

# ¿Qué ofrece aerDOCSIS frente a otras tecnologías?

La gama de productos de Albentia Systems está estructurada en tres grandes familias: Access, PRO y Link, pensadas para configuraciones Punto-a-Multipunto (Access y PRO) y Punto-a-Punto (Link), respondiendo a todos los escenarios planteados por los clientes.

En este documento se van a explicar algunas de las características que han convertido a la tecnología aerDOCSIS de Albentia Systems en una de las soluciones inalámbricas más atractivas del momento, detallando las ventajas con respecto a otras tecnologías que pueden encontrarse en entornos PtMP y PtP.

## Introducción a aerDOCSIS

aerDOCSIS es una tecnología inalámbrica desarrollada por Albentia Systems a partir del estándar IEEE 802.16-2017. Nos ofrece conectividad de banda ancha, tanto para transporte Punto a Punto de datos como para las redes de acceso de última milla (Punto a Multipunto). Permite alcanzar un máximo de hasta 280 Mbps reales con varios canales de 10 MHz para transmisiones en un variado rango de distancias (desde los pocos cientos de metros a los 50 km).

aerDOCSIS es radicalmente diferente a otros protocolos habituales como los usados en soluciones basadas en WiFi (802.11). Se parece en su concepto más a una tecnología tipo GSM o LTE. De hecho, aerDOCSIS está concebido como un protocolo de área metropolitana (MAN) frente al área local (LAN) de Wi-Fi. Esta concepción del sistema hace que el control sobre el medio radio quede centralizado en la estación base y esa es la responsable de gestionar todas las peticiones de transmisión. Esta forma de trabajar garantiza que se puede realizar un estricto control sobre las transmisiones y asegurar la QoS, contrariamente a lo que ocurre en cualquier solución Wi-Fi, donde la entrada de un cliente con malos niveles de señal o que abuse del ancho de banda puede provocar una disminución seria de las prestaciones de toda la red.

Se citan a continuación algunas de las características más destacables de esta tecnología:

- **Gran protección frente a interferencias.** Se dispone de un análisis de espectro inteligente, con selección semiautomática de los mejores canales. También existe control de la modulación radio no sólo dependiendo de la relación señal a ruido sino en función de las tasas de recuperación de paquetes y se permite robustecer en enlace en los momentos puntuales de poca demanda de tráfico. aerDOCSIS incorpora además un mecanismo exclusivo de ARQ (Automatic Repeat Request), que permite recuperar paquetes perdidos por interferencia en capa 2, antes que la aplicación del cliente final detecte la pérdida. Esta herramienta es ideal para aplicaciones críticas a la pérdida como los juegos, las videoconferencias, las descargas y las llamadas de teléfono.
- **Agregación de entre 4 y 8 canales de 10 MHz** para aplicaciones de acceso internet (WISP, Wireless Internet Services Provider) de alta capacidad. Posibilidad de ofrecer al abonado velocidades de hasta 100 Mbps por aire, con calidad equivalente a la fibra.
- **Posibilidad de diseño de redes exclusivas para videovigilancia** (intensivas en tráfico de subida y sin pérdida de paquetes de vídeo).
- **Ancho de canal variable** entre 1.75 MHz y 10 MHz para aplicaciones muy robustas y poco consumo de ancho de banda: telemetría, telecontrol, Smart Cities, IoT, etc.
- **Sistema escalable**, permitiendo un gran número de estaciones base (Puntos de Acceso) en la misma torre. Con o sin sincronización GPS.
- **QoS real:** aerDOCSIS implementa mecanismos de Calidad de Servicio hasta nivel 2 y 3 (Capa MAC y Capa IP) que permite ofrecer servicios diferenciados. Es posible separar en servicios virtuales la VoIP, realizar todo tipo de reglas de priorización y mezclar en una misma estación base perfiles de consumo de clientes muy dispares. Incluso servir con la misma estación base clientes residenciales y profesionales al mismo tiempo.

## Descripción física de aerDOCSIS

### Mayor alcance con las mismas antenas

Es conocido que el alcance de una transmisión radio depende de la potencia del transmisor, las ganancias de las antenas y **la sensibilidad del receptor**. El parámetro de sensibilidad es crítico porque es la mínima señal con la que debemos llegar al receptor para que nos “oiga adecuadamente”.

