecnologia de comunicação LPWA (*Low-Power, Wide Area*) baseada em redes celulares já existentes [4], que utilizam bandas de operação mais estreitas, possibilitando transmissões confiáveis de poucos bytes a longas distâncias e com baixo consumo de energia.

Neste estudo, foi utilizado o protocolo MQTT (*Message Queuing Telemetry Transport*), conhecido por sua arquitetura simples baseada em publicação e assinatura. O MQTT garante uma transmissão eficiente de dados [5] e também permite diversas configurações, como a QoS (*Quality of Service*), que oferece diferentes níveis de confirmação de recebimento do pacote transmitido. Além disso, a formatação dos dados em JSON (*JavaScript Object Notation*) facilita o tratamento dos dados recebidos do sensor, viabilizando a criação de *dashboards* e outros recursos de visualização. Assim, o objetivo deste trabalho é investigar o consumo energético do módulo NB-IoT SIM7020 durante a transmissão de dados, para aplicação no sensor de nível ultrassônico.

II. MATERIAIS E MÉTODOS

A. Descrição dos experimentos

Os experimentos foram realizados com um protótipo do dispositivo de medição de nível, que consiste em um microcontrolador ESP32 conectado a um sensor de temperatura DHT22 para correção do valor da velocidade do som, a um módulo de sensoriamento ultrassônico AJ-SR04M e, finalmente, a uma placa de desenvolvimento do módulo SIM7020, utilizada para realizar as transmissões via NB-IoT. Este protótipo possui um resistor *shunt* de $0,88 \Omega$ conectado em série à alimentação do módulo NB-IoT de modo que, a partir da medição da queda de tensão sobre o resistor, foi possível determinar o consumo de energia do módulo. Para efetuar essa medição, foi utilizado um osciloscópio Keysight InfiniiVision MSOX2002A, que gerou os arquivos CSV com os dados usados para as análises.

Para este estudo foram realizados cinco experimentos com configurações diferentes, cada um destes executado 20 vezes, visando uma melhor análise dos dados obtidos. Os três primeiros experimentos consistiram no envio de um único pacote de dados com tamanho variável (58, 144 e 256 bytes), enquanto nos outros dois foram enviados cinco pacotes em sequência com tamanhos 58 e 256 bytes. Os pacotes de dados foram enviados em formato JSON e por meio do protocolo MQTT para a plataforma online `tago.io`, facilitando a confirmação do envio de cada pacote, uma vez que o dispositivo foi configurado com QoS 0 (sem confirmação de recebimento) para garantir uma melhor performance do módulo [6].

Lucas Arturo Noce, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá-MG, e-mail: lucas.noce@unifei.edu.br; Décio Rennó de Mendonça Faria, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá-MG, e-mail: decioreno@unifei.edu.br; Reinaldo Lima de Abreu, IE Tecnologia Ltda., Itajubá-MG, e-mail: reinaldolabreu@gmail.com; Marina Batalini de Macedo, Instituto de Recursos Naturais, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá-MG, e-mail: marinamacedo@unifei.edu.br; Danilo Henrique Spadoti, Instituto de Engenharia de Sistemas e Tecnologias da Informação, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá-MG, e-mail: spadoti@unifei.edu.br.

B. Análise dos dados

Os dados obtidos durante os experimentos foram analisados por meio de um programa desenvolvido em Python, que calcula a potência instantânea (P) por meio dos valores da queda de tensão (V_R) sobre o resistor *shunt* (R) obtidos pelo osciloscópio para cada instante dos 20 ensaios de cada experimento, conforme eq. (1) e, então, calcula a potência média de cada ensaio [7]. Além disso, partindo da equação do efeito Joule (2), foi feita uma aproximação para o tempo discreto de amostragem (3), obtendo-se o valor médio de consumo de todos os ensaios, possibilitando a comparação dos resultados.

$$P(t) = V_{DD} \cdot \frac{V_R}{R} \quad (1)$$

$$W = \int_{t_1}^{t_2} P(t) dt \quad (2)$$

$$W = \sum_{n=0}^N P(n) \cdot \Delta t_a, \quad (3)$$

onde V_{DD} é a tensão de alimentação do módulo após a queda V_R , W a energia dissipada, $P(n)$ a potência para um dado instante amostrado e Δt_a o intervalo de amostragem do osciloscópio.

III. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Fig. 1 mostra o gráfico de potência instantânea obtido ao longo de um dos ensaios do primeiro experimento, muito semelhante aos valores do gráfico fornecido pelo fabricante em [8]. É possível notar que o módulo NB-IoT se mantém em um nível de consumo de cerca de 40 mW até iniciar o ciclo de transmissão por volta de 5,2 segundos. A partir de então, inicia-se um período (de 5,6 a 8,6 seg) repleto de picos de consumo, onde a transmissão dos pacotes acontece de fato. Na sequência, ocorre um outro período mais longo (de 8,6 a 13,7 seg) e de consumo médio de 67 mW e, ao final do ciclo (em 13,7 seg), o módulo volta a apresentar um baixo consumo, semelhante ao inicial.

