



EBOOK

Comunicación Satelital Bidireccional en el Borde

Comunicaciones en tiempo real vía satélite
para aplicaciones IoT a nivel mundial





La demanda de conectividad IoT global en tiempo real está creciendo rápidamente a medida que las industrias avanzan hacia soluciones más inteligentes y autónomas. Durante mucho tiempo, la comunicación satelital unidireccional ha sido una base confiable para transmitir datos críticos, permitiendo a las empresas obtener información valiosa a partir de sensores y dispositivos remotos.

Sin embargo, a medida que evoluciona la IoT, la necesidad de una comunicación bidireccional se vuelve esencial, permitiendo que los dispositivos no solo envíen datos, sino que también actúen sobre el análisis recibido sin intervención humana directa. Con la conectividad satelital bidireccional, las soluciones de IoT ahora pueden operar de manera inteligente en tiempo real, automatizando respuestas y optimizando el rendimiento incluso en las ubicaciones más remotas o de difícil acceso, lo que garantiza una conectividad continua y sin interrupciones en cualquier parte del mundo.

Por qué funciona la comunicación unidireccional

En la década de 1990, Internet de las cosas (IoT) apenas comenzaba a desarrollarse, y la tecnología satelital ya formaba parte de las comunicaciones máquina a máquina. Al principio, los sistemas satelitales para IoT se diseñaron en torno a la comunicación unidireccional para maximizar la eficiencia y reducir la complejidad.

Durante los primeros años de IoT, la comunicación unidireccional fue el modelo principal en las redes satelitales, y sigue siendo un estándar en diversas aplicaciones IoT.

Demanda

Al inicio, la demanda de comunicaciones IoT era relativamente simple. Se transmitían pequeñas cantidades de datos desde sensores de baja complejidad en casos de uso como estaciones meteorológicas remotas, oleoductos, rastreo de animales o embarcaciones marítimas. Estas transmisiones de datos de baja velocidad generalmente utilizaban un ancho de banda bajo para enviar estos pequeños paquetes de datos periódicos con información como temperatura, ubicación GPS y presión.

En pocas palabras, las comunicaciones satelitales unidireccionales siguen siendo suficientes para ciertos casos de uso.



La transición a la comunicación bidireccional

Al igual que ocurrió con la comunicación unidireccional, la demanda y la oportunidad se están alineando a medida que crece la necesidad de comunicación bidireccional junto con avances tecnológicos que la hacen cada vez más accesible.

