

Bacterias, conozcan el Internet de las cosas



Por Alejandro Botter, Gerente de Ingeniería para el Cono Sur de Check Point.

En una era de crisis ecológicas apremiantes, están surgiendo tecnologías innovadoras para abordar desafíos que los métodos tradicionales no logran resolver del todo. Una de las nuevas fronteras en esta búsqueda es el IoT microbiano, una fusión revolucionaria de microbiología e IoT. Con el uso de las capacidades naturales de los microorganismos, esta tecnología es muy prometedora para transformar la forma en que monitoreamos y protegemos nuestro medio ambiente.

El IoT microbiano integra dispositivos inteligentes conectados a IoT con microorganismos que sirven como biosensores naturales. Las bacterias, por ejemplo, pueden ser modificadas genéticamente para detectar desencadenantes ambientales específicos; piense en productos químicos tóxicos, cambios de pH o niveles de nutrientes. Cuando estos microorganismos se encuentran con un estímulo, producen señales medibles, como bioluminiscencia, cambios en la conductividad eléctrica y otras salidas que los dispositivos IoT pueden detectar y transmitir.

La innovación de este sistema radica en su combinación de biología y tecnología. En lugar de depender únicamente de sensores físicos, que pueden requerir una calibración frecuente, un alto consumo de energía o un mantenimiento extenso, los organismos vivos pueden adaptarse naturalmente a su entorno. Esta adaptabilidad ofrece la opción de un seguimiento ambiental a largo plazo, eficiente y preciso.

Aplicaciones e impacto en el mundo real

Las aplicaciones microbianas de IoT abarcan numerosos sectores y ecosistemas:

- **Monitoreo de la calidad del agua:** Las bacterias modificadas pueden detectar contaminantes como metales pesados, nitratos y E. coli en los suministros de agua. Los activos de IoT transmiten datos en tiempo real a las autoridades, lo que permite tiempos de respuesta más rápidos ante posibles crisis sanitarias.
- **Gestión de la salud del suelo:** En la agricultura inteligente, los microorganismos pueden controlar los niveles de nutrientes del suelo, proporcionando a los agricultores información útil sobre

las necesidades de fertilizantes. Este enfoque específico reduce la escorrentía química y mejora las prácticas agrícolas sostenibles.

- **Detección de derrames industriales:** Los sensores integrados con tecnologías microbianas pueden detectar sustancias peligrosas como fugas de petróleo o productos químicos en áreas industriales, activando medidas de contención automatizadas y minimizando el daño ecológico.

- **Investigación sobre el cambio climático:** El IoT microbiano puede rastrear las concentraciones de gases de efecto invernadero, como el metano en los humedales, lo que ofrece a los científicos una visión más profunda de los ciclos del carbono y su impacto en el cambio climático.

- **Vigilancia de infecciones:** El IoT microbiano puede emplearse para controlar las partículas de virus en las aguas residuales, proporcionando señales de alerta temprana de brotes y ayudando a las autoridades sanitarias a responder de forma proactiva. Las bacterias modificadas genéticamente diseñadas para detectar marcadores virales podrían mejorar significativamente la vigilancia de la salud pública, especialmente en las zonas urbanas.

- **Monitorización de la calidad del aire urbano:** El IoT microbiano puede desempeñar un papel crucial en la detección de toxinas o partículas en el aire en entornos urbanos. Las bacterias modificadas genéticamente sensibles a contaminantes como el monóxido de carbono o las partículas finas pueden proporcionar datos granulares en tiempo real a los planificadores urbanos y las agencias ambientales, lo que ayuda a combatir la contaminación del aire y mejorar la salud pública.

(Continúa en página 36)

(Viene de página 34)

● **Garantía de seguridad alimentaria:** En la producción de alimentos y las cadenas de suministro, los sistemas microbianos de IoT pueden detectar la contaminación en tiempo real, como bacterias dañinas como Salmonella o Listeria en superficies o envases. Esta innovación puede mejorar los protocolos de inocuidad de los alimentos, reduciendo el riesgo de brotes y enfermedades transmitidas por los alimentos, al tiempo que garantiza el cumplimiento de las normas de inocuidad.

