

White Paper

Implementación de QoS en redes WiMAX (*IEEE 802.16-2009*)

Abril 2010
Rev A3

En este documento se explicará en detalle un término que cada vez se utiliza más en el ámbito de las redes de datos: la Calidad de Servicio, o **QoS**. Se describirá qué significa exactamente este concepto, en dónde reside su creciente importancia, y cuál es la forma en la que una tecnología puede implementar estos mecanismos.

A continuación, se profundizará en la forma en la que el estándar IEEE 802.16-2009 (WiMAX) realiza la implementación de estos mecanismos: cómo cada Estación Base WiMAX realiza una asignación de recursos determinista a nivel 2 que le permite ofrecer servicios diferenciados a cada uno de sus usuarios. La eficacia del QoS en WiMAX es uno de los grandes puntos fuertes de esta tecnología, con lo que este documento intentará hacer una descripción detallada del tema.

INTRODUCCIÓN

Orígenes de la QoS

Hoy en día el término "QoS" se ha extendido mucho y se ha convertido en una condición exigible a casi cualquier tecnología, pero también es cierto que históricamente esto no fue siempre así.

Internet, sin ir más lejos, se concibió en un principio como un sistema para transmisión de datos siguiendo la filosofía de servicio "Best Effort" (BE), que se podría traducir literalmente como un servicio hecho "con la mejor intención" o que "hace lo que puede".

La filosofía BE se adaptaba perfectamente a las necesidades de la red de redes, por lo que no se diseñaron avanzados mecanismos de QoS. Todos los paquetes eran tratados de la misma forma y compartían la congestión de la red. Simplemente el objetivo era que los paquetes llegaran a su destino, sin garantizar su entrega, ni una tasa binaria mínima, ni la latencia,...

A pesar de que *a priori* este no parezca el mejor método posible, la realidad es que la filosofía BE se adaptó a la perfección a multitud de escenarios debido a su extrema sencillez, y se valió del éxito del mundo IP, su máximo exponente.

Pero lo que inicialmente nació como una red experimental para el intercambio de datos se ha convertido en los últimos años en una tecnología en pleno auge, y existe mucho interés en que cada vez más servicios y aplicaciones puedan funcionar sobre tecnología IP.

Además, las necesidades de la sociedad son cambiantes: mientras que hace unos años un cliente pedía a su operador una conexión aceptable a Internet, hoy puede exigir conexión de banda ancha de alta capacidad, además de servicio de telefonía de calidad y sin cortes, y servicio de IPTV con contenidos multimedia.

El problema es que estos "nuevos" servicios sobre IP pueden ser sensibles a retardos o pueden no permitir que se descarten paquetes, por ejemplo, con lo que resulta imprescindible incorporar mecanismos adicionales que permitan transportarlos con garantías. Aquí es donde nace la necesidad de mecanismos de QoS.

Definición de QoS

El término "Calidad de Servicio" (**QoS**, *Quality of Service*) es un concepto algo ambiguo que puede tener distintos significados según el área de estudio al que se aplique. La QoS, si se realiza la traducción más literal, parece que puede relacionarse con "un servicio hecho con buena calidad", pero esto no es demasiado preciso.

En el ámbito que nos incumbe, las redes de comunicaciones y concretamente la tecnología inalámbrica IEEE 802.16-2009 (WiMAX), una definición válida podría ser la siguiente:

La garantía de la QoS es la garantía del cumplimiento de unos niveles de servicio que se contratan entre un proveedor y un usuario de un servicio.

Este párrafo se puede sintetizar en una frase: "**La QoS es el cumplimiento de un SLA**" (*Service Level Agreement*, ó Acuerdo de Nivel de Servicio)". Un SLA es un contrato que se establece entre operador y cliente en donde se acuerdan unos parámetros mínimos de servicio, disponibilidad, rendimiento, tarificación,... Es el compromiso de mantener unos niveles mínimos de servicio, contemplando penalizaciones en caso de incumplimiento de contrato. Simplificando, un SLA es una tabla en la que se dicen qué parámetros va a asegurar el operador al cliente final (tasa mínima, latencia, *jitter*)... y con qué niveles: (1Mbps, 30ms...).

En el caso de WiMAX, la comunicación se divide en flujos de servicio diferenciados y el operador suele establecer unos niveles mínimos en determinados parámetros: velocidad de descarga mínima, latencia máxima de los datos, variación en la latencia (*jitter*)... **Esta es la idea importante** de la QoS: existen unos parámetros que se pueden medir y por los que el cliente va a pagar y el proveedor querría y debería poder dárselos y garantizárselos.

