



Eficiência e Confiabilidade: Comunicação RF na Automação Industrial

Efficiency and Reliability: RF Communication in Industrial Automation

Érika da Silva Cardoso¹, Brenown Nicacio Ferreira², Paulo Rogério Scalassara³,
Lucas Prado Lone⁴

RESUMO

Este artigo visa explorar as tecnologias de comunicação por radiofrequência (RF) para aplicações em Internet das Coisas (IoT) e em sistemas de Internet Industrial das Coisas (IIoT). Foi conduzido por meio da análise dos princípios de funcionamento, incorporando simulações e testes de desempenho que consideraram interferências e obstáculos entre os módulos de transmissão e recepção, destacando o papel e o desempenho das tecnologias RF, com especial relevância no contexto da Indústria 4.0. As métricas consideradas para a análise englobaram aspectos como alcance de transmissão e confiabilidade dos dados. Esses fatores são de suma importância em cenários industriais, onde a eficácia da comunicação é um fator determinante. O desempenho dos módulos escolhidos foi avaliado por meio da construção de mapa de calor, proporcionando uma visão detalhada da capacidade de comunicação desses dispositivos em diferentes distâncias e interferências. As conclusões obtidas neste estudo contribuem para uma melhor compreensão das características das tecnologias RF.

PALAVRAS-CHAVE: IIoT; Indústria 4.0; Radiofrequência.

ABSTRACT

This article propose to explore radiofrequency (RF) communication technologies for use in Industrial Internet of Things (IIoT) systems. Was conducted an analysis of the operating principles, incorporating simulations and tests that considered interference and obstacles between transmission and reception modules. Highlights the function and performance of RF technologies, with special emphasis on their relevance in the context of Industry 4.0. The metrics considered for the analysis encompassed aspects such as transmission range and data reliability. These factors are important in industrial settings, where communication effectiveness is a determining factor. The performance of the selected modules was evaluated by creating a heat map, providing a detailed view of the communication capacity of these devices at different distances and interference. The conclusions drawn from this study contribute to a better understanding of the characteristics of RF technologies.

KEYWORDS: IIoT; Industry 4.0; radiofrequency.

INTRODUÇÃO

A crescente integração de dispositivos interconectados e com acesso à Internet, estabelecendo uma troca de dados e Aprendizado de Máquina (*Machine Learning*), é amplamente conhecida como

¹ Bolsista. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Cornélio Procópio, Paraná, Brasil. E-mail: erika-silvacardoso@hotmail.com. ID Lattes: 3606413614919153.

² Bolsista. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Cornélio Procópio, Paraná, Brasil. E-mail: brenown.nicacio@gmail.com. ID Lattes: 7998775843008715.

³ Orientador. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Cornélio Procópio, Paraná, Brasil. E-mail: prscalassara@utfpr.edu.br. ID Lattes: 5016119298122922.

⁴ Aceno Digital Tecnologia em Sistemas Ltda. Londrina, Paraná, Brasil. E-mail: lucas@acenodigital.com.br. ID Lattes: 3964693295315654.



a Internet das Coisas (*Internet Of Things*). A evolução da IoT deu origem à Internet Industrial das Coisas (*Industrial Internet Of Things*), que se destaca em diversos aspectos (SHEIKH; BEIGH, F. T.; BEIGH, N. T., s.d.). A IloT surgiu como um conceito geral das aplicações da IoT no âmbito industrial, com a finalidade de detectar uma grande quantidade de dados de um sistema produtivo e realizar análise para compreensão, monitoramento e controle dos eventos de uma maneira eficaz (JOYCE; THAMBA, 2020).

Neste cenário, a eficácia da comunicação se faz primordial, especialmente quanto à eficiência energética. Nesse contexto, as comunicações sem fio são empregadas como uma solução para facilitar a troca mútua de dados ou informações entre os usuários e equipamentos industriais para suporte de serviços, em qualquer ponto do ciclo de desenvolvimento do produto no ambiente da indústria.

