



EBOOK

Comunicação Satelital Bidirecional na Borda

Comunicações em tempo real via satélite para
aplicações de IoT em todo o mundo





A demanda por conectividade IoT global e em tempo real está crescendo rapidamente à medida que os setores buscam soluções mais inteligentes e autônomas. A comunicação unidirecional via satélite é, há muito tempo, uma base confiável para a transmissão de dados essenciais, permitindo que as empresas obtenham informações importantes de sensores e dispositivos remotos.

No entanto, à medida que a IoT evolui, a necessidade de comunicação bidirecional está se tornando essencial, permitindo que os dispositivos não apenas enviem dados, mas também atuem na análise sem intervenção humana direta. Com a conectividade bidirecional via satélite, as soluções de IoT agora podem operar de forma inteligente em tempo real, automatizando respostas e otimizando o desempenho até mesmo nos locais mais remotos ou de difícil acesso, garantindo conectividade contínua e sempre ativa em qualquer lugar do mundo.

Por que a Comunicação Unidirecional Funciona

A Internet das Coisas (IoT) estava surgindo na década de 1990 e a tecnologia satelital era parte do suporte a essas comunicações máquina a máquina. No início, os sistemas via satélite para IoT foram projetados com base em uma comunicação unidirecional para maximizar a eficiência e a complexidade.

Em seus primeiros anos, a conexão unidirecional foi o principal modelo na comunicação satelital, e segue sendo um padrão para diversas aplicações em IoT.

Demanda

A demanda inicial de comunicações da IoT era relativamente simples. Pequenas quantidades de dados eram transmitidas a partir do monitoramento de dispositivos e sensores de baixa complexidade em aplicações como estações meteorológicas remotas, oleodutos, rastreamento de animais ou embarcações marítimas. Essas transmissões de poucos dados normalmente usam pouca largura de banda para enviar esses pequenos pacotes de dados periódicos com informações como temperatura, localização GPS e pressão.

Em termos simples, as comunicações unidirecionais via satélite são suficientes para determinados casos de uso.



A Mudança para Comunicação Bidirecional

Da mesma forma que aconteceu com a comunicação unidirecional, a demanda e a oportunidade estão convergindo à medida que a necessidade cresce junto com os desenvolvimentos tecnológicos que tornam a comunicação bidirecional muito mais viável.

Demanda

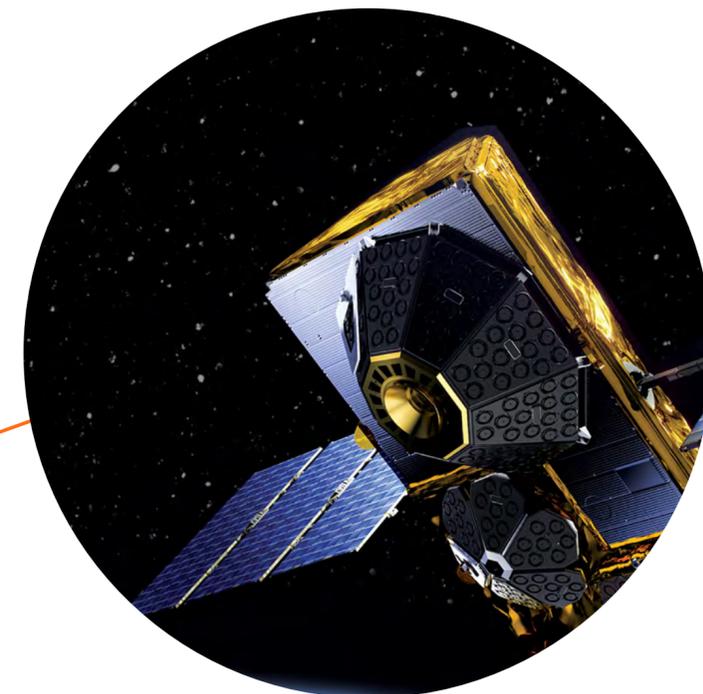
A complexidade da conectividade IoT está aumentando, assim como a necessidade de comunicações resilientes em todo o mundo. A transmissão de dados está se transformando em transmissão de dados orientados para ações, que é onde as mensagens bidirecionais na conectividade por satélite estão crescendo.

