

Projetos de Pesquisa

Inatel



INATEL

Excelência em Educação, Pesquisa & Desenvolvimento Tecnológico



O Instituto Nacional de Telecomunicações - Inatel é um centro de excelência em ensino e pesquisa na área de Engenharia, consolidando-se no Brasil e no exterior como um celeiro de grandes talentos. Fundado em 1965, foi a primeira instituição de ensino do país a oferecer um curso superior de Engenharia focado em telecomunicações.

Como uma instituição privada sem fins lucrativos, mantida pela Fundação Instituto Nacional de Telecomunicações, oferece sete cursos de graduação, programas de pós-graduação lato sensu em diferentes áreas, e mestrado e doutorado em Telecomunicações.

Os programas educacionais do Inatel destacam-se pela busca da excelência, com mais de 500 parcerias nacionais e internacionais com universidades e empresas de tecnologia. O Inatel Competence Center (ICC) desenvolve projetos de educação continuada e PD&I, atendendo às necessidades do mercado em Hardware, Software, Capacitação Corporativa, Ensaios, Calibração, Serviços Tecnológicos e Consultoria. Como Unidade EMBRAPII, o Inatel atende projetos de inovação industriais no Brasil e já foi reconhecido com o Prêmio Nacional de Inovação – Finep. A Incubadora de Projetos e Empresas, Inatel Startups, promove o empreendedorismo e é a que mais graduou empresas no Estado de Minas Gerais.

As pesquisas do Inatel sempre tiveram grande impacto no avanço tecnológico do país. Foi assim com a TV Digital, no início dos anos 2000, e nas últimas décadas com os avanços das comunicações móveis. O 5G começou a ser pesquisado pelo Instituto em 2014, com a implantação do Centro de Referência em Radiocomunicações (CRR) e a 1ª transmissão 5G do Brasil com tecnologia 100% nacional. Do 5G as pesquisas evoluíram para a futura rede móvel, 6G.

Em 2021, o Inatel junto à Rede Nacional de Pesquisa (RNP), passou a liderar um projeto pioneiro destinado à criação de um ecossistema favorável para o desenvolvimento da próxima geração de comunicações móveis no país. O Brasil 6G conta com a participação de várias instituições de ensino e pesquisa nacionais e internacionais, com apoio do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação – MCTI.

Em 2023, o Instituto foi escolhido como Centro de Competência EMBRAPII em Tecnologia e Infraestrutura de Conectividade 5G e 6G. O xGMobile, como ficou conhecido, atua no desenvolvimento científico e tecnológico de PD&I, na formação e capacitação de recursos humanos, oferecendo o sistema de associação tecnológica e a atração e criação de novas startups.

Linhas de Pesquisa do Inatel

O Inatel se destaca como um dos mais respeitados centros de pesquisa entre as sociedades científicas no desenvolvimento de tecnologias inovadoras em Telecomunicações.

Dispositivos de RF e Fotônicos para Telecomunicações

Essa linha foca na pesquisa de ponta para a concepção e desenvolvimento de dispositivos de radiofrequência (RF) e fotônicos aplicáveis a redes e sistemas de telecomunicações.

Redes e Sistemas de Telecomunicações

Abarca diversos aspectos das redes e sistemas de telecomunicações, incluindo técnicas de transmissão digital, protocolos de comunicação, arquiteturas de redes e tecnologias de redes de telecomunicações, além de dispositivos de redes.

ÁREAS DE PESQUISA

- » Antenas
- » Análise de Desempenho de Redes
- » Comunicações Ópticas e Fotônica
- » Eletromagnetismo Aplicado às Telecomunicações
- » Inteligência Artificial e Machine Learning
- » Internet das Coisas e Redes de Sensores
- » Internet do Futuro e Redes Convergentes
- » Rádios Cognitivos e Redes Cognitivas
- » Redes Veiculares
- » Segurança Cibernética
- » Sistemas de Comunicação Digital
- » Sistemas de Comunicações Móveis 5G e 6G
- » Superfícies Inteligentes para Comunicações sem Fio

Laboratórios



Inatel Labs

Cognitive Radio



Inatel - Brasil

**Centro de
Referência em
Radiocomunicações**



Inatel Labs

**Laboratório
de Simulação
e Pesquisa**



Inatel Labs

**Wireless
and Artificial
Intelligence**



Inatel - Brasil

**IoT Research
Group**



Inatel Labs

**Information and
Communications
Technologies**



Inatel Labs

**Wireless and Optical
Convergent Access**

Universidades Parceiras

Entre nossas universidades parceiras estão a University of Oulu, na Finlândia, com quem temos cooperação técnico-científica. No Canadá, cooperamos tecnicamente com a Université du Québec à Trois-Rivières. Na França, temos uma parceria de dupla titulação de doutorado com a Université Haute-Alsace. Na Alemanha, cooperamos tecnicamente com a Technische Universität Dresden. Na Espanha, temos cooperação técnico-científica com a Universidad de Valladolid e a Universidad Carlos III de Madrid. Também na Finlândia, oferecemos dupla titulação de doutorado em parceria com a LUT University. E, na França, cooperamos tecnicamente com a ENSEA.

ÍNDICE

**Clique e acesse
os detalhes do projeto**

- 8 Metassuperfícies espaço-temporais para comunicações sem fio
- 10 Metassuperfícies para beamforming magneticamente ajustável
- 12 Metassuperfícies para aplicações em (Bio)Sensores Vestíveis
- 14 Otimização de Recursos de Rádio Auxiliada por Inteligência Artificial
- 16 Soluções para Segurança Cibernética Auxiliadas por Inteligência Artificial para Redes IoT
- 18 Monitoramento de animais baseado em Internet das Coisas (IoT) & Inteligência Artificial
- 20 Desenvolvimento de Superfícies Inteligentes Reconfiguráveis (RIS) auxiliado por Inteligência Artificial
- 22 Inteligência Artificial aplicada ao agronegócio
- 24 Localização de dispositivos baseada em Inteligência Artificial para redes sem fio de próxima geração
- 26 Otimização de sistemas de transmissão de energia sem fio para redes IoT
- 28 Modernas técnicas de comunicação sem fio sob condições adversas de propagação
- 30 Integração de redes satelitais e redes 5G para áreas remotas
- 32 Arquiteturas de redes para sistemas de comunicações móveis de 6ª Geração

- 34 NovaGenesis – arquitetura convergente de sistemas e redes
- 36 Monetização digital de recursos de Internet das Coisas, sistemas e redes 5G/6G
- 38 Monitoramento de cultivos agrícolas baseado em Internet das Coisas & Inteligência Artificial
- 40 Análise de desempenho de esquemas de cooperação intersatélites para melhor eficiência e robustez no descarregamento de informações em redes de satélites de baixa órbita
- 42 Vigilância Marítima baseada em Inteligência Artificial
- 44 Implementing TV White Spaces (TVWS) for Internet Access in Brazil
- 46 Acesso dinâmico ao espectro
- 48 Antenas para Radares, 5G e 6G
- 50 Comunicações Óptico-Wireless para 5G e 6G
- 52 Centro de Desenvolvimento ASIC para Telecomunicações (CDASIC)
- 54 SAMURAI: Smart 5G Core And MULTiRAn Integration - Núcleo 5G inteligente e integração de múltiplas redes de acesso
- 56 Projeto Brasil 6G - Projeto de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico em Sistemas de Comunicações Móveis de 6ª Geração



Metassuperfícies espaço-temporais para comunicações sem fio



As comunicações sem fio enfrentam desafios contínuos relacionados à eficiência e à capacidade de atender a múltiplos usuários simultaneamente. Com o aumento da demanda por conectividade, surge a necessidade de tecnologias que possam direcionar sinais de forma eficaz, minimizando interferências e melhorando a qualidade do serviço. Atualmente, as soluções tradicionais enfrentam limitações na capacidade de manipular feixes de forma precisa e eficiente.

PROJETO

O projeto tem como foco o desenvolvimento de metassuperfícies espaço-temporais para melhorar a capacidade das comunicações sem fio. A inovação central está na manipulação temporal dessas metassuperfícies, permitindo que um único feixe incidente seja quebrado em harmônicos que podem ser direcionados individualmente para diferentes clientes. Além disso, o projeto visa a inibição de feixes em direções específicas para evitar interferências de usuários não desejados.

APLICAÇÕES

As metassuperfícies espaço-temporais desenvolvidas podem ser aplicadas em diversos cenários de comunicações sem fio, incluindo redes de telecomunicações e sistemas de Internet das coisas (IoT).

RESULTADOS

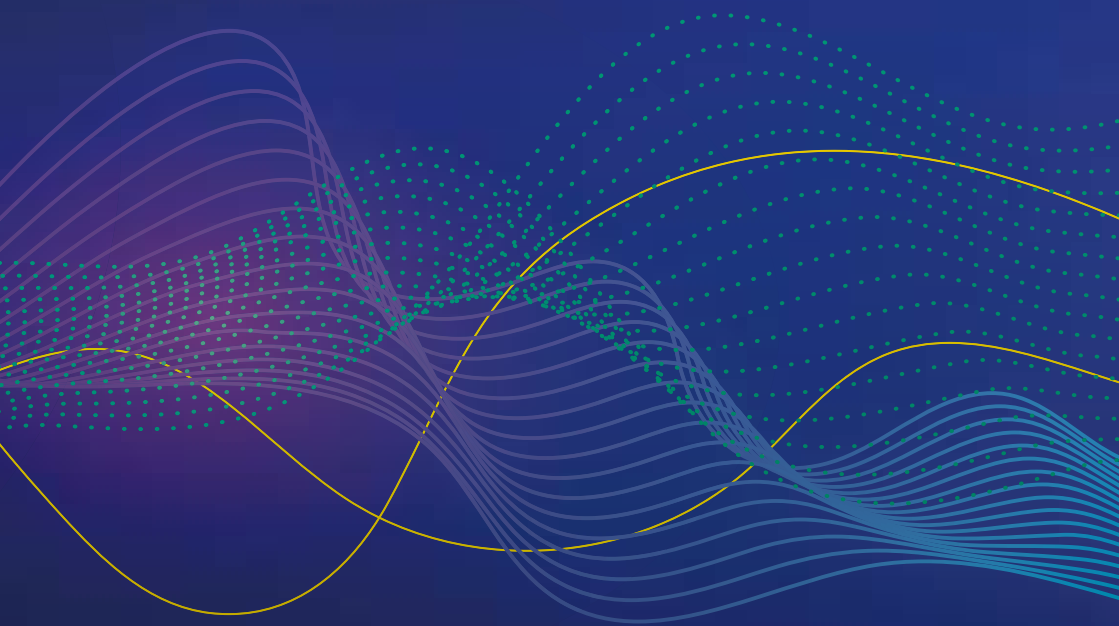
Utilização de simulações eletromagnéticas para projetar metassuperfícies que permitem a manipulação temporal e espacial dos feixes incidentes com o auxílio de circuitos eletrônicos integrados. Após a projeção, fabricar as metassuperfícies e demonstrar a correspondente funcionalidade, confirmando a eficácia das soluções desenvolvidas.

RELEVÂNCIA

Este projeto representa um avanço importante na área de comunicações sem fio, sendo uma das tecnologias viabilizadoras do 6G. Também oferece aumento da eficiência de rede com redução de estrutura, atendimento a múltiplos usuários simultaneamente, redução de custos, melhoria na qualidade do serviço, suporte a novas aplicações e serviços e sustentabilidade.

TECNOLOGIAS APLICADAS

5G, simulações eletromagnéticas, circuitos eletrônicos integrados, prototipagem.



Metassuperfícies para beamforming magneticamente ajustável

A crescente demanda por velocidades de transmissão de dados mais altas e maior capacidade de rede tem impulsionado a pesquisa em tecnologias avançadas de comunicação, especialmente na faixa de Terahertz (THz). Um dos principais desafios é a manipulação ativa dos feixes de THz, que permitiria às operadoras atender diferentes clientes usando a mesma fonte através da reorientação dinâmica do feixe de saída. No entanto, a implementação eficaz dessa tecnologia enfrenta dificuldades na escolha de materiais e no desenvolvimento de mecanismos precisos de controle de feixes.

PROJETO

O projeto visa abordar esses desafios por meio da criação de metassuperfícies capazes de manipular ativamente os feixes de THz.

RESULTADOS

Utilizar resultados de simulações numéricas para identificar materiais e substratos adequados para a fabricação das metassuperfícies projetadas e desenvolver um mecanismo para a manipulação do campo magnético aplicado à metassuperfície, permitindo o controle preciso da orientação do feixe.

APLICAÇÕES

Eficiência na comunicação e transmissão de dados na faixa de Terahertz (THz), sendo uma tecnologia potencial para o 6G.

RELEVÂNCIA

Este projeto é relevante porque aborda um dos principais desafios nas comunicações de alta frequência, oferecendo uma solução inovadora para a manipulação de feixes de THz. A capacidade de atender diferentes clientes com uma única fonte, por meio da reorientação dinâmica do feixe, pode transformar a forma como as redes de comunicação são gerenciadas e expandir suas capacidades.

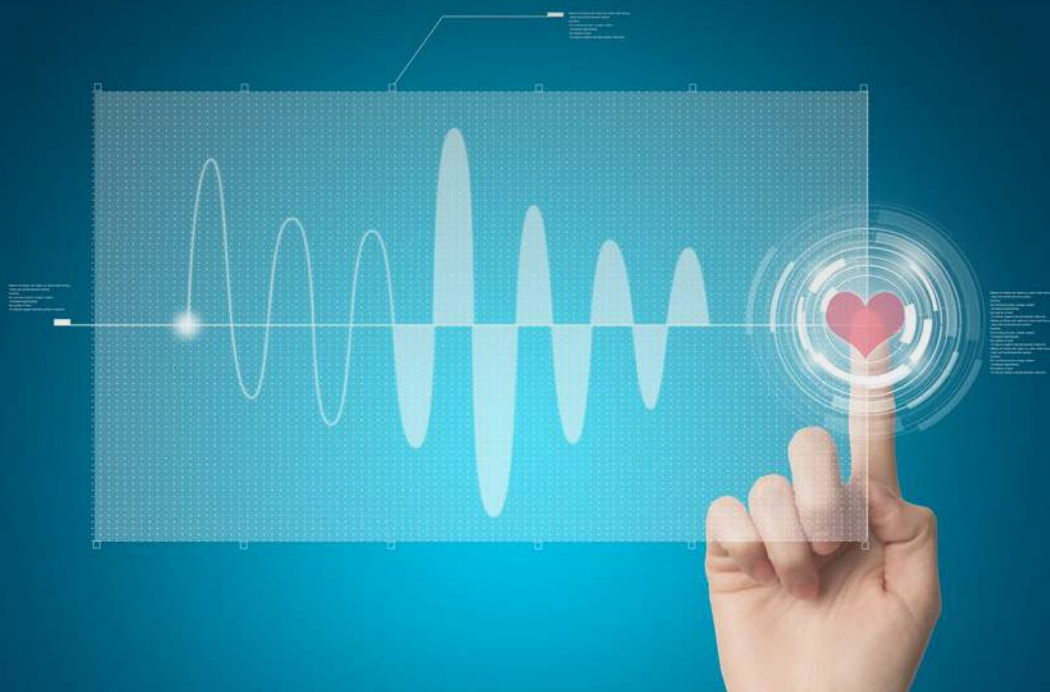
TECNOLOGIAS APLICADAS

Simulações Numéricas, Metassuperfícies, Campo Magnético.

Metassuperfícies para aplicações em (Bio)Sensores Vestíveis

O monitoramento contínuo e em tempo real de pacientes com diversas condições de saúde é um requisito fundamental para os futuros sistemas de atenção médica. A ação permitirá evitar aglomerações nos centros de urgências e aliviar os custos

decorrentes de visitas desnecessárias a clínicas e hospitais. Além disso, o monitoramento contínuo permite um tratamento mais assertivo e personalizado, ajustando as intervenções médicas de acordo com as necessidades individuais dos pacientes.



PROJETO

O projeto visa o desenvolvimento de metassuperfícies para aplicações em (bio)sensores vestíveis. Por meio de simulações eletromagnéticas, serão projetadas metassuperfícies que utilizem ressonâncias como princípio de sensoriamento para diversas aplicações. Em seguida, esses sensores serão fabricados e caracterizados para garantir sua funcionalidade. Sistemas de microcontroladores serão utilizados para realizar as análises dos resultados obtidos pelos sensores, validando o funcionamento do dispositivo final.

RESULTADOS

Os resultados esperados incluem a criação de sensores eficientes que podem monitorar em tempo real diversas condições de saúde. Esses sensores devem demonstrar alta precisão e confiabilidade nas medições, oferecendo dados essenciais para a gestão da saúde dos pacientes.

APLICAÇÕES

Os sensores vestíveis baseados em metassuperfícies podem ser utilizados para monitorar uma gama de condições de saúde, desde parâmetros vitais até sinais específicos de doenças crônicas. Esses dispositivos podem ser integrados a sistemas de atenção médica para fornecer dados contínuos e em tempo real, auxiliando na tomada de decisões médicas personalizadas.

RELEVÂNCIA

Este projeto é relevante, pois aborda uma necessidade crítica na área da saúde moderna: o monitoramento contínuo e preciso dos pacientes. A capacidade de obter dados em tempo real pode transformar a gestão de diversas condições médicas, melhorando os resultados dos tratamentos e reduzindo os custos associados aos cuidados médicos desnecessários.

TECNOLOGIAS APLICADAS

Simulações eletromagnéticas, sensores, microcontroladores, metassuperfícies.

Otimização de Recursos de Rádio Auxiliada por Inteligência Artificial

A alocação eficiente de recursos de rádio é essencial para maximizar o desempenho das redes de comunicação móveis aumentando a taxa de transmissão de dados sem perder qualidade, especialmente com a evolução para redes 5G e 6G. A complexidade dos algoritmos de otimização

tradicionais aumenta consideravelmente devido ao grande número de parâmetros, como tempo, frequência, potência, feixes e códigos. Isso resulta em alta complexidade computacional e latência, além de dificultar a obtenção de uma alocação de recursos eficiente.

PROJETO

Projeto estudou e aplicou algoritmos de aprendizado de máquina para otimizar a alocação de recursos de rádio em redes sem fio de próxima geração e potencializar a transmissão de dados combinando ondas milimétricas com inteligência artificial e GPS. O objetivo foi reduzir a complexidade computacional e a latência dos algoritmos tradicionais para melhorar o desempenho das redes.

APLICAÇÕES

Os resultados desta pesquisa favorecem fabricantes de equipamentos, operadoras de telecomunicações e provedores de serviços de Internet, permitindo uma gestão mais eficiente e otimizada dos recursos de rádio. A solução pode ser utilizada em redes Wi-Fi e outras tecnologias que se beneficiem de uma maior largura de banda e de feixes de sinal direcionados.

RESULTADOS

Foi desenvolvido um simulador OpenRAN baseado no NS-3 e algoritmos auxiliados por IA para diversas funções, como direcionar os feixes de sinal, otimizar a transmissão, escolher a melhor modulação e gerenciar a troca de antenas.

A proposta combina ondas milimétricas com modelos de inteligência artificial e informações de GPS, já disponíveis nos dispositivos, para direcionar os feixes de rádio, o que elimina a necessidade de dados adicionais para alinhamento e melhora a eficiência e a velocidade das conexões em redes 5G.

RELEVÂNCIA

Ao aplicar aprendizado de máquina, foi possível superar as limitações dos algoritmos clássicos, garantindo desempenho e confiabilidade nas redes 5G e 6G. Isso, por sua vez, pode melhorar a qualidade do serviço e a capacidade das redes móveis frente às demandas de transmissão de dados.

TECNOLOGIAS APLICADAS

Simulador NS-3 para desenvolver o ambiente OpenRAN, inteligência artificial de aprendizado de máquina e GPS.

Soluções para Segurança Cibernética Auxiliadas por Inteligência Artificial para Redes IoT



Com o crescente número de dispositivos de Internet das Coisas (IoT) conectados à rede e que desempenham os mais diversos papéis, como monitoramento residencial e de ambientes críticos, a segurança emerge como uma questão de extrema importância. Tradicionalmente, soluções tanto em termos de hardware quanto de software, como firewalls que permitem ou restringem a comunicação entre dispositivos com base em regras, são utilizadas para proteger essas redes. No entanto, essas medidas tradicionais podem não ser suficientes para enfrentar as ameaças complexas e em contínua evolução que visam as redes IoT.

PROJETO

O projeto visa aumentar a segurança das redes IoT em resposta à crescente adoção de dispositivos conectados por meio da pesquisa e do desenvolvimento de soluções que utilizem técnicas de aprendizado de máquina para a classificação e detecção de ameaças. Esse enfoque pretende analisar o tráfego de rede e identificar possíveis ameaças a dispositivos IoT, superando as limitações das abordagens tradicionais.

APLICAÇÕES

As soluções desenvolvidas têm aplicações em diversos setores, incluindo a indústria, saúde, transporte e residências inteligentes. Em todos esses contextos, a confidencialidade dos dados e a preservação da integridade e funcionalidade dos sistemas IoT são essenciais.

RESULTADOS

Como resultado desse projeto, foram desenvolvidos modelos de aprendizado de máquina para a classificação de ameaças e a detecção de anomalias em redes IoT. Esses modelos são capazes de identificar atividades suspeitas e potenciais ataques, proporcionando uma camada adicional de segurança.

RELEVÂNCIA

A segurança cibernética aprimorada garante não apenas a proteção de dados, mas também a continuidade operacional e a confiança dos usuários em ambientes IoT cada vez mais complexos e interconectados. A evolução na detecção de ataques por meio do aprendizado de máquina beneficia diretamente setores críticos que dependem da segurança de seus sistemas.

TECNOLOGIAS APLICADAS

Segurança Cibernética e IoT, Inteligência Artificial e aprendizado de máquina.



*IoT Research
Group*

Monitoramento de animais baseado em Internet das Coisas (IoT) & Inteligência Artificial



A pecuária enfrenta desafios críticos que afetam a produtividade e a sustentabilidade do setor, como a manutenção da saúde e do bem-estar dos animais, comprometida por doenças e estresse; a eficiência na produção de carne e leite, que requer a otimização dos ciclos reprodutivos e a gestão do rebanho; e a segurança dos animais, com o roubo de gado causando prejuízos. Além disso, a rastreabilidade e a qualidade dos alimentos são demandas crescentes dos consumidores, exigindo maior controle e monitoramento da origem e das condições de criação.

PESQUISA

Pesquisa e desenvolvimento de soluções baseadas em Internet das Coisas e aprendizado de máquina para monitoramento da saúde do rebanho assim como da localização de animais.

APLICAÇÕES

A aplicação é destinada para a área de pecuária.

RELEVÂNCIA

O monitoramento contribui para maior eficiência na produção de leite e carne, na gestão e controle da saúde dos animais e na segurança, facilitando a detecção de fugas e/ou roubos, bem como maior agilidade no resgate dos animais.

RESULTADOS

A pesquisa resultou na criação de algoritmos de aprendizado de máquina que podem ser empregados para o monitoramento da saúde e da localização dos animais em tempo real.

Foram desenvolvidos protótipos de colares e brincos para monitoramento remoto dos animais, com medição da frequência cardíaca para a detecção e o controle de estresse e períodos de cio, permitindo intervenções precoces aos primeiros sinais de adoecimento. Sensores de localização também proporcionam alertas imediatos em casos de fuga ou roubo, pois captam a velocidade de deslocamento. Além disso, há alertas em casos de remoção indevida do colar.

TECNOLOGIAS APLICADAS

Smart Farm, Agronegócio, IoT e Inteligência Artificial

Desenvolvimento de Superfícies Inteligentes Reconfiguráveis (RIS) auxiliado por Inteligência Artificial

As superfícies inteligentes reconfiguráveis (RIS) surgiram como uma tecnologia versátil para manipular ondas eletromagnéticas com controle e precisão sem precedentes. As RISs são compostas por diversos elementos refletores, cada um projetado utilizando circuitos eletrônicos de baixa potência, como diodos. Esses elementos têm a capacidade de refletir sinais incidentes através de ajustes de fase, permitindo que se manipule efetivamente a propagação das ondas eletromagnéticas incidentes na superfície. Elas podem ser estrategicamente instaladas entre um transmissor e um receptor para controlar a forma

como o sinal incidente é refletido a partir da superfície. Essas superfícies podem ser usadas para direcionar sinais para um ou mais receptores, resultando em maior eficiência espectral, mitigação de interferência, economia de energia e expansão da área de cobertura das redes. Entretanto, o projeto e a otimização das RISs e seus elementos tradicionalmente dependem de softwares de simulação eletromagnética de alto custo e que realizam tarefas computacionalmente intensivas e demoradas, representando desafios em termos de investimentos, tempo, recursos computacionais e precisão.

PROJETO

Uso de inteligência artificial para o projeto de superfícies inteligentes reconfiguráveis flexíveis, utilizando novos materiais e métodos de manufatura.

APLICAÇÕES

As superfícies inteligentes reconfiguráveis desenvolvidas podem ser aplicadas em diversas áreas, incluindo telecomunicações, onde podem melhorar a eficiência espectral e a cobertura de redes, além de reduzir a interferência e o consumo de energia. Essas superfícies também têm potencial para aplicações em sensores, radares e sistemas de comunicação sem fio avançados.

RELEVÂNCIA

A pesquisa sobre superfícies inteligentes reconfiguráveis é extremamente importante devido ao seu potencial para revolucionar a manipulação de ondas eletromagnéticas. A utilização de inteligência artificial no projeto dessas superfícies representa um avanço significativo, permitindo soluções mais econômicas, rápidas e precisas.

RESULTADOS

O projeto resultou no desenvolvimento de uma técnica auxiliada por inteligência artificial capaz de prever as curvas de refletância de metasuperfícies. A IA pode generalizar e produzir respostas precisas mesmo para configurações não vistas durante o treinamento, eliminando a necessidade de simulações demoradas e uso de simuladores de alto custo. O objetivo foi redução de custos e de tempo, com respostas em menos de um segundo, e carga computacional, enquanto se mantém alta precisão nos resultados. Além disso, foram desenvolvidas e prototipadas duas superfícies flexíveis utilizando novos materiais, demonstrando a viabilidade e eficácia da abordagem proposta.

TECNOLOGIAS APLICADAS

Inteligência artificial com aprendizado de máquina, superfícies inteligentes reconfiguráveis, prototipagem e novos materiais.

Inteligência Artificial aplicada ao agronegócio

O agronegócio é um setor de extrema importância mundial, onde a modernização e inovação são essenciais para maximizar a produtividade e seus resultados financeiros. Existe uma crescente necessidade de uso sustentável dos recursos naturais e, ao mesmo tempo, aumento das taxas de produção. Além disso, há uma

grande demanda por melhorias em todas as etapas dos processos agrícolas. Para atender a essas demandas, o uso de tecnologias disruptivas no desenvolvimento de soluções para monitoramento e gestão de diferentes métricas pecuárias e áreas agrícolas é essencial.