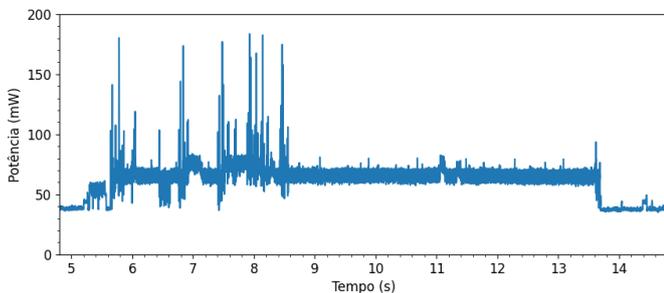


Fig. 1: Potência instantânea do módulo NB-IoT durante a transmissão de um pacote JSON de 58 bytes

Analisando o gráfico da Fig. 2, pode-se notar um aumento de consumo em função do maior tamanho e quantidade de pacotes enviados. Tomando como referência o primeiro experimento (1x58 bytes), a Tabela I dispõe o aumento percentual de consumo médio para cada experimento. Assim, percebe-se que essa elevação não ocorre de maneira linear com a variação

da quantidade total de bytes enviados por experimento, o que indica uma queda no consumo por byte transmitido.

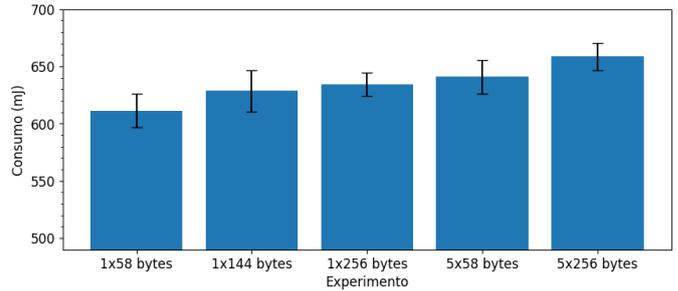


Fig. 2: Consumo médio para cada experimento realizado

TABELA I

Comparação de consumo em relação ao primeiro experimento

Experimento	Aumento no consumo total	Consumo por byte
1x58 bytes	-	10,54 mJ/byte
1x144 bytes	2,84%	4,37 mJ/byte
1x256 bytes	3,77%	2,48 mJ/byte
5x58 bytes	4,82%	2,21 mJ/byte
5x256 bytes	7,74%	0,51 mJ/byte

IV. CONCLUSÕES

Este trabalho investigou o consumo energético durante a transmissão de dados do módulo NB-IoT SIM7020. Notou-se que ocorreu um ganho de eficiência energética relacionado ao menor número de ciclos completos de transmissão realizados, ou seja, o consumo por byte enviado será menor quanto maior for a quantidade de informação transmitida em um mesmo acionamento do módulo.

Pesquisas futuras poderiam comparar estes resultados com outras tecnologias, como a LoRa, a fim de auxiliar no desenvolvimento do dispositivo, visando torná-lo mais eficiente energeticamente.

AGRADECIMENTOS

Ao LabTel-LAIoT (Laboratório de Telecomunicações e Internet das Coisas) e ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico).

REFERÊNCIAS

- [1] TEXAS INSTRUMENTS. *Ultrasonic Sensing Basics*. 2019. Disponível em: https://www.ti.com/lit/an/slaa907d/slaa907d.pdf?ts=1686422387760&ref_url=https%253A%252F%252Fwww.youtube.com%252F. Acesso em: 10 Jun 2023.
- [2] BRASIL, José et al. *Nature-based solutions and real-time control: Challenges and Opportunities*. Water, v. 13, n. 5, p. 651, 2021.
- [3] TAN, Lunte. *Comparison of LoRa and NB-IoT in Terms of Power Consumption*. Disponível em: <http://kth.diva-portal.org/smash/get/diva2:1451892/FULLTEXT01.pdf>. Acesso em: 7 Jun 2023.
- [4] 3GPP. *TS 36.300*. v17.4.0. 29 Mar 2023. Disponível em: <https://portal.3gpp.org/desktopmodules/Specifications/SpecificationDetails.aspx?specificationId=2430>. Acesso em: 10 Jun 2023.
- [5] MQTT.org. *MQTT: The Standard for IoT Messaging*. 2022. Disponível em: <https://mqtt.org>. Acesso em: 9 Jun 2023.
- [6] JULIO, Perez. *MQTT performance analysis with OMNeT++*. IBM Zurich Research Laboratory, 2005.
- [7] BOYLESTAD, Robert L. *Introdução à análise de circuitos*. 12ª ed. São Paulo: Pearson Education, 2012.
- [8] SIMCOM WIRELESS SOLUTIONS. *SIM7020 Series Low Power Mode Application Note*. v1.03. 10 Mai 2019. Disponível em: https://simcom.ee/documents/SIM7020/SIM7020%20Series_Low%20Power%20Mode_Application%20Note_V1.03.pdf. Acesso em: 7 Jun 2023.