



NUEVOS SERVICIOS Y APLICACIONES CON COMUNICACIONES ULTRA CONFIABLES Y DE BAJA LATENCIA CON 5G



WWW.5GAMERICAS.ORG

➤ CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	03
Se necesitan nuevas arquitecturas sofisticadas para satisfacer los nuevos requisitos exigentes	03
IMPULSORES DEL MERCADO Y CASOS DE USO PARA 5G URLLC	06
Aplicaciones	06
Automatización industrial	07
Vehículos terrestres, drones, robots	08
Interacción táctil	09
Realidad Aumentada (RA) y Realidad Virtual (RV)	09
Emergencia, desastres y seguridad pública	10
Atención médica urgente	10
Transporte inteligente	11
REQUISITOS Y KPIS PARA 5G URLLC	12
DISEÑO Y ESTATUS DE LA ESPECIFICACIÓN DE 3GPP URLLC	14
Enfoque técnico general para URLLC en la red 5G	14
URLLC para núcleo de 5G	15
URLLC para NR	15
HURLLC (COMUNICACIÓN DE MAYOR CONFIABILIDAD Y BAJA LATENCIA) PARA LTE	17
Descripción del diseño	17
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	18
CLÁUSULA DE EXENCIÓN DE RESPONSABILIDAD	19

► INTRODUCCIÓN

Nuevos servicios y aplicaciones que requieren una latencia más baja, mejor confiabilidad, densidad de conexión masiva y una mayor eficiencia energética están surgiendo de una manera sin precedentes. Una serie de características avanzadas hace que 5G se encuentre en una posición privilegiada para cumplir con todos estos requisitos y capitalizar estas oportunidades de mercado. Un buen ejemplo es la Comunicación Ultra Confiable de Baja Latencia (URLLC), un conjunto de funciones diseñadas para soportar aplicaciones de misión crítica como Internet industrial, redes inteligentes, cirugía remota y sistemas de transporte inteligentes.

Con la tecnología 4G LTE, la latencia se encuentra actualmente en el rango de 4 milisegundos según 3GPP Release 14. URLLC es parte del Release 15 y tiene un objetivo de 1 milisegundo. URLLC también es ideal para las aplicaciones que requieren seguridad de extremo a extremo y 99,999 por ciento de confiabilidad, y es casi determinista en cuanto a los límites de tiempo en la entrega de paquetes. Esta combinación de capacidades casi requiere un enfoque fundamentalmente diferente del diseño y de las operaciones del sistema comparadas con las tecnologías inalámbricas anteriores.

La capa física es sin duda la más compleja porque URLLC debe satisfacer dos requisitos que están en conflicto: baja latencia y muy alta confiabilidad. Esta combinación es un tipo de calidad del servicio (QoS) muy diferente en comparación con las aplicaciones tradicionales de banda ancha móvil.

SE NECESITAN NUEVAS ARQUITECTURAS SOFISTICADAS PARA SATISFACER LOS NUEVOS REQUISITOS EXIGENTES

Un número creciente de aplicaciones de misión-crítica tienen estrictos requisitos de desempeño y confiabilidad de las comunicaciones. Las comunicaciones con los vehículos, los trenes de alta velocidad, los drones y las robots industriales son apenas algunos ejemplos de las aplicaciones en las que la tecnología inalámbrica debe cumplir con requisitos de alta confiabilidad y baja latencia (por ejemplo, ~1 ms), o ambos al mismo tiempo. Estas aplicaciones a menudo también tienen fuertes requisitos de seguridad.

Para resolver todos estos requisitos, 5G combina URLLC con servicios de banda ancha móviles mejorados (eMBB) bajo un marco unificado de interfaz aérea 5G. Para alcanzar el objetivo de 1 milisegundo, el problema básico que se debe abordar es la latencia de la red de extremo a extremo. Éste es el período de cuando, por ejemplo, un sensor de Internet de las Cosas (IoT) transmite datos al punto en el que el procesamiento se realiza íntegro en el extremo posterior de la red, y las comunicaciones posteriores son generadas por la red en respuesta y recibidas en el sensor. La Figura 1.1 ilustra este proceso, que URLLC acorta reduciendo la latencia del plano del usuario.

Para resolver todos estos requisitos, 5G combina URLLC con servicios de banda ancha móviles mejorados (eMBB) bajo un marco unificado de interfaz aérea 5G. Para alcanzar el objetivo de 1 milisegundo, el problema básico que se debe abordar es la latencia de la red de extremo a extremo. Éste es el período de cuando, por ejemplo, un sensor de Internet de las Cosas (IoT) transmite datos al punto en el que el procesamiento se realiza en el extremo posterior de la red, y las comunicaciones posteriores son generadas por la red en respuesta y recibidas en el sensor. La Figura 1.1 ilustra este proceso, que URLLC acorta reduciendo la latencia del plano del usuario. Esto involucra las comunicaciones desde el procesamiento de la aplicación en el módem del dispositivo hasta el procesamiento de la aplicación en el módem de la estación base.