Por lo tanto, cuando se habla de que un sistema, un estándar o un protocolo garantizan la QoS, es porque tecnológicamente tienen los mecanismos que permiten, de forma determinista y sin ninguna duda, garantizar los niveles de servicio que se establezcan en el "contrato" entre operador y cliente final.

Importancia de la QoS

El uso de tecnologías con avanzados mecanismos de QoS es algo muy ventajoso para cualquiera que quiera ofrecer (generalmente cobrando por ello) un servicio de telecomunicaciones, por varios motivos:

- **Garantías de cumplimiento del SLA.** La QoS permite a los operadores garantizar a sus clientes unos niveles mínimos (throughput, retardo,...) en el servicio que han contratado, con la certeza de que la tecnología va a ser capaz de soportarlo. El no cumplimiento de un SLA puede traer graves consecuencias a un operador, por lo que es algo que podrá evitar usando la tecnología adecuada.
- **Experiencia de usuario satisfactoria.** Como es obvio, si un cliente ha contratado un servicio y el operador es capaz de proporcionárselo adecuadamente, esto supone un cliente contento, que es el objetivo de todo prestador de servicios.
- **Diferenciación de Usuarios, Servicios y políticas de Tarificación.** Con QoS es posible proporcionar diferentes prioridades a distintos usuarios y aplicaciones. Existen clientes con tráfico crítico (i.e. empresas) que pueden estar dispuestos a pagar más por un servicio prioritario o por mayores prestaciones, mientras que otros, en cambio, no requieren unas condiciones tan exigentes (i.e. usuario particular). Los mecanismos de control de QoS permiten a los operadores realizar estas distinciones entre usuarios y/o servicios, y por consiguiente es posible establecer diferentes tarifas en función de las prestaciones ofrecidas.
- **Transporte de aplicaciones exigentes.** En cualquier red de comunicaciones, muchas son las causas que pueden afectar a los paquetes de datos a lo largo de su trayecto: retardo, *jitter*, errores, pérdidas,... Para determinadas aplicaciones esto no resulta un problema crítico, o puede ser solucionado por protocolos de niveles superiores. Sin embargo en otros casos no es suficiente con conseguir la información "si la red lo permite" (BE), y resulta crítico garantizar unos niveles mínimos de calidad. Es aquí en donde la QoS juega un papel fundamental. Se citan a continuación algunos ejemplos de este tipo de aplicaciones:
 - **Vídeo sobre IP**, o cualquier tipo de *streaming* multimedia en tiempo real (**IPTV**, *multicast* de vídeo,...). Se necesita sobre todo un throughput mínimo sostenido y una tasa mínima de pérdida de paquetes para no recibir vídeo con errores (*pixelado*, con cortes,...).
 - **Voz sobre IP** y videoconferencia (**VTC**, ...). No requieren generalmente demasiado *throughput*, pero sí niveles bajos de *jitter* para que la voz sea correctamente reproducible en el destino.
 - **Juegos en red**, aquí es muy importante la fluidez, con lo que se necesitan latencias bajas.

Ámbito de aplicación

¿Dónde se aplica la QoS? Clásicamente, por QoS en redes se ha hecho siempre referencia a la calidad que proporcionan las redes como un todo. En una clásica red de paquetes, ATM por ejemplo, cuando se habla de QoS se habla de los parámetros a garantizar entre usuarios finales (QoS extremo a extremo). Sin embargo, este documento hace referencia a la QoS aplicada a un escenario concreto: **el medio inalámbrico** (interfaz aire). No es una QoS extremo a extremo, sino en un interfaz en concreto.

Para que la QoS tenga sentido en un interfaz se tiene que dar alguna de las siguientes circunstancias. Cuantas más se den, más importante es la garantía de la QoS:

- ⇒ Que la capacidad neta máxima de la interfaz sea menor que la capacidad de conexión a la red.
- ⇒ Que sobre la interfaz se sirvan múltiples usuarios (interfaz Punto a Multipunto—PtmP).
- ⇒ Que sobre la interfaz se transporten múltiples servicios con distintas necesidades.