Demanda

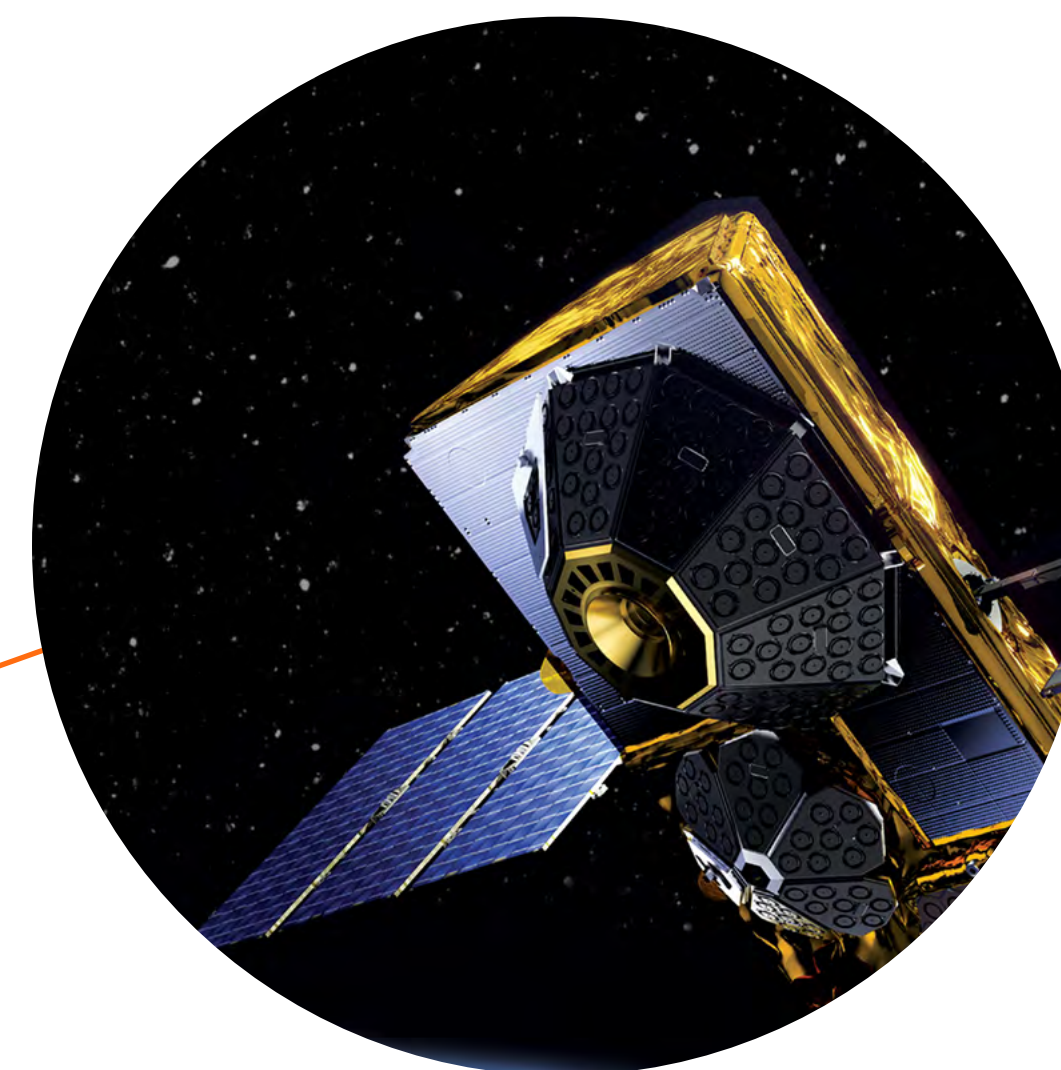
La conectividad de IoT se está volviendo más compleja, al igual que la necesidad de comunicaciones resilientes en todo el mundo. La transmisión de datos se está transformando en comunicaciones basadas en acciones, y es en este ámbito donde la mensajería bidireccional en conectividad satelital está ganando relevancia.

La IoT está avanzando de tal manera que, por ejemplo, recopilar datos sobre la humedad del suelo resulta útil, pero el siguiente paso natural es que un sistema de riego reciba la información de que el suelo está demasiado seco y active automáticamente el riego sin intervención humana.

La necesidad de datos en tiempo real y control remoto está impulsando el desarrollo de tecnologías de conectividad de IoT capaces de responder a estos requisitos. Los satélites de órbita terrestre baja (LEO) están desempeñando un papel clave en esta transformación.

Oportunidad tecnológica

- **Avances en la tecnología satelital:** El desarrollo de satélites LEO ha reducido drásticamente el costo y el tamaño de los sistemas satelitales, haciendo que su implementación en aplicaciones más accesibles y de menor complejidad sea viable, lo que los convierte en una solución ideal para IoT.
- **Bajo consumo de energía, mayor eficiencia:** Los avances en hardware y protocolos de bajo consumo, como las redes de área amplia de bajo consumo (LPWA) y los nuevos protocolos IoT satelitales, han hecho posible que los dispositivos IoT se comuniquen de manera bidireccional sin agotar excesivamente su energía. Un ejemplo destacado es la red no terrestre (NTN) NB-IoT, que es una red LPWA celular operada a través de satélites, lo que crea una oportunidad emocionante para la convergencia entre redes terrestres y no terrestres.



Introducción a los satélites LEO

¿Qué significa LEO?

Los satélites LEO orbitan la Tierra a altitudes relativamente bajas. En comparación, los satélites LEO orbitan entre 500 y 2000 kilómetros, mientras que los satélites geoestacionarios (GEO) orbitan a alrededor de 35.786 kilómetros sobre la Tierra.

¿Por qué es importante esto?

Dado que los satélites LEO están más cerca de la Tierra, resulta más rentable fabricarlos y desplegarlos. Los satélites LEO suelen ser más pequeños y ligeros que los satélites GEO, por varias razones:

- **Diseño ligero:** Los satélites LEO no tienen el mismo nivel de protección contra la radiación que los satélites diseñados para la órbita GEO, por lo que pueden fabricarse con componentes más simples y livianos.
- **Menos uso de materiales:** Los materiales utilizados para los satélites LEO no necesitan soportar entornos extremos durante tanto tiempo, por lo que los materiales pueden ser más livianos.
- **Sistemas de comunicación más pequeños:** Debido a que los satélites LEO están más cerca de la Tierra, sus señales son más fuertes, lo que reduce la necesidad de sistemas de comunicación tan complejos como los de los satélites GEO.

Además de las ventajas de fabricación, hay razones por las que los satélites LEO son más fáciles de lanzar:

- **Menor consumo de energía en el lanzamiento:** Dado que los satélites LEO están más cerca de la Tierra, requieren menos potencia de cohete para alcanzar la órbita en comparación con los satélites GEO, lo que reduce los costos de combustible y de lanzamiento.
- **Mayor frecuencia de lanzamiento:** Muchos proveedores de satélites lanzan múltiples satélites en una sola misión, lo que reduce el costo total por lanzamiento y ayuda a reducir el precio de cada satélite.

¿Los satélites LEO llegaron para quedarse?

Las tecnologías de comunicación tienen un ciclo de vida (como hemos visto con 2G y 3G), y otras nunca logran despegar (como algunas tecnologías celulares de bajo consumo). Sin embargo, los satélites LEO prometen una larga permanencia por dos razones clave:

1. **Aumento de las aplicaciones IoT:** A medida que se lanzan más satélites LEO, las aplicaciones IoT seguirán expandiéndose en industrias como la agricultura, la manufactura, la logística, las ciudades inteligentes y la atención médica. Estas comunicaciones satelitales ofrecen soluciones a desafíos como la cobertura en ubicaciones remotas, áreas con congestión celular o lugares de difícil acceso.
2. **Integración con otras tecnologías:** La convergencia de las redes de satélites LEO con otras tecnologías de comunicación como 5G ampliará aún más su potencial para redes IoT globales de baja latencia. Esto permitirá un intercambio de datos más rápido y eficiente entre dispositivos y sistemas centrales.



El valor de la comunicación satelital bidireccional

Las empresas de satélites están cambiando y adaptándose para satisfacer las necesidades de comunicaciones IoT en tiempo real en todo el mundo ofreciendo conectividad bidireccional. Al considerar si una organización debería pasar de la comunicación unidireccional a la bidireccional, es fundamental evaluar si vale la pena adoptar un nuevo modelo tecnológico y si este se ajusta a los casos de uso en cuestión.

Básicamente, se trata de ampliar la funcionalidad de un caso de uso existente mejorando sus capacidades, o de implementar una solución de próxima generación, dependiendo de cómo las organizaciones estén utilizando IoT.

En general, la capacidad de enviar y recibir mensajes a través de la comunicación satelital bidireccional ofrece una serie de beneficios para las aplicaciones IoT:



Monitoreo en tiempo real

La comunicación satelital bidireccional permite que los dispositivos IoT no solo envíen datos de sensores sino que también reciban comandos de control. Esto es particularmente útil en escenarios donde se necesitan acciones o ajustes inmediatos. Por ejemplo, en logística, los dispositivos de rastreo por satélite pueden proporcionar datos de ubicación de los envíos y recibir instrucciones de ruta actualizadas o alertas de emergencia.

Esto permite una toma de decisiones instantánea porque las organizaciones pueden responder de inmediato a soluciones críticas. Un ejemplo en la industria de petróleo y gas es la capacidad de activar acciones en tiempo real ante fallas en el equipo o cambios en el entorno, como apagar maquinaria o alertar a los empleados de inmediato.



Reducción de costos operativos

La comunicación bidireccional permite el diagnóstico remoto de dispositivos IoT, lo que reduce la necesidad de visitas en el sitio. Esto es particularmente útil en ubicaciones remotas o de difícil acceso. No solo reduce los costos asociados con inspecciones en el lugar, sino que también puede reducir el tiempo de inactividad si un dispositivo presenta fallas.

Por ejemplo, si un vehículo de flota con sensores IoT puede enviar datos sobre su rendimiento, la resolución de problemas es mucho más fácil de realizar a distancia y se pueden tomar decisiones predictivas incluso antes de que ocurra un tiempo de inactividad.



Flexibilidad y cobertura

La comunicación bidireccional es esencial para los dispositivos IoT móviles. En entornos donde los dispositivos están constantemente en movimiento, como contenedores de carga, camiones o drones conectados por satélite, la capacidad de enviar y recibir datos permite una comunicación y un control continuos.

Esto también permite extender la conectividad IoT a nivel mundial. Una parte importante de la Tierra no cuenta con cobertura celular, lo que deja amplias áreas sin conectividad para dispositivos en movimiento o soluciones en ubicaciones remotas.



Mayor seguridad y gestión de riesgos

La seguridad se puede mejorar a través de la mensajería bidireccional, permitiendo el envío de alertas instantáneas cuando ocurre un problema y la capacidad de resolverlo de forma remota. Esto puede ser fundamental en entornos donde la intervención humana es limitada o el acceso es difícil. Por ejemplo, los incendios forestales. Los dispositivos IoT en las zonas remotas de los bosques pueden enviar alertas tempranas ante un brote de incendio y recibir instrucciones para iniciar medidas automáticas de contención, como la activación de un sistema de extinción de incendios.

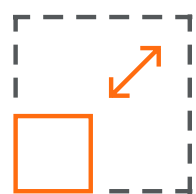
Además, el bloqueo, control o desactivación remotos pueden llevarse a cabo a través de la mensajería bidireccional. Esto es especialmente pertinente para los dispositivos que podrían estar expuestos a manipulación o robo. Si los dispositivos están bloqueados, son robados o se ven comprometidos, es posible que se apaguen por sí solos y no puedan usarse. Esto es útil en casos como la gestión de la cadena de suministro, donde se pueden rastrear y controlar bienes de alto valor de forma remota. Si se roba un rastreador GPS de un envío de alto valor, el sistema puede enviar un comando de “desactivación” para evitar que se pueda manipular o acceder a él.



Procesamiento y análisis de datos mejorados

Los dispositivos IoT que utilizan comunicación bidireccional pueden realizar procesamiento en el borde, que consiste en analizar datos en el dispositivo. Los sistemas adaptativos también pueden ser compatibles con la comunicación bidireccional. En los sistemas adaptativos, los dispositivos IoT pueden ajustar su comportamiento en función de las condiciones externas y los datos en tiempo real, lo que crea un entorno más receptivo que puede mejorar la eficiencia y la productividad.

Un ejemplo de esto se puede encontrar en las redes eléctricas inteligentes, donde los medidores inteligentes y los dispositivos de la red habilitados para IoT pueden ajustar sus operaciones según la retroalimentación del sistema central y, a su vez, enviar su estado para optimizar la red, lo que garantiza una distribución eficiente de la energía en función de las necesidades actuales.



Escalabilidad y preparación para el futuro

La comunicación bidireccional permite desarrollar sistemas IoT más dinámicos y escalables. A medida que los dispositivos y las redes crecen, la capacidad de interactuar con cada dispositivo y controlarlos de forma remota significa que el sistema puede expandirse de manera más eficiente sin la necesidad de intervenciones manuales significativas. Por ejemplo, en logística, la comunicación bidireccional puede mantener la conectividad de un barco desde el puerto hasta alta mar con transferencia de datos para que no se pierda la conectividad.

Un puerto donde un barco pueda continuar su ruta conectada desde la terminal hasta el océano sin interrupciones en las comunicaciones críticas.

La comunicación bidireccional también sienta las bases para futuras innovaciones en IoT. La tecnología IoT seguirá avanzando, y surgirá la necesidad de aplicaciones más autónomas. La comunicación bidireccional puede habilitar el desarrollo de nuevos casos de uso, incluida la automatización máquina a máquina y los vehículos autónomos, entre otros. Por ejemplo, en el caso de los vehículos autónomos, la comunicación satelital bidireccional permitirá que los vehículos envíen datos operativos a los centros de control y reciban actualizaciones de tráfico, clima y seguridad en tiempo real.

Estas futuras aplicaciones de IoT están mucho más cerca de lo que parece en términos de adopción generalizada, por lo que prepararse a través de una comunicación bidireccional facilita una escalabilidad simplificada.



¿LEO, MEO o GEO para comunicación bidireccional?

Las comunicaciones satelitales bidireccionales pueden ser compatibles con satélites en órbitas más lejanas, incluidos los satélites GEO, que están en la órbita más distante, y los satélites de órbita terrestre media (MEO). Entonces, ¿qué hace que LEO sea la tecnología preferida?

Uno de los principales beneficios de la comunicación bidireccional es su capacidad para permitir interacciones en tiempo real, y allí reside el valor distintivo de los satélites LEO, que hacen posible la comunicación bidireccional en tiempo real.

Menor latencia

Como se mencionó anteriormente, los satélites LEO están mucho más cerca de la Tierra, lo que reduce significativamente la latencia, acortando el tiempo de viaje de la señal. Por el contrario, los satélites MEO y GEO están a mayor distancia de la Tierra, lo que aumenta la latencia.

Resumen de los datos:

- **Latencia en LEO:** 20 a 50 milisegundos
- **Latencia en MEO:** 30 a 120 milisegundos
- **Latencia en GEO:** 500 a 600 milisegundos

La latencia es la velocidad de transmisión de datos, por lo que en comunicaciones en tiempo real, cuanto menor sea la latencia, mejor, posicionando a LEO como la opción ideal para la comunicación bidireccional.

Mejor ancho de banda y rendimiento

Debido a su menor distancia a la Tierra, los satélites LEO pueden soportar un mayor rendimiento de datos con menor degradación de la señal. La distancia más corta entre el satélite y los dispositivos reduce la atenuación de la señal, lo que permite que los sistemas LEO transmitan más datos de manera eficiente y a mayor velocidad. Esto es particularmente útil para aplicaciones IoT que requieren actualizaciones en tiempo real, transmisión continua de datos o comunicación frecuente.

En comparación, los satélites MEO y GEO pueden soportar comunicaciones de gran ancho de banda, pero enfrentan desafíos de pérdida de señal debido a su mayor distancia. Además, interferencias como las condiciones climáticas o ciertos obstáculos pueden provocar pérdida de señal.

Cobertura y pases frecuentes

Debido a que los satélites LEO operan en constelaciones (grupos de satélites que trabajan juntos), es más viable garantizar una cobertura global continua en comparación con los satélites MEO o GEO. Los satélites GEO tienen ubicaciones más fijas, mientras que los MEO pueden ofrecer una cobertura amplia, pero su distancia a la Tierra puede generar áreas sin cobertura.

Los satélites LEO también pasan con frecuencia por la misma región varias veces al día, con un tiempo de órbita de aproximadamente 90 minutos¹.

LEO para comunicación bidireccional

Si bien los satélites GEO y MEO siguen siendo importantes para ciertas aplicaciones (como comunicaciones de área amplia o cobertura fija), los satélites LEO brindan ventajas significativas en términos de latencia, costo y flexibilidad de cobertura. Esto los convierte en la mejor opción para muchas aplicaciones IoT de comunicación satelital bidireccional, especialmente aquellas que requieren interacción en tiempo real, conectividad global y eficiencia en costos.