PROJETO

O objetivo principal deste projeto é pesquisar e desenvolver soluções inovadoras, empregando visão computacional, aprendizado de máquina, drones e dispositivos IoT, para aprimorar o monitoramento de plantações e animais em áreas rurais. As metas incluem a identificação eficiente de pragas e doenças, localização de animais, e outras melhorias no setor agrícola. As soluções propostas visam elevar a eficiência e a produtividade agrícola, reduzir perdas na produção e aprimorar o processo de tomada de decisões.

APLICAÇÕES

As tecnologias desenvolvidas podem ser aplicadas em diversas áreas da agropecuária, incluindo: contagem de animais e frutos, detecção de doenças e pragas em plantações, monitoramento da saúde dos animais, determinação do peso dos animais e melhor data para o abate, entre outros. Essas aplicações trazem inúmeras vantagens para agricultores, fazendeiros e profissionais do setor agrícola, contribuindo para uma agropecuária mais eficiente e sustentável.

RESULTADOS

O projeto resultou no desenvolvimento de modelos de visão computacional e aprendizado de máquina para a detecção de objetos em áreas rurais em tempo real, utilizando imagens de drones. Além disso, foi possível realizar a classificação de diferentes tipos de grãos de café, proporcionando uma ferramenta poderosa para melhorar a qualidade e eficiência da produção agrícola.

RELEVÂNCIA

Este tema de pesquisa atende a uma necessidade crítica de modernização e inovação no setor agrícola. Ao combinar tecnologias avançadas, o projeto promove a entrada na era da agropecuária 4.0, oferecendo soluções práticas e eficazes para problemas complexos enfrentados pelos profissionais do setor. Agricultores e fazendeiros são os principais beneficiários, ganhando ferramentas que melhoram a produtividade e a sustentabilidade de suas operações.

TECNOLOGIAS APLICADAS

Visão Computacional, Inteligência Artificial com aprendizado de máquina, IoT, drones e Smart Farm.

Localização de dispositivos baseada em Inteligência Artificial para redes sem fio de próxima geração

A estimativa da direção de chegada (em inglês, direction of arrival - DOA) de sinais provenientes de dispositivos sem fio é fundamental para várias aplicações em sistemas 5G e 6G. Implementar sistemas de antenas inteligentes e realizar a triangulação precisa das coordenadas de dispositivos são algumas das utilidades dessa estimativa. Além disso, a análise das DOAs de sinais é

relevante para a segurança da rede, permitindo a localização de ataques ou fontes de sinal não autorizadas, além de fornecer insights valiosos para o planejamento e otimização de rede. No entanto, métodos clássicos de estimativas, como o multiple signal classification (MUSIC), são computacionalmente complexos e exigem muitos recursos.

PROJETO

Este projeto visa pesquisar e propor soluções baseadas em inteligência artificial com modelos de aprendizado de máquina para estimar a localização de dispositivos com base nos sinais recebidos. A proposta é desenvolver modelos que mantenham um desempenho comparável aos métodos clássicos, mas com menor complexidade computacional.

RESULTADOS

Desenvolvimento de um modelo de aprendizado de máquina para estimativa simultânea dos ângulos de azimute e elevação da DOA, mostrando um desempenho promissor na redução da complexidade computacional sem comprometer a precisão em comparação com os métodos clássicos.

APLICAÇÕES

A solução é útil para fabricantes de equipamentos, operadoras de telecomunicações, provedores de serviços de Internet e empresas de tecnologia da informação.

RELEVÂNCIA

O uso da inteligência artificial na obtenção das informações da DOA é relevante para a implementação de sistemas de antenas inteligentes para comunicação otimizada. Também a triangulação precisa das coordenadas de dispositivos sem fio em múltiplas estações rádio base ou pontos de acesso. Aumento da segurança da rede através da localização de ataques ou fontes de sinal não autorizadas. E planejamento e otimização de redes sem fio.

TECNOLOGIAS APLICADAS

O projeto utiliza inteligência artificial com modelos de aprendizado de máquina avançados para a estimativa da DOA.



Inatel Labs

Otimização de sistemas de transmissão de energia sem fio para redes IoT

Os dispositivos de Internet das Coisas (IoT) atuais dependem de baterias tradicionais, que precisam ser substituídas ou recarregadas regularmente, aumentando o custo de manutenção e gerando resíduos. Em lojas inteligentes, mercados, residências, além de áreas agrícolas e áreas remotas, o uso de baterias pode causar interrup-

ções na operação de dispositivos ou pode se tornar um impeditivo, pois a troca das baterias pode representar risco à equipe técnica e altos custos para a empresa. Portanto, encontrar uma solução sustentável e eficiente para manter esses dispositivos funcionando ininterruptamente é cada vez mais urgente.

PROJETO

Projeto visa otimizar sistemas de Transmissão de Energia Sem Fio (WET, do inglês Wireless Energy Transfer) para alimentar de forma sem fio um número massivo de dispositivos IoT. Utilizando técnicas de Inteligência Artificial, o objetivo é permitir que mais dispositivos sejam carregados simultaneamente pela mesma fonte de energia sem fio em áreas remotas e de difícil acesso, permitindo a operação ininterrupta dos dispositivos de IoT, redução do descarte de baterias e custo de manutenção.

APLICAÇÕES

As aplicações dos sistemas WET são variadas e podem ser utilizadas em qualquer ambiente que se queira automatizar e tornar inteligente. Em lojas e mercados inteligentes, por exemplo, podem ser usadas para manter etiquetas de produtos atualizadas e funcionando sem interrupções. Em redes de sensores sem fio, a tecnologia pode ser aplicada em residências inteligentes, na área da saúde, na indústria e na agricultura, garantindo a operação contínua e eficiente.

RESULTADOS

Os resultados esperados incluem a criação de soluções que reduzam significativamente o tempo de carregamento dos dispositivos IoT por meio de WET. Isso permitirá que um número maior de dispositivos seja alimentado de maneira eficiente e simultânea, aumentando a durabilidade e a sustentabilidade das redes IoT. A tecnologia WET pode ser vista como uma tecnologia habilitadora das redes 6G, visto que um dos requisitos das futuras redes de comunicação sem fio é garantir a conectividade de bilhões de dispositivos IoT simultaneamente.

RELEVÂNCIA

A tecnologia de transmissão de energia sem fio reduz a necessidade de baterias, cria uma rede sustentável, diminui custos de manutenção e substituição, além de prolongar a vida útil dos dispositivos IoT. Isso resultará em uma operação mais eficiente e contínua, com a redução de bloqueios e uma melhor qualidade de serviço em diversos cenários, como fábricas, laboratórios, comércios e fazendas.

TECNOLOGIAS APLICADAS

Inteligência Artificial e Transmissão de Energia Sem Fio (WET), 5G e 6G.

Modernas técnicas de comunicação sem fio sob condições adversas de propagação

Novos serviços de telecomunicações e conectividade, cada vez mais requisitados, são os principais impulsionadores das pesquisas sobre tecnologias emergentes. Isso é especialmente evidente com o avanço das investigações em torno da quinta geração (5G) dos sistemas de

comunicações sem fio, a Internet das Coisas (IoT) e a sexta geração (6G) das redes móveis. A eficiência das técnicas de comunicação em ambientes adversos de propagação é importante para o desenvolvimento de redes de comunicação mais robustas e confiáveis.



PROJETO

O projeto visa aplicar técnicas avançadas de comunicação sem fio em condições desafiadoras de propagação, operando principalmente nas faixas de micro-ondas e ondas milimétricas (mmWave). As principais técnicas abordadas são: o estudo e o desenvolvimento de superfícies inteligentes e reconfiguráveis, a proposição de melhorias em técnicas de sensoriamento espectral baseadas na distribuição da diferença de fase do sinal recebido, e o estudo dos sistemas de antenas fluídas (FAS - Fluid Antenna System).

RESULTADOS

A comprovação teórica do desempenho dessas técnicas em condições severas de propagação é um dos objetivos centrais. Novos modelos matemáticos desenvolvidos servirão como base para o desenvolvimento de protótipos e softwares de otimização dos principais recursos de telecomunicações, como largura de banda e potência de transmissão.

APLICAÇÕES

As técnicas desenvolvidas no projeto têm potencial aplicação nas futuras redes 6G, melhorando a eficiência da comunicação em cenários onde a propagação do sinal é adversa. A utilização de RIS, sensoriamento espectral e FAS podem revolucionar a forma como as redes sem fio são estruturadas e otimizadas, proporcionando melhor cobertura e desempenho em ambientes urbanos densos e áreas rurais de difícil acesso.

RELEVÂNCIA

A relevância do projeto está na sua capacidade de influenciar diretamente o futuro das telecomunicações. As técnicas estudadas e desenvolvidas são fundamentais para a implementação de redes 6G, contribuindo para a evolução contínua das tecnologias de comunicação. O impacto dessas inovações pode se estender à Internet das Coisas (IoT), possibilitando uma comunicação mais eficiente e robusta entre dispositivos conectados.

TECNOLOGIAS APLICADAS

Superfícies Inteligentes e Reconfiguráveis (RIS), sensoriamento espectral, Sistemas de Antenas Fluídas (FAS).