QoS en medios inalámbricos

En general, en la interfaz radio se suelen dar al menos alguna de las tres circunstancias anteriores (generalmente se darán todas). En un acceso inalámbrico en banda ancha se suelen servir múltiples usuarios, existirán con alta probabilidad múltiples servicios y además en general la capacidad de la interfaz radio (algunos Mbps) será mucho menor que la capacidad del enlace a la red (decenas de Mbps). Podemos concluir que los mecanismos de QoS son especialmente importantes en las redes inalámbricas por:

- **Inestabilidad del medio radio:** la capacidad instantánea que ofrecen las redes inalámbricas es variable en función de las condiciones del medio. El tiempo requerido para transmitir un *byte* varía según la modulación y codificación empleadas, que se ajustan dinámicamente al medio, lo que supone una dificultad añadida para los mecanismos de QoS, que deberán conocer la capacidad del medio en cada instante. Esto no ocurre en redes cableadas, que generalmente tienen una alta capacidad fija y una baja probabilidad de error.
- **Escasez de espectro disponible:** el medio radio es escaso y no es viable sobredimensionar los recursos.
- **Control del sentido de transmisión:** en un sistema inalámbrico que soporte ATDD (*Adaptive Time Division Duplexing*) con clasificación de QoS centralizada (por ejemplo una BS que controle la QoS en ambos sentidos), el *Scheduler* también deberá decidir trama a trama cómo reparte el canal para UL y DL.
- **Capacidad del receptor para manejar altas tasas de error:** si una transmisión no ha podido alcanzar al equipo receptor debido a algún desvanecimiento, no es conveniente solicitar una retransmisión de datos inmediatamente ya que es muy probable que la transmisión vuelva a fallar. Además, una alta tasa de retransmisiones para un receptor en particular no solo aumenta la latencia media hacia ese equipo, sino que afecta a la QoS de otros equipos del sistema. Los mecanismos clasificadores de la QoS tendrán el difícil reto de mantener el equilibrio del sistema, balanceando el *throughput* y el uso del medio radioeléctrico.

CÓMO PROPORCIONAR QoS

Introducción

A priori, la manera más simple para proporcionar QoS es *sobredimensionar* la red: añadir recursos adicionales que aseguren siempre y en todo momento la correcta atención de las actuales y futuras necesidades. Si por ejemplo conectamos unos pocos PCs con demandas de tráfico relativamente pequeñas a una red cableada *Gigabit Ethernet*, es muy probable que no sea necesario implementar ningún mecanismo adicional de QoS, ya que la propia red se basta y se sobra para dar un perfecto servicio a los usuarios (en este caso los recursos disponibles en la red siempre son mucho mayores que las necesidades).

Sin embargo, a medida que el número de equipos y/o el tráfico cursado aumenta, el *sobredimensionado* se vuelve completamente inviable, ya que supone unos costes que los operadores o los administradores de la red obviamente no están dispuestos a asumir. Además, en las comunicaciones inalámbricas existe el problema añadido de que el espectro radio es muy limitado y por tanto no es posible sobredimensionarlo ilimitadamente, con lo que necesariamente hay que buscar otras soluciones para poder ofrecer QoS.

Una aproximación simple a una QoS "más realista" se basa en el provisionamiento estático de servicios y la reserva de recursos. De esta forma es como la redes de conmutación de circuitos garantizan la QoS: cada circuito se establece reservando recursos específicos a lo largo de cada conexión (i.e. una llamada de telefonía tradicional). Sin embargo esta práctica no es realizable en redes de conmutación de paquetes. El reto en este tipo de redes consiste en implementar técnicas adaptativas de QoS que puedan utilizar los recursos disponibles de la forma más eficiente posible.

El modelo más usado en la actualidad para garantizar QoS en una red o interfaz es el modelo de **Servicios Diferenciados (DiffServ)**. Los paquetes de la red incluyen una indicación del servicio que transportan, y conociendo esta información los operadores pueden configurar sus nodos intermedios para que ofrezcan a estos paquetes un diferente "trato" a la hora de encaminarlos. Así, a los paquetes que transportan datos de aplicaciones que requieren pequeña latencia se les puede dar mayor prioridad que a los que transportan otros paquetes de datos, por ejemplo.

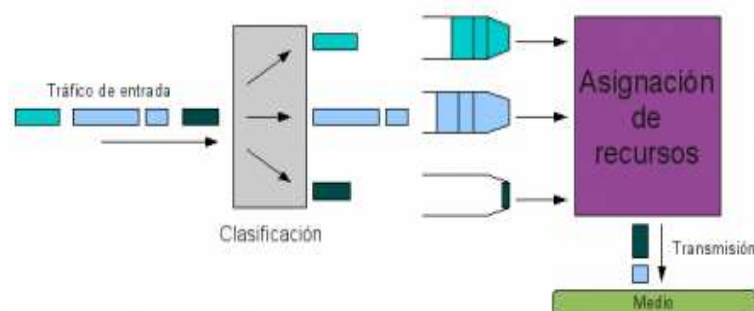


Figura 1 - Modelo simplificado de QoS

Implementación básica

La Figura 1 representa un modelo simplificado pero útil para comprender cómo funcionan los mecanismos de QoS. Existen dos fases fundamentales que cualquier mecanismo de QoS debe implementar:

a) CLASIFICACIÓN: Cuando a un nodo de red que implementa control de QoS le llega más tráfico a la entrada del que puede sacar por su salida, es obvio que debe decidir a qué paquetes va a dar mayor prioridad. Puede encaminar en primer lugar los paquetes más importantes, retrasando o incluso descartando aquellos que no lo sean tanto. Pero... ¿cómo determina la "importancia" de cada paquete?

