



TECH pedia



ACCESO A INTERNET DE ALTA VELOCIDAD

IVAN PRAVDA

Título: Acceso a Internet de alta velocidad
Autor: Ivan Pravda
Traducido por: Sandra Bermejo
Publicado por: České vysoké učení technické v Praze
Fakulta elektrotechnická
Dirección de contacto: Technická 2, Praha 6, Czech Republic
Número de teléfono: +420 224352084
Print: (only electronic form)
Número de páginas: 47
Edición: Primera edición, 2017

ISBN 978-80-01-06284-5

TechPedia

European Virtual Learning Platform for
Electrical and Information Engineering

<http://www.techpedia.eu>



El presente proyecto ha sido financiado con el apoyo de la Comisión Europea.

Esta publicación (comunicación) es responsabilidad exclusiva de su autor. La Comisión no es responsable del uso que pueda hacerse de la información aquí difundida.

NOTAS EXPLICATIVAS



Definición



Interesante



Nota



Ejemplo



Resumen



Ventajas



Desventajas

ANOTACIÓN

Las conexiones VDSL2 y G.fast están diseñadas para ofrecer nuevos servicios a través de pares de cobre simétricos y de fibra óptica en el acceso a las redes de telecomunicaciones. Las conexiones VDSL2 siguen la antigua tecnología ADSL y traen al suscriptor velocidades de transmisión más altas. Además, la simetría y la optimización de velocidades de transmisión de subida y de bajada están permitidas. Hoy en día las conexiones VDSL2 y G.fast son los últimos pasos evolutivos en tecnologías xDSL y su aplicación para acceder a las redes de telecomunicaciones son también parte de los conceptos de redes FTTx

OBJETIVOS

En este curso se introduce el principio de las conexiones VDSL2 y G.fast, sus posibles variaciones, modulación y codificación utilizada. Se presentan las tasas de transmisión alcanzables y las posibilidades de conexión de la nueva generación de xDSL. También se presenta en este módulo el conocimiento básico de las propiedades de las líneas de telecomunicación y métodos básicos de la transmisión digital y procesamiento de señales.

LITERATURA

- [1] Šimák, B. – Vodrážka, J. – Svoboda, J.: Digitální účastnické přípojky xDSL. Díl 1. – Metody přenosu, popis přípojek HDSL, SHDSL, ADSL a VDSL. Nakladatelství Sdělovací technika. Praha 2005. ISBN 80-86645-07-X
- [2] Vodrážka, J. – Šimák, B.: Digitální účastnické přípojky xDSL. Díl 2. – Přenosové prostředí, druhá generace ADSL a VDSL, měření na přípojkách. Nakladatelství Sdělovací technika. Praha 2007. ISBN 80-86645-07-X.
- [3] Vodrážka, J.: Spektrální profil přípojek VDSL2 vybraný pro síť v ČR. Access server. <http://access.fel.cvut.cz/view.php?cisloclanku=2011040001>.
- [4] Vodrážka, J.: Varianty přípojek VDSL2. Access server <http://access.fel.cvut.cz/view.php?cisloclanku=2006052401>.
- [5] Vodrážka, J.: Teoreticky dosažitelné přenosové rychlosti u přípojky VDSL2 s potlačováním přeslechů. Access server. <http://access.fel.cvut.cz/view.php?cisloclanku=2008080002>.

Indice

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | Redes y líneas de abonado digital | 6 |
| 1.1 | Comunicaciones y telecomunicaciones..... | 6 |
| 1.2 | La red de telecomunicaciones | 7 |
| 1.3 | Red de acceso metálica..... | 8 |
| 1.4 | Red de acceso híbrido..... | 9 |
| 1.5 | Línea digital de abonado | 11 |
| 2 | Línea digital de abonado VDSL2..... | 12 |
| 2.1 | Características básicas de conexión VDSL2 | 12 |
| 2.2 | Disposición de conexión VDSL2 | 14 |
| 2.3 | Modelo de capa de equipos de terminales en las conexiones VDSL2 | 16 |
| 2.4 | Modos de transmisión de datos del terminal de abonado..... | 18 |
| 2.5 | Capacidades de transferencia de datos | 20 |
| 2.6 | Seguridad en la transferencia | 22 |
| 2.7 | Variaciones de las conexiones VDSL2..... | 23 |
| 2.8 | Perfiles de conexiones VDSL2..... | 24 |
| 2.9 | División de la banda de frecuencia..... | 26 |
| 2.10 | Planes de frecuencias para las transferencias de datos simétricos | 27 |
| 2.11 | Planes de frecuencias para las transferencias de datos asimétricas..... | 29 |
| 2.12 | Máscaras de la densidad espectral de potencia utilizadas en los planes 997..... | 31 |
| 2.13 | Máscaras de la densidad espectral de potencia utilizadas en los planes 998..... | 33 |
| 2.14 | Cadena de transmisión de las conexiones VDSL2..... | 35 |
| 2.15 | Estructura del protocolo de conexiones VDSL2 | 36 |
| 3 | Suscriptores de banda ancha del estándar G.fast | 37 |
| 3.1 | Estándar G.fast – características básicas | 37 |
| 3.2 | Utilización de circuitos fantasmas..... | 39 |
| 3.3 | Alimentación del nodo óptico desde el módem del usuario..... | 41 |
| 3.4 | Modulación de vector – VDMT | 42 |
| 3.5 | Ventajas y desventajas del VDMT | 45 |

1 Redes y líneas de abonado digital

1.1 Comunicaciones y telecomunicaciones

Telecomunicaciones es una disciplina que trata de la comunicación (transmisión de mensajes) en condiciones en las que el ser humano no es capaz de superar sus sentidos naturales. Por lo tanto, las Telecomunicaciones caen dentro del campo de los equipos de comunicación científica y también la tecnología de comunicaciones y el desarrollo moderno, que básicamente, se iniciaron en el siglo XIX, con la invención del telégrafo y el teléfono más tarde. Hoy en día es una parte integral del campo de las *TIC (Tecnologías de la Información y Comunicación)*



La palabra “telecomunicaciones” se creó combinando dos palabras. La palabra griega “tele” (que significa remoto) y la palabra “comunicación” (que significa intercambio).

Los dispositivos para la comunicación a distancia son conocidos como equipos de telecomunicaciones. La red de telecomunicaciones se forma posteriormente con dispositivos de telecomunicaciones interