

Construyendo Redes Preparadas para la IA

Por qué la infraestructura determinista es el eslabón perdido en la autonomía de las Telco



DOCUMENTO TÉCNICO

Habilitando operaciones
de red predecibles e
impulsadas por IA a
través del transporte
determinista

Índice de contenidos

Resumen ejecutivo	2
La evolución hacia las redes autónomas	3
Por qué la IA en la RAN tiene dificultades sin un transporte determinista	5
La inteligencia de la RAN y la importancia del tiempo	6
Latencia, jitter y control de bucle cerrado	7
La validación desde el laboratorio hasta el despliegue como mitigación estratégica de riesgos	8
De una infraestructura determinista a la estabilidad de la experiencia del cliente	9
El papel de UST en la habilitación de redes deterministas preparadas para la IA	9
Conclusión	10

Resumen ejecutivo

La industria de las telecomunicaciones está entrando en una nueva fase, moldeada por las redes preparadas para la IA y el impulso hacia operaciones verdaderamente autónomas. Los proveedores de servicios de comunicaciones (CSP) están invirtiendo fuertemente en inteligencia artificial (IA) para mejorar la eficiencia operativa, reducir costes y ofrecer experiencias digitales más consistentes. Aunque los modelos de IA y las plataformas analíticas han madurado rápidamente, muchas iniciativas aún tienen dificultades para ir más allá de la generación de conocimientos hacia la ejecución en tiempo real.

El desafío no es la IA en sí. La verdadera limitación reside en la base de red sobre la que se apoya. Las operaciones impulsadas por IA, especialmente dentro de las Redes de Acceso por Radio (RAN), dependen de un transporte determinista: latencia predecible, jitter controlado y un comportamiento de entrega fiable. Sin esa predictibilidad, incluso las decisiones de IA bien fundamentadas pueden llegar demasiado tarde, fuera de secuencia o aplicarse de forma inconsistente para dar soporte a las operaciones autónomas.

Este documento técnico explora por qué la IA en la RAN tiene dificultades sin un transporte determinista, cómo la latencia y el jitter interrumpen el control de bucle cerrado, y por qué la validación desde el laboratorio hasta el despliegue se ha convertido en algo esencial para reducir el riesgo operativo. También examina cómo UST ayuda a los CSP a traducir el transporte determinista en un mayor rendimiento de las aplicaciones y resultados más estables en la experiencia del cliente (CX).

La evolución hacia las redes autónomas

Las redes de telecomunicaciones están atravesando una de las mayores transformaciones de su historia. Las redes que antes se diseñaban principalmente para cobertura y tráfico máximo se espera ahora que funcionen como plataformas digitales adaptativas, respondiendo casi en tiempo real a la demanda cambiante, los requisitos de las aplicaciones y las expectativas de los clientes. La conectividad por sí sola ya no es suficiente. Se espera cada vez más que las redes den soporte a experiencias digitales, plataformas empresariales y servicios de misión crítica.

Varios cambios en la industria están acelerando esta transición. La evolución continua del 5G ha elevado las expectativas en torno a la latencia, el rendimiento y la fiabilidad, especialmente para casos de uso empresariales e industriales. Al mismo tiempo, las arquitecturas nativas de la nube y el edge computing están transformando los sistemas monolíticos tradicionales en entornos distribuidos y definidos por software. Si bien estos enfoques crean flexibilidad y escalabilidad, también introducen un nivel de complejidad operativa que los procesos manuales no pueden gestionar de forma realista.

Como resultado, la IA se ha convertido en el centro de la transformación de las telecomunicaciones. Los CSP utilizan el aprendizaje automático y el análisis avanzado para procesar grandes volúmenes de datos de red y dar soporte a capacidades como el análisis predictivo, la detección proactiva de fallos y la optimización automatizada. Estos despliegues tempranos ya han mejorado la eficiencia, la disponibilidad y las estructuras de costes operativos. Más importante aún, están impulsando a la industria hacia un objetivo mayor: las redes autónomas.

Las redes autónomas van más allá del conocimiento asistido por IA hacia la ejecución impulsada por IA. En este modelo, las redes detectan continuamente las condiciones, toman decisiones y actúan con una intervención humana mínima. La promesa es convincente: tiempos de respuesta más rápidos, un rendimiento del servicio más consistente y la capacidad de escalar la innovación sin escalar la sobrecarga operativa al mismo ritmo.

A pesar de la importante inversión, sin embargo, la mayoría de los CSP todavía están en una etapa temprana de ese camino. La IA se utiliza ampliamente para la monitorización y el soporte operativo, pero el control autónomo directo del comportamiento de la red sigue siendo limitado. El problema no es la falta de algoritmos o datos. El problema es la predictibilidad de la ejecución.



La autonomía depende de algo más que inteligencia. Depende de una ejecución predecible. Los bucles de control impulsados por IA asumen que las observaciones, las decisiones y las acciones ocurren dentro de límites de tiempo fiables. Sin embargo, muchas redes de transporte todavía funcionan con modelos de entrega de “mejor esfuerzo” (best effort), donde la latencia y la entrega de paquetes varían debido a la congestión, los cambios de enrutamiento y las condiciones de tráfico en competencia. Incluso las decisiones de IA bien fundamentadas pierden valor cuando no se puede confiar en el momento de la ejecución.

Esa incertidumbre obliga a la cautela. Los CSP pueden mantener a los humanos estrechamente implicados en los flujos de trabajo operativos o limitar la autonomía de la IA a entornos de menor riesgo. En algunos casos, los programas de IA se estancan no porque los modelos sean ineficaces, sino porque la red subyacente no puede soportar de forma consistente la ejecución en tiempo real.

A medida que las redes se vuelven más distribuidas, orientadas al software y sensibles al tiempo, resolver este problema se vuelve crítico. La transición a las redes autónomas dependerá no solo de modelos de IA más inteligentes, sino también de una infraestructura diseñada para un comportamiento determinista. La ejecución predecible es lo que permite que la IA pase de la recomendación a la acción, y de la automatización a la verdadera autonomía.

	Redes Tradicionales	Redes Automatizadas	Redes Asistidas por IA	Redes Autónomas
Modelo operativo	Redes estáticas y reactivas: gestión de red basada en reglas con intervención manual	Automatización basada en políticas: la automatización predefinida gestiona tareas operativas repetitivas	Operaciones basadas en el conocimiento: la IA proporciona conocimientos predictivos y recomendaciones operativas	Autonomía en tiempo real: la IA detecta, decide y actúa continuamente con una intervención humana mínima
Participación humana	Alta: los ingenieros gestionan la optimización y la resolución de problemas directamente	Moderada: las personas definen políticas y aprueban excepciones	Personas en el bucle: los operadores validan o ejecutan las recomendaciones de IA	Supervisión estratégica: las personas se centran en la gobernanza y la estrategia operativa
Velocidad de respuesta	Horas a días	Minutos a horas	Segundos a minutos	Milisegundos a segundos
Dependencia del transporte	Transporte de mejor esfuerzo aceptable	Sensibilidad moderada a la latencia y la fiabilidad	Alta dependencia de la calidad de la telemetría y la consistencia del tiempo	Transporte determinista requerido con latencia acotada y jitter mínimo
Papel de la IA	Monitorización	Ejecución de tareas	Soporte a la decisión	Control de bucle cerrado

Cómo las operaciones de telecomunicaciones están evolucionando desde la gestión reactiva de la infraestructura hasta la ejecución impulsada por IA en tiempo real

Por qué la IA en la RAN tiene dificultades sin un transporte determinista

La RAN es ampliamente considerada el dominio más complejo y sensible al tiempo dentro de una red de telecomunicaciones. A diferencia de los entornos de núcleo o OSS, la RAN debe responder constantemente a condiciones físicas del mundo real, incluida la movilidad de los usuarios, los entornos de radio cambiantes y la demanda de tráfico que fluctúa rápidamente. Muchas decisiones de la RAN deben tomarse y ejecutarse en milisegundos para mantener la calidad del servicio.

Esa combinación de complejidad y urgencia hace que la RAN sea un objetivo natural para la optimización impulsada por IA. La IA en la RAN promete mejoras en la eficiencia espectral, el rendimiento de los trasposos (handover), la gestión de interferencias, el equilibrio de carga y el consumo de energía mediante el control adaptativo continuo. En comparación con las reglas estáticas o el ajuste manual, la IA tiene el potencial de responder con mayor rapidez y precisión a las condiciones cambiantes de la red.

Pero esos beneficios dependen de un requisito crítico: la consistencia del tiempo. Los modelos de IA se basan en flujos continuos de telemetría, incluidas métricas de radio, datos de tráfico e indicadores de rendimiento, para evaluar las condiciones de la red y generar acciones de control. Para que la optimización de bucle cerrado funcione de manera efectiva, el tiempo entre la observación y la ejecución debe permanecer tanto corto como predecible.

Aquí es donde las iniciativas de IA en la RAN pueden encontrarse con problemas. Las redes de transporte tradicionales introducen variabilidad a través de la congestión, la cola y el comportamiento de enrutamiento dinámico. Esa imprevisibilidad puede ser aceptable para el tráfico de mejor esfuerzo, pero crea problemas graves para los bucles de control de IA sensibles al tiempo. La telemetría puede llegar de forma inconsistente, y las acciones de control pueden retrasarse o ejecutarse fuera de secuencia para cuando las condiciones de la red ya hayan cambiado.

El resultado es un comportamiento de retroalimentación inestable. Los sistemas de IA pueden oscilar, perder las ventanas de intervención óptimas o producir resultados inconsistentes, no porque los modelos de IA sean defectuosos, sino porque no se puede confiar en el tiempo de ejecución.

El impacto va más allá del rendimiento técnico. También afecta a la confianza operativa. Los equipos de red son comprensiblemente reacios a ceder el control directo de las funciones críticas de la RAN a los sistemas de IA cuando el comportamiento del transporte sigue siendo impredecible. Como resultado, los CSP pueden utilizar la IA en la RAN principalmente para funciones de asesoramiento u optimización fuera de línea, limitando tanto el impacto operativo como el retorno de la inversión.

El transporte determinista cambia esa ecuación. Al ofrecer latencia acotada, jitter reducido y comportamiento predecible de los paquetes, el tejido determinístico crea el entorno operativo estable que requiere el control de la RAN impulsado por IA. La telemetría refleja las condiciones actuales de la red con mayor precisión, las señales de control llegan dentro de las ventanas de tiempo esperadas y los bucles de retroalimentación se vuelven más fiables.

Ese nivel de predictibilidad permite a los CSP confiar a la IA funciones operativas de mayor valor y sensibles al tiempo, y abre la puerta a la optimización en tiempo real y al comportamiento de red de autorreparación.

A medida que las arquitecturas de RAN continúan evolucionando a través de Open RAN y los despliegues nativos de la nube, la dependencia del rendimiento del transporte solo aumentará. En ese entorno, la red determinista ya no es opcional. Se convierte en la base operativa que permite que la IA en la RAN evolucione desde una función de apoyo a la toma de decisiones hasta un sistema de control autónomo.

La inteligencia de la RAN y la importancia del tiempo

A medida que los despliegues de RAN se vuelven más virtualizados y distribuidos, el tiempo ha emergido como uno de los aspectos más críticos, y menos tolerantes, del rendimiento de la red. Las arquitecturas integradas estrechamente tradicionales están siendo reemplazadas cada vez más por implementaciones distribuidas que abarcan entornos centralizados, regionales y edge. Si bien este cambio mejora la flexibilidad y la escalabilidad, también coloca demandas mucho mayores en las redes de transporte para ofrecer un comportamiento de tiempo estable y predecible.

La inteligencia de la RAN impulsada por IA depende de una estrecha coordinación entre las funciones de red distribuidas. Las capacidades como la optimización del beamforming, la gestión de la movilidad y la mitigación de interferencias requieren una ejecución altamente sincronizada para mantener la calidad del servicio. Incluso inconsistencias de tiempo relativamente pequeñas pueden reducir el rendimiento, aumentar las conexiones perdidas o crear experiencias de usuario desiguales, especialmente en entornos urbanos densos o de alta movilidad.

Las condiciones de radio cambian rápidamente, y los modelos de IA deben responder dentro de ventanas operativas estrechas para seguir siendo efectivos. Sin garantías deterministas de tiempo, las funciones de la RAN impulsadas por IA luchan por alinear las decisiones con las condiciones del mundo real. En lugar de converger hacia resultados óptimos, los sistemas pueden sobre corregir o rezagarse ante las dinámicas cambiantes de la red.

Estos desafíos de tiempo se vuelven aún más pronunciados a medida que los CSP adoptan Open RAN y arquitecturas nativas de la nube. Las divisiones funcionales distribuyen el procesamiento a través de las redes de transporte, aumentando la sensibilidad a la latencia y el jitter. En este entorno, el comportamiento determinista se vuelve esencial no solo para la optimización impulsada por IA, sino también para mantener la estabilidad de referencia de los despliegues de RAN de próxima generación.

El tejido determinista garantiza que los supuestos de tiempo se cumplan de forma consistente en todas las arquitecturas distribuidas, permitiendo a los sistemas de IA ofrecer mejoras operativas sostenidas en lugar de ganancias de rendimiento aisladas.



Latencia, jitter y control de bucle cerrado

En el centro de la autonomía de la red se encuentra el control de bucle cerrado: el ciclo continuo de detección, análisis, toma de decisiones y ejecución. En los entornos de telecomunicaciones, estos bucles abarcan múltiples dominios, incluido el rendimiento de la radio, el comportamiento del transporte, el rendimiento de las aplicaciones y las métricas de experiencia del cliente.

La latencia afecta a la rapidez con que una red puede responder a las condiciones cambiantes. El jitter afecta a la consistencia de esa respuesta. Aunque la latencia suele recibir más atención, el jitter puede ser igualmente disruptivo. La variabilidad en el tiempo de entrega de los paquetes puede romper la sincronización, distorsionar la precisión de la telemetría y desestabilizar los bucles de control impulsados por IA.

Los sistemas de IA de bucle cerrado dependen de relaciones predecibles entre causa y efecto. Cuando la variabilidad del tiempo aumenta, los modelos de IA tienen dificultades para correlacionar con precisión las acciones con los resultados. El resultado es un aprendizaje más lento, una menor confianza operativa y políticas de automatización más conservadoras que en última instancia limitan la autonomía.

Las técnicas de red determinista como la priorización del tráfico, la programación con conciencia del tiempo y la reserva explícita de recursos ayudan a reducir estos problemas minimizando la contención y restringiendo la variabilidad dentro de la capa de transporte. En conjunto, estos mecanismos reducen la variación de la latencia y permiten un comportamiento de extremo a extremo más predecible, incluso durante condiciones de congestión o fallo.

Dentro de las arquitecturas de telecomunicaciones autónomas, las capacidades de transporte determinista generalmente se dividen en cuatro categorías:

Programador

La priorización del tráfico, el enrutamiento determinista de colas, la sincronización precisa y la planificación basada en el tiempo (time-aware scheduling) garantizan que el tráfico sensible al tiempo relacionado con el control y la sincronización se entregue dentro de estrictas ventanas temporales.

Recurso

El control de admisión determinista y la reserva explícita de recursos garantizan los requisitos de ancho de banda y latencia para los flujos de tráfico críticos, incluso durante eventos de congestión.

Ruta

Las tecnologías de encaminamiento del tráfico (traffic steering), como el enrutamiento por segmentos (segment routing) y la reconfiguración rápida de rutas (fast reroute), permiten a los operadores diseñar rutas de transporte de extremo a extremo predecibles y con un comportamiento determinista.

Fiabilidad

La replicación de paquetes, los mecanismos de redundancia y las capacidades de reconfiguración rápida de rutas (fast reroute) mejoran la fiabilidad de la entrega y mantienen altas tasas de éxito en la transmisión de paquetes durante situaciones de congestión o fallos de red.

Para los CSP, la implicación es sencilla: la autonomía no puede construirse sobre una infraestructura impredecible. El control de IA de bucle cerrado depende de una base de red diseñada para la consistencia. El transporte determinista es lo que permite que la IA evolucione de una herramienta de monitorización y diagnóstico a un controlador operativo de confianza.

La validación desde el laboratorio hasta el despliegue como mitigación estratégica del riesgo

El movimiento hacia redes deterministas e impulsadas por IA introduce un cambio arquitectónico y operativo importante. Los CSP deben integrar nuevas tecnologías en complejos entornos de múltiples proveedores mientras mantienen la continuidad del servicio y cumplen con los requisitos regulatorios. En ese contexto, la validación del laboratorio al despliegue se convierte en algo mucho más que un ejercicio técnico. Se convierte en una función de gestión estratégica de riesgos.

La validación permite a los CSP probar el comportamiento del transporte determinista y los bucles de control de IA en condiciones controladas pero realistas. Los equipos pueden evaluar cómo responden los sistemas a la congestión, los escenarios de fallo y la demanda máxima antes de que esas situaciones afecten a los clientes en vivo. Este enfoque reduce el riesgo de despliegue y aumenta la confianza operativa en las capacidades autónomas.

UST respalda este proceso mediante marcos de validación habilitados por IA, diseñados para reflejar la complejidad de las redes del mundo real. Al combinar emulación de tráfico, análisis de rendimiento y pruebas de modelos de IA, UST ayuda a los proveedores de servicios de comunicaciones (CSPs) a identificar cuellos de botella, optimizar el comportamiento de los bucles de control y alinear las estrategias de transporte determinista con sus objetivos operativos.

La validación también apoya los esfuerzos de gobernanza y cumplimiento. A medida que las redes se vuelven más autónomas, los operadores deben demostrar un comportamiento predecible y un riesgo operativo controlado. La validación en laboratorio proporciona la evidencia y las garantías necesarias para avanzar de forma responsable.



De una infraestructura determinista a la estabilidad de la experiencia del cliente

Aunque el tejido determinista es fundamentalmente una capacidad de red, su valor empresarial se mide en última instancia a través de la experiencia del cliente. En un entorno digital primero, los usuarios esperan cada vez más un rendimiento fiable y consistente en todas las aplicaciones y servicios que consumen. La variabilidad en la latencia, el rendimiento o la fiabilidad afecta directamente a la confianza y la calidad del servicio percibida.

La estabilidad de la experiencia del cliente depende en gran medida del comportamiento predecible de las aplicaciones. Servicios como los medios inmersivos, el IoT industrial, la atención sanitaria remota y las aplicaciones de borde empresarial son especialmente sensibles a la inconsistencia de la red. Incluso las fluctuaciones breves pueden afectar negativamente a la Calidad de la Experiencia (QoE) y reducir el valor percibido de los servicios premium.

La infraestructura determinista permite a los CSPs ir más allá de las redes de mejor esfuerzo hacia una prestación de servicios más fiable y predecible. Al estabilizar el comportamiento de la red de transporte, los operadores pueden mejorar la consistencia de la calidad de experiencia, reducir el riesgo de pérdida de clientes y diferenciarse por la fiabilidad de sus servicios, en lugar de competir únicamente en términos de velocidad.

UST aborda este desafío desde una perspectiva centrada en la experiencia del cliente. Al conectar directamente el rendimiento del transporte determinista con el comportamiento de las aplicaciones y los indicadores clave de negocio (KPIs), UST ayuda a garantizar que las inversiones en infraestructura generen resultados medibles tanto para los clientes como para las operaciones. En este modelo, el determinismo deja de ser solo un atributo técnico para convertirse en una ventaja competitiva.

El papel de UST en la habilitación de redes deterministas preparadas para la IA

UST combina una profunda experiencia en ingeniería de telecomunicaciones con una amplia experiencia en transformación digital a gran escala. A medida que los CSP se mueven hacia operaciones autónomas, UST ayuda a los operadores a diseñar, validar y poner en funcionamiento redes deterministas preparadas para la IA a gran escala.