A IoT está iterando de uma forma em que, por exemplo, a coleta de dados sobre as condições do solo é extremamente útil, mas a próxima iteração é um dispositivo de irrigação que recebe informações de que o solo está muito seco e, portanto, sinaliza para o dispositivo começar a irrigar.

A necessidade de dados em tempo real e controle remoto está impulsionando o avanço das tecnologias de conectividade IoT para atender a essas necessidades. Os satélites em órbita terrestre baixa (LEO) estão ajudando a atender a esse chamado.

Oportunidade de Tecnologia

- **Avanços na Tecnologia Satelital:** O desenvolvimento de satélites LEO reduziu drasticamente o custo e o tamanho dos sistemas satelitais, tornando muito mais viável o uso em aplicações amplas e de baixa complexidade, ideais para a IoT.
- **Baixo Consumo de Energia, Maior Eficiência:** Os avanços em hardware e protocolos para eficiência energética, como as redes de área ampla de baixa potência (LPWA) e os protocolos de IoT via satélite mais recentes, possibilitaram que os dispositivos IoT estabelecessem uma comunicação bidirecional sem consumir muita energia. Um exemplo importante disso é a Rede Não Terrestre (NTN) NB-IoT, que é uma rede celular LPWA fornecida por satélite, o que cria uma oportunidade empolgante de ver a fusão de redes terrestres e não terrestres.



Análise do LEO

O que significa LEO?

Os satélites LEO orbitam a Terra em altitudes relativamente baixas, entre 500 e 2.000 quilômetros, em comparação com os satélites geoestacionários tradicionais (GEO), que orbitam a cerca de 35.786 quilômetros acima da Terra.

Por que isso importa?

Uma vez que os satélites LEO estão mais próximos da Terra, é mais econômico fabricá-los e implantá-los. Os satélites LEO são geralmente menores e mais leves do que os satélites GEO. Isso ocorre por vários motivos:

- **Design leve:** Os satélites LEO não têm a mesma proteção contra radiação que os satélites projetados para a órbita GEO, portanto, podem ser construídos com componentes mais simples e leves.
- **Menos uso de materiais complexos:** Os materiais usados nos satélites LEO não precisam resistir a ambientes agressivos por tanto tempo, portanto, os materiais podem ser mais leves.
- **Sistemas de comunicação menores:** Uma vez que os satélites LEO estão mais próximos da Terra, seus sinais são mais fortes, o que resulta na necessidade de sistemas de comunicação menos complexos em comparação com os satélites GEO.

Além das simplicidades de fabricação, há também razões pelas quais os satélites LEO são mais fáceis de lançar:

- **Menos energia para o lançamento:** Uma vez que os satélites LEO estão mais próximos da Terra, eles exigem menos potência de foguete para alcançara órbita em comparação com os satélites GEO, o que acaba reduzindo os custos de combustível e as despesas de lançamento.
- **Oportunidades frequentes de lançamento:** Muitos fornecedores de satélites normalmente lançam vários foguetes durante uma única implantação, o que reduz o custo total por lançamento e ajuda a diminuir o preço de cada satélite.

Eles vieram para ficar?

As tecnologias de comunicação têm um ciclo de vida (como vimos com 2G e 3G), e outras têm dificuldades para serem levadas adiante (como algumas tecnologias de celular de baixa potência), mas os satélites LEO prometem longevidade por dois motivos principais:

1. **Aumento das aplicações de IoT:** Com mais satélites LEO sendo lançados, as aplicações de IoT continuarão a se expandir em setores como agricultura, manufatura, logística, cidades inteligentes e saúde. Essas comunicações via satélite oferecem soluções para desafios como locais remotos, áreas com congestionamento de celulares ou locais de difícil acesso.
2. **Integração com outras tecnologias:** A convergência das redes de satélites LEO com outras tecnologias de comunicação, como o 5G, aumentará ainda mais o potencial das redes IoT globais e de baixa latência. Isso permitirá uma troca de dados mais rápida e eficiente entre dispositivos e sistemas centrais. and central systems.