**Inatel Labs***Information and
Communications
Technologies*

Integração de redes satelitais e redes 5G para áreas remotas

A conectividade e cobertura de acesso à Internet em áreas remotas e rurais são limitadas, impactando negativamente diversas áreas como agronegócio, meio ambiente, educação e turismo.

A integração de redes satelitais com redes 5G/6G/xG é crucial para melhorar essa cobertura e garantir maior acesso à Internet nessas regiões.

PROJETO

O objetivo deste projeto é comprovar a viabilidade da integração de redes satelitais com o ambiente Free5GC para acesso 5G de tecnologias IoT não 3GPP, como Wi-Fi, LoRa e Sigfox. O projeto também avalia sistemas de distribuição de conteúdo que utilizem armazenamento temporário na borda e via satélite, integrados com a tecnologia 5G tanto no acesso quanto no núcleo da rede. Ou seja, tanto na infraestrutura que permite a conexão dos dispositivos quanto nos sistemas centrais que controlam e direcionam o tráfego de dados, utilizam a tecnologia 5G.

APLICAÇÕES

A melhoria na conectividade em áreas remotas tem aplicações diretas em vários setores. No agronegócio, permitirá um monitoramento mais eficiente das plantações e da pecuária. No meio ambiente, possibilitará um melhor controle e monitoramento de áreas protegidas. Na educação, proporcionará acesso a recursos educacionais online. No turismo, facilitará a comunicação e a gestão de infraestruturas em regiões isoladas.

RESULTADOS

A integração inicial do satélite geoestacionário ao Free5GC já foi realizada com sucesso. Essa integração permitiu o uso de software de código aberto para estabelecer a conexão. Atualmente, os esforços se concentram na integração do sistema de distribuição de conteúdo, como streaming e IoT, com o restante da rede experimental, utilizando um enlace de satélite real, para avaliar a viabilidade e os benefícios da integração de redes satelitais com redes 5G/6G em áreas remotas.

RELEVÂNCIA

A convergência de novas constelações satelitais com 5G privativo amplia as possibilidades de acesso à Internet, impulsionando o desenvolvimento econômico e social em regiões que tradicionalmente sofrem com a falta de conectividade.

TECNOLOGIAS APLICADAS

Free5GC, um núcleo 5G de código aberto. Satélites geoestacionários. Tecnologias não 3GPP, incluindo Wi-Fi, LoRa e Sigfox, aplicadas no contexto de IoT. Sistemas de distribuição de conteúdo. Redes Satelitais e 5G.



Inatel Labs

*Information and
Communications
Technologies*

Arquiteturas de redes para sistemas de comunicações móveis de 6ª Geração

As comunicações móveis enfrentam desafios crescentes à medida que se avança para o 6G. A necessidade de arquiteturas flexíveis e adaptáveis é fundamental para suportar novos casos de uso e demandas. Atualmente, a compatibilidade

entre diferentes implementações de software e hardware de fabricantes distintos é um grande desafio. Além disso, a divisão dinâmica da rede e a redução de custos de implementação são essenciais para a evolução das redes móveis.

PROJETO

O projeto visa desenvolver a arquitetura e a camada de softwarização do 6G.

RESULTADOS

Duas abordagens principais estão sendo consideradas já com resultados em ambas as frentes:

Evolução da Arquitetura 5G: a primeira abordagem envolve a evolução da arquitetura atual das redes 5G, criando novos componentes e funções necessárias para futuras aplicações. Isso inclui suporte a fatiamento dinâmico, otimização de recursos por inteligência artificial, IoT, realidade virtual e registro imutável de ações do plano de controle utilizando tecnologia blockchain. O objetivo é desenvolver um núcleo open source com componentes avançados além do estado da arte do 5G.

Arquitetura Disruptiva: a segunda abordagem adota uma arquitetura disruptiva, especificamente concebida para superar os desafios das futuras redes móveis. Esta arquitetura integra gêmeos digitais, mercados digitais de funções de rede e facilitadores para seleção de contratos inteligentes, resultando em um modelo de referência para o 6G.

APLICAÇÕES

As novas arquiteturas de rede desenvolvidas neste projeto têm várias aplicações potenciais, como: O-RAN (Open Radio Access Network), que permite a divisão dinâmica da rede para melhor atender às demandas específicas; também SDN (Software-Defined Networking) e NFV (Network Functions Virtualization), que facilitam a virtualização e a orquestração da infraestrutura de rede; e Inteligência Artificial e Blockchain, que aprimoram a otimização de recursos e a segurança das ações do plano de controle.

RELEVÂNCIA

As atividades relacionadas à arquitetura, virtualização, orquestração, representação com gêmeos digitais e programabilidade de infraestrutura convergente são de extrema importância para as soluções de comunicações móveis atuais e futuras. Essas tecnologias são essenciais para explorar conceitos como O-RAN, SDN e NFV, permitindo a divisão dinâmica da rede para atender a diferentes casos de uso nas futuras redes móveis. Além disso, elas facilitam a competição entre fornecedores de infraestrutura e reduzem os custos de implementação da rede.

TECNOLOGIAS APLICADAS

O-RAN, SDN e NFV, gêmeos digitais, blockchain, Inteligência Artificial, IoT, Realidade Virtual, 6G e Softwarização de Redes.



Inatel Labs

*Information and
Communications
Technologies*

NovaGenesis **- arquitetura convergente de sistemas e redes**

A arquitetura da Internet atual é composta de centenas de protocolos que interagem entre si e foram acrescentados de forma incremental ao longo do tempo. No entanto, os protocolos fundamentais permanecem praticamente inalterados desde a década de 70. Isso resulta em novas tecnologias que precisam lidar com a complexidade, imperfeições e limitações das tecnologias anteriores. Além disso, esses protocolos foram projetados para capacidades de computação, armazenamento e comunicação muito inferiores às atuais, o que

limita o desenvolvimento e os direciona exclusivamente para a transferência de pacotes entre computadores. Novas camadas e protocolos foram adicionados para suportar requisitos emergentes, gerando interações inesperadas. Com milhares de cenários de aplicação na Internet atualmente, as limitações e problemas da arquitetura atual são cada vez mais evidentes. Em resposta a essas limitações, surgiram diversas iniciativas globais para repensar a Internet, conhecidas como projetos de "Internet do Futuro".

PROJETO

O projeto NovaGenesis é a única proposta ativa de “Internet do Futuro” conhecida no hemisfério sul, que iniciou há 16 anos. Ele avança o status quo tecnológico da Internet ao reunir ingredientes-chave nunca antes combinados em uma única proposta. A NovaGenesis pode ser vista como uma reformulação completa, com o potencial de criar uma nova Internet e outras arquiteturas convergentes derivadas, que englobam transmissão, processamento, armazenamento e visualização de informações, além de contribuir para as redes programáveis de próxima geração no Brasil.

APLICAÇÕES

Uma nova arquitetura de Internet. Os principais resultados e inovações da NovaGenesis têm como potencial a criação de redes mais eficientes e seguras, aprimoramento de serviços digitais, desenvolvimento de novas aplicações, customização e adaptação das redes para diferentes usos e necessidades.

RESULTADOS

A NovaGenesis é uma arquitetura disruptiva cujos principais resultados ainda não foram explorados pela comunidade. A proposta se apoia na linguagem (natural e criptográfica), na auto-organização de serviços, na implementação de protocolos como serviços, na criação de uma loja de protocolos (similar a uma loja de aplicativos de celular) e no suporte ao ciclo de vida de serviços. Além disso, implementa conceitos que somente hoje começam a ser discutidos, como gêmeos digitais, contratos inteligentes, expressividade e semântica, entre outros.

RELEVÂNCIA

A NovaGenesis representa uma proposta inovadora e disruptiva para a arquitetura da Internet, abordando diretamente as limitações e problemas da estrutura atual. Com seu enfoque em novas tecnologias e conceitos emergentes, a NovaGenesis possui a capacidade de transformar a maneira como a Internet funciona, oferecendo uma alternativa mais eficiente, segura e adaptável.

TECNOLOGIAS APLICADAS

Linguagem natural e criptográfica, implementação de protocolos como serviços, gêmeos digitais, contratos inteligentes e Internet do Futuro.

**Inatel Labs****Information and
Communications
Technologies**

Monetização digital de recursos de Internet das Coisas, sistemas e redes 5G/6G



À medida que a transformação digital avança exponencialmente, a economia global acompanha essa tendência. No Brasil, o PIX e o DREX são exemplos de inovação que colocam o país na vanguarda mundial. Contudo, a necessidade de integração da monetização digital em áreas críticas continua a ser um desafio. A Economia das Coisas

conectadas destaca a importância de otimizar o uso de recursos em setores como telecomunicações, saúde, logística e agricultura urbana, para promover a eficiência na gestão de recursos, a sustentabilidade e a inovação para impulsionar a economia digital por meio da monetização de recursos e serviços.

PROJETO

Este projeto visa integrar tecnologias inovadoras de telecomunicações e computação com a monetização digital, criando um mercado digital com características de segurança e imutabilidade. O objetivo é desenvolver mercados confiáveis para o aluguel de espectro, implementar tecnologias avançadas para a rastreabilidade e monitoramento de produtos e aplicar micropagamentos em moeda digital para a gestão de recursos em economias conectadas.