Com o exposto anteriormente, a utilização da comunicação RF oferece o suporte de serviço ao usuário final, e permite aos usuários interagir ou executar tarefas de atuação de qualquer local. Por meio de atividades práticas, este artigo tem como objetivo um estudo da teoria e prática de tecnologias RF e suas aplicações em IloT, incluindo os princípios de funcionamento, testes de desempenho, confiabilidade, segurança, limitações e aplicações.

REFERENCIAL TEÓRICO

As tecnologias de comunicação por RF são amplamente empregadas em uma variedade de aplicações e sistemas de comunicações (KISHK; DHILLON, 2018), incluindo dispositivos integrados na IoT. As ondas moduladas de RF possuem a habilidade de se propagar no espaço de forma efetiva por longas distâncias e contornar obstáculos físicos, sem a necessidade de cabos, fios ou qualquer condutor, tornando-as uma escolha ideal para comunicações de alcance estendido e situações em que uma linha de visão direta não é possível.

A comunicação RF fundamenta-se através da modulação de uma onda portadora de rádio. O sinal de informação é modulado, ajustando propriedades como amplitude e frequência, através das técnicas de modulação ASK (*Amplitude Shift Keying*) e FSK (*Frequency Shift Keying*) (LATHI; DING, 2012), e transmitido através da antena, que converte o sinal elétrico em ondas eletromagnéticas propagadas pelo ar até a antena do receptor. O sinal é então demodulado, revertendo as modificações da modulação original, e decodificado para recuperar as informações originais.

Ao sinal modulado por FSK ser transmitido no receptor, a distorção causada pelo canal sem fio, junto a outros efeitos como interferências no receptor, irão degradar o desempenho do FSK, o que não permite que o sinal seja decodificado corretamente com precisão. No esquema de modulação GFSK (*Gaussian Frequency Shift Keying*), um filtro Gaussiano é incluído antes da modulação FSK, tornando os pulsos suaves e, portanto, limita a largura do espectro modulado (LATHI; DING, 2012). Este processo é conhecido como modelagem de pulso.

O dispositivo escolhido foi o SimpleLink™ CC1352P7 da Texas Instruments. É um microcontrolador otimizado para comunicação sem fio de baixo consumo de energia e detecção avançada. Os recursos destacados deste dispositivo fornecem capacidade flexível de transceptor de RF de baixa potência para suportar múltiplas camadas físicas e padrões de RF (INSTRUMENTS, 2021). Preparado para o ambiente industrial, permite aplicações de longo alcance e baixa potência, com o

melhor consumo de corrente. Nesse contexto, a operação na frequência de 915 MHz foi selecionada para a realização deste artigo.

A IoT conecta dispositivos físicos por meio de redes com e sem fio, e aparece como o denominador comum para todas as aplicações de sensoriamento distribuído para a indústria 4.0 (SHEIKH; BEIGH, F. T.; BEIGH, N. T., s.d.).

Otimização digital da produção, automação com adaptação ao ambiente industrial, dados inteligentes de comunicação para ação remota e eficaz são as principais características da indústria 4.0 (DIETRICH et al., s.d.). A Indústria 4.0 faz uma mudança disruptiva no fornecimento tradicional da cadeia de processos e modelos de negócios (JOYCE; THAMBA, 2020), integrando os serviços habilitados para construir um ecossistema industrial inteligente.

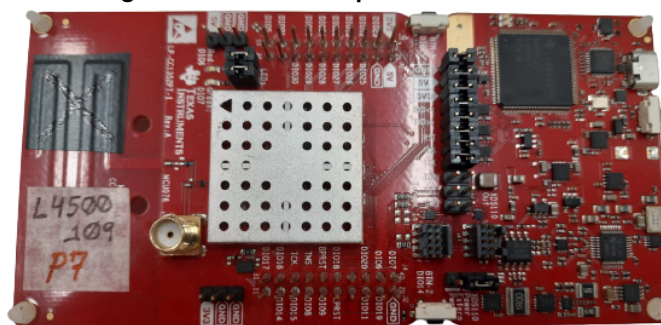
A IIoT conecta máquinas físicas complexas para um sistema livre de erros, com ênfase na integração e interligação de fábricas remotas e máquinas de produção, oferecendo produção e serviços preditivos mais eficientes, com escalabilidade, modularidade e interoperabilidade (JOYCE; THAMBA, 2020).

