

TELECOM · UFC · 28 DE JUNHO DE 2026

A Guide-based Approach for IoT Interoperability Testing

Por Karina Castelo Branco, Valéria Lelli, Lavínia Matoso Freitas, Liana Carvalho e Paulo Rodrigues

Fonte: OpenAlex · UFC · [Publicação original](#)

INOVAÇÃO	APLICABILIDADE	POTENCIAL ECONÔMICO	MATURIDADE
7/10	9/10	6/10	Média

O artigo apresenta um guia metodológico estruturado para sistematizar os testes de interoperabilidade em ambientes IoT, abordando desafios de heterogeneidade de dispositivos e diversidade de protocolos. A abordagem foi validada positivamente através do Modelo de Aceitação de Tecnologia (TAM), experimentos controlados e avaliação por especialistas.

NÚCLEO DA ANÁLISE

Ideia de startup ou produto

Desenvolvimento de uma plataforma SaaS (Software as a Service) que transforma o guia acadêmico em uma ferramenta interativa de geração automática de planos de teste e checklists de conformidade para engenheiros de IoT.

Aplicações práticas

Implementação de processos de QA em fabricantes de dispositivos IoT, validação de integração em projetos de Indústria 4.0, certificação de equipamentos para Cidades Inteligentes e padronização de testes em laboratórios de R&D.

Potencial de mercado

Alto. A explosão do número de dispositivos conectados torna a interoperabilidade um fator crítico de sucesso e redução de custos (evitando vendor lock-in), criando demanda por ferramentas e metodologias que padronizem a validação técnica.

FUNDAMENTO CIENTÍFICO

Problema abordado

A complexidade da arquitetura IoT, a diversidade de protocolos de comunicação e a heterogeneidade de dispositivos criam barreiras significativas para a interoperabilidade eficaz e integridade dos dados, dificultando a integração de sistemas.

Metodologia

Desenvolvimento de um guia abrangendo 12 tópicos (características, casos de teste, métricas, etc.) baseado em revisão de literatura e observação de ambientes reais. A avaliação ocorreu em três etapas: avaliação estrutural via TAM, experimento controlado em aplicação real e feedback de especialistas.

Principais descobertas

O guia demonstrou alta eficácia no planejamento e execução de testes, sendo capaz de identificar falhas específicas de interoperabilidade que métodos não sistematizados poderiam negligenciar. A aceitação pelos usuários e especialistas foi positiva, validando sua utilidade prática.

LEITURA PARA GESTÃO PÚBLICA

Adoção do guia como referência técnica obrigatória em editais de licitação pública para projetos de Smart Cities e infraestrutura conectada no estado do Ceará, garantindo a compatibilidade entre equipamentos de diferentes fornecedores.

PARCERIA UNIVERSIDADE × EMPRESA

Parceria entre a UFC e empresas de telecomunicações ou automação industrial para validar e refinar o guia em larga escala, utilizando laboratórios corporativos para testar ecossistemas complexos de IoT.

OPORTUNIDADES DERIVADAS

3 direções estratégicas identificadas

PRODUTO CORPORATIVO · IMPACTO MÉDIO · SOFTWARE

Framework de Testes para IoT Enterprise

Empacotamento do guia em uma solução corporativa (software ou consultoria) para integradoras de tecnologia implementarem testes de interoperabilidade padronizados em projetos complexos.

STARTUP · IMPACTO ALTO · INDÚSTRIA 4.0

IoT Interop Lab

Startup especializada em oferecer serviços de terceirização de testes de interoperabilidade e certificação para pequenos e médios fabricantes de hardware IoT que não possuem laboratórios internos.

Padrão de Interoperabilidade do Ceará

Utilização da metodologia como base para regulamentações estaduais que exijam comprovação técnica de interoperabilidade para qualquer novo dispositivo IoT adquirido com verba pública.