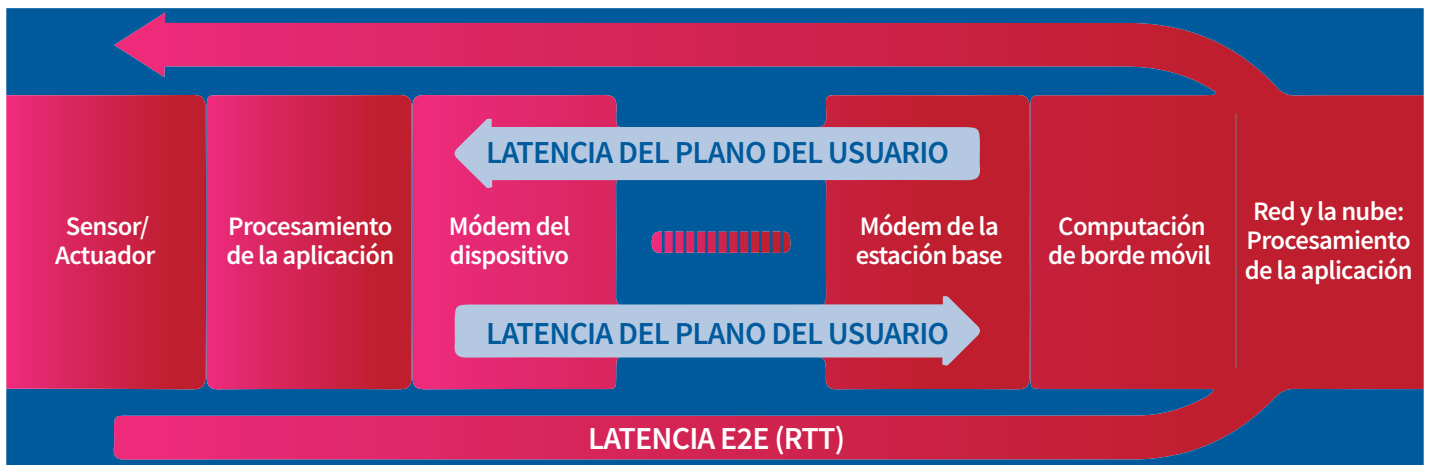


FIGURA 1.1. EL PROBLEMA DE LA BAJA LATENCIA – LA LATENCIA INVOLUCRADA EN UN PAQUETE DESDE EL ORIGEN EN LA FUENTE HASTA EL DESTINO EN UNA RED 5G.

La latencia del plano del usuario es el tiempo que lleva para entregar con éxito un paquete o un mensaje de la capa del protocolo de radio desde el punto de ingreso a la unidad de datos de servicios (SDU) hasta el punto correspondiente de egreso (TR 38.913). El tiempo redondo del viaje (RTT) incluye las contribuciones de latencia del plano del usuario, los tiempos de procesamiento de la aplicación y los retrasos de la red de transporte.

Existe consenso en el sentido de que el futuro de muchos servicios de control industrial, de seguridad del tráfico, de atención médica y de Internet dependen de la conectividad inalámbrica con latencias constantes y garantizadas de 1 ms o menos y una confiabilidad muy rigurosa de las tasas de error de bloque (BLER) tan baja como 10^{-9} . La capacidad creciente sería alcanzada usando bandas espectrales más altas y mediante densificaciones de la red. Al mismo tiempo, las tecnologías de redes y dispositivos inalámbricos deben avanzar para hacer su parte en reducir al mínimo la latencia y maximizar la confiabilidad. Este documento explica varias técnicas URLLC ya adoptadas y que están siendo consideradas actualmente por 3GPP 5G NR.

► IMPULSORES DEL MERCADO Y CASOS DE USO PARA 5G URLLC

Durante los últimos años, diversas tendencias del mercado han dado como resultado un amplio y creciente número de aplicaciones que requieren URLLC. El white paper 5G NGMN (Next Generation Mobile Networks, Redes Móviles de Próxima Generación) en usos destacados 2015¹ destacó las aplicaciones de baja latencia y alta confiabilidad, incluidos el video, los trenes de alta velocidad, las comunicaciones en tiempo real extremas, la Internet táctil, los robots de colaboración, la automatización y la realidad aumentada.