Antes de transmitir nada, tendrá que clasificar todo el tráfico entrante, para que una vez esté perfectamente diferenciado se pueda aplicar a cada tipo de tráfico unos criterios de prioridad concretos (que habrán sido establecidos previamente por el administrador de la red en el nodo clasificador).

Existen gran variedad de criterios de clasificación de tráfico. Generalmente pueden ser de nivel 2 (i.e. dirección MAC,...), de nivel 3 (i.e. dirección IP, cabecera TOS/DSCP,...) ó de nivel 4 (i.e. puerto origen/destino,...).

Cuál sea el criterio de filtrado elegido no es relevante, es una decisión que toma el administrador de red. Lo realmente importante es poder, siguiendo el criterio que sea, dividir un flujo común de datos en distintos flujos intermedios más pequeños, que podrán tener definidos unos determinados parámetros de QoS contratados, con colas de espera diferentes, y con la posibilidad de que el nodo clasificador, que conoce los requisitos de QoS, pueda realizar la Asignación de Recursos dando preferencia a los flujos prioritarios.

b) ASIGNACIÓN DE RECURSOS: Una vez que el tráfico esté clasificado y por tanto cuando se sabe qué parámetros de QoS hay que cumplir, hay que asignar los recursos en la interfaz. Hay que permitir que los paquetes se transmitan al medio (el aire o un cable) en un orden de transmisión adecuado. A la parte encargada de la Asignación se le suele conocer como el *Scheduler*, un componente fundamental en cualquier arquitectura de QoS, responsable de realizar la reserva de ancho de banda para todos los diferentes flujos de servicio activos.

En un sistema sin soporte de QoS se trata todo el tráfico de las diferentes aplicaciones a modo de cola FIFO (*First-In, First-Out*) En un sistema que implementa QoS, sin embargo, el *Scheduler* debe asegurar que el tráfico es servido en base a los requisitos de QoS y no según el orden de llegada, permitiendo que un servicio con la máxima prioridad no se vea afectado por un aumento de la carga de tráfico total de la red.

La fase de clasificación es común a todos los tipos de tecnologías que necesitan garantizar la QoS, pero la principal diferencia viene en la fase de Asignación de Recursos. Existen dos mecanismos lo bastante generales como para darles un nombre: "QoS a nivel 3 (**L3QoS** o IPQoS)" y "QoS a nivel 2 (**L2QoS** o MACQoS)". Las diferencias entre ambas se explican a continuación.

QoS A NIVEL MAC Y A NIVEL IP

L3QoS: QoS a nivel IP

Las técnicas que se usan en este tipo de mecanismos de QoS son las que utilizan los tradicionales conformadores de tráfico o *Traffic Shapers* (TS). Un TS en primer lugar clasifica el tráfico que entra en función de los criterios que se hayan establecido previamente para cada una de los contratos de QoS. Por lo tanto la fase de Clasificación se realiza de la misma forma que se ha explicado en el punto anterior, dividiendo un flujo común de datos en varios flujos más pequeños. La diferencia viene en la fase de Asignación de Recursos.

Una vez que el tráfico está clasificado, el TS asigna de forma estadística los recursos de transmisión al medio. Por ejemplo, si la cola de un servicio de baja latencia está muy llena, intentará vaciarla lo más rápido posible, o si la cola de un servicio con tasa mínima garantizada tiene paquetes, intentará mantener en promedio esa tasa a la salida.

Estas técnicas de QoS a nivel 3, a veces llamadas "a nivel IP", son las clásicas basadas en colas de prioridades asociadas al DSCP o al TOS de las cabeceras IP, por ejemplo.

El problema que presentan las técnica L3QoS es que no se conoce con exactitud la capacidad y la disponibilidad del medio sobre el que se transmiten. En el medio radio, el tráfico bruto hacia un cliente es algo muy variable que depende del estado de ese radioenlace, ya que podría estar más o menos lejos, o con una línea de vista parcialmente obstruida, o sufriendo un desvanecimiento en cierto instante. Usar técnicas de L3QoS en estos casos, cuando se desconoce la capacidad real hacia cada usuario en cada instante, lleva a una ineficiencia insalvable: No se puede garantizar una QoS en términos absolutos, sólo relativos.

