

## **Redes Multimedia**

La transmisión de contenidos multimedia sobre redes ha evolucionado enormemente, permitiendo escenarios diversos que van desde el almacenamiento y reproducción bajo demanda hasta la comunicación en tiempo real, como videollamadas y streaming en directo. Dependiendo del caso, la interactividad, la sincronización audio-vídeo y los requisitos de tiempo real varían notablemente. Por ejemplo, en el caso del streaming progresivo, el contenido se descarga y se reproduce casi simultáneamente, mientras que en las comunicaciones por voz o vídeo IP es esencial mantener la sincronización y baja latencia.

Uno de los elementos clave en estas aplicaciones es la Calidad de Servicio (QoS). Según las normas ISO, la calidad se define como el grado en que un conjunto de características cumple con ciertos requisitos, ya sean explícitos o implícitos. En el ámbito de redes, QoS se refiere a una parte de esa calidad centrada específicamente en la medición objetiva de un servicio mediante métricas como latencia, jitter, disponibilidad, pérdida de paquetes y ancho de banda. A diferencia de la Calidad de Experiencia (QoE), que se orienta al usuario final y su percepción subjetiva, QoS se focaliza en el comportamiento del sistema completo.

La red de Internet, por su naturaleza estocástica e impredecible, presenta retos importantes para mantener QoS estable. Aun así, existen mecanismos para intentarlo, como el Media Delivery Index, que permite monitorizar flujos de vídeo a través de dos parámetros principales: el Delay Factor (indicador del tiempo de vaciado del búfer) y el Media Loss Rate (tasa de pérdida de paquetes).

En este contexto, se diferencian servicios elásticos, como la web o el correo electrónico, donde las pérdidas o retardos son tolerables, y servicios inelásticos, como el streaming o la videoconferencia, donde se requieren prestaciones de red estrictas.

## **Técnicas y arquitecturas de red para QoS**

Se han desarrollado varias arquitecturas para mejorar la QoS en redes IP. Una de ellas es DiffServ, que opera en la capa de red clasificando paquetes según clases de tráfico mediante el campo de 6 bits DS. En IPv4, se reutiliza el antiguo campo TOS, y en IPv6 se emplea el campo de clase de tráfico. Los routers aplican políticas de reenvío (PHB) como Expedited Forwarding (EF) para ofrecer baja latencia y pérdida, o Voice Admit (VA) para llamadas de voz.

Otra arquitectura es IntServ, que permite reservar recursos extremos a extremo para cada flujo individual utilizando el protocolo RSVP. Sin embargo, su escalabilidad es limitada, ya que requiere mantener información de estado para cada flujo activo.

En cuanto al enrutamiento, existen diferentes esquemas. Unicast, el modelo tradicional, no es eficiente para la distribución masiva de contenidos. Multicast, en cambio, permite enviar una única copia de datos a múltiples receptores simultáneamente, usando árboles de distribución gestionados por protocolos como IGMP o MLD. También se puede emplear Anycast, donde un paquete es entregado al nodo más cercano de un grupo según la topología de red. Finalmente, Peercast adopta el modelo P2P para redistribuir contenidos, aunque presenta problemas de fiabilidad si los nodos intermedios fallan.

Por otro lado, tecnologías como MPLS permiten establecer rutas reservadas con etiquetas en redes intermedias, lo que mejora la eficiencia del encaminamiento y el soporte de QoS. Además, IPv6 incluye campos dedicados para QoS: el de clase de tráfico y el Flow Label, usado para aplicaciones en tiempo real.

### **Protocolos de transporte para multimedia**

El protocolo de transporte elegido impacta directamente en la eficiencia y fiabilidad del servicio multimedia. TCP, ampliamente utilizado para aplicaciones web y correo electrónico, introduce retrasos debido a su naturaleza orientada a conexión, control de flujo y retransmisiones. Por el contrario, UDP es mucho más ligero y adecuado para aplicaciones en tiempo real, ya que no garantiza entrega ni orden, pero permite transmisiones más rápidas.

Existen otros protocolos menos comunes pero diseñados para mejorar la transmisión multimedia:

- DCCP combina control de congestión con datagramas, sin garantizar orden.
- SCTP ofrece control de congestión y orden, además de permitir múltiples flujos dentro de una misma conexión y tolerancia a fallos mediante múltiples rutas.

### **Procedimiento de transmisión en streaming**

En una transmisión multimedia típica, el servidor primero comprime el audio y vídeo utilizando códecs como VP8, los encapsula en contenedores como WebM y luego los transmite usando un protocolo de transporte como UDP o TCP. El cliente recibe, descomprime y reproduce el contenido, generalmente utilizando búferes para compensar el jitter.

Dependiendo del tipo de contenido, se pueden usar distintos protocolos. Por ejemplo, el streaming bajo demanda y la descarga progresiva suelen emplear HTTP o DASH, mientras que el streaming en tiempo real usa protocolos como RTP, RTCP, RTSP y SIP.

### **Streaming adaptativo**

El streaming con tasa de bits adaptativa es una técnica cada vez más común. En este enfoque, el servidor codifica un mismo contenido en múltiples calidades, dividiéndolo en segmentos descritos mediante un archivo de manifiesto. El cliente, al detectar las condiciones de la red, selecciona dinámicamente el segmento más adecuado en cada momento. Esta técnica se basa principalmente en HTTP y se ha estandarizado como MPEG-DASH, aunque también existen variantes como Apple HLS y Adobe HDS.

### **Protocolos de streaming en tiempo real**

Para transmisiones en vivo, se usan protocolos especializados:

- RTP (Real-time Transport Protocol) permite transportar datos multimedia en tiempo real. Se encarga de la temporización y del orden de los paquetes.
- RTCP (RTP Control Protocol) proporciona estadísticas y sincronización entre flujos, además de control de calidad.

- RTSP (Real Time Streaming Protocol) es un protocolo con estado que permite establecer, controlar y finalizar sesiones multimedia.
- SIP y H.323 gestionan el establecimiento y cierre de sesiones.
- SDP se usa para describir las sesiones multimedia.
- RTMP, desarrollado por Adobe, fue ampliamente usado en transmisiones Flash.

En RTP, cada flujo multimedia tiene un identificador (SSRC), que permite sincronizar los datos. También se pueden utilizar estructuras más complejas como mezcladores (mixers), que combinan flujos, o traductores (translators), que modifican los datos sin alterar los identificadores.

El encabezado RTP incluye información esencial como el número de secuencia, marca de tiempo, tipo de carga útil (payload) y los identificadores de fuente y contribuyentes. RTCP, por su parte, gestiona el control mediante distintos tipos de mensajes: informes de envío (SR), recepción (RR), descripciones de fuente (SDES), finalización (BYE), o extensiones específicas (APP).

### **Técnicas de distribución a nivel de aplicación**

Al principio, los sistemas de distribución de contenidos dependían de un solo servidor, lo cual generaba problemas de disponibilidad, rendimiento y consumo de ancho de banda. Para solucionarlo, se introdujeron técnicas como el almacenamiento en caché, la replicación, el balanceo de carga y, sobre todo, las redes de distribución de contenido (CDNs).

Una CDN es una red superpuesta de nodos distribuidos geográficamente que replican contenidos para ofrecerlos desde el punto más cercano al usuario. Ejemplos conocidos incluyen Akamai, Limelight y Amazon CloudFront. El redireccionamiento hacia el servidor más adecuado puede hacerse por métodos basados en DNS, en la aplicación (como reescritura de URLs), o directamente por el cliente.

### **Técnicas de mitigación de problemas de red en streaming**

Para mejorar la reproducción frente a problemas de red, se emplean diversas estrategias:

- Buffering: el cliente acumula datos antes de reproducirlos para suavizar las variaciones de la red.
- Retransmisiones: útiles para contenidos bajo demanda, pero no viables en tiempo real.
- Corrección de errores hacia adelante (FEC): añade datos redundantes para recuperar pérdidas sin contactar al servidor. Puede ser genérica o específica para medios concretos.
- Intercalado (interleaving): distribuye los datos de manera que una pérdida cause menos impacto perceptual.
- Técnicas específicas: como repetición o interpolación para recuperar la continuidad.

Por ejemplo, en FEC genérico, se puede repetir bits o aplicar operaciones XOR para generar datos de corrección. En FEC específico, se transmite una versión de menor calidad como copia de respaldo.