



# ANÁLISIS Y ESTUDIO DE SOLUCIONES PARA FRONTHAUL RADIO

Javier Madrazo Lorite

Profesor Responsable: Carlos Monzo Sánchez

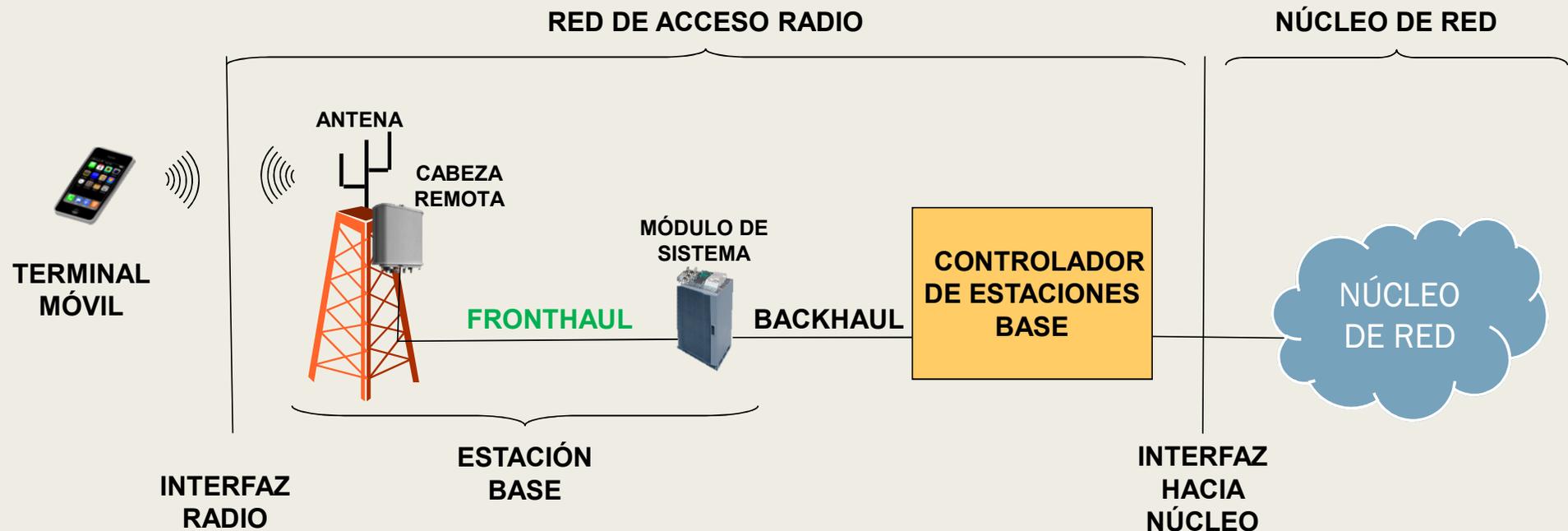
Profesor Colaborador: Raúl Parada Medina

# Índice



- 1. Descripción general
  - ¿Qué es el *fronthaul* radio?
  - Evolución histórica
  - Arquitectura
  - Protocolos
  - Capacidad
- 2. Evolución del *fronthaul* radio
  - ¿Por qué es relevante el *fronthaul* radio?
  - Arquitecturas: C-RAN, Cloud-RAN, V-RAN
  - Tecnologías de Transporte: WDM, PON, Radioenlaces
  - Innovaciones: Compresión del CPRI, Partición de la banda base, ROE
- 3. Futuro del fronthaul. Virtualización y red única