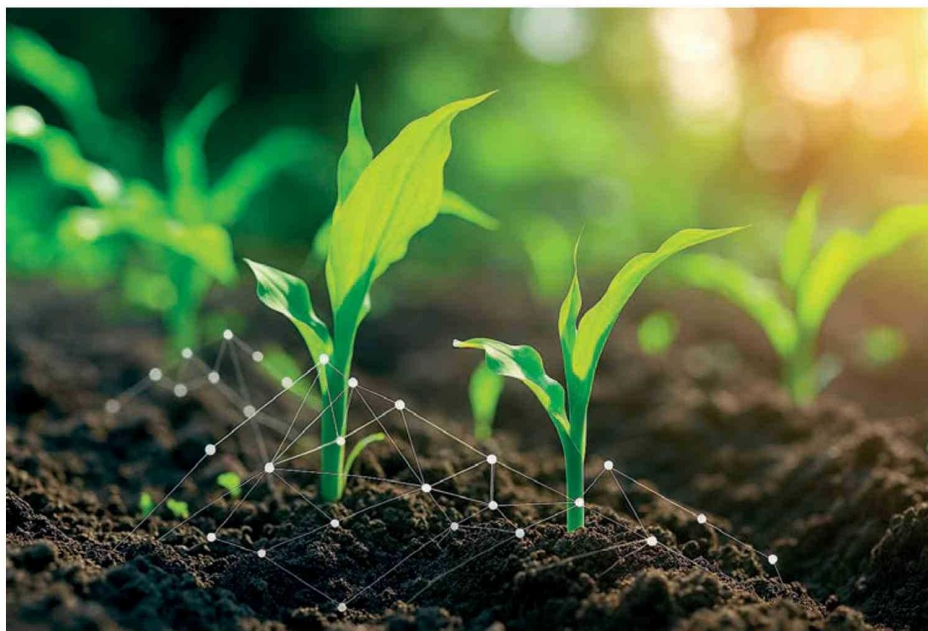
¿Por qué es importante el IoT microbiano?

Los métodos tradicionales de monitoreo ambiental a menudo se ven limitados por su costo, escala y accesibilidad. El despliegue de una amplia infraestructura física o el uso de ensayos químicos requiere importantes recursos y mano de obra. Microbial IoT ofrece una alternativa rentable y escalable a la que se puede acceder incluso en entornos remotos o con recursos limitados.

Más allá de su eficiencia, esta tecnología encarna la sostenibilidad. Al utilizar organismos vivos que prosperan en diversos ecosistemas, minimiza la interrupción ecológica al tiempo que proporciona una retroalimentación continua. Este cambio hacia un enfoque de monitoreo más simbiótico se alinea con las prioridades globales de preservar la biodiversidad y promover el desarrollo sostenible.

Conan la Bacteria y su impacto en el IoT microbiano

La bacteria Conan, formalmente conocida como "Deinococcus radiodurans", es una maravilla de la naturaleza con una extraordinaria resistencia a la radiación, la desecación y las condiciones ambientales extremas. Su resistencia lo convierte en un candidato principal para avanzar en las aplicaciones microbianas de IoT en entornos hostiles, desde la exploración del espacio profundo hasta el monitoreo de sitios de desechos nucleares.



Con la integración de D. Readiodurans (una bacteria que es uno de los organismos más resistentes a la radiación que se sabe que existen) en los ecosistemas de IoT, los científicos pueden crear biosensores capaces de prosperar donde la mayoría de los microorganismos fallan, asegurando la recopilación y el análisis continuos de datos en condiciones que antes se consideraban inaccesibles. Sin embargo, la robustez de la bacteria también presenta riesgos: en las manos equivocadas, su resistencia a los factores de estrés ambiental podría convertirse en un arma o utilizarse indebidamente, como en la creación de organismos sintéticos incontrolables.

Principales desafíos de la ciberseguridad

1. Integridad y manipulación de datos:

El IoT microbiano depende en gran medida de los datos de los sensores, lo que lo hace vulnerable a los ataques de inyección de datos falsos, en los que los adversarios manipulan las lecturas para engañar a los sistemas y hacer que realicen acciones erróneas.

2. Explotación de bucles de retroalimentación biológica: Muchos dispositivos microbianos de IoT operan en bucles

de retroalimentación, donde los datos influyen en las respuestas biológicas. Los actores maliciosos podrían explotar estos sistemas para liberar toxinas, interrumpir la fermentación industrial o sabotear la bioproducción en los sectores farmacéutico y alimentario.

3. Ransomware y sabotaje: imagine a un actor de amenazas bloqueando los sistemas de IoT microbiano de una empresa agrícola utilizando ransomware o manipulando sistemas para inducir fallos microbianos en las industrias de fermentación, lo que provoca la detención de la producción y pérdidas.

La seguridad cibernética es clave, ya que la manipulación maliciosa de IoT microbiano en la atención médica, la agricultura o la biofabricación podría servir como un método no convencional de bioterrorismo. Además, los competidores pueden secuestrar sistemas microbianos de IoT para sabotear operaciones, robar datos biotecnológicos confidenciales o debilitar a sus rivales en el mercado. Por último, la falsificación de la contaminación o de las lecturas medioambientales podría paralizar los esfuerzos reguladores, causando daños públicos y degradación ecológica. ■