Nuevas oportunidades de negocio están, sin duda, a la vuelta de la esquina cuando comienza la integración de la atención médica, de los procesos industriales, de los servicios de transporte y de las aplicaciones de entretenimiento que requieren características de baja latencia y de ultrafiabilidad. Estas aplicaciones, sin embargo, plantean requisitos difíciles para los despliegues de red actuales y los principales desafíos que presentará el diseño y la implementación de la futura red 5G.

APLICACIONES

Las aplicaciones que requieren redes de latencia ultra-baja en las diferentes industrias se resumen en la Tabla 2.1.

El tamaño del mercado de algunos de los principales mercados verticales que tienen sus raíces en las características de baja latencia de 5G se captura bien en la publicación de 2017 Business Case and Technology Analysis for 5G Low Latency Applications

INDUSTRIA VERTICAL	APLICACIÓN
Fábrica inteligente/ automatización industrial	Control industrial
	Control robótico
	De máquina a máquina
	Control de procesos
Industria de la salud	Diagnóstico remoto
	Respuesta de emergencia
	Cirugía remota
Industria del entretenimiento	Entretenimiento inmersivo
	Juegos en línea
Industria del transporte	Aplicaciones de asistencia al conductor
	Seguridad mejorada
	Conducción autónoma
	Gestión del tráfico
Industria manufacturera	Control de movimiento
	Control remoto
	Aplicaciones de RA y de RV
Sector de energía	Energía inteligente
	Red inteligente

TABLA 2.1. APLICACIONES URLLC.

¹ NGMN 5G White Paper, NGMN Alliance. Febrero 2015. www.ngmn.org.

(Análisis de casos de negocios y tecnología para aplicaciones 5G de baja latencia).² El mercado vertical de la atención médica digital se estima que aumentará a un tamaño de mercado mundial de 43.000 millones de libras esterlinas, casi duplicando su valor comparación con 2014. El mercado vertical de la industria automotriz a nivel mundial o del auto conectado ofrece nuevas aplicaciones en asistencia del conductor, tecnologías básicas de seguridad y conducción autónoma, y se pronostica que alcance 104.200 millones de libras esterlinas en 2019, y que continúe creciendo en una tasa CAGR de 35 por ciento.³ Se espera que el mercado mundial para Realidad Aumentada (RA) y Realidad Virtual (RV) alcance 118.500 millones de libras esterlinas; las características de baja latencia son críticas para estas aplicaciones. Las áreas de RA y de RV están entre los segmentos de mayor crecimiento y se espera que estimulen la industria de los wearables. Es importante destacar que se estima que el sector de TIC en el sector manufacturero vertical, basado en controles robóticos y tecnologías de automatización industrial proporcionará un mercado de 755.700 millones de libras esterlinas solo en la Unión Europea.

Claramente, ha surgido un caso convincente para que 5G soporte latencias bajas y características de ultra-confiabilidad. El logro de esos requisitos se considera como un desafío importante, que requiera una gran inversión financiera. Las siguientes subsecciones están dedicadas a revisar las aplicaciones de misión-crítica emergentes en las que se identificarán requisitos de latencia y confiabilidad.

AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL

La automatización industrial es una aplicación clave para las características de URLLC. Algunos procesos industriales tienen indicadores clave de rendimiento (KPI) extremadamente ajustados para los enlaces de comunicaciones 5G entre sensores, actuadores y controladores. Ejemplos de casos de uso en esta categoría incluyen los siguientes:

- Control de movimiento
- Ethernet industrial
- Comunicación de control a control
- Automatización de procesos
- Generación y distribución de energía eléctrica

² Business Case and Technology Analysis for 5G Low Latency Applications (Análisis de caso de negocios y tecnología para aplicaciones de baja latencia 5G), por María A. Lema, Andres Laya, Toktam Mahmoodi, María Cuevas, Joachim Sachs, Jan Markendahl y Mischa Dohler, IEEE Access. Abril de 2017.

³ Intelligent Transportation Systems Report for Mobile (Informe de Sistemas de Transporte Inteligente para Móviles), White Paper, GSMA. Abril de 2015, y Connected Car Forecast: Global Connected Car Market to Grow Threefold Within Five Years (Pronóstico del auto conectado: El mercado mundial del auto conectado se triplicará en cinco años), White Paper, GSMA. Febrero de 2013.

URLLC es una de las tecnologías habilitadoras de la cuarta revolución industrial. En esta nueva visión industrial, el control de la industria es automatizado desplegando redes en fábricas. Los típicos casos de uso de automatización industrial que requieren URLLC incluyen la automatización de las fábricas, de los procesos y del sistema de energía. Los casos de uso involucran transferencias de comunicación que permiten la automatización de fábricas con tiempo crítico que se requiere en muchas industrias a través de una amplia gama que incluye metales, semiconductores, productos farmacéuticos, ensamblaje eléctrico, alimentos y bebidas.