También sabemos que la sensibilidad depende del ancho de canal que se use, según esta expresión:

$$\text{Sensibilidad [dBm]} = -174\text{dBm/Hz} + 10\log(\text{BW[Hz]}) + \text{NF} + \text{SNR}$$

**Donde** la NF (Noise Figure) es la figura de ruido del receptor, SNR es la relación señal a ruido requerida para una determinada modulación (velocidad de transmisión) y BW es el ancho de canal.

Podemos observar **que a medida que se incrementa el ancho de canal, la sensibilidad empeora (necesito más señal) y con ello se reduce el alcance**. Es por esto que los canales de 10 MHz de la tecnología aerDOCSIS mejoran hasta 4 veces (6 decibelios) la sensibilidad que tenemos con cualquier equipo basado en 802.11, WiFi, cuyo ancho de canal típico es de 40 MHz.

Un equipo aerDOCSIS tiene una sensibilidad de -74 dBm a la máxima velocidad de línea (64QAM). En cambio, un equipo Wi-Fi de 40 MHz tiene una sensibilidad de -68 dBm, que es 6 dB peor. Estos 6 dB de diferencia **implican que con un equipo aerDOCSIS se duplica el alcance radio respecto a un equipo basado en Wi-Fi, usando las mismas antenas**.

En aerDOCSIS aumentamos la capacidad agregando varios canales (de 4 a 8 en general), pero el canal que se usa para agregar es siempre de 10 MHz, manteniendo el excelente alcance radio.

### Rendimiento a grandes distancias

aerDOCSIS también ofrece una gran eficiencia en función de la distancia. Otras tecnologías reducen drásticamente su eficiencia al aumentar la separación entre dos puntos o entre el punto de acceso y el cliente, ya que se ven afectadas por el tiempo de RTT (Round Trip Time). EL RTT se define como el tiempo que tarda un paquete desde que es transmitido hasta que retorna al mismo punto (un ping que va y vuelve). En un caso genérico de 2 estaciones comunicantes separadas por una distancia  $d$ , el RTT de cada paquete transmitido se calcula como:

$$\text{RTT} \approx \frac{2d}{c} + t_{proc}$$

Siendo  $c$  la velocidad de la luz y  $t_{proc}$  el tiempo de procesamiento del paquete en la estación destino, que normalmente puede ser despreciable.

En las soluciones basadas en 802.11 (Wi-Fi) se transmite paquete a paquete. Esto hace que en distancias cortas, en donde el RTT es mínimo, todo funcione bien, pero que al aumentar la distancia el rendimiento se vea reducido drásticamente. Esto es debido fundamentalmente a que con esta tecnología hay lapsos de tiempo en los que no se transmite información, y estos lapsos aumentan proporcionalmente con la distancia del enlace.

Una estación que transmite un paquete y que no puede transmitir el próximo hasta que reciba el *Acknowledge* de la estación receptora, cómo mínimo deberá esperar un tiempo RTT para poder enviar un segundo paquete. Durante todo ese tiempo RTT la estación transmisora no está haciendo uso del canal, con lo que estos “silencios” suponen un claro desaprovechamiento del medio. Como ya se ha comentado, el RTT es proporcional a la distancia del enlace, con lo que, a mayor distancia, mayor inutilización del canal.

Pongamos el ejemplo de comunicación más sencillo posible para entender todo esto más claramente. Sean A y B dos estaciones, transmisora y receptora respectivamente, que desean comunicarse. Concretamente, la  $SS_A$  desea enviar datos a la  $SS_B$ , datos que irán encapsulados en paquetes  $[P_1, P_2, \dots P_N]$ . La estación A inicia la transmisión con el primer paquete ( $P_1$ ), que tardara en llegar a B un tiempo proporcional a la distancia entre ambas. Cuando B lo recibe y lo procesa, envía una confirmación o ACK. La Figura 1 representa este esquema simple de transmisión de paquetes:

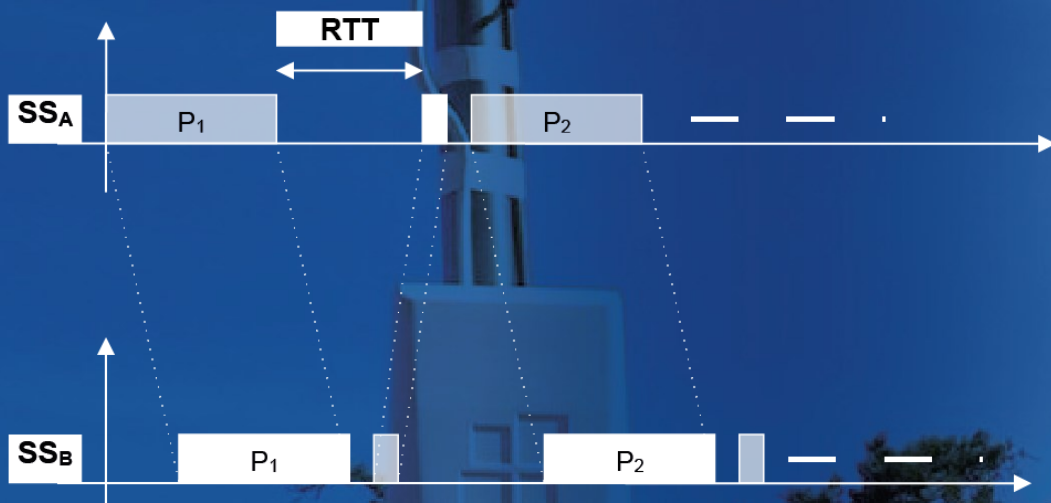


Figura 1—Ejemplo de transmisión en IEEE 802.11

Para que la estación A transmita el segundo paquete ( $P_2$ ), debe esperar al menos un tiempo RTT. Esto supone que el canal no se está utilizando, así que cuanto mayor sea la distancia entre estaciones, mayor será este desaprovechamiento de capacidad del medio.

Con la tecnología aerDOCSIS se evita en gran medida este problema, debido en gran parte a su particular estructura de trama. A diferencia de Wi-Fi, que transmite la información paquete a paquete, la tecnología aerDOCSIS es un sistema entramado y por tanto transmite trama a trama, agrupando en cada una de ellas muchos paquetes. aerDOCSIS usa el modelo TDD (*Time Duplexion Division*) en el que las transmisiones se alternan en el tiempo y la información es introducida en *time slots* asignados por la estación base o access point (BS o AP).

La trama aerDOCSIS es variable y se divide en 2 partes, la trama de DL (*Downlink, bajada*) y la de UL (*Uplink, subida*), separadas ambas por un *gap* o espacio de tiempo. Este espacio va a permitir reducir los tiempos sin transmitir, como se explica a continuación.

El acceso al medio se realiza sin contienda, ya que la BS ejerce de árbitro y asigna *time slots* a los diferentes usuarios: la BS le dice a cada CPE (cliente) cuándo tiene que transmitir. Lo que sucede es que los clientes saben que debido a la distancia existirá un tiempo RTT perdido, con lo que cuando reciben la correspondiente indicación de la BS de “se adelantan” y transmiten antes de lo que deberían. Este adelanto es posible debido al *gap* existente entre las tramas de DL y UL.

Así, y mediante técnicas de *Ranging*, los clientes pueden estimar la distancia a la que se encuentran de la BS, con lo que todas pueden reajustar sus transmisiones, y esto se traduce en que el uso del canal en aerDOCSIS es mucho más eficiente, ya que aumenta el tiempo en el que se transmite información, evitando por tanto los indeseados “silencios”.

En la Figura 2 se muestra más gráficamente lo comentado anteriormente. Podemos apreciar las tramas DL y UL en una comunicación entre una BS y un CPE (cliente). Como hemos dicho, el cliente debería transmitir en la trama UL, dentro del *slot* establecido de la BS, pero para optimizar la utilización del medio, el cliente se adelanta, transmitiendo en una trama que podríamos denominar UL'. El tiempo RTT se reduce y por tanto estamos aprovechando mejor la capacidad de nuestro sistema.