Las capacidades de UST abarcan la modernización de la RAN, la integración de Open RAN, la optimización del transporte y las operaciones impulsadas por IA. Esta visión integral permite a UST abordar el determinismo de manera holística y garantizar que las decisiones de arquitectura en múltiples dominios apoyen una ejecución predecible y una estabilidad operativa.

Igualmente importante es el enfoque de UST en la ejecución práctica. A través de una validación rigurosa, el aseguramiento del rendimiento y la alineación operativa, UST ayuda a los CSP a pasar de la experimentación a los entornos de producción con mayor confianza, mientras reduce el riesgo operativo y acelera la obtención del valor.

Conclusión

Las redes de telecomunicaciones autónomas no pueden funcionar de manera fiable sobre fundamentos no deterministas. La infraestructura determinista es lo que permite que la IA pase del conocimiento a la acción en tiempo real. Sin un comportamiento de transporte predecible, las operaciones impulsadas por IA siguen estando limitadas por el riesgo operativo y la ejecución inconsistente.

Al invertir en redes preparadas para la IA, adoptar estrategias de transporte determinista y validar el rendimiento del laboratorio al despliegue, los CSP pueden desbloquear el valor pleno de las operaciones autónomas. Con UST como socio estratégico, los operadores pueden alinear la transformación tecnológica con resultados empresariales medibles mientras ofrecen redes resilientes, rendimiento estable y experiencias del cliente más sólidas.

El cambio hacia redes preparadas para la IA y una verdadera autonomía en las telecomunicaciones ya no es una cuestión de si ocurrirá, sino de con qué rapidez y seguridad las organizaciones pueden llevar a cabo esta transición. A medida que los CSP aceleran sus inversiones en IA, Open RAN y arquitecturas nativas de la nube, los riesgos asociados a entornos de transporte no deterministas se vuelven cada vez más difíciles de ignorar.

Ahora es el momento de que los líderes del sector de las telecomunicaciones evalúen si sus redes están realmente preparadas para operaciones de bucle cerrado impulsadas por IA. Esto requiere más que actualizaciones incrementales. Exige una transición deliberada hacia un transporte determinista, un rendimiento validado y decisiones de infraestructura basadas en la realidad operativa.

UST trabaja con los CSP para cerrar la brecha entre la estrategia de IA y la ejecución operativa. A través del diseño de transporte determinista, una validación desde el laboratorio hasta el despliegue y la profunda experiencia en ingeniería de telecomunicaciones, ayudamos a los operadores a reducir el riesgo de transformación mientras aceleramos el camino hacia la autonomía. El objetivo es simple: garantizar que el determinismo de la red se traduzca en un mejor rendimiento de las aplicaciones, una mayor resiliencia operativa y experiencias del cliente más estables.

Para los líderes de telecomunicaciones que están preparados para ir más allá de la experimentación y lograr un impacto operativo medible, el siguiente paso está claro: construir la base determinista de la que depende la autonomía. ¿Está tu organización preparada para pasar de las capacidades analíticas de la IA a la ejecución de redes en tiempo real? Descubre cómo UST ayuda a los líderes de los sectores de telecomunicaciones, medios y tecnología a crear redes deterministas preparadas para la IA, diseñadas para ofrecer un rendimiento predecible, resiliencia operativa y autonomía escalable



Juntos, construimos un impacto sin límites

Desde 1999, en UST hemos trabajado junto a las mejores empresas del mundo para generar un impacto transformador. Impulsados por la tecnología, inspirados por las personas y guiados por nuestro propósito, colaboramos con nuestros clientes en cada etapa, desde el diseño hasta la operación. Nuestras soluciones digitales, plataformas propias, experiencia en ingeniería y ecosistema de innovación convierten los desafíos más complejos en soluciones disruptivas y de gran impacto. Con un profundo conocimiento de la industria y una mentalidad orientada al futuro, infundimos innovación y agilidad en las organizaciones de nuestros clientes, entregando valor tangible y generando un cambio positivo y duradero para ellos, sus clientes y las comunidades de todo el mundo. Juntos, con más de 30,000 empleados en más de 35 países, creamos un impacto ilimitado, transformando miles de millones de vidas en el proceso.

ust.com

© 2026 UST Global Inc.

Version 0101-20260716

U ■
S T