Para habilitar estas aplicaciones, se requiere una latencia de extremo a extremo inferior a 0,5 ms y una confiabilidad extremadamente alta con BLER de 10⁻⁹. Tradicionalmente, los sistemas de control industrial se basan principalmente en redes cableadas porque las tecnologías inalámbricas existentes no son capaces de cumplir con las exigencias industriales de latencia y confiabilidad. Sin embargo, reemplazar los cables que se usan actualmente por enlaces de radio puede traer beneficios sustanciales:

- Reducción de los costos de fabricación, instalación y mantenimiento
- Mayor confiabilidad a largo plazo, ya que las conexiones cableadas sufren desgaste en aplicaciones de movimiento
- Flexibilidad de despliegue inherente

VEHÍCULOS TERRESTRES, DRONES, ROBOTS

5G apoyará comunicaciones con y entre vehículos terrestres, drones y robots. Los vehículos teledirigidos automatizados son comunes en aplicaciones de fábrica, y tienen requisitos de cobertura y movilidad además de URLLC. Los robots incluyen aplicaciones fijas y móviles, con diferentes KPI para enlaces de comunicaciones, según la aplicación específica. Entre los ejemplos de casos de uso en esta categoría, se incluyen los siguientes:

- Robots móviles e industriales
- Conectividad para la planta de la fábrica
- Fábricas del futuro, incluidos los vehículos teledirigidos automatizados

INTERACCIÓN TÁCTIL

La interacción táctil se refiere a un nivel de respuesta que funciona a escala humana. Por ejemplo, la atención médica remota o las aplicaciones de juegos pueden requerir tiempos muy cortos de recorridos de ida y vuelta para convencer a los sentidos humanos de que el tacto, la vista y el sonido percibidos sean realistas.

Estos casos de uso involucran la interacción entre seres humanos y sistemas, donde los humanos controlan de manera inalámbrica objetos reales y virtuales, y la interacción requiere una señal de control táctil con retroalimentación auditiva o visual. Los controles y la interacción robóticos incluyen varios escenarios con muchas aplicaciones en la fabricación, la asistencia médica remota y los coches autónomos. La interacción táctil requiere reacciones en tiempo real del orden de unos pocos milisegundos. Entre los ejemplos de casos de uso en esta categoría, se incluyen los siguientes:

- Internet táctil
- Comunicaciones extremas en tiempo real

REALIDAD AUMENTADA (RA) Y REALIDAD VIRTUAL (RV)

La Realidad Aumentada (RA), la Realidad Virtual (VR) y la realidad Mixta (RM) incorporan mayores exigencias de ancho de banda además de restricciones de URLLC. La diferencia principal entre RA y RV está en los requisitos de enlace ascendente. La RV necesita estimaciones de pose de baja tasa de datos desde los auriculares, mientras que la RA requiere las imágenes de la vista experimentada por el usuario.

Estos casos de uso son las aplicaciones críticas IoT que tendrán muy altas demandas en confiabilidad, disponibilidad y baja latencia, con demandas más bajas en el volumen de datos, pero con un valor de negocios notoriamente más alto. Estos casos de uso también se incluyen en la categoría de comunicación de tipo máquina (MTC) de misión crítica.

La comunicación de tipo máquina (MTC) de misión-crítica está prevista para permitir el control y la automatización en tiempo real de procesos dinámicos en varios campos, tales como la automatización de procesos industriales y la fabricación, la distribución de energía y los sistemas de transporte inteligente. Estos casos de uso y aplicaciones ofrecen interacciones a través de todas las categorías, humano-a-humano, humano-a-máquina y máquina-a-máquina.

EMERGENCIA, DESASTRES Y SEGURIDAD PÚBLICA

Los casos de uso en esta categoría requieren comunicaciones robustas y confiables en caso de desastres naturales tales como terremotos, tsunamis, inundaciones y huracanes. Los casos de uso pueden requerir la localización exacta de la ubicación e intercambios rápidos de comunicación entre usuarios y sistemas. La eficiencia energética en el consumo de la batería del usuario y las comunicaciones de red son críticas en estos casos de uso. Las organizaciones de seguridad pública requieren comunicaciones mejoradas y seguras con vídeo en tiempo real y la capacidad de enviar imágenes de alta calidad.

ATENCIÓN MÉDICA URGENTE

Estos casos de uso están previstos en torno a aplicaciones que involucren diagnóstico y tratamiento remoto. Existe la necesidad de monitoreo remoto del paciente y de comunicaciones con los dispositivos que miden señales vitales como el ECG, pulso, glucosa en la sangre, presión arterial y temperatura. El tratamiento y la respuesta remotos basados en datos supervisados pueden ser críticos para la vida de un paciente, que requiere una respuesta inmediata, automática o semiautomática. Las características de URLLC se utilizan para dos aspectos aquí: consultas quirúrgicas y cirugía remotas.