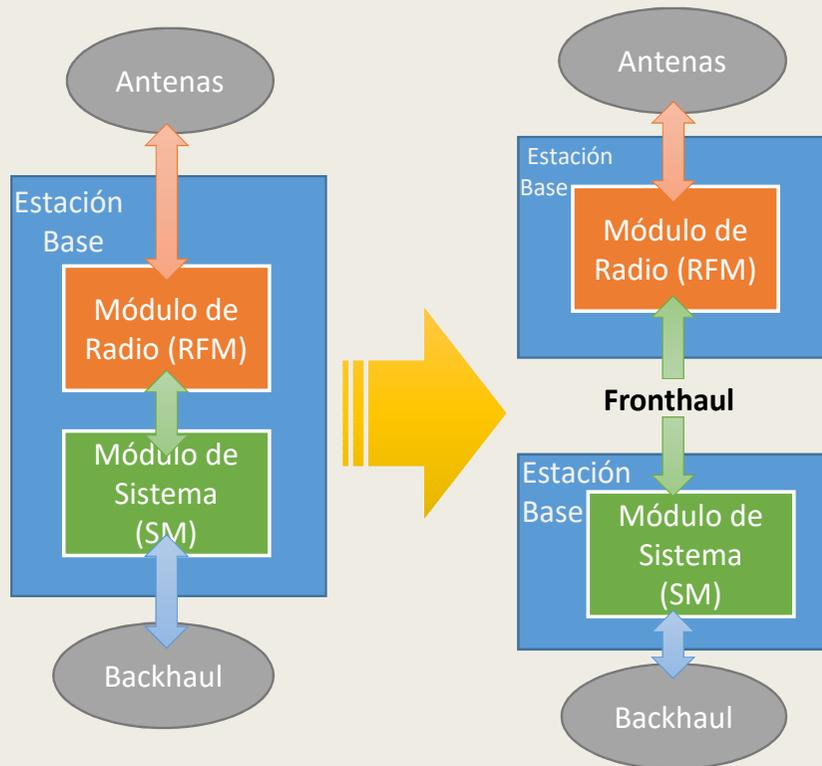
# ¿Qué es el *fronthaul* radio?



- El *fronthaul* es el enlace que une los dos componentes de una estación base:
  - El módulo de sistema o banda base. Lleva el control centralizado del nodo y el procesamiento de los datos de usuario y control. Se conecta al núcleo de red mediante el backhaul.
  - El módulo radio o cabeza remota. Lleva los transceptores radio que realizan la conversión a radio frecuencia. Se conecta a las antenas.

# Evolución histórica

- En los orígenes del GSM, las estaciones base eran equipos compactos de grandes dimensiones.
- Con la evolución de la tecnología y los nuevos protocolos, la arquitectura de la estación base se dividió en dos bloques: el módulo de sistema y el módulo radio, interconectados a través del enlace *fronthaul*.



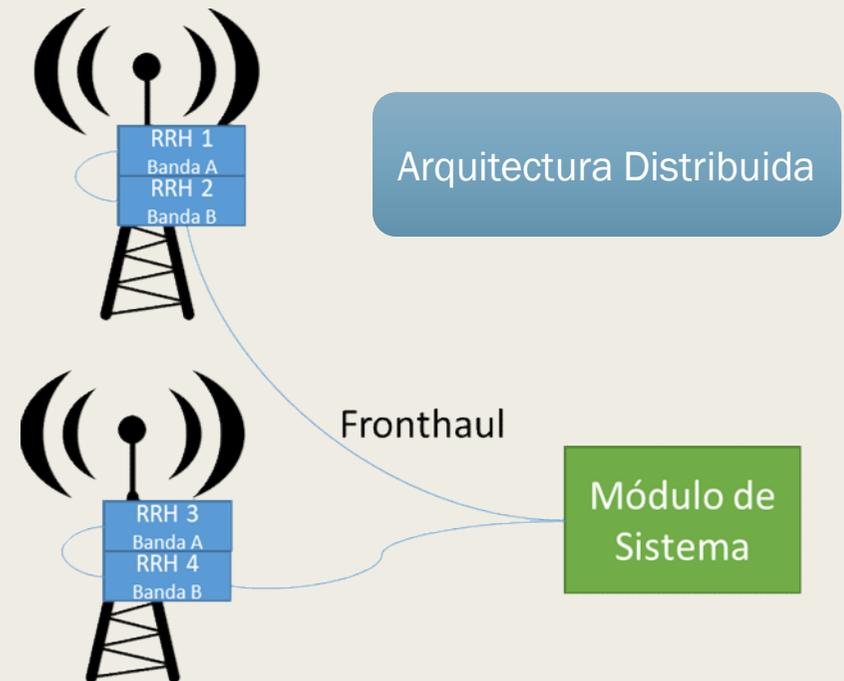
# Arquitecturas



- Con el nacimiento del *fronthaul*, surgen dos arquitecturas posibles, y la combinación de ambas o arquitectura híbrida.



El módulo radio y el módulo de sistema se encuentran colocados y la longitud del *fronthaul* es de unos pocos centímetros.



Las cabezas remotas se instalan cerca de la antena, y la longitud del *fronthaul* es de varios metros.

# Protocolos



CPRI

*Common Public Radio Interface* o Interfaz Pública de Radio Común.

Protocolo digital creado en 2003 por la asociación entre varias compañías. No es un estándar, sino una especificación que define la interfaz entre el módulo radio y el módulo de sistema. Definido para tasas de hasta 25Gbps.



OBSAI

*Open Base Station Architecture Initiative* o Iniciativa de Arquitectura de Estación Base Abierta.

Especificación no estandarizada, creada por la asociación de varias compañías en 2002. Define toda la arquitectura de una estación base dividiéndola en bloques, en la que uno de ellos se corresponde con el fronthaul. Definido para tasas de hasta 6Gbps.

ORI

*Open Radio equipment Interface* o Interfaz de equipo Radio Abierta.

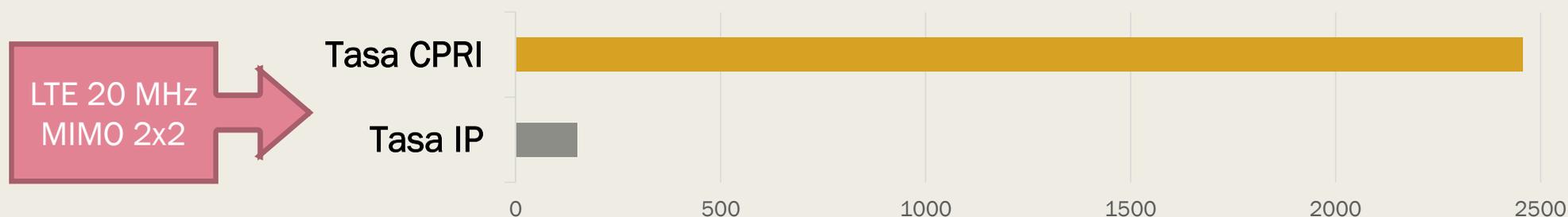
Especificación del ETSI creada en 2010. Busca desarrollar un protocolo que sea estandarizado para el *fronthaul* y permita la interoperabilidad, basándose en una interfaz construida sobre CPRI .



# Capacidad

- Una de las diferencias principales del *fronthaul* respecto al *backhaul*, es que la información que se envía no son datos en IP u otros protocolos similares, sino directamente la señal radio digitalizada.
- En el caso del CPRI, en el módulo radio se realiza la conversión de analógico a digital y se genera las formas de onda en fase y en cuadratura, llamadas I y Q respectivamente, se muestrean en conjuntos de 15 bits y se envían a través del *fronthaul*, tras añadir la cabecera de control y realizar la codificación.

$$B_{CPRI} = S * A * f_s * b_s * 2 * \frac{16}{15} * LC$$



# Índice



- 1. Descripción general
  - ¿Qué es el *fronthaul* radio?
  - Evolución histórica
  - Arquitectura
  - Protocolos
  - Capacidad
- 2. Evolución del *fronthaul* radio
  - ¿Por qué es relevante el *fronthaul* radio?
  - Arquitecturas: C-RAN, Cloud-RAN, V-RAN
  - Tecnologías de Transporte: WDM, PON, Radioenlaces
  - Innovaciones: Compresión del CPRI, Partición de la banda base, ROE
- 3. Futuro del *fronthaul*. *Virtualización y red única*

# ¿Por qué es relevante el *fronthaul* radio?

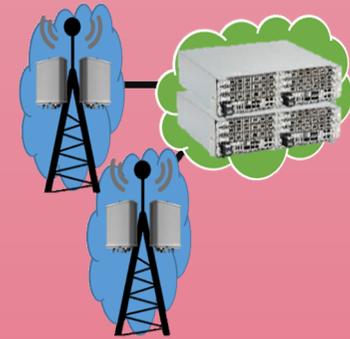


En las previsiones hacia el 5G se observa un crecimiento exponencial en el volumen de datos, y la capacidad que requiere el *fronthaul* es de unas 15 veces la del *backhaul*



Aparecen varios servicios con distintos requisitos:

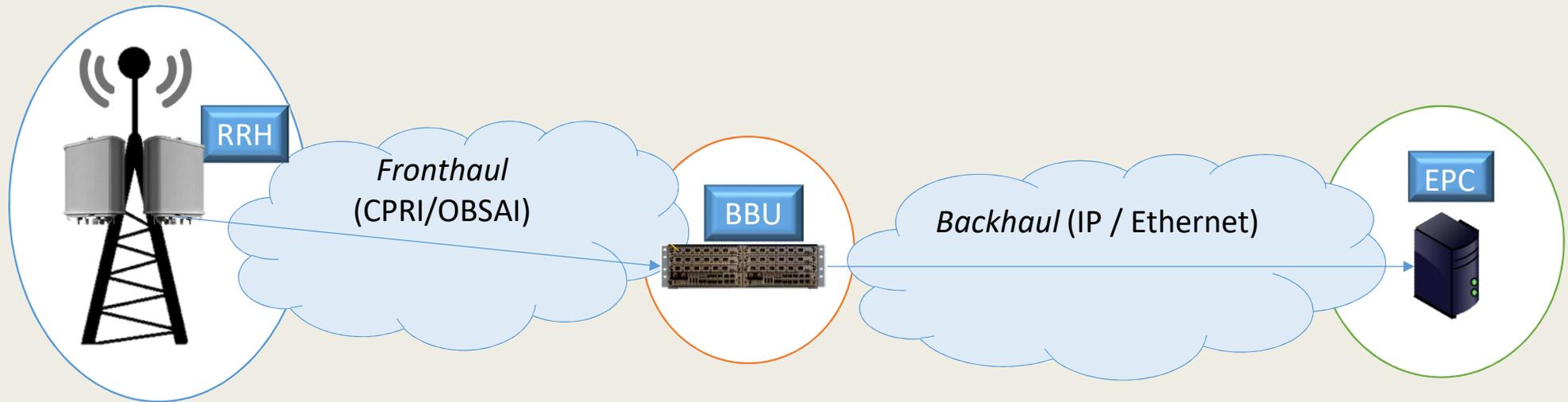
- eMBB: Gran capacidad
- uRLLC: Latencia muy baja
- mMTC: Muchos dispositivos conectados a la vez



Las nuevas arquitecturas centralizadas aumentan la longitud del enlace *fronthaul* a varios kilómetros. Comienza a tratarse como una red de transporte en vez de un simple enlace

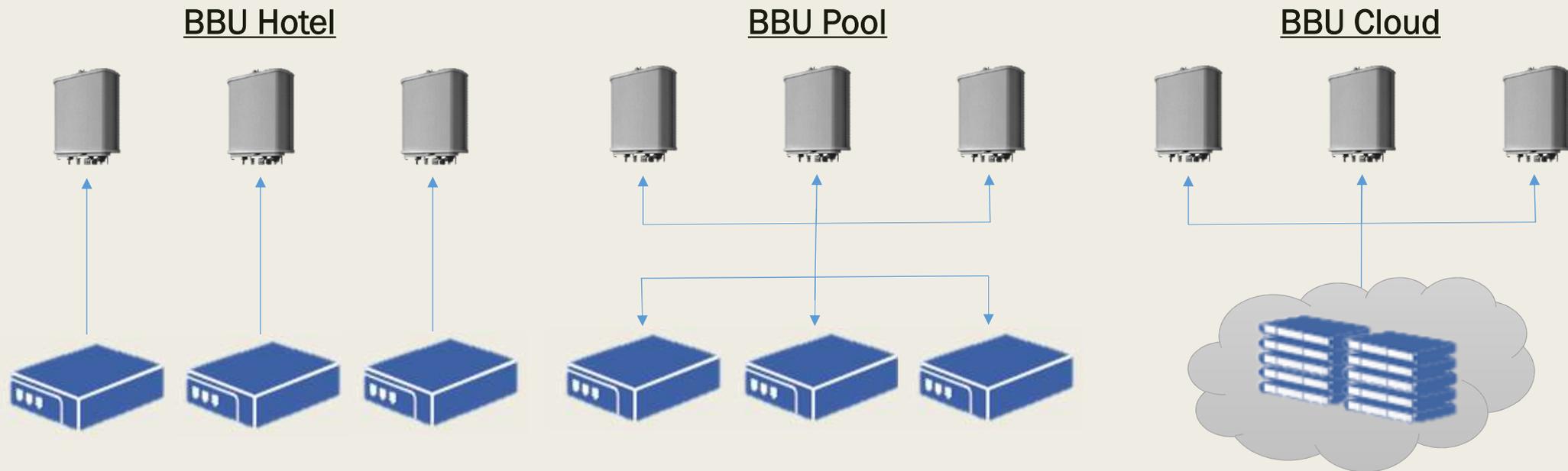


# Arquitecturas. C-RAN



- Compartición de recursos de procesamiento entre emplazamientos.
- Operación y mantenimiento simplificados.
- Permite usar funcionalidades de coordinación entre módulos de sistema, reduciendo la interferencia y mejorando el rendimiento.
- Ahorro de espacio y energía en el emplazamiento radio.
- Reducción del CAPEX y del OPEX.

# Arquitecturas. *Cloud-RAN*



Es una evolución dentro de las arquitecturas centralizadas. Se comienza con un apilado de bandas base en la central (*BBU Hotel*), después con las primeras comparticiones entre bandas base (*BBU Pool*) y finalmente la arquitectura *Cloud-RAN* (*BBU Cloud*), en la que las funciones de procesamiento son implementadas mediante servidores que se pueden configurar dinámicamente.



# Arquitecturas. V-RAN

- Se virtualizan todas las funciones de la RAN, mediante plataformas basadas en procesadores de propósito general.
- Las funciones de banda base se implementan mediante máquinas virtuales en servidores genéricos.
- Se apoya en el uso de NFV y de SDN.
- No requiere necesariamente de una arquitectura centralizada.

Simplifica el control y la coordinación de la red.

Los recursos de banda base se pueden añadir o liberar dinámicamente.

Ahorro de costes por el uso de procesadores de propósito general.

Aumenta la flexibilidad y escalabilidad de la red.

Reduce el tiempo de puesta al mercado de los nuevos servicios, y el coste de su implementación.

Permite el uso de nuevos servicios basados en la nube.

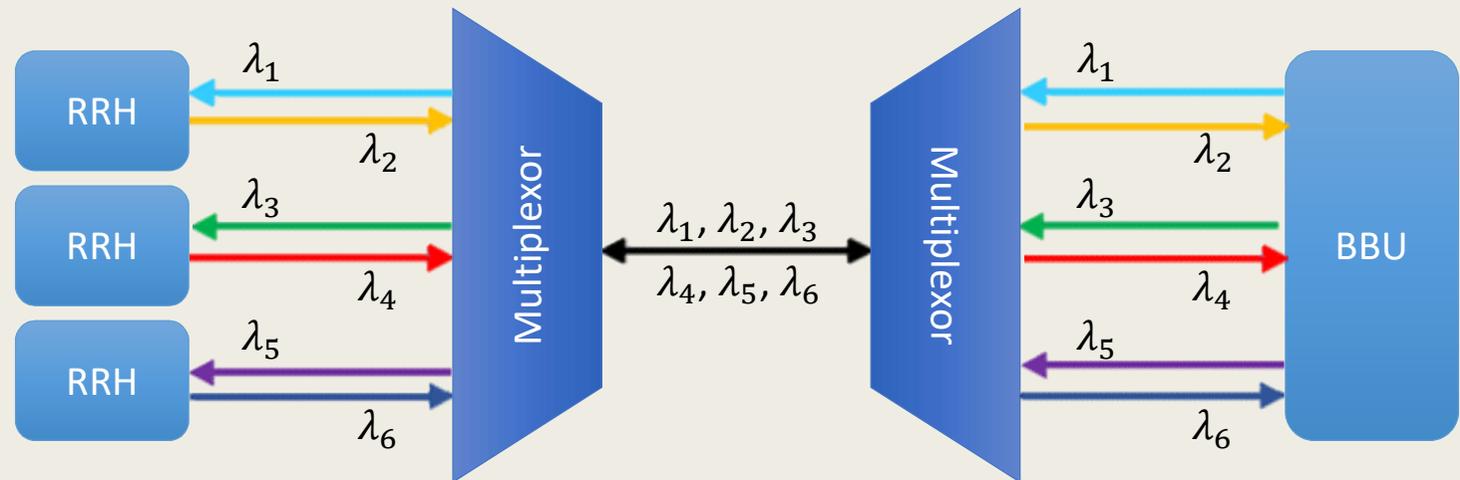
# Tecnologías de transporte. WDM



WDM se basa en la multiplexación de varias longitudes de onda en una sola fibra. Soluciones activa y pasiva.

CWDM: 18 canales

DWDM: 90 canales



## Ventajas

- Incrementa la capacidad de la fibra (múltiples canales por fibra).
- No consume potencia ni añade apenas latencia en el caso del WDM pasivo, mientras que en el WDM activo proporciona monitorización de fallos y alarmas y usa SFP tradicionales.
- Transporte transparente a la radio.
- Punto de demarcación entre radio y transporte.

## Inconvenientes

- En el caso de la solución pasiva, se requieren SFP específicos (lo que complica además la instalación) y no ofrece ni gestión de alarmas en remoto ni monitorización.
- En el caso de la solución activa, requiere de alimentación, mayor coste y espacio necesario (por los equipos adicionales), y ofrece menor fiabilidad que la solución pasiva.