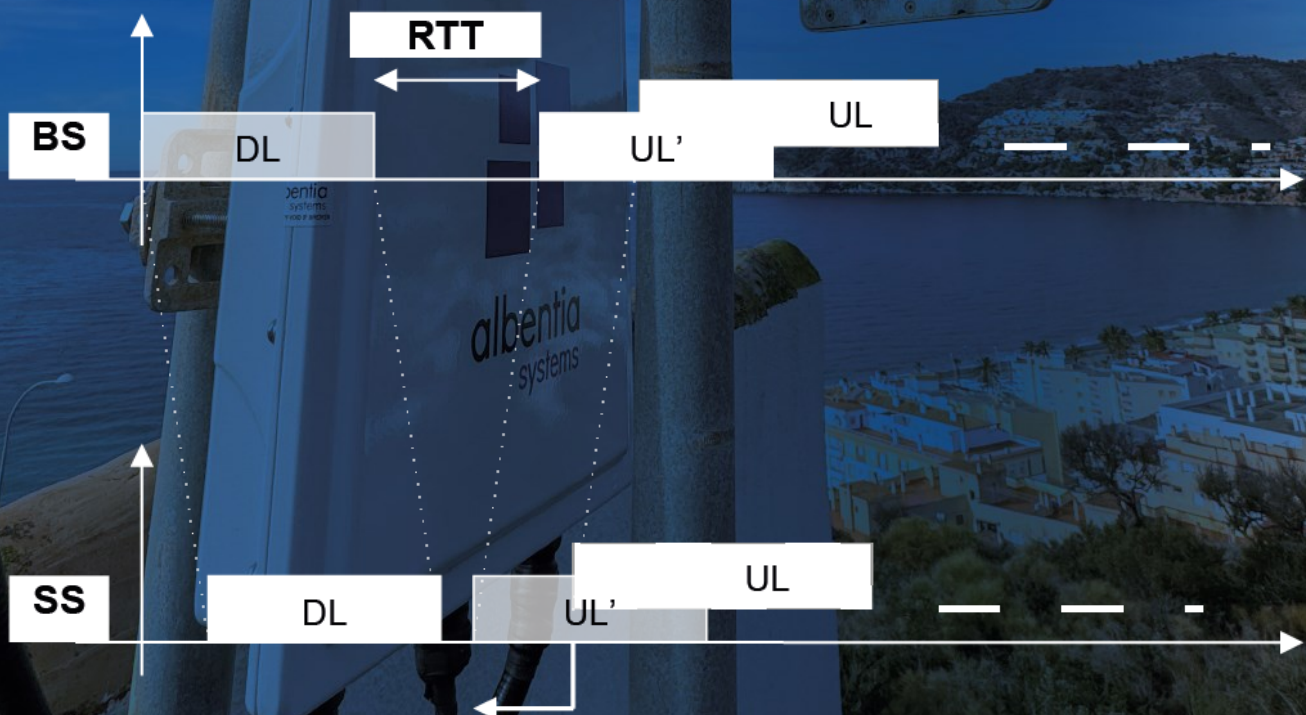


Figura 2—Ejemplo de transmisión en aerDOCSIS

Se concluye que, en cualquier tecnología de transmisión inalámbrica, la distancia entre nodos aumenta el RTT y esto afecta al rendimiento final de la comunicación, pero la tecnología aerDOCSIS, con su transmisión de tramas, implementa mecanismos que optimizan el tiempo de uso del canal. De nada sirve tener un canal con gran capacidad si luego se dejan grandes intervalos de tiempo en los que nadie transmite, y la tecnología aerDOCSIS es especialmente cuidadosa en este aspecto. Queda así demostrado que en distancias largas siempre es más eficiente la transmisión de tramas que de paquetes.



## QoS

La QoS es muy deseable para los operadores de internet y para los integradores de proyectos de misión crítica, ya que les permite garantizar a sus clientes ciertas condiciones mínimas, como un ancho de banda contratado por un abonado o necesario para una cámara de videovigilancia. También pueden proporcionar diferentes prioridades a usuarios o flujos de datos diferentes. Sin un control de QoS, es imposible ofrecer a los clientes diferenciación de servicios y poder establecer diferentes tarifas en función de las prestaciones ofrecidas. Hay clientes con tráfico crítico que estarán dispuestos a pagar más por que el operador les dé prioridad a en la red, y otros, en cambio, que no requerirán unas condiciones tan exigentes y por lo tanto el operador les podrá ofrecer un servicio con menos prestaciones pero más económico. Los mecanismos de QoS ofrecidos en **aerDOCSIS** permiten **implementar todas estas distinciones, mientras que en soluciones Wi-Fi solo podemos limitar la capacidad máxima por cliente.**

## Protección contra el abuso de la red

Es importante que en la red existan mecanismos para evitar el mal uso que algunos usuarios puedan darle, ya que el mal uso reduce el rendimiento total.

En redes con control de acceso estadístico (Wi-Fi) pueden existir usuarios que se apropien de toda la capacidad radio. El acceso al medio se realiza en contienda, o lo que es lo mismo, los usuarios compiten para usar la red. Cuantos más paquetes se introduzcan en la red, más probabilidad de colisiones habrá, con lo que el *throughput* total del sistema se reduce.