La cirugía remota tiene relación con aplicaciones en un escenario móvil en ambulancias, situaciones de desastre y áreas remotas que deben proporcionar mecanismos de comunicación de control y retroalimentación para los cirujanos con baja latencia, alta confiabilidad y estricta seguridad. En un escenario de cirugía remota, todo el procedimiento del tratamiento del paciente es realizado por un cirujano en un sitio remoto, donde las manos son reemplazadas por brazos robóticos. En estos dos casos, las redes de comunicaciones deben ser capaces de apoyar la entrega oportuna y confiable de transmisiones en directo (streaming) de audio y video.

Además, la retroalimentación háptica que permiten varios sensores situados en el equipo quirúrgico se necesita también en la cirugía remota de modo que los cirujanos puedan sentir lo que los brazos robóticos están tocando para la toma de decisiones precisa. Entre estos tres tipos de tráfico, es la retroalimentación háptica la que requiere el más requisito de retraso más estricto con RTTs de extremo a extremo inferiores a 1 ms. En términos de confiabilidad, se pueden tolerar fallos poco frecuentes en las consultas quirúrgicas remotas, mientras que la cirugía remota requiere un sistema extremadamente confiable (BLER inferior a 10^{-9}) porque cualquier error perceptible puede conducir a resultados catastróficos.

TRANSPORTE INTELIGENTE

La implementación de URLLC puede potenciar varias transformaciones tecnológicas en la industria del transporte, incluyendo la conducción automatizada, la seguridad vial y los servicios de eficiencia del tráfico. Estas transformaciones van a conseguir coches completamente conectados que pueden reaccionar ante situaciones de carretera cada vez más complejas cooperando con otros en lugar de confiar en su información local. Estas tendencias requerirán que la información se difunda entre los vehículos de manera confiable en un plazo extremadamente corto.

Por ejemplo, en el caso de la conducción completamente automatizada sin intervención humana, los vehículos se pueden beneficiar de la información recibida de la infraestructura de las carreteras o de otros vehículos. Los casos de uso típicos de esta aplicación son el adelantamiento automatizado, la prevención de colisiones cooperativas y la creación de trenes de carretera (platooning) de alta densidad, que requieren latencias de extremo a extremo más bajas y alta confiabilidad.

► REQUISITOS Y KPIS PARA 5G URLLC

Según los casos de uso y las aplicaciones descritos anteriormente, 3GPP ha definido los requisitos normativos para el sistema 5G.⁴ Esto incluye requisitos de servicio y KPIs para las redes privadas, la automatización industrial, RA, RV y la Internet táctil. Estos requisitos serán especificados completamente con las capacidades de URLLC definidas en 3GPP Radio Access Network (RAN) y en los grupos Services and Systems Aspects (SA). 3GPP se ha beneficiado recientemente de una afluencia de participantes no tradicionales que quisieran utilizar 5G para a nuevos mercados, como la automatización industrial, el entretenimiento y los sistemas de transporte. Sus investigaciones y requisitos se han incorporado en estudios recientes y elementos de trabajo.

Para 3GPP Release 16, SA1 aumentó este trabajo con estudios sobre la integración de 5G con las redes de área local (LAN),⁵ las comunicaciones para la automatización en sectores verticales como la automatización de fábricas, transporte y creación de programas⁶, y los modelos de negocios para la segmentación de redes⁷. Respecto a la última normativa 3GPP KPIs para URLLC, podemos apuntar directamente a las especificaciones de 3GPP⁸ ⁹. Véase la siguiente tabla resumen¹⁰ (que incluye las solicitudes de cambio aprobadas -CR- hasta mayo de 2018). Estas cifras se refinarán aún más a fondo para 3GPP Release 16.

⁴ 3GPP TS 22.261: Requisitos de servicio para los nuevos servicios y mercados de la próxima generación

⁵ 3GPP TR 22.821: Estudio de viabilidad sobre soporte LAN en 5G.

⁶ 3GPP TR 22.804: Estudio de la comunicación para la automatización en dominios verticales (CAV).

⁷ 3GPP TR 22.830: Estudio sobre modelos de negocios para la segmentación de redes.

⁸ 3GPP TS 22.261: Requisitos de servicio para los nuevos servicios y mercados de la próxima generación.

⁹ 3GPP TS 22.104: Requisitos de servicio para aplicaciones de control ciberfísico en dominios verticales.

¹⁰ 3GPP TS 22.261: Requisitos de servicio para los nuevos servicios y mercados de la próxima generación.