APLICAÇÕES

O objetivo final é criar um ecossistema digital robusto que apoie a inovação contínua, a sustentabilidade e o crescimento econômico em uma gama de aplicações. Isso inclui a Internet e as tecnologias emergentes de telecomunicações, como 5G, 6G e além.

RESULTADOS

Os protótipos desenvolvidos até o momento demonstram a aplicabilidade e a eficiência das soluções propostas. A próxima fase pretende expandir essas inovações, refinando os modelos e tecnologias utilizadas para cobrir um maior número de cenários e setores. Um exemplo é a integração da horta comunitária urbana no ICT Lab do Inatel, que ilustra de forma prática os princípios da economia das coisas conectadas. Utilizando a IoT e a criptomoeda IOTA, foi possível otimizar o uso de recursos e produtos tanto em ambientes urbanos quanto rurais.

RELEVÂNCIA

A relevância deste projeto reside na sua capacidade de promover a eficiência na gestão de recursos, a sustentabilidade e a inovação em economias descentralizadas. A monetização digital de recursos e serviços impulsiona a economia digital, beneficiando a sociedade com ambientes mais inteligentes e sustentáveis.

TECNOLOGIAS APLICADAS

IoT, criptomoeda IOTA, tecnologias de telecomunicações avançadas (5G/6G/xG), micropagamentos em moeda digital e sistemas de rastreabilidade, monitoramento de produtos e Economia das Coisas.



**IoT Research
Group**

Monitoramento de cultivos agrícolas baseado em Internet das Coisas & Inteligência Artificial

Com a população mundial projetada para atingir 9,8 bilhões em 2050, a produção de alimentos precisará aumentar em 70%. No Brasil, os agricultores devem monitorar diversas métricas,

como temperatura, umidade, níveis de nutrientes, controle de pragas e qualidade do fruto, para melhorar a produtividade e atender à demanda global de alimentos de forma eficiente.

PROJETO

Pesquisa e desenvolvimento de soluções auxiliadas por visão computacional e aprendizado de máquina, duas subáreas da inteligência artificial, para monitoramento de plantações, identificação das condições da área e das culturas mais adequadas para plantio e identificação de pragas e doenças em plantações.

RESULTADOS

Da pesquisa já resultaram a criação de algoritmos de aprendizado de máquina que podem ser empregados para monitoramento de métricas de plantações em tempo real, por meio de drones; métricas como qualidade das folhas, maturidade dos frutos, condições de temperatura de estufas, entre outros.

Também o desenvolvimento de modelos para detectar doenças e pragas em plantações, como uma armadilha que captura pragas específicas, expulsa outros insetos e envia dados via Internet para a nuvem, que são visualizados em um mapa de calor, ajudando os agricultores a decidirem sobre a aplicação de pesticidas e o gerenciamento de pragas.

APLICAÇÕES

A aplicação dessas técnicas de aprendizado de máquina pode ser utilizada em qualquer atividade agrícola ou área a ser destinada para plantio.

RELEVÂNCIA

O monitoramento pode aumentar a produtividade agrícola, reduzir perdas na produção, ajudar na escolha da cultura ou do produto mais adequado para o plantio em determinada área e melhorar a tomada de decisões no campo, com identificação precoce dos problemas. Além de acompanhamento remoto das lavouras, que contribui para a qualidade de vida dos profissionais do campo.

TECNOLOGIAS APLICADAS

Visão computacional, aprendizado de máquina e Smart Farm.



IoT Research
Group

**Análise de desempenho de
esquemas de cooperação
intersatélites para melhor eficiência
e robustez no descarregamento de
informações em redes de satélites
de baixa órbita**

Os satélites de baixa órbita, que orbitam entre 160 e 1.500 quilômetros da Terra, são mais compactos e econômicos que os tradicionais satélites de telecomunicações. Exemplos notáveis incluem a constelação Starlink, de Elon Musk, que oferece serviços de Internet via satélite.

No entanto, a transmissão de dados nessas redes enfrenta desafios, como perda de pacotes de dados devido à técnica de acesso ao meio, tempo limitado de visibilidade com estações terrestres e recursos restritos dos satélites. Essas limitações comprometem a eficiência e a confiabilidade das comunicações, demandando soluções inovadoras para otimizar o seu desempenho.

PROJETO

Pesquisa e desenvolvimento de técnicas baseadas em comunicação intersatélites para melhorar a eficiência energética de satélites de baixa órbita, aumentar a quantidade de dados que podem ser transmitidos, eliminar envios duplicados e garantir que dados não recebidos sejam reenviados corretamente, usando identificadores específicos para cada pacote de dados.

APLICAÇÕES

Alternativa de sistema de comunicação para as áreas agrícolas, áreas remotas e áreas de difícil acesso.

RESULTADOS

Cálculos matemáticos de projeção de um sistema de comunicação por cooperação intersatélite com eficiência e robustez no descarregamento de informações em redes de satélite de baixa órbita.

RELEVÂNCIA

Essa abordagem de cooperação intersatélites permite otimizar o desempenho da rede, reduzindo a perda de pacotes de dados e aumentando a eficiência geral da comunicação por satélite de baixa órbita.

TECNOLOGIAS APLICADAS

Satélites de baixa órbita e cooperação intersatélites.



**IoT Research
Group**

Vigilância Marítima baseada em Inteligência Artificial

A vigilância marítima enfrenta grandes desafios, especialmente em áreas movimentadas como a Baía da Guanabara/RJ, o complexo portuário do Espírito Santo e as regiões de extração de petróleo do pré-sal. O intenso tráfego de embarcações, que inclui atividades recreativas, pesca, transporte de cargas e

práticas ilícitas, exige uma monitoração constante e precisa. A sobrecarga de informações e a necessidade de uma análise detalhada aumentam o risco de erros humanos, evidenciando a urgência de soluções mais eficientes e tecnológicas para garantir a segurança e a eficiência na vigilância marítima.

PROJETO

O projeto tem como objetivo a pesquisa e o desenvolvimento de soluções baseadas em visão computacional e aprendizado de máquina, duas subáreas da inteligência artificial, para localizar, classificar e rastrear automaticamente embarcações, potenciais ameaças marítimas e atividades ilícitas com base na fusão de informações advindas de câmeras instaladas em postes ou drones e transponders das embarcações.

RESULTADOS

Criação de uma base de dados com cerca de 3 milhões de imagens. Desenvolvimento e treinamento de diversos modelos de classificação, detecção e rastreamento de embarcações em tempo real, que auxiliam os profissionais na vigilância do tráfego marítimo e gerenciamento das rotas e envio de sinais de alerta em caso de urgências com situação adversa.

APLICAÇÕES

Destinado às Forças Armadas, autoridades portuárias e empresas do setor de segurança.

RELEVÂNCIA

Monitoramento avançado do tráfego marítimo em áreas próximas à costa aumentando a segurança, a eficácia e o nível de automatização do monitoramento de tráfego marítimo, bem como reduzindo possibilidades de acidentes. Suporte, controle e gerenciamento do tráfego em zonas portuárias e de grande movimentação de embarcações, além de reforçar a Garantia de Lei e Ordem (GLO). Automatização a detecção de embarcações, ameaças e atividades ilícitas, aliviando a carga sobre os operadores e aprimorando as tarefas de vigilância e segurança marítima.

TECNOLOGIAS APLICADAS

Visão Computacional, Inteligência Artificial com aprendizado de Máquina e vigilância marítima.



*Centro de
Referência em
Radiocomunicações*

Implementação de TVWS para acesso à Internet no Brasil

No Brasil, a inclusão digital ainda é um desafio, especialmente em áreas rurais e remotas onde a infraestrutura de telecomunicações é limitada. A falta de acesso à Internet de banda larga nessas

regiões impede o desenvolvimento econômico e social, restringindo o uso de tecnologias modernas que poderiam beneficiar setores como agricultura, saúde e educação.



PROJETO

O projeto visa criar uma rede inteligente que possa analisar e explorar a viabilidade da utilização das faixas de frequência de televisão não utilizadas (TVWS) para fornecer acesso à Internet de banda larga em áreas rurais e remotas do Brasil a baixo custo. Este estudo inclui uma análise técnica das restrições regulamentares, avaliação de desempenho em laboratório e campo, e propostas de parametrização para redes projetadas especificamente para essas regiões.

RESULTADOS

Os resultados indicam que o sistema de Televisão Digital adotado no Brasil pode coexistir com redes TVWS operando em canais adjacentes sem causar interferências, especialmente quando se utilizam tecnologias de modulação digital avançadas. Mesmo com as restrições vigentes, as redes TVWS têm a capacidade de fornecer serviços de alta qualidade em uma área de cobertura suficiente para atender a maioria das aplicações planejadas para áreas remotas e rurais. O projeto está em fase de teste de campo com a finalidade de criar um protótipo viável desta rede inteligente.