# Tecnologías de transporte. PON



Los operadores pueden aprovecharse de sus redes FTTH desplegadas para transmitir el *fronthaul*.

NG-PON2, XGS-PON, DOCSIS...



Ventajas	Inconvenientes
<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Facilitan la compartición (<i>sharing</i>).</li><li>▪ Proporciona gestión, mantenimiento y FEC de forma nativa.</li><li>▪ Red ya desplegada para muchos operadores.</li><li>▪ No necesita SFP especiales.</li><li>▪ Permite más topologías y redundancia de la red.</li><li>▪ Ofrece un punto de demarcación entre la radio y el transporte.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Falta de estandarización de interoperabilidad con CPRI.</li><li>▪ Requisitos de rendimiento para el <i>fronthaul</i> (latencia, <i>jitter</i> o sincronización) difíciles de cumplir</li><li>▪ Gran consumo de potencia, y requiere más ventilación que el resto de alternativas.</li></ul>

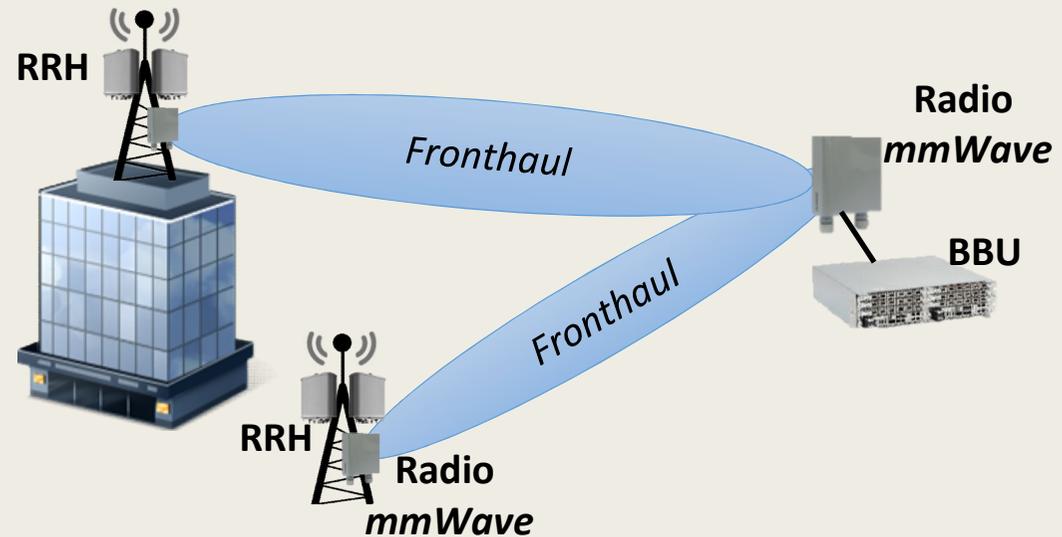
# Tecnologías de transporte. Radioenlaces



Uso de radioenlaces para zonas en las que una solución física sea inviable. Se emplea el espectro de las ondas milimétricas.

Banda E (60 a 90 GHz)

Banda V (40 a 70 GHz)



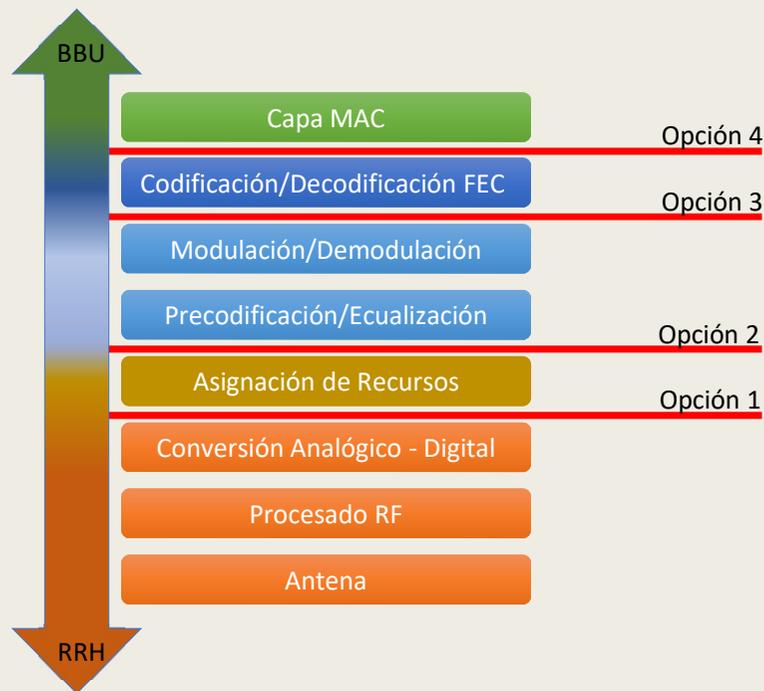
Ventajas	Inconvenientes
<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Despliegue flexible, incluso con instalaciones temporales para eventos.</li><li>▪ Puede ser económico en áreas en las que las fibras no están disponibles.</li><li>▪ Puede complementar las tecnologías basadas en fibra, como redundancia por ejemplo.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Limitación del ancho de banda.</li><li>▪ Ofrece una distancia inferior a otras alternativas.</li><li>▪ La ubicación del equipo se encuentra limitada por la línea de visión.</li><li>▪ Más costoso que las otras soluciones si la fibra está ya disponible.</li></ul>

# Innovaciones



## Partición de la banda base

Se reasigna parte de las funciones y del procesamiento desde la banda base hacia el módulo radio, reduciendo la cantidad de datos que hay que enviar a través del *fronthaul*. Se reciben menos ganancias de la centralización en términos de procesado cooperativo y compartición de recursos, pero reduce los requisitos que se necesitan en el *fronthaul*.



## Compresión del CPRI

Se utiliza un algoritmo de compresión para la señal en banda base, que permite reducir la tasa de datos necesaria sin añadir prácticamente latencia, con tasas típicas de 2:1 o 3:1



## RoE

Radio sobre Ethernet, Estándar del IEEE que consiste en encapsular el CPRI a través de Ethernet y transmitir los paquetes IQ sobre este, de modo que cada cabeza remota se comporte como si fuese un *switch* o un *router*.

Permite reutilizar las redes existentes y aprovecharse de las ventajas propias de una red Ethernet, como sus topologías, su coste o su escalabilidad. Sin embargo, al añadir una capa extra, aumenta la latencia y el jitter. Además, se encuentran con los desafíos propios de los protocolos: el protocolo Ethernet no cumple con los requisitos de sincronismo de la red radio y el protocolo CPRI no está estandarizado y es más difícil encapsularlo.

# Índice

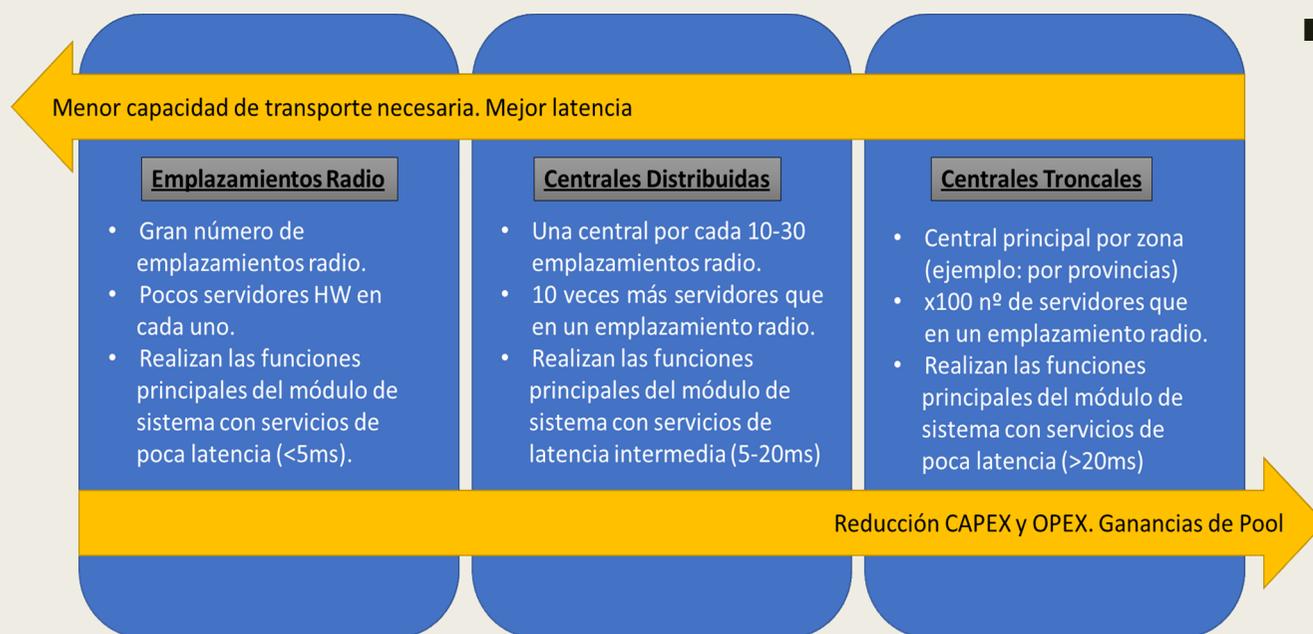


- 1. Descripción general
  - ¿Qué es el *fronthaul* radio?
  - Evolución histórica
  - Arquitectura
  - Protocolos
  - Capacidad
- 2. Evolución del *fronthaul* radio
  - ¿Por qué es relevante el *fronthaul* radio?
  - Arquitecturas: C-RAN, Cloud-RAN, V-RAN