Casos de uso destacados

La comunicación satelital bidireccional permite que la IoT evolucione hacia aplicaciones en tiempo real al incorporar capacidades avanzadas de última generación. La comunicación bidireccional permite control remoto, ajustes instantáneos y toma de decisiones automatizada en diversas industrias. Desde redes eléctricas inteligentes que optimizan la distribución de energía hasta sistemas de tuberías que previenen fugas, esta tecnología mejora la eficiencia, reduce costos operativos y garantiza respuestas más rápidas ante eventos críticos. A medida que la IoT continúa evolucionando, la conectividad satelital bidireccional se vuelve esencial para redes inteligentes, adaptativas y resilientes.



Gestión agrícola y ganadera

Los agricultores pueden utilizar el seguimiento GPS y sensores ambientales para monitorear la salud y la ubicación del ganado en tiempo real y recibir información sobre su comportamiento o estado de salud. En caso de emergencia, se pueden enviar comandos para tomar medidas, como activar una alerta en el collar. Con comunicación unidireccional, solo se transmiten datos de ubicación o de salud sin posibilidad de ajustar configuraciones o intervenir.

La agricultura de precisión también puede beneficiarse al pasar de la comunicación unidireccional a la bidireccional. Los sistemas de riego inteligente pueden ajustar los programas de riego según los patrones climáticos y los datos de humedad del suelo, y los agricultores pueden cambiar la configuración o activar el riego de forma remota. La comunicación unidireccional permite informar datos de humedad del suelo, pero no soporta ajustes o acciones en tiempo real.



Servicios públicos

En el sector de servicios públicos, la comunicación satelital bidireccional es valiosa porque permite no solo la recopilación de datos, sino también el control y la toma de decisiones en tiempo real, lo que ayuda a que las empresas de servicios públicos sean más receptivas, eficientes y proactivas en el mantenimiento de la infraestructura y la estabilidad del suministro energético.

En petróleo y gas, la comunicación bidireccional permite el control remoto y el monitoreo. Los operadores pueden monitorear el estado del equipo, recibir alertas de fallos y apagar o controlar la maquinaria de forma remota para evitar daños. Con la comunicación unidireccional, no existe la posibilidad de intervenir de manera remota.



Gestión de flotas y activos

Las actualizaciones en tiempo real sobre la ubicación de vehículos o contenedores pueden enviarse y recibirse, lo que permite a los equipos de logística ajustar rutas, proporcionar instrucciones actualizadas y enviar alertas de emergencia basadas en datos de ubicación. Con el seguimiento unidireccional, la información se limita a informes de ubicación, sin la capacidad de ajustar o interactuar con el dispositivo.

Lo mismo ocurre con la gestión de flotas. La comunicación unidireccional permite el seguimiento de la ubicación, pero la comunicación bidireccional permite que los administradores de flotas envíen cambios de ruta, instrucciones de seguridad o cronogramas de mantenimiento a los conductores en tiempo real. Además, los conductores pueden informar problemas o solicitar asistencia.



Respuesta a emergencias y gestión de desastres

Los equipos de rescate en ubicaciones remotas pueden enviar datos de ubicación, solicitar recursos adicionales y recibir instrucciones o actualizaciones críticas de los centros de comando.

En situaciones de desastre, los equipos de emergencia pueden comunicarse con los centros de comando para recibir rutas de evacuación actualizadas, protocolos de emergencia y asignaciones de recursos. La capacidad de recibir información en tiempo real es crucial para adaptarse a condiciones que cambian rápidamente.



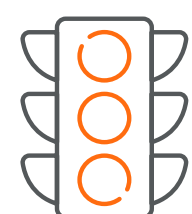


Sector militar

La comunicación bidireccional puede respaldar ejercicios de entrenamiento militar. Por ejemplo, los soldados pueden usar equipamiento IoT (como cascos, chalecos y rastreadores GPS) que monitorean signos vitales, movimiento y uso de armas. Los vehículos y las armas también pueden equiparse con sensores IoT para rastrear su rendimiento y uso en combate. Los datos de los sensores de soldados y equipos se envían a los centros de comando a través de comunicación satelital bidireccional, incluso en áreas sin redes terrestres. Los comandantes reciben información en tiempo real sobre posiciones de tropas, estado de salud y condiciones del entorno.