Esto quiere decir que si por ejemplo se han definido un servicio de 1Mbps y otro de 2Mbps, la única garantía que puede hacer un sistema de L3QoS es que el tráfico del primero sea la mitad que el del segundo, pero no puede garantizar cuál va a ser en realidad ese mínimo, ya que desconoce el estado y disponibilidad del medio.

Este problema aún se agrava mucho más en el caso en el que el acceso al medio está gestionado en contienda (WiFi, Ethernet...); en estos casos el propio uso del medio es estadístico, ni siquiera el nivel 2 puede saber si podrá transmitir en un momento dado. Es más, en el caso de que la red empiece a cursar mucho tráfico, es posible que un paquete jamás sea transmitido debido a las continuas colisiones.

L2QoS: QoS a nivel MAC

Cuando la asignación de recursos se hace a nivel 2, el sistema que va asignando los *slots* de transmisión y que decide los paquetes por segundo que encamina, con qué tasa binaria, y hacia qué usuario, conoce en todo momento la capacidad bruta del medio, con lo que también sabe cuánto tráfico neto es capaz de transmitir hacia cada usuario. Esto hace posible implementar algoritmos que permitan garantizar de forma absoluta la asignación de tráfico.

La tecnología WiMAX, por ejemplo, es un sistema de L2QoS. La Estación Base (BS) es el nodo maestro de la red, que asigna la transmisión de datos tanto en la bajada hacia los usuarios (*Downlink*) como en la subida desde los usuarios (*Uplink*). El tener un nodo central permite eliminar la contienda en el Acceso al Medio, lo que garantiza que la BS puede, si así se desea, conocer en todo momento la disponibilidad del medio radio. Además, la BS WiMAX conoce la calidad del enlace de cada uno de los clientes que tiene conectados, ya que conoce el estado de las modulaciones y por lo tanto la capacidad física existente con lo que puede asignar de una forma totalmente determinista el tráfico, tanto en bajada como en subida.

Por supuesto, la calidad de servicio a nivel MAC no es exclusiva de WiMAX. Por ejemplo DVB-RCS, un protocolo estándar para el acceso múltiple vía satélite, es un esquema parecido: un nodo central que asigna tráfico, un conocimiento exhaustivo de la capacidad y disponibilidad del medio, y por tanto una QoS que se puede garantizar.

L3QoS

- La Capa IP (nivel 3) no conoce el estado de la capa física (nivel 1) en cada instante.
- Se hace una transmisión de paquetes en base a prioridades relativas, no absolutas.
- Asignación de recursos estadística.

L2QoS

- La Capa MAC (nivel 2) conoce en todo momento el estado de su capa inferior (capa física, nivel 1).
- Asignación de recursos determinista.

QoS EN WiMAX

Acceso al medio

Como ya se ha comentado, el estándar *IEEE 802.16-2009* soporta niveles de QoS hasta nivel 2. Esto es posible gracias a su capa de Control de Acceso al Medio (MAC), la esencia de la tecnología WiMAX. En otras tecnologías, el Acceso al Medio es aleatorio y se realiza mediante mecanismos de contienda: las distintas estaciones *compiten* por el uso del canal. En situaciones de alto tráfico o número de estaciones elevado, esto se traduce en un gran número de colisiones, con lo que el uso del canal es ineficiente y el *throughput* neto total del sistema se ve drásticamente reducido.

Por el contrario, en la tecnología WiMAX la Estación Base actúa de *“árbitro”* y gestiona el acceso al medio de todas las estaciones suscriptoras (CPEs). Es una tecnología entramada en la que la BS asigna a cada usuario registrado en la celda intervalos de transmisión (*time slots*) utilizando TDMA, para que puedan transmitir en sus *slots* sin necesidad de “competir” entre ellos. Es un Acceso al Medio completamente determinista, en el que la BS conoce en todo momento las modulaciones que tienen todos los usuarios y por tanto el estado del medio radio en cada instante, y así es capaz de reservar *slots* dependiendo de los criterios de QoS que estén establecidos. Por eso se habla de una asignación de recursos a nivel 2 (L2QoS).

Sistema IEEE 802.16-2009

- **Entramado:** TDD y TDMA (*time slots*).
- **Centralizado:** BS ejerce de árbitro, controla todas las transmisiones.
- **Capa MAC determinista:** sin colisiones ni contienda.
- **Conocimiento total del medio radio:** la BS conoce siempre el estado del medio radio y las demandas de tráfico.

Flujos de Servicio

WiMAX basa la transmisión de datos en el concepto de Flujos de Servicio (*service-flows o flows*), que son conexiones de datos unidireccionales e individuales que se pueden establecer entre la BS y cada CPE. Son como “canutos” o “tuberías” que se crean en el aire, y que son el soporte sobre el que circulan los paquetes de datos entre BS y CPE. La Figura 2 (ver derecha) muestra un ejemplo de BS con dos equipos CPE y distintos flujos de servicio.

Los paquetes de datos no pueden transmitirse al aire si no son introducidos previamente en uno de estos flujos. La idea es que cada usuario pueda tener varios flujos de distintos tamaños y con distintos requisitos de QoS por los que transportar paquetes de datos asociados a distintas aplicaciones: datos, voz, vídeo, etc.

Cuando un CPE entra en una celda WiMAX, se le asignan los flujos de servicio que la BS tenga especificados en su Base de Datos de provisionamiento para ese usuario. Cada uno de estos servicios llevará asociado, de forma independiente al resto de servicios, las siguientes propiedades:

- **Un contrato de QoS:** define las características de cada flujo, y se guarda en la Base de Datos de la BS. Son parámetros como la tasa binaria máxima sostenible, tasa mínima garantizada, tipo de servicio (BE, UGS,...), retardo máximo... En resumen, parámetros que recogen las características de cada filtro, si es más “ancho” o más “estrecho”, si es prioritario, etc.
- **Una política de filtrado:** una serie de reglas que permitirán determinar qué paquetes de datos se van a cursar por cada servicio. Se encargan de cumplir la fase de Clasificación de paquetes presente en todo proceso de QoS, como ya se explicó en puntos anteriores.

En conclusión: WiMAX soporta QoS diferenciado para distintos usuarios y para distintos flujos, empleando estos flujos de servicio para llevar a cabo las dos tareas necesarias de cualquier mecanismo de QoS: **Clasificación del tráfico** y **Asignación de recursos**. Cada uno de estos flujos se destinará a cursar distintos tipos de tráfico (VoIP, vídeo, navegación web,...) y en función del tipo de servicio que se preste sobre ellos, se asignarán unas políticas de filtrado y unos recursos en el medio. Usar servicios para transportar datos, además de ser diferente a otras tecnologías, es fundamental para que WiMAX pueda ofrecer garantías de QoS a nivel de operador.

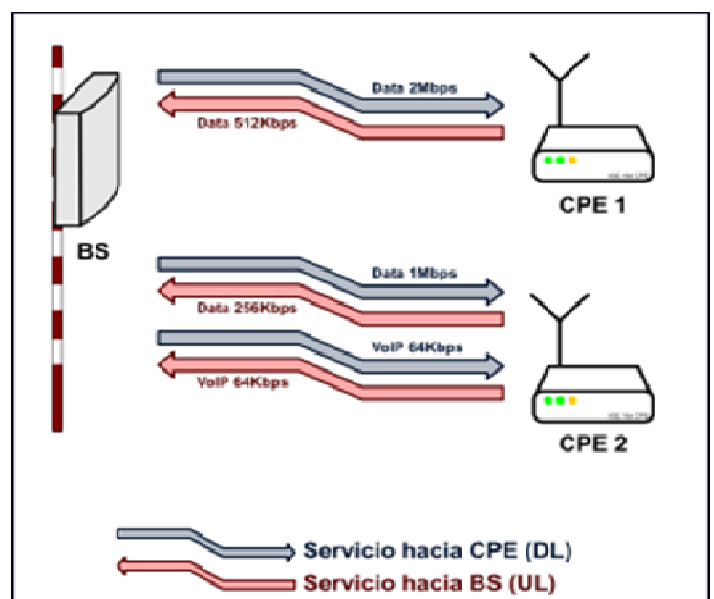


Figura 2 - Servicios sobre 802.16-2009

Tipos de Servicio

El estándar IEEE 802.16-2009 define 5 diferentes tipos de servicios en función de la QoS que pueden ofrecer. Si bien el estándar define estos tipos sólo en el UL, en general se aplican tanto al UL como al DL por los fabricantes e integradores. Estos 5 tipos se pueden agrupar en 3 grandes grupos:

- **BE (Best Effort):** este método ofrece un servicio eficiente para el tráfico "Best Effort", y son empleados muy habitualmente para servicios de datos, que no suelen requerir niveles mínimos de servicio. Estos servicios son atendidos en función de la disponibilidad de la celda en cada momento, y cuando todos los servicios con una prioridad superior hayan sido ya atendidos. Están pensados para soportar tasas binarias de este tipo:

Máximo Tráfico sostenido = X
Mínimo Tráfico **garantizado** = 0

- **xRTPS:** en esta categoría se engloban 3 tipos de servicios de similares prestaciones: **RTPS (Real Time Polling Service)**, **NRTPS (Non Real Time Polling Service)** y **eRTPS (Extended Real Time Polling Service)**. Se diferencian entre ellos por las latencias que entregan al usuario final, y están orientados a aplicaciones con requerimientos de capacidad mínima garantizada. Son ideales para productos como VoIP, y tienen una tasa binaria mínima garantizada. Cuando el usuario necesita transmitir algo lo solicita a la BS, que le dará un trato preferencial frente a flujos BE. Están pensados para soportar tasas binarias de este tipo:

Máximo Tráfico sostenido = Y
Mínimo Tráfico **garantizado** = $X (X < Y)$

- **UGS (Unsolicited Grant Service):** son ideales para aplicaciones de tráfico constante como transmisión de vídeo ininterrumpido o tramas E1/T1. Si un CPE tiene asignado un servicio de este tipo, la BS le garantizará **siempre** un tiempo de transmisión en la trama, independientemente de que exista tráfico o no. Cuando el CPE quiera transmitir lo hará en esos *time slots* que tiene reservados, sin necesidad de solicitar previamente a la BS permiso para transmitir. Son los servicios que ofrecen una mayor calidad de servicio, a costa de reservar continuamente tiempo en la trama, con lo que conviene dimensionar correctamente este tipo de servicios para no reducir demasiado el *throughput* total agregado de la celda. Siguen un patrón de tráfico de este tipo:

Máximo Tráfico sostenido = Y
Mínimo Tráfico **garantizado** = Y

Excepto en el caso de UGS, un CPE que quiera realizar una transmisión tendrá que solicitarlo a la BS en un periodo de la trama destinado a ello mediante un mensaje denominado *Bandwidth Request*. Cuando la BS recibe esta petición, le asignará el ancho de banda que pueda, hasta el máximo delimitado en el parámetro "Tasa Binaria Máxima" de cada flujo, y cursando en primer lugar aquellos flujos con un tipo de QoS mayor.

Beneficios de los servicios WiMAX

El método de transmisión basado en flujos de servicio permite ser muy eficiente a la hora de asignar los recursos en un sistema compartido como es el medio radio, y además proporciona control absoluto sobre el uso del ancho de banda, evitando abusos o simplemente que el propio tráfico de datos de un usuario entrecorte sus propias llamadas de VoIP, por ejemplo. El resultado es una mejor experiencia de navegación así como el uso de servicios diferenciados por parte de los usuarios, y una capacidad mejorada para proveer servicios de datos de diferentes niveles y servicios de valor añadido para el operador de la red.

Para establecer flujos de servicio asociados a distintos productos comerciales, el operador tiene que:

- Definir los productos que se van a ofrecer: de datos o de voz; de alta, media o baja capacidad, con garantías mínimas o sin ellas,...
- Definir los servicios WiMAX que van a soportar los productos comerciales: QoS, prioridades, UL/DL...
- Provisionar los servicios a los clientes en función de los productos comerciales que han contratado.

Algunos de los beneficios que obtienen el operador y sus clientes con este modelo son:

- El operador obtiene una mejora del uso de la capacidad radio, al evitar abusos y reducir sobreprovisiones, y haciendo posible el aumento del número de usuarios por celda.
- El cliente obtiene un servicio de calidad y ajustado a lo que contrata, evitando que otros clientes hagan abuso de su ancho de banda.
- Permite ofrecer nuevos servicios: la VoIP con calidad "Carrier Class" es ahora posible, ya que los servicios permiten establecer la máxima prioridad para las llamadas y evitar que el tráfico de la celda entrecorte la voz o imposibilite su realización.
- En general, la experiencia del cliente mejora frente a otros medios inalámbricos e incluso supera en muchos casos la experiencia obtenida con medios cableados.

En resumen: los servicios de WiMAX permiten ofrecer al operador un modelo de datos equivalente al de un acceso cableado de última milla (QoS, separación voz de y datos...), pero con todas las ventajas del acceso radio (inmediatez, reducción de costes, escalabilidad,...).

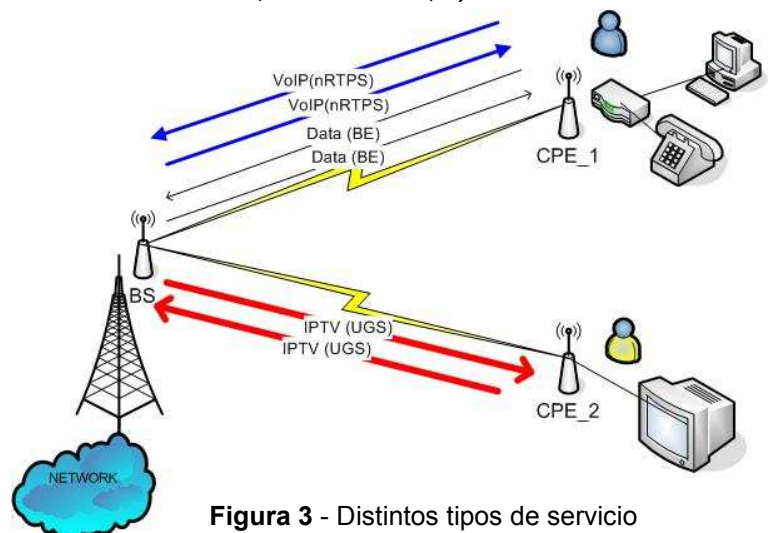


Figura 3 - Distintos tipos de servicio

CONCLUSIONES

A continuación se resumen los puntos más interesantes que se han desarrollado a lo largo del documento:

1) Definición de QoS

Se denomina QoS al conjunto de mecanismos que garantizan unas mínimas condiciones de rendimiento en una comunicación, estableciendo **un contrato** entre operador y cliente en donde se recoge el compromiso de servicio acordado, y que el operador tendrá que ser capaz de cumplir siempre, utilizando para ello una tecnología que se lo permita.

2) La necesidad de QoS

Ofrecer QoS es muy importante **para los proveedores de servicios**, ya que pueden garantizar a sus clientes unos niveles mínimos de calidad y pueden crear distintos niveles de servicio con diferente tarificación. Además, hoy en día existen muchas aplicaciones sobre IP que por su propia naturaleza requieren necesariamente un estricto control de QoS: VoIP, videovigilancia, IPTV,...

3) QoS en redes inalámbricas

Las comunicaciones inalámbricas están viviendo un momento dulce; se están convirtiendo en la plataforma preferida por muchos usuarios. Es por ello que estas tecnologías **deben estar preparadas para ofrecer un amplio rango de servicios**, incluyendo aplicaciones con requisitos de QoS. Es complicado que las tecnologías inalámbricas tengan éxito si no pueden ofrecer rigurosos mecanismos de QoS y prestaciones equiparables a los medios tradicionales.

Sin embargo, estas tecnologías presentan más dificultades que las redes cableadas: el medio de propagación, inestable por naturaleza y con mayor probabilidad de error, unido a un espectro radioeléctrico limitado, suponen un reto adicional al problema del QoS inalámbrico, especialmente en entornos NLOS.

4) QoS en WiMAX

La QoS en WiMAX se apoya en los siguientes puntos:

- **Capa MAC:** el nivel de Acceso al Medio es la piedra angular de esta tecnología. Con una estructura entramada, una gran eficiencia espectral, y una Estación Base que ejerce en todo momento de árbitro y gestiona el espectro, WiMAX permite implementar **de forma determinista** cualquier mecanismo de QoS.
- **Layer2QoS:** uno de los puntos fuertes de la tecnología WiMAX es que implementa mecanismos de QoS hasta nivel 2 que le permiten ofrecer servicios diferenciados de forma determinista, ya que la BS conoce en todo momento el estado del medio radio (conoce las modulaciones hacia todos los usuarios) y por lo tanto es capaz de asignar los recursos en cada momento.
- **Flujos de servicio:** los datos que fluyen por el aire deben ser transportados por flujos de servicio. Estos flujos son unidireccionales e independientes por cada usuario. La tecnología WiMAX se basa en diferenciar aplicaciones utilizando la diferenciación de flujos.
- **Tipos de servicio:** los flujos de datos en WiMAX pueden ser de cinco tipos distintos en función del tipo de priorización que se quiera realizar.

Se concluye por tanto que los mecanismos de calidad de servicio (QoS) son fundamentales en las comunicaciones de hoy en día, y que los sistemas inalámbricos de banda ancha basados en el estándar IEEE 802.16-2009 (WiMAX) son los que están mejor preparados para ofrecer todas las garantías de QoS necesarias, permitiendo a los operadores mapear directamente sus servicios comerciales sobre los servicios de transmisión de datos en el aire con todas las garantías de cumplimiento.