APLICAÇÕES

A implementação da tecnologia TVWS pode beneficiar diversos setores no Brasil. Na agricultura, permite o monitoramento remoto de lavouras; na saúde, viabiliza a telemedicina; e na educação, facilita a educação à distância. Essas aplicações são cruciais para áreas rurais e remotas, onde a conectividade tradicional é insuficiente.

RELEVÂNCIA

A pesquisa sobre TVWS é de extrema importância para o desenvolvimento tecnológico e a inclusão digital no Brasil. Democratizar o acesso à Internet pode promover o desenvolvimento econômico e social, impulsionar a inovação e melhorar a qualidade de vida em diversas regiões do país. O projeto apresenta uma solução tecnologicamente avançada e viável que permite aumentar a área de cobertura usando uma forma de explorar o espectro que reduz o custo de implantação, superando os desafios impostos pela infraestrutura de telecomunicações tradicional.

TECNOLOGIAS APLICADAS

Técnicas avançadas de comunicação digital, TVWS, novas formas de exploração do espectro de frequência e Inteligência Artificial para a tomada de decisão.



Inatel Labs

*Laboratório
de Simulação
e Pesquisa*

Acesso dinâmico ao espectro

Atualmente, o espectro de radiofrequências (RF) está altamente saturado, com poucas faixas disponíveis abaixo de 10 GHz. A política de alocação fixa do espectro, que concede acesso exclusivo a certos usuários primários, é a principal causa dessa saturação. Em certos momentos e regiões, algumas faixas de frequência não são utilizadas, o que permite que sistemas secun-

dários utilizem essas faixas de forma oportunista, aumentando a eficiência do uso do espectro. A política de Acesso Dinâmico ao Espectro (DSA) surge como uma solução para melhorar essa eficiência. Para viabilizar o DSA, são necessárias técnicas de rádio cognitivo e sensoriamento espectral para identificar frequências ociosas.

PROJETO

Este projeto busca desenvolver novas técnicas e aprimorar métodos existentes para facilitar a implementação do DSA. Os objetivos incluem: desenvolver novas técnicas de sensoriamento de espectro; melhorar técnicas de sensoriamento atuais; analisar o desempenho das soluções de DSA; e criar soluções completas de DSA, desde o sensoriamento até a criação de modelos de negócios que regulamentem o mercado de espectro.

APLICAÇÕES

Redes de comunicação móveis 4G, 5G e 6G.

RELEVÂNCIA

Este projeto contribui significativamente para a pesquisa em DSA no Inatel e no Brasil, fortalecendo a colaboração entre academia e indústria. Promove uma cultura de inovação e transferência de conhecimento, alinhada à missão do Inatel de ser uma instituição de excelência em pesquisa e desenvolvimento em telecomunicações. O conhecimento gerado tem impacto direto no avanço tecnológico e na formação de profissionais qualificados para a indústria.

RESULTADOS

O projeto já obteve avanços importantes no desenvolvimento de soluções completas de DSA, com publicações científicas desses estudos. Entre eles, destaca-se a proposta de uma estrutura completa que utiliza dispositivos de Internet das Coisas (IoT) especializados para realizar o sensoriamento do espectro, que alimenta um banco de dados. Esse banco de dados, por sua vez, fornece informações sobre a disponibilidade de espectro em diferentes locais para redes secundárias. As diretrizes focam em tecnologias que asseguram a viabilidade, confiabilidade e segurança dessa estrutura.

Outro artigo apresenta uma nova técnica de sensoriamento de espectro com o desenvolvimento do detector modificado do índice Pietra-Ricci (mPRiDe) que oferece menor complexidade de implementação em comparação ao seu antecessor, sem comprometer o desempenho. Ele é resistente a ruídos e variações de sinal, ocupam menos área de hardware e consumo de energia para sensoriamento de espectro em redes de rádio cognitivo, tornando-os os sensores mais eficientes relatados na literatura.

TECNOLOGIAS APLICADAS

Processamento digital de sinais, mercado de espectro, simulação computacional, sensoriamento espectral e rádios cognitivos.

Antenas para 5G, 6G e radares

As antenas são componentes essenciais para qualquer sistema de comunicação sem fio. Elas desempenham um papel crucial em tecnologias como 5G, 6G, radares, WiFi, Internet das Coisas (IoT),

comunicações por satélite, TV e rádio. Com a crescente demanda por conectividade e a transformação digital, a necessidade de antenas eficientes e avançadas se torna ainda mais evidente.



PROJETO

O projeto tem o objetivo desenvolver antenas e arranjos de antenas para diferentes faixas de frequências, incluindo ondas milimétricas (frequências superiores a 30 GHz), para diferentes aplicações. A metodologia de desenvolvimento segue cinco etapas principais: concepção e projeto analítico, simulações numéricas, engenharia de produto, fabricação e caracterização dos protótipos na câmara semi-anecóica.

RELEVÂNCIA

Este projeto é altamente relevante devido ao papel central das antenas na transformação digital e na evolução das comunicações sem fio, o que resulta em redução de custos, aumento de desempenho, maior velocidade e baixa latência na comunicação. Empresas de telecomunicações e forças armadas estão entre os setores que mais se beneficiam dessas inovações, promovendo avanços tecnológicos de grande impacto.

RESULTADOS

O Inatel contribuiu com o desenvolvimento de todos os Radares de Defesa, como M60 e M200, que estão em operação no Exército Brasileiro atualmente. Também desenvolve antenas de vários tipos para diversas aplicações. Estão em andamento projetos internacionais em andamento com a University of Surrey (Inglaterra), a Scuola Superiore Sant'Anna (Itália) e a University of Oulu (Finlândia); colaboração com a Technical University of Eindhoven (Holanda). Além disso, diversas empresas parceiras têm contribuído tecnicamente e/ou financeiramente com o laboratório WOCA garantindo o acesso ao pacote de softwares de simulação eletromagnética, incluindo o HFSS.

APLICAÇÕES

As antenas desenvolvidas podem ser aplicadas em diversas áreas, como sistemas de comunicação 5G e 6G, radares avançados, dispositivos de IoT, sistemas de WiFi de alta velocidade, e comunicações por satélite. Essas tecnologias melhoram a qualidade das comunicações e a eficiência dos sistemas que as utilizam.

TECNOLOGIAS APLICADAS

Antenas para 5G, 6G e radares.



*Wireless and Optical
Convergent Access*

Comunicações Óptico-Wireless para 5G e 6G

As redes de comunicação atuais enfrentam desafios para atender à crescente demanda por maior capacidade e velocidade. Com a chegada das tecnologias 5G e 6G, torna-se essencial explorar novos métodos para transmitir dados de forma

eficiente. As comunicações óptico-wireless surgem como uma solução promissora ao combinar a alta capacidade das comunicações ópticas com a flexibilidade das comunicações sem fio.

PROJETO

O projeto foca na concepção e implementação de sistemas óptico-wireless visando a convergência entre os sistemas ópticos e elétricos, por meio da integração eficiente das tecnologias de radiofrequência (RF), optoeletrônica e comunicações ópticas. Dentre essas tecnologias estão: Visible Light Communication (VLC), que utiliza luz visível para transmissão de dados; Free Space Optics (FSO), que utiliza luz para comunicação em espaços abertos; Radio-over-Fiber (RoF), que integra sinais de rádio com fibra óptica; Power-over-Fiber (PoF), que transmite energia e dados simultaneamente através de fibra óptica; Light Fidelity (LiFi), tecnologia de comunicação sem fio usando luz visível; e Light Detection and Ranging (LIDAR), que utiliza pulsos de luz para medir distâncias.

APLICAÇÕES

As tecnologias desenvolvidas abrangem uma gama de aplicações, como redes de acesso sem fio banda larga, aplicações militares, comunicações por satélite, rádio cognitivo, Internet das Coisas (IoT), E-health e instrumentação avançada.

RESULTADOS

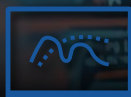
O projeto realizou experimentos que se destacam pela geração, transmissão, processamento, amplificação e detecção de sinais de Radiofrequência (RF) em frequências de até 67 GHz. Além disso, estão sendo conduzidas pesquisas em dispositivos ópticos não-lineares e foi utilizado fotônica integrada para aplicações em 5G, Beyond 5G (B5G) e 6G, mostrando avanços significativos nessas áreas.

RELEVÂNCIA

O uso conjunto das tecnologias óptico-wireless é essencial para o avanço das redes 5G e 6G. Essas tecnologias viabilizam inovações que podem transformar diversos setores, desde telecomunicações até saúde e defesa. A capacidade de transmitir dados em altas frequências e com baixa latência é crucial para atender às demandas futuras por conectividade rápida e confiável.

TECNOLOGIAS APLICADAS

Redes 5G e 6G; Radiofrequência (RF); Visible Light Communication (VLC); Free Space Optics (FSO); Radio-over-Fiber (RoF); Power-over-Fiber (PoF); Light Fidelity (LiFi); e Light Detection and Ranging (LIDAR).