O Valor da Comunicação Satelital Bidirecional

As empresas de satélite estão mudando e se adaptando para atender às necessidades de comunicações de IoT em tempo real em todo o mundo, oferecendo comunicações bidirecionais. Questionar se uma organização deve passar de uma comunicação unidirecional para bidirecional inclui avaliar se vale a pena adotar um novo modelo de tecnologia e se ele se encaixa nos casos de uso em questão.

Essencialmente, trata-se de aumentar a funcionalidade de uma aplicação existente, aprimorando os recursos, ou de implementar uma solução de última geração, dependendo de onde as organizações estão utilizando a IoT.

Em geral, a capacidade de enviar e receber mensagens por meio de comunicação bidirecional via satélite oferece uma série de benefícios para as aplicações de IoT:



Monitoramento em Tempo Real

A comunicação satelital bidirecional permite que os dispositivos de IoT não apenas enviem dados de sensores, mas também recebam comandos de controle. Isso é particularmente útil em cenários em que são necessários ajustes ou ações imediatas. Por exemplo, na logística, os dispositivos de rastreamento habilitados por satélite podem fornecer dados de localização para remessas e receber instruções de rota atualizadas ou alertas de emergência.

Isso permite a tomada instantânea de decisões, pois as organizações podem responder à situações críticas sem demora. Um exemplo seria o setor de petróleo e gás; se a falha do equipamento ou as mudanças ambientais exigirem ação imediata, a comunicação bidirecional pode desencadear ações em tempo real, como o desligamento de máquinas ou o alerta aos funcionários em tempo real.



Custos Operacionais Reduzidos

A comunicação bidirecional permite o diagnóstico remoto de dispositivos IoT, o que reduz a necessidade de visitas ao local. Isso é especialmente útil em áreas remotas ou de difícil acesso. Isso não apenas reduz o custo das visitas ao local, mas também pode reduzir o tempo de inatividade se um dispositivo estiver com problemas.

Por exemplo, se um veículo da frota com sensores de IoT puder enviar dados sobre seu desempenho, será muito mais fácil solucionar problemas à distância, e decisões preditivas poderão ser tomadas antes mesmo que ocorra uma paralisação.



Flexibilidade e Cobertura

A comunicação bidirecional é essencial nos dispositivos móveis de IoT. Em ambientes em que os dispositivos estão em constante movimento, como contêineres de transporte, caminhões ou drones conectados por satélites, a capacidade de enviar e receber dados permite a comunicação e o controle contínuos.

Isso também pode ampliar as comunicações essenciais da IoT em todo o mundo. Uma parte significativa da Terra não é coberta pelo serviço de celular, o que pode deixar lacunas de cobertura consideráveis para dispositivos móveis ou soluções em locais remotos.



Melhoria da Segurança e do Gerenciamento de Riscos

A segurança pode ser aprimorada por meio de mensagens bidirecionais, permitindo alertas instantâneos quando algo dá errado e a capacidade de resolver problemas remotamente. Isso pode ser fundamental em ambientes onde a intervenção humana é limitada ou o acesso é difícil. Por exemplo, incêndios florestais. Os dispositivos de IoT em partes remotas das florestas podem enviar sinais de alerta antecipado quando ocorre um incêndio e, em seguida, receber instruções para iniciar contramedidas automatizadas, como a ativação de um sistema de supressão de incêndio.

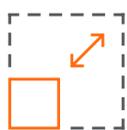
Além disso, o bloqueio, o controle ou a desativação remotos podem ser compatíveis com o envio de mensagens bidirecionais. Isso é especialmente pertinente para dispositivos que podem ser expostos a adulteração ou roubo. Se os dispositivos forem bloqueados, roubados ou comprometidos, em essência o dispositivo pode se desligar para que não possa ser usado. Isso é útil em instâncias como o gerenciamento da cadeia de suprimentos, em que mercadorias de alto valor podem ser rastreadas e controladas remotamente. Se um rastreador GPS em uma remessa de alto valor for roubado, o sistema poderá enviar um comentário de “desativação” para evitar que ele seja adulterado ou acessado.



Processamento e Análise de Dados Aprimorados

Os dispositivos de IoT que usam comunicação bidirecional geralmente são capazes de lidar com o processamento na borda, que é a realização da análise de dados no nível do dispositivo. Os sistemas adaptativos também podem ser auxiliados por meio de comunicação bidirecional. Em sistemas adaptativos, os dispositivos de IoT podem ajustar seu comportamento com base em condições externas e dados em tempo real, o que cria um ambiente mais responsivo que pode melhorar a eficiência e a produtividade.