Os dispositivos baseados na comunicação RF podem ser utilizados para oferecer suporte ao reconhecimento de localização, baseado na localização geográfica, transporte e logística, segurança e suporte a infraestruturas inteligentes. A avaliação da intensidade do sinal é crucial para a Indústria 4.0. A intensidade de sinal inadequada pode resultar em perda de dados, interrupções de comunicação e impactos negativos nos processos industriais. Devido aos problemas de multi-percurso, como sinais refletidos em obstáculos, torna-se necessário o uso de algoritmos de correção para mitigar os efeitos destas interferências e melhorar a qualidade de sinal dentro das fábricas (JOYCE; THAMBA, 2020).

MATERIAIS E MÉTODOS

Para o desenvolvimento dos testes, foram utilizados dois módulos SimpleLink™ CC1352P7, apresentado na Figura 1.

Figura 1 – módulo SimpleLink™ CC1352P7



Fonte: Autoria própria.

Para coletar dados de envio para fazer a análise da intensidade dos sinais, o receptor foi posicionado em um local central do laboratório, enquanto o transmissor foi posicionado ao redor da Universidade, em diferentes locais e distâncias, sendo o ponto central, o receptor. Em alguns desses lugares, o transmissor foi posicionado com obstáculos físicos, como paredes, máquinas e equipamentos, com o objetivo de simular a planta de uma indústria. Os pontos extremos do teste

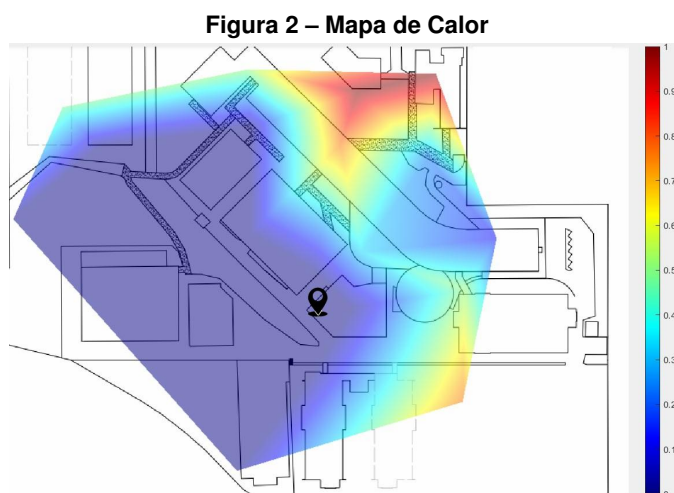


foram interpolados com linhas retas.

Os módulos transmissor e receptor foram programados a partir da plataforma SmartRF™ Studio 7, um aplicativo que pode ser usado para avaliar e configurar dispositivos RF de baixa potência dos dispositivos da Texas Instruments. Com um firmware específico para 915MHz, 50 kbps, modulação 2-GFSK, e 100 kHz de largura de banda, foi programado para transmitir 5000 amostras.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os testes foram realizados durante os meses de Julho e Agosto de 2023, sem adversidades, em dias ensolarados e de clima estável. Os dados obtidos apresentaram resultados satisfatórios e são apresentados no mapa de calor na Figura 2. O esboço apresenta a planta baixa da Universidade, incluindo tanto o interior do laboratório quanto as áreas externas. A localização do receptor está indicado pelo ícone no mapa.



Fonte: Autoria Própria.

O mapa de calor utiliza uma grade de cores para indicar a taxa de erro dos sinais recebidos pelos módulos receptores, quanto mais quente, maior o erro de recepção. O mapa mostra que em locais próximos ao módulo receptor, apresentaram baixo índice de erro, com tons em azul-escuro, sugerindo que o sinal recebido é mais forte. À medida que a distância da fonte aumenta, os módulos conseguem manter um índice aceitável de erro em áreas externas com poucos obstáculos, onde foram obtidos erros próximos a zero. Com o aumento da quantidade de interferências físicas, pode-se observar o aumento da taxa de erro, chegando a 100% de erro, o que é evidenciado pelos tons quentes no mapa de calor.