Escenario	Máxima latencia permitida de extremo a extremo (NOTA 2)	Tiempo de supervivencia	Disponibilidad del servicio de comunicación (NOTA 3)	Confiabilidad (NOTA 3)	Tasa de datos experimentada por el usuario	Tamaño de la carga útil (NOTA 4)	Densidad del tráfico (NOTA 5)	Densidad de la conexión (NOTA 6)	Dimensión del área de servicio (NOTA 7)
Automatización discreta	10 ms	0 ms	99,99 por ciento	99,99 por ciento	10 Mbps	Pequeño a grande	1 Tbps/km ²	100 000/km ²	1000 x 1000 x 30 m
Automatización de procesos - control remoto	60 ms	100 ms	99,9999 por ciento	99,999 por ciento	1 Mbps hasta 100 Mbps	Pequeño a grande	100 Gbps/km ²	1 000/km ²	300 x 300 x 50 m
Supervisión de proceso de automatización	60 ms	100 ms	99,9 por ciento	99,9 por ciento	1 Mbps	Pequeño	10 Gbps/km ²	10 000/km ²	300 x 300 x 50 m
Distribución de la electricidad - voltaje medio	40 ms	25 ms	99,9 por ciento	99,9 por ciento	10 Mbps	Pequeño a grande	10 Gbps/km ²	1 000/km ²	100 kilómetros a lo largo de la línea eléctrica
Distribución de la electricidad - alto voltaje (NOTA 2)	5 ms	10 ms	99,9999 por ciento	99,999 por ciento	10 Mbps	Pequeño	100 Gbps/km ²	1000/km ² (NOTA 8)	200 kilómetros a lo largo de la línea eléctrica
Sistemas de transporte inteligente - backhaul de infraestructura	30 ms	100 ms	99,9999 por ciento	99,999 por ciento	10 Mbps	Pequeño a grande	10 Gbps/km ²	1000/km ²	2 kilómetros a lo largo de una carretera

TABLA 3.1. REQUISITOS DE FUNCIONAMIENTO PARA ESCENARIOS DE BAJA LATENCIA Y ALTA CONFIABILIDAD.

NOTA 1: Actualmente se realiza a través de líneas de comunicación por cable

NOTA 2: Esta es la latencia máxima de extremos a extremo permitida para que el sistema 5G brinde el servicio en el caso de que la latencia de extremo a extremo esté completamente asignada desde la UE a la interfaz con la red de datos

NOTA 3: La disponibilidad de servicios de comunicaciones se relaciona con las interfaces de servicio; la confiabilidad se relaciona con un nodo dado. Se podrá realizar una o más retransmisiones a través de la interfaz de radio para satisfacer el requisito de la confiabilidad.

NOTA 4: Pequeño: típica carga útil ≤ 256 bytes

NOTA 5: Basado en el supuesto de que todas las aplicaciones conectadas dentro del volumen de servicio requieren la velocidad de datos experimentada por el usuario

NOTA 6: Bajo el supuesto de una penetración de 100 por ciento de 5G

NOTA 7: Cálculos de dimensiones máximas; la última cifra es la dimensión vertical

NOTA 8: En áreas urbanas densas

NOTA 9: Todos los valores en esta tabla son valores de objetivo y no son requisitos estrictos. Se deben considerar las configuraciones de despliegue al considerar ofertas de servicio que cumplan los objetivos

► DISEÑO Y ESTATUS DE LA ESPECIFICACIÓN DE 3GPP URLLC

URLLC es uno de los aspectos clave del sistema 5G que se está especificando en 3GPP. Los requisitos para el trabajo de URLLC mejorado están contenidos en la especificación técnica 3GPP TS 22.804, así como también en otras a las que se hace referencia en la sección 3. 3GPP tiene en curso dos ítems de estudio relacionados con esta característica. Uno es el “Study on enhancement of URLLC support in 5G” (“Estudio sobre la mejora del soporte de URLLC en 5G”) en SA2 para el Release 16. El otro es el “SID on Physical Layer Enhancements para NR URLLC” (“SID en mejoras de capa física para NR URLLC”) en RAN para el Release 16. En términos de soporte de URLLC en LTE, hay un artículo terminado “EPC support for E-UTRAN URLLC” (“Soporte EPC para E-UTRAN URLLC”) en 3GPP SA2 para el Release 16. Además, el estudio eV2X en SA2 (“Study on architecture enhancements for 3GPP support of advanced V2X services, TR 23-786”; “Estudio sobre mejoras de arquitectura para el soporte 3GPP de servicios avanzados V2X”) también aborda algunos de los aspectos de QoS para los servicios V2X que exigen los servicios URLLC.