Um exemplo disso pode ser encontrado em redes inteligentes, em que medidores inteligentes e dispositivos de rede habilitados para IoT podem ajustar suas operações com base no feedback do sistema central e, em troca, enviar seu status de volta para a otimização da rede, garantindo a distribuição eficiente de energia com base nas necessidades atuais.



Escalabilidade e Proteção Futura

As comunicações bidirecionais permitem sistemas de IoT mais dinâmicos e dimensionáveis. À medida que os dispositivos e as redes crescem e por conta da capacidade de interagir com cada dispositivo e controlá-los remotamente, o sistema pode se expandir com mais eficiência sem a necessidade de grandes intervenções manuais. Por exemplo, na logística, as comunicações bidirecionais podem auxiliar na conectividade em um navio, do porto ao mar, com transferência para que não haja perda de conectividade.

Um porto onde um navio poderia continuar seu caminho conectado a partir desse porto para o oceano sem interrupção para comunicações essenciais.

A comunicação bidirecional também estabelece a base para futuras inovações na IoT. A tecnologia IoT continuará avançando, e surgirá a necessidade de mais aplicações autônomas. A comunicação bidirecional pode permitir o desenvolvimento de novos casos de uso, incluindo automação máquina a máquina e veículos autônomos, entre outros. Veja, por exemplo, os veículos autônomos: a comunicação bidirecional via satélite permitirá que os veículos enviem dados operacionais para os centros de controle e recebam atualizações sobre o trânsito, o clima e a segurança em tempo real.

Essas aplicações futuras da IoT estão muito mais próximas do que parecem quando se trata de adoção generalizada, portanto, a preparação com comunicação bidirecional permite um pipeline para a escalabilidade simplificada.



LEO, MEO ou GEO para Comunicação Bidirecional?

As comunicações bidirecionais por satélite podem ser auxiliadas por satélites em órbita mais distante, incluindo GEO, que é o mais distante, e satélites em órbita terrestre média (MEO). Então, o que faz do LEO a tecnologia preferida?

Um dos principais valores da comunicação bidirecional é o suporte a comunicações em tempo real, e é aí que reside o valor exclusivo dos satélites LEO no suporte a comunicações bidirecionais em tempo real.

Menor Latência

Como mencionado anteriormente, os satélites LEO estão muito mais próximos da Terra, resultando em uma latência muito menor, de modo que o tempo de viagem do sinal é consideravelmente mais curto. Enquanto isso, os satélites MEO e GEO estão mais distantes da Terra, portanto, a latência será maior.

Aqui está a análise:

- **Latência para LEO:** 20 a 50 milissegundos
- **Latência para MEO:** 30 a 120 milissegundos
- **Latência para GEO:** 500 a 600 milissegundos

A latência é a taxa de transmissão de dados, portanto, para comunicações em tempo real, quanto menor a latência, melhor, posicionando o LEO como uma opção ideal para comunicações bidirecionais.

Melhor Largura de Banda e Rendimento

Devido à menor distância da Terra, os satélites LEO podem permitir uma maior taxa de transferência de dados com degradação menor do sinal. Graças à menor distância entre o satélite e os dispositivos, a atenuação do sinal é menor, o que permite que os sistemas LEO transmitam mais dados de maneira eficiente e em maior velocidade. Isso é especialmente útil para aplicações de IoT que exigem atualizações em tempo real, fluxo contínuo de dados ou comunicação frequente.

Em comparação, os satélites MEO e GEO podem permitir comunicações de alta largura de banda, mas estão expostos a desafios de perda de sinal devido à sua maior distância. Interferências como o clima ou outros obstáculos também podem gerar perda de sinal.

Cobertura e Passagens Frequentes

Uma vez que os satélites LEO funcionam como constelações (grupos de satélites que trabalham juntos), a cobertura global contínua é muito mais possível do que com os satélites MEO ou GEO. A localização dos satélites GEO é mais fixa, e a dos MEO pode oferecer ampla cobertura, mas sua distância da Terra pode deixar lacunas.