  - Tecnologías de Transporte: WDM, PON, Radioenlaces
  - Innovaciones: Compresión del CPRI, Partición de la banda base, ROE
- 3. Futuro del *fronthaul*. *Virtualización y red única*



# Futuro del *fronthaul*. Virtualización

- Las redes de nueva generación estarán sin duda apoyadas en la virtualización, para mejorar la flexibilidad, la interoperabilidad y la escalabilidad de la red.



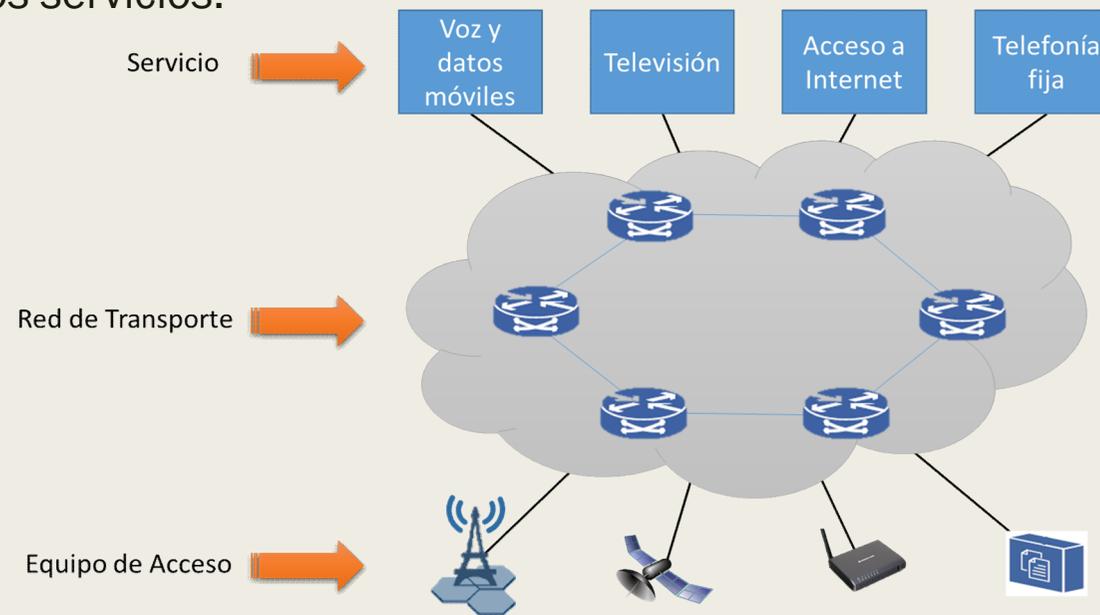
- Una red con varios puntos según la distancia a los módulos radio, que permite gracias a la virtualización tratar a los servicios de forma distinta. Los servidores más cercanos se pueden encargar de las tareas en tiempo real, mientras que los servicios de poca latencia pueden ser realizados por los servidores troncales.

- Para llegar a ese punto, será necesario ir avanzando gradualmente. Primero se podría comenzar con la división del módulo de sistema en dos partes, DU y CU, y localizarlas en los distintos puntos, luego comenzar virtualizando la CU progresivamente, hasta terminar con una virtualización extremo a extremo.

# Futuro del *fronthaul*. Red única



- Las redes tienden hacia la convergencia a una red única.
- En un principio, *backhaul* y *fronthaul* formarán parte de la misma red, que se conoce como *Xhaul*, compartiendo la misma infraestructura.
- Permite ahorros económicos, aumenta la escalabilidad y simplifica la gestión.
- Más adelante, convergerían las redes de acceso radio con las redes de acceso fijo. Tendríamos una red de transporte global única que actúa como una única plataforma para ofrecer distintos servicios.





FIN