Además, en el ámbito militar, el comando y control más allá de la línea de visión es la capacidad de operar y monitorear tropas, vehículos y drones de forma remota, incluso cuando están fuera del alcance visual o de radio del operador. Con la comunicación bidireccional, los centros de comando pueden comunicarse, mientras que la comunicación unidireccional solo permitiría el seguimiento.

En comunicaciones de defensa, las unidades militares en áreas remotas pueden enviar informes de estado encriptados, solicitar suministros o recibir órdenes críticas, información de inteligencia y actualizaciones sobre movimientos estratégicos. La comunicación unidireccional solo permitiría el envío de informes, lo que limita la capacidad de respuesta inmediata.



Ciudades inteligentes

Los semáforos o las cámaras de tráfico equipados con dispositivos IoT pueden enviar datos sobre el flujo vehicular y recibir comandos para ajustar los semáforos, redirigir el tráfico o activar alertas. Esto ayuda a reducir la congestión vial y facilita el acceso de vehículos de emergencia.

En la gestión energética, los proveedores pueden monitorear el rendimiento de la red eléctrica, detectar anomalías y enviar comandos para ajustar cargas, realizar reparaciones o reiniciar sistemas de forma remota a través de la comunicación bidireccional. La comunicación unidireccional limita esta capacidad, ya que solo permite informar problemas sin ofrecer respuesta en tiempo real.

Una nota para los desarrolladores

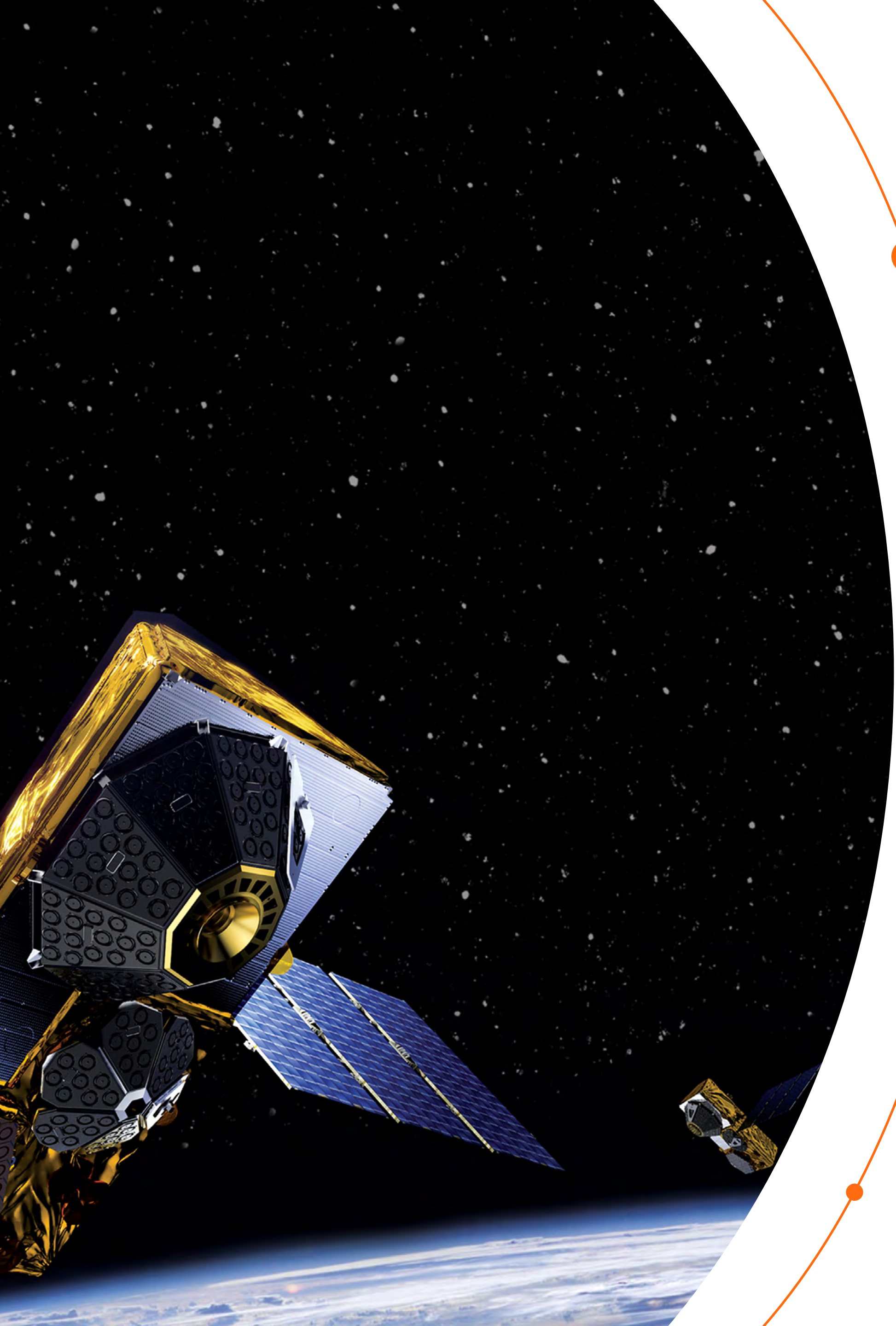
Globalstar ha diseñado un módulo IoT para integrarse en su solución IoT y brindar un servicio bidireccional a través de la asequible y confiable red satelital LEO de Globalstar. Sin embargo, el hardware es solo el comienzo, ya que nuestra Plataforma de Aplicaciones Realm Edge ofrece acceso al firmware para configurar aplicaciones, administrar interfaces de hardware y acceder a una biblioteca extensa y en constante crecimiento de API para sensores. Esta plataforma de aplicaciones de borde de código bajo puede reducir cientos de horas de tiempo de desarrollo para soluciones específicas de la industria que brindan el mayor valor.

En conjunto, la plataforma ofrece:

- Gestión de suscriptores
- Gestión de dispositivos
- Monitoreo de salud
- Amplia biblioteca de aplicaciones, incluidas API
- Bibliotecas BLE para sensores, actualizaciones, configuración y datos

Con Realm, puede habilitar la automatización completa de procesos remotos para ahorrar dinero, aumentar la productividad, mejorar los márgenes y reforzar la seguridad. Esta combinación de software personalizado y hardware potente no solo puede detectar cambios, sino también tomar acciones inmediatas y de alto valor, como:

- Respuesta a cambios de presión potencialmente peligrosos detectados en tuberías
- Encendido y apagado automático de sistemas de riego según datos de sensores de humedad del suelo
- Desactivación remota del motor si la ubicación GPS detecta que un vehículo se mueve fuera de la geocerca



¿Listo para una conectividad bidireccional potente?

Globalstar tiene 30 años de experiencia en la industria de la conectividad y nuestro objetivo es liderar la industria de servicios móviles satelitales a través de confiabilidad, flexibilidad, simplicidad y asequibilidad. Nos hemos destacado en la entrega de mensajes de datos de baja latencia y bajo consumo de energía, y ahora, con el RM200M, junto con nuestra plataforma de aplicaciones en el borde Realm, ofrecemos un enfoque de próxima generación para el envío de datos inteligentes bidireccionales desde el borde a través de nuestra red de satélites LEO (órbita terrestre baja). Gracias a esta poderosa combinación, aceleramos el tiempo de comercialización con una arquitectura de estándares abiertos que optimiza el desarrollo de soluciones.

Logremos juntos la conectividad de próxima generación. Para continuar la conversación, póngase en contacto con nuestro equipo de expertos.

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>