ABSTRACT ORIGINAL

Technology has significantly transformed human interactions with everyday objects, expanding their communication capabilities. This broad connectivity to the Internet has given rise to the "Internet of Things (IoT)", extending the boundaries of the Internet and evolving those objects into smart objects. When interconnected, these smart objects can collect and share information to provide services effectively. However, the intense data traffic and the diversity of interaction methods among these objects bring challenges related to interoperability. Interoperability refers to the ability of distinct systems to communicate effectively, ensuring data integrity. In this context, interoperability testing assesses the capability of systems and devices to cooperate efficiently. Regarding the testing challenges faced in IoT, we can highlight (i) the complexity of the IoT architecture, which involves multiple layers and system components; (ii) the diversity of IoT protocols; and (iii) the heterogeneity of devices, which poses challenges in testing their compatibility and managing their integration to ensure effective connectivity. To address these challenges, this paper proposes a guide-based approach designed to systematize IoT interoperability testing. The guide was developed following a systematic methodology, including literature reviews, data extraction and analysis, and observations in real IoT environments. The guide covers 12 topics, such as the definition and correlation of IoT characteristics, subcharacteristics, abstract test cases, measures, cost-benefit analysis, and tool suggestions. The guide evaluation was conducted in three stages: (1) a structural evaluation using the Technology Acceptance Model (TAM); (2) a controlled experiment applying the guide to test the interoperability of a real IoT application; and (3) an evaluation of the guide with domain experts. The results of the three evaluations were positive, indicating that the guide is effective in test planning, execution, and identifying IoT-specific failures.

MATÉRIA PARA LEIGOS

Para leigos: Um guia para garantir que aparelhos inteligentes se entendam

O cenário atual

A tecnologia transformou a maneira como interagimos com objetos do dia a dia, ampliando suas capacidades de comunicação. Essa conectividade generalizada à Internet deu origem à "Internet das Coisas" (IoT), transformando objetos comuns em objetos inteligentes. Quando interconectados, esses dispositivos inteligentes coletam e compartilham informações para fornecer serviços de forma eficaz. No entanto, o intenso tráfego de dados e a diversidade de métodos de interação trazem desafios de interoperabilidade, que é a capacidade de sistemas distintos se comunicarem de forma eficaz, garantindo a integridade dos dados.

O que os pesquisadores fizeram

Para resolver os desafios de testar essa comunicação entre dispositivos, pesquisadores propuseram uma abordagem baseada em um guia para sistematizar os testes de interoperabilidade em IoT. O guia foi desenvolvido seguindo uma metodologia sistemática que incluiu revisão de literatura, extração e análise de dados e observações em ambientes reais de IoT. O trabalho foi realizado por autores da Universidade Federal do Ceará (UFC).

Como funciona na prática

O guia criado abrange 12 tópicos destinados a organizar o processo de teste. Esses tópicos incluem a definição e correlação de características e subcaracterísticas da IoT, casos de teste abstratos, medidas, análise de custo-benefício e sugestões de ferramentas. O objetivo é avaliar a capacidade de sistemas e dispositivos diferentes

cooperarem com eficiência, apesar da heterogeneidade dos equipamentos e da diversidade de protocolos.

Resultados e evidência

A avaliação do guia foi conduzida em três etapas. A primeira foi uma avaliação estrutural utilizando o Modelo de Aceitação de Tecnologia (TAM). A segunda etapa consistiu em um experimento controlado aplicando o guia para testar a interoperabilidade de um aplicativo real de IoT. A terceira envolveu uma avaliação do guia com especialistas do domínio. Os resultados das três avaliações foram positivos, indicando que o guia é eficaz no planejamento e execução de testes, bem como na identificação de falhas específicas do IoT.

Implicações práticas

A utilização do guia ajuda a endereçar problemas complexos como a arquitetura de múltiplas camadas do IoT e a variedade de protocolos. Na prática, a ferramenta auxilia gestores e desenvolvedores a gerenciar a integração de dispositivos heterogêneos, garantindo que a conectividade seja efetiva e que os testes de compatibilidade sejam realizados de forma padronizada.

Limitações e próximos passos

O paper não detalha limitações específicas da abordagem proposta além dos desafios gerais de complexidade arquitetural e diversidade de dispositivos que o guia busca mitigar. O estudo também não indica explicitamente quais serão os próximos passos para o aprimoramento da pesquisa ou expansão do guia no futuro.

QUEM SÃO OS PESQUISADORES

Quem são os pesquisadores

Os autores do estudo são Karina Castelo Branco, Valéria Lelli, Lavínia Matoso Freitas, Liana Carvalho e Paulo Rodrigues. Eles estão vinculados à Universidade Federal do Ceará (UFC). O paper não detalha a formação acadêmica específica, trajetória profissional ou papéis individuais de cada autor na condução da pesquisa além da autoria coletiva do trabalho.

PALAVRAS-CHAVE

Interoperability · Internet of Things · Compatibility (geochemistry) · Semantic interoperability · The Internet · Test (biology)