Inatel Labs

*Laboratório
de Simulação
e Pesquisa*

Centro de Desenvolvimento ASIC para Telecomunicações (CDASIC)

O setor de telecomunicações enfrenta a constante necessidade de inovação para acompanhar o rápido avanço tecnológico. Há uma demanda crescente por soluções de Circuitos Integrados de Aplicação Específica (ASICs), que são essenciais para o desenvolvimento de novas tecnologias em áreas como comunicação

móvel, Internet das Coisas (IoT) e infraestrutura de rede. No entanto, a falta de um ambiente dedicado ao desenvolvimento desses circuitos, até a etapa anterior à fabricação, representa um obstáculo para a evolução e implementação dessas soluções inovadoras.

PROJETO

O Centro de Desenvolvimento ASIC para Telecomunicações (CDASIC) será criado para enfrentar esse desafio. O projeto visa desenvolver soluções de ASICs até a etapa imediatamente anterior à fabricação do chip, focando em gerar conhecimento e promover a colaboração entre pesquisa acadêmica e indústria. O CDASIC vai se dedicar a todas as etapas do desenvolvimento de ASICs, criando um ambiente propício para a criação de soluções de alta complexidade que atendam às necessidades específicas do setor de telecomunicações.

RELEVÂNCIA

O CDASIC é essencial para fortalecer o desenvolvimento nacional de circuitos integrados e a produção de propriedade intelectual avançada em telecomunicações. A iniciativa não só impulsionará a inovação no setor, mas poderá trazer redução de custos, desenvolvimentos de recursos humanos especializados e capacitados nesta área de atuação e alavancagem de tecnologia nas empresas.

RESULTADOS

Ao longo do projeto, o CDASIC espera alcançar os seguintes resultados:

1. Projetar e simular soluções ASIC customizadas para problemas específicos da indústria de telecomunicações.
2. Capacitar pesquisadores e colaboradores de empresas parceiras em fundamentos de projeto ASIC e no uso de ferramentas computacionais avançadas.
3. Integrar atividades do centro com a pesquisa acadêmica, envolvendo estudantes de graduação e pós-graduação em projetos inovadores.
4. Estabelecer parcerias estratégicas com empresas do setor de telecomunicações para alinhar as soluções desenvolvidas com as necessidades do mercado e fomentar a colaboração com outras instituições de pesquisa.
5. Registro de propriedade intelectual ou patente.

APLICAÇÕES

As soluções desenvolvidas pelo CDASIC terão um impacto direto em diversas áreas das telecomunicações, incluindo, por exemplo, comunicação móvel, Internet das Coisas (IoT) e Infraestrutura de rede.

TECNOLOGIAS APLICADAS

ASIC e as tecnologias de aplicações, como 5G/6G, IoT e Infraestrutura de Rede

**5G**

SAMURAI: Smart 5G Core And MULTiRAn Integration

Núcleo 5G inteligente e integração de múltiplas redes de acesso

Com a crescente demanda por conectividade e a expansão da Internet das Coisas (IoT), as redes de comunicação enfrentam desafios. A integração eficiente de múltiplas tecnologias de acesso sem fio e a automatização das operações da rede são cruciais para suportar a complexidade e a escala das futuras redes 5G e 6G. Além

disso, há uma necessidade de formar recursos humanos especializados e desenvolver soluções inovadoras que utilizem Inteligência Artificial (IA) e Aprendizado de Máquina (ML) para melhorar o desempenho e a eficiência dessas redes principalmente em situações adversas.

PROJETO

Coordenado pela Universidade Federal do Pará (UFPA), com a participação do Instituto Nacional de Telecomunicações (Inatel), Universidade Federal de Goiás (UFG), Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS) e Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), o projeto SAMURAI tem como objetivo pesquisar, implantar e expandir sistemas 5G. O projeto envolve o desenvolvimento do software necessário para integrar tecnologias de acesso sem fio que não seguem o padrão 3GPP, como LoRa/LoRaWAN, SigFox, Bluetooth/BLE e WiFi, ao núcleo 5G. Busca definir esse conjunto de recursos para suportar aplicações em cenários adversos, como áreas remotas e rurais e também em situações de emergências, como casos de catástrofes. O objetivo é criar uma rede integrada que ofereça suporte eficaz à IoT, utilizando técnicas de Inteligência Artificial e Aprendizado de Máquina (IA/ML) para automatizar a rede e reduzir os custos operacionais. Este projeto também busca alinhar-se com os esforços atuais de padronização do uso de IA/ML em redes 5G e 6G.

RESULTADOS

O projeto de pesquisa fundamental SAMURAI está em andamento com a produção de artigos científicos que mostram avanços tecnológicos que viabilizam os cenários adversos de aplicação.

RELEVÂNCIA

O projeto define estratégias de uso de IA/ML em telecomunicações e IoT e também contribui para a formação de profissionais especializados nessas áreas. A disponibilização dos dados do projeto para outros pesquisadores brasileiros amplia o impacto e a colaboração na comunidade científica, incentivando avanços contínuos na área.

APLICAÇÕES

Aplicações em cenários adversos, como áreas remotas, rurais e áreas em situações de emergências, como casos de catástrofes.

TECNOLOGIAS APLICADAS

Inteligência Artificial para gestão da rede, fatiamento de rede e virtualização de funções de rede.

Projeto Brasil 6G – Projeto de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico em Sistemas de Comunicações Móveis de 6ª Geração



6G



As redes de comunicações móveis evoluem a cada 10 anos, trazendo inovações substanciais. Com o advento das redes 5G, já estão em andamento pesquisas para a próxima geração, o 6G, desde 2018. No entanto, as inovações são frequentemente baseadas em cenários e casos de uso previstos por países desenvolvedores, que nem sempre consideram as necessidades específicas de todas as nações. O Brasil, com sua vasta extensão territorial e diversidade geográfica, enfrenta desafios únicos. Por isso, é essencial que o desenvolvimento das redes 6G considere as características e demandas do país.

PROJETO

O Projeto Brasil 6G, liderado pelo Inatel com apoio do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI), Rede Nacional de Ensino e Pesquisa (RNP) e outros institutos de pesquisa brasileiros, tem como principal objetivo definir quais são os passos necessários para que a futura geração de redes móveis seja capaz de atender a aplicações e casos de uso importantes para o desenvolvimento econômico e social do país. Desenvolver soluções inovadoras para as redes 6G por meio de pesquisa e desenvolvimento em Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC). Isso inclui a criação de uma rede de pesquisa que abrange tecnologias como comunicações em THz, comunica-

ções ópticas, antenas, arquiteturas de redes, sistemas óptico-wireless, inteligência artificial, superfícies inteligentes, posicionamento, mapeamento, sensoriamento e imagem.

O projeto também busca posicionar o Brasil como um polo de referência em TIC, influenciando órgãos de padronização global e garantindo que as demandas nacionais sejam atendidas nos futuros padrões de comunicações. Além disso, pretende dominar tecnologias cruciais para atender às necessidades nacionais em diversas áreas e formar pesquisadores e engenheiros capacitados nas mais recentes tecnologias de comunicações móveis.

RESULTADOS & APLICAÇÕES

Os resultados da Fase 1 do projeto, concluída em dezembro de 2021, incluíram o levantamento dos casos de uso para as redes 6G e quais são as áreas de maior impacto social e econômico para o Brasil e a definição dos requisitos necessários para suportar esses casos. Além disso, foram identificadas tecnologias habilitadoras em áreas como comunicação digital, redes e suas arquiteturas, inteligência artificial, circuitos de RF, comunicações móveis, e posicionamento, mapeamento, sensoriamento e imagem.

A Fase 2 do projeto, concluída no primeiro semestre de 2024, focou na criação de um ambiente de testes (testbed). Os pesquisadores começaram a desenvolver e testar componentes pré-6G, utilizando uma fazenda inteligente como cenário, considerando as características específicas do Brasil, como relevo e clima. Esta fase foi essencial para preparar o país para a futura adoção do 6G, garantindo a participação

ativa do Brasil no desenvolvimento dessa nova geração de redes móveis.

A próxima fase do projeto visa desenvolver uma plataforma para a implementação de novas tecnologias na rede de acesso, comunicações ópticas e núcleo da rede, utilizando inteligência artificial de forma transversal. Os objetivos desta fase incluem a criação de uma plataforma para implementar as tecnologias habilitadoras mais promissoras, o desenvolvimento de aplicações para a rede 6G que agreguem valor para a sociedade brasileira, a promoção da transferência tecnológica para capacitar o mercado nacional a fornecer soluções de ponta para as redes 6G, e a formação de competências em pesquisa, desenvolvimento, implantação e operação de redes móveis avançadas. Além disso, o projeto prevê o desenvolvimento de patentes e aplicações IoT inovadoras, especificamente adaptadas aos casos de uso previstos para o Brasil.

RELEVÂNCIA

O projeto Brasil 6G é crucial para atuar continuamente no processo de concepção e padronização das redes móveis para garantir que as necessidades e demandas específicas nacionais e casos de uso importantes para o desenvolvimento econômico e social do país sejam atendidos pelas futuras gerações e para evitar uma lacuna tecnológica no Brasil. Além disso, o projeto visa assegurar o domínio de uma tecnologia essencial para a segurança nacional.



6G

TECNOLOGIAS APLICADAS

Técnicas avançadas de comunicação digital, novas formas de exploração do espectro de frequência e Inteligência Artificial para a gestão da rede e novas aplicações.

Inatel