Os satélites LEO também passam frequentemente pela mesma região várias vezes por dia, com uma taxa de órbita de uma vez a cada 90 minutos¹.

LEO para Comunicação Bidirecional

Embora os satélites GEO e MEO ainda sejam importantes para determinadas aplicações (como comunicação de área ampla ou cobertura fixa), os satélites LEO oferecem vantagens importantes em termos de latência, custo e flexibilidade de cobertura, o que os torna a melhor opção para muitas aplicações de IoT de comunicação satelital bidirecional, especialmente aquelas que exigem interação em tempo real, global e econômica.

Destques de Casos de Uso

A comunicação bidirecional via satélite pode levar a IoT à aplicações em tempo real, permitindo recursos de última geração. A comunicação bidirecional permite o controle remoto, ajustes instantâneos e tomada de decisões automatizada em todos os setores. De redes inteligentes que otimizam a distribuição de energia a sistemas de tubulação que evitam vazamentos, essa tecnologia aumenta a eficiência, reduz os custos operacionais e garante respostas mais rápidas a eventos essenciais. À medida que a IoT continua a evoluir, a conectividade bidirecional via satélite está se tornando essencial para redes inteligentes, adaptáveis e resilientes.



Gerenciamento Agrícola e Pecuário

Os fazendeiros podem usar o rastreamento por GPS e sensores ambientais para monitorar a saúde e a localização do gado em tempo real e receber feedback sobre o comportamento ou o estado de saúde do animal. Em caso de emergência, podem ser enviados comandos para a tomada de medidas, como a ativação de um alerta de coleira. Com a comunicação unidirecional, apenas os dados de localização ou de saúde são transmitidos, sem a possibilidade de ajustar as configurações ou intervir.

A agricultura de precisão também pode se beneficiar da mudança de comunicações unidirecionais para bidirecionais. Os sistemas de irrigação inteligentes podem ajustar os cronogramas de irrigação com base nos padrões climáticos e nos dados de umidade do solo, e os agricultores podem alterar as configurações ou ativar a irrigação remotamente. A comunicação unidirecional pode relatar dados sobre a umidade do solo, mas não auxilia na capacidade de agir ou ajustar em tempo real.



Serviços públicos

Nas empresas de serviços públicos, a comunicação satelital bidirecional é importante porque permite não apenas a coleta de dados, mas também o controle e a tomada de decisões em tempo real, permitindo que as empresas de serviços públicos sejam mais ágeis, eficientes e proativas na manutenção da infraestrutura e na garantia de um fornecimento estável de energia.

O setor de petróleo e gás pode usar comunicações bidirecionais para controle e monitoramento remotos. Os operadores podem monitorar o status do equipamento, receber alertas de mau funcionamento e desligar ou controlar remotamente o maquinário para evitar danos. Com a comunicação unidirecional, não é possível intervir remotamente.

Em situações de desastre, as equipes de emergência podem se comunicar com os centros de comando para receber rotas de evacuação atualizadas, protocolos de emergência e alocação de recursos. A capacidade de receber informações em tempo real é fundamental para a adaptação a condições que mudam rapidamente.



Frota e Ativos

Atualizações em tempo real sobre a localização de veículos ou contêineres podem ser enviadas e recebidas, o que permite que as equipes de logística ajustem rotas, forneçam instruções atualizadas e enviem alertas de emergência com base nos dados de localização. O rastreamento unidirecional é limitado a relatórios de localização e não permite que os usuários ajustem ou interajam com o dispositivo.

Isso vale para o gerenciamento de frotas. As comunicações unidirecionais permitem o rastreamento da localização, mas as bidirecionais permitem que os administradores de frota enviem alterações de rota, instruções de segurança ou programações de manutenção aos motoristas em tempo real. Os motoristas também podem relatar problemas ou solicitar assistência.



Resposta a Emergências e Gerenciamento de Desastres

As equipes de resgate em locais remotos podem enviar dados de localização, solicitar recursos adicionais e receber instruções ou atualizações importantes dos comandos centrais.