A partir dos testes, observou-se que as interferências criadas não tiveram um impacto tão significativo na comunicação dos módulos SimpleLink™ CC1352P7, indicando baixa suscetibilidade a interferências, conferindo-lhes uma adequação notável para aplicações em IIoT, conforme sugerido.



CONCLUSÃO

Este artigo apresentou uma visão geral da integração da Internet das Coisas e da Internet Industrial das Coisas para a Indústria 4.0. A comunicação sem fio possui um grande potencial na área de comunicação industrial, especialmente no contexto da Indústria 4.0. Com o exposto anteriormente, os sistemas de comunicação devem atender aos requisitos da aplicação industrial. Portanto, introduziu-se a comunicação RF para uso industrial como uma solução para superar tais desafios.

Os resultados dos testes de análise da intensidade do sinal demonstraram a robustez dos módulos SimpleLink™ CC1352P7 em relação a interferências, tanto em comunicações de longa distância quanto em ambientes *indoor*. O desenvolvimento desse artigo ressaltou o potencial das tecnologias RF para aplicações industriais. Com o avanço da IIoT, a pesquisa e o desenvolvimento nessa área desempenharão um papel crítico na transformação da indústria, tornando-a mais eficiente e inovadora.

Agradecimentos

Agradecimentos à Universidade Tecnológica Federal do Paraná, à Empresa Aceno Ltda. e à Finep (Financiadora de Estudos e Projetos) pelo apoio financeiro.

Conflito de interesse

Não há conflito de interesse.

REFERÊNCIAS

DIETRICH, Steven et al. Performance indicators and use case analysis for wireless networks in factory automation. In: 2017 22nd IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA). Limassol, Cyprus: IEEE. P. 1–8. DOI: [10.1109/ETFA.2017.8247605](https://doi.org/10.1109/ETFA.2017.8247605).

INSTRUMENTS, Texas. **CC1352P7 SimpleLink™ High-Performance Multi-Band Wireless MCU With Integrated Power Amplifier**. 2021. Disponível em: [🔗](#). Acesso em: 1 set. 2023.

JOYCE, Jacob J; THAMBA, Meshach W. Industrial Internet of Things (IIoT) – An IoT Integrated Services for Industry 4.0: A Review. In: 1. INTERNATIONAL Journal of Applied Science and Engineering. Chennai, Índia: IEEE, 2020. v. 8. DOI: [10.30954/2322-0465.1.2020.5](https://doi.org/10.30954/2322-0465.1.2020.5).

KISHK, Mustafa A.; DHILLON, Harpreet S. Joint Uplink and Downlink Coverage Analysis of Cellular-based RF-powered IoT Network. **IEEE Transactions on Green Communications and Networking**, v. 2, n. 2, p. 446–459, 2018. DOI: [10.1109/TGCN.2017.2786694](https://doi.org/10.1109/TGCN.2017.2786694).

LATHI, B. P.; DING, Z. **Sistemas de Comunicações Analógicas e Digitais Modernos**. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

XIII Seminário de Extensão e Inovação
XXVIII Seminário de Iniciação Científica e Tecnológica da UTFPR

Ciência e Tecnologia na era da Inteligência Artificial: Desdobramentos no Ensino Pesquisa e Extensão
20 a 23 de novembro de 2023 - *Campus Ponta Grossa, PR*



SEI-SICITE
2023



SHEIKH, Javaid Ahmad; BEIGH, Faizan Tariq; BEIGH, Nadeem Tariq. A New Low Power Bi-Stable RF-MEMS Based Energy Harvester for NOMA Driven Industrial Internet of Things (IIoT). In: 2022 5th International Conference on Multimedia, Signal Processing and Communication Technologies (IMPACT). Aligarh, Índia: IEEE. P. 1–8. DOI: [10.1109/IMPACT55510.2022.10029123](https://doi.org/10.1109/IMPACT55510.2022.10029123).