ENFOQUE TÉCNICO GENERAL PARA URLLC EN LA RED 5G

Un desafío para crear una red URLLC capaz está en la naturaleza de casos de uso diversos, y que a veces compiten entre sí, que necesitan ser cubiertos en redes 5G. Algunos de estos desafíos de la red central son la creciente complejidad, la creciente demanda de capacidad para los nodos de la red (y las interacciones entre los nodos) y la naturaleza dinámica de la topología y de la heterogeneidad de los elementos E2E en la red (desde UE, RAN, núcleo y AS). Para resolver estos desafíos, se están estudiando y desarrollando varias tecnologías para la red central 5G y se están definiendo en el estándar 3GPP. Los siguientes son algunas de las técnicas que son aplicables:

El diseño de red modular que soporta el encadenamiento dinámico de servicios y permite el uso de tecnologías NFV y de redes definidas por software (SDN)

- La separación del plano del control y del plano del usuario para permitir un diseño topológico que reduzca las latencias que se pueden adaptar a los casos de uso o a aplicaciones específicos
- El uso de las tecnologías NFV y de SDN que permiten la colocación flexible de los elementos de la red y optimizan sus interacciones
- Aumentar la confiabilidad y la disponibilidad interna de la NF, así como optimizar las interacciones entre las NFs
- Proporcionar múltiples rutas de datos para garantizar la entrega de datos de la aplicación (transmisión redundante en el plano del usuario)
- Optimizar los procedimientos de transferencia para asegurar una baja latencia y baja fluctuación en los servicios de URLLC
- Mejorar la coordinación entre la función de la aplicación (AF) y 5GC para soportar la relocalización de la aplicación (por lo tanto, a una red de datos de borde) sin impactar las funciones del plano de control y la continuidad de servicio. Esto también se relaciona con el segundo punto anterior
- URLLC tiene requisitos rigurosos sobre la latencia, la fluctuación del retardo (jitter) y otros requisitos de QoS, que exigen el monitoreo de QoS para que la red tome acciones para cumplir estos requisitos, cuando sea posible
- Las maneras posibles de reducir la utilización de recursos RAN para soportar casos de uso de baja latencia y basados en eventos. Se trata principalmente de una mejora relacionada con RAN

URLLC PARA NÚCLEO DE 5G

El objetivo del estudio SA2 “Estudio sobre la mejora del soporte de las Comunicaciones Ultra-Confiables de Baja Latencia (URLLC) en la red base 5G” (TR 23.725) es investigar el potencial adicional y las nuevas mejoras a las especificaciones arquitectónicas 5GC que pueden soportar los servicios URLLC. Este ítem de estudio fue aprobado como uno de los artículos de prioridad en el Release 16 para SA2 en el Plenario #80 en La Jolla, y el trabajo está en curso.

URLLC PARA NR

En el Release 15 de 5G NR, muchas características que permiten el tráfico de URLLC ya estaban presentes en el diseño general. Estos incluyen los siguientes:

NR soporta diferentes numerologías con distancias entre subportadoras de 15, 30, 60 o 120 kHz. Una mayor separación entre subportadoras implica una menor duración de la ranura y una menor latencia

- NR es compatible con la programación de mini-ranuras, donde la transmisión ocupa solamente algunos de los símbolos de la multiplexación por división de frecuencia ortogonal (OFDM). Esto permite un tiempo de alineación más corto entre la llegada y la transmisión de los datos, y una decodificación más temprana
- Para lograr una transmisión de enlace ascendente rápida en comparación con el procedimiento basado en la solicitud de programación, la transmisión UL se facilita mediante concesiones configuradas, donde se pueden usar subvenciones de enlace ascendente configuradas de tipo 1 y subvenciones de enlace ascendente configuradas de tipo 2. Cuando se configura el tipo 1 o el tipo 2, el UE puede iniciar autónomamente la transmisión de datos del enlace ascendente (uplink) según la periodicidad y los recursos de radio configurados. La transmisión UL tipo 1 se basa solamente en los parámetros configurados RRC, mientras que la transmisión UL tipo 2 se basa tanto en parámetros configurados y como en la (des)activación DCI. Además, la repetición de K-slot (por lo tanto, la agregación de ranuras) se puede configurar para alcanzar el requisito de alta confiabilidad
- El nivel de agregación 16 es compatible con la transmisión de PDCCH, lo que permite una recepción PDCCH confiable
- Se definen agresivas capacidades de procesamiento UE, que URLLC puede aprovechar
 - Un ejemplo de capacidad mayor de UE es que se soportan múltiples ocasiones de monitoreo PDCCH dentro de una ranura para lograr una granularidad de programación de dominio de tiempo más fina que respalde el requisito de baja latencia de URLLC. Específicamente, se puede especificar un patrón de monitoreo PDCCH dentro de una ranura que supervisa el patrón dentro de una ranura, indicando los primeros símbolos del conjunto de recursos de control dentro de una ranura para monitoreo PDCCH, mediante símbolos de monitoreo de parámetros de capa más alta dentro de una ranura
 - Otro ejemplo de mayor capacidad de UE es que se pueden activar informes CSI de baja latencia. Esto mejora la eficiencia para la utilización del recurso URLLC al obtener un CSI más preciso y a tiempo
 - Otro ejemplo más de una mayor capacidad UE es que la capacidad UE mejorada #2 se defina además de la capacidad UE #1, permitiendo una transmisión y recepción de datos más rápida
- Duplicación de datos en capas más altas para garantizar alta confiabilidad