Cidades Inteligentes

Semáforos ou câmeras de rua habilitados com dispositivos de IoT podem enviar dados sobre o fluxo de tráfego e receber comandos para ajustar os semáforos, redirecionar o tráfego ou ativar alertas. Isso pode aliviar o congestionamento do tráfego e criar passagens para veículos de emergência.

Para o gerenciamento de energia, os provedores podem monitorar o desempenho da rede, detectar anomalias, enviar comandos para ajustar cargas e reparar ou redefinir sistemas remotamente por meio de comunicação bidirecional. A comunicação unidirecional limita essa capacidade, pois apenas relata problemas sem oferecer suporte à resposta em tempo real.



Militares

Comunicações bidirecionais podem auxiliar em exercícios de treinamento militar. Por exemplo, os soldados podem usar equipamentos habilitados para IoT (como capacetes, coletes e rastreadores GPS) que monitoram sinais vitais, movimento e uso de armas. Veículos e armas também podem ser equipados com sensores de IoT para monitorar o desempenho e o comprometimento. Os dados dos sensores de soldados e equipamentos são enviados por meio de comunicação bidirecional via satélite para os centros de comando, mesmo em áreas sem redes terrestres. Os comandantes recebem informações em tempo real sobre as posições das tropas, o estado de saúde e as condições ambientais.

Além disso, o comando e controle além da linha de visão nas forças armadas é a capacidade de operar e monitorar remotamente forças, veículos e drones que estão localizados além do alcance visual ou de rádio direto do operador. Com a comunicação bidirecional, os centros de comando podem se comunicar, enquanto a unidirecional limitaria o rastreamento.

Para comunicações de defesa, as unidades militares em áreas remotas podem enviar relatórios de status criptografados, solicitar suprimentos ou receber ordens essenciais, inteligência e atualizações sobre movimentações estratégicas. A comunicação unidirecional permitiria o envio de relatórios, o que limita a capacidade de ação imediata e responsiva.

Uma Nota para Desenvolvedores

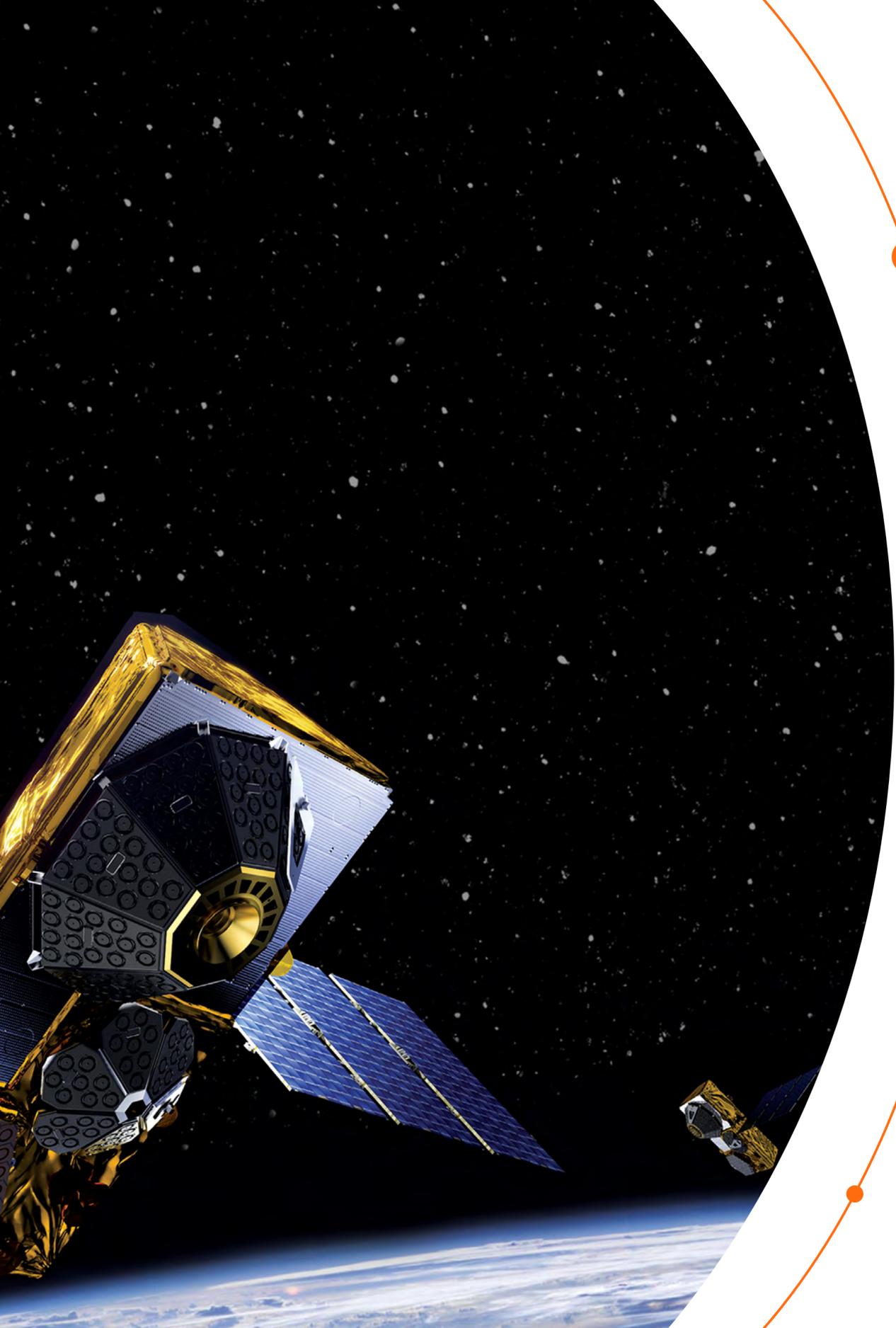
A Globalstar projetou um módulo de IoT para integração em sua solução IoT e fornece serviço bidirecional pela rede de satélites LEO acessível e confiável da Globalstar. No entanto, o hardware é apenas o começo, pois nossa Plataforma de Aplicativos Realm Edge fornece acesso ao firmware para configurar aplicativos, gerenciar interfaces de hardware e acessar uma biblioteca extensa e crescente de APIs de sensores. Esta plataforma de aplicativos na borda de código simples pode reduzir centenas de horas de tempo de desenvolvimento para soluções específicas do setor que oferecem o maior valor.