En estas redes un usuario malintencionado puede colapsar la capacidad total de la red y afectar al rendimiento de los demás usuarios “*inocentes*”, con mecanismos tan simples como transmitir paquetes indiscriminadamente, con lo que los demás usuarios se verán seriamente perjudicados.

Esto puede ocurrir también sin tratarse de un ataque a la red si hay un cliente que utilice una aplicación que envíe muchos paquetes pequeños de forma muy rápida: sincronización de sistemas de archivos, varios usuarios de videoconferencia simultáneos, etc.

En cambio, el control de acceso al medio en aerDOCSIS es determinista, no estadístico. Los usuarios no tienen que competir por el medio, ya que una vez que se encuentran dentro de la red la estación base controla las transmisiones y asigna *time slots* a los diferentes usuarios según el tráfico que pidan y el plan de servicio contratado, con lo que cada usuario solo transmite en los *slots* que se le han asignado. Aquí un usuario malintencionado no puede colapsar la red, sólo colapsaría su propio intervalo de transmisión (su propio plan de datos), con lo cual los demás usuarios no se ven afectados, y el rendimiento total de la red se mantiene óptimo.


## Sobreprovisión o Reuso

La sobreprovisión o reuso es una herramienta fundamental e imprescindible para los operadores de servicio de internet, ya que permite “*vender*” a sus clientes más capacidad que la que realmente les llega desde su mayorista.

Cuando cualquier operador de internet ofrece a un abonado una tarifa, la velocidad que le está vendiendo a su cliente es realmente la *máxima* que puede ofrecerle en el mejor caso, aunque en la práctica el usuario no siempre llegará esa cifra.

La velocidad que el cliente recibe al final depende del tráfico que consuman en cada momento los otros usuarios con los que comparta la estación base o AP.

En equipos basados en Wi-Fi, la velocidad total de la estación base no se reparte proporcionalmente entre todos los usuarios. Los mecanismos de contienda que se utilizan para acceder al medio introducen tráfico de control en la red y tiempos de espera aleatorios, con lo que a medida que el número de usuarios aumenta las colisiones resultan más frecuentes y el *throughput* total disminuye de una forma no proporcional con el número de usuarios. Es decir: si disponemos de una estación base Wi-Fi con 20 clientes y una capacidad total de 50 Mbps reales para repartir, tocarían a 2.5 Mbps por cliente en el caso extraño de que todos demandaran tráfico simultáneamente. Si aumentamos el número de clientes a 30, la capacidad total ya no será de 50 Mbps sino que puede reducirse a 30 Mbps, con lo que tocan a 1Mbps por cliente, que es una reducción muy importante.



Por contra, la tecnología aerDOCSIS funciona mediante una asignación de recursos determinista, que permite crear tantos servicios de datos como usuarios en nuestra red. El tráfico de cada cliente se asigna dinámicamente dependiendo de la situación de la red en cada momento. En caso de que la estación base esté vacía (hora valle), cada usuario aprovecha para alcanzar su velocidad máxima establecida. Pero la gran ventaja es que, en situaciones de mayor tráfico o gran número de usuarios, la velocidad que recibirá cada usuario será proporcional al plan de servicio contratado. Un ejemplo claro es el de un servicio de internet de 50 Mbps y otro de 25 Mbps: en la hora valle ambos clientes recibirán la máxima velocidad contratada, pero si en algún caso existe saturación y el cliente de 25 Mbps contratados está recibiendo 20 Mbps únicamente, el cliente de 50 Mbps recibirá 40 Mbps. De este modo se mantiene la diferenciación entre clientes y se impide que un cliente que paga menos por el servicio esté abusando de la estación base, generando quejas en clientes de perfil de facturación más alto.

Adicionalmente se pueden crear pequeños servicios de velocidad mínima garantizada, que son importantes por ser críticos, pero no por su capacidad. Un ejemplo muy claro es la Telefonía VoIP: su capacidad es muy baja (puede ser fácilmente pisada por el tráfico de datos si hay saturación) pero su importancia es alta porque el cliente valora enormemente que no se le corten las llamadas de teléfono. En estos servicios la capacidad se garantiza, aunque la estación base se encuentre saturada de tráfico en las horas punta del día.