► HURLLC (COMUNICACIÓN DE MAYOR CONFIABILIDAD Y BAJA LATENCIA) PARA LTE

Las especificaciones para HURLLC LTE fueron determinadas en 3GPP Release 15. El diseño está ahora estable y, con la conclusión del ciclo del Release 15, ha ingresado a mantenimiento.

DESCRIPCIÓN DEL DISEÑO

El diseño de LTE URLLC se basa en la característica 3GPP para baja latencia conocida como Short TTI (TTI Corto) y Short Processing Time (Tiempo de Procesamiento Corto). De esta manera, con LTE se puede conseguir TTI corto y latencia de capa física sub-ms. El diseño de URLLC LTE se basa en los requisitos de ITU 2020 y permite así alcanzar la transmisión de una carga útil de 32 bytes en 1 ms con una tasa de éxito de 99,999 por ciento (tasa de error de $1E-5$).

En resumen, el trabajo en los estándares 3GPP para soportar los servicios URLLC en 5G están en curso con ítems de estudio tanto en 5G RAN como en la red central 5G. Las especificaciones relacionadas se basan en la arquitectura del Release 15, con técnicas adicionales para mejorar las capacidades de las redes 5G para soportar servicios URLLC. Estas técnicas aprovechan tanto tecnologías fundamentales como la arquitectura 5G fase I y MEC y, en combinación con una red central específica y técnicas RAN, proporcionan opciones flexibles de despliegue que se pueden adaptar para diferentes casos de uso. Estos trabajos están programados para que se terminen en el marco de tiempo del Release 16.

► CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Esta es una época en que las redes móviles y las industrias verticales están atravesando una importante transformación tecnológica ayudada por capacidades de comunicación críticas en términos de características de baja latencia y alta confiabilidad, especialmente en los sectores de atención médica, automotor, automatización industrial, de la energía y de la entretenimiento. Como los primeros despliegues comerciales de 5G se centran en casos de uso de banda ancha móvil mejorada, el futuro se está preparando para casos de uso que cuenten con características de confiabilidad ultra-alta y baja latencia.

Se considera la baja latencia un ingrediente crucial para asegurar que las aplicaciones sean usables e interactivas ya sea que la comunicación ocurra de humano-a-humano, humano-a-máquina o máquina-a-máquina. Se están superando importantes desafíos de diseño, normalización y de la ingeniería para ofrecer redes que sean confiables y que proporcionen bajas latencias. Este white paper presenta una breve descripción de las aplicaciones emergentes, los desafíos de diseño y los enfoques potenciales en el diseño de URLLC.

▶ CLÁUSULA DE EXENCIÓN ▶ DE RESPONSABILIDAD

El contenido de este documento refleja la investigación, el análisis y las conclusiones de 5G Americas y pueden no representar las opiniones y/o puntos de vista individual de cada una de las empresas miembro de 5G Americas en particular.

5G Americas proporciona a usted este documento, así como la información contenida en él, para propósitos solamente informativos, para que sea usado bajo su propio riesgo. 5G Americas no asume responsabilidad alguna por los errores u omisiones de este documento. El presente documento está sujeto a revisión o eliminación en cualquier momento y sin previo aviso.

5G Americas no brinda representación o garantías (expresas o implícitas) del presente documento. Por medio de este aviso, 5G Americas no se hace responsable por cualquier cambio o modificación en el presente documento que genere un daño directo, indirecto, punitivo, especial, incidental, consecuente, o ejemplar que surja de o en conexión con el uso de este documento y la información contenida en este documento.

© Copyright 2019 5G Americas



Este estudio es un extracto del reporte “New Services & Applications With 5G Ultra-Reliable Low Latency Communications” (“Nuevos servicios y aplicaciones con comunicaciones ultra confiables y de baja latencia con 5G”), publicado por 5G Americas en 2018.

El estudio completo en inglés puede encontrarse en: www.5gamericas.org

► CONTACTO



@5GA_CALA
@5GA_Brasil
@Brecha_Cero
@BrechaZero



www.5gamericas.org
www.brechacero.com
www.brechazero.com