A plataforma oferece:

- Gerenciamento de assinantes
- Gerenciamento de dispositivos
- Monitoramento de integridade
- Ampla biblioteca de aplicativos, incluindo APIs
- Bibliotecas BLE sofisticadas para sensores, atualizações, configurações e dados

Com o Realm, você pode ativar a automação completa de processos remotos para reduzir custos, aumentar a produtividade, melhorar as margens e reforçar a segurança. Essa combinação de software personalizado e hardware poderoso pode não só detectar alterações, como também executar ações imediatas e de alto valor em resposta, como:

- Resposta à mudanças de pressão potencialmente perigosas detectadas em tubulações
- Início/parada automática de sistemas de irrigação com base na entrada de sensores de umidade do solo
- Desativação remota do motor se a localização do GPS detectar um veículo se movendo fora da cerca virtual



Pronto para uma Conectividade Bidirecional Potente?

A Globalstar tem 30 anos de experiência no setor de conectividade e nosso objetivo é liderar o setor de serviços móveis via satélite por meio de confiabilidade, flexibilidade, simplicidade e acessibilidade. Temos nos destacado na transmissão de mensagens de dados de baixa latência e baixo consumo de energia, e agora o RM200M, juntamente com a Plataforma de Aplicativos Realm Edge, é a nossa abordagem mais avançada para fornecer dados inteligentes bidirecionais a partir da borda por meio da nossa rede de satélites LEO (órbita terrestre baixa). Com essa combinação avançada, possibilitamos a velocidade de lançamento no mercado com uma arquitetura de padrões abertos que torna o desenvolvimento mais eficiente.

[Vamos alcançar a conectividade de última geração juntos. Inicie uma conversa entrando em contato com nossa equipe de especialistas.](#)

Globalstar 

¹ <https://www.spoc.spaceforce.mil/News/Article-Display/Article/3462529/leo-meo-or-geo-diversifying-orbits-is-not-a-one-size-fits-all-mission-part-1-of#:~:text=That's%20because%20satellites%20in%20LEO,to%20achieve%20continuous%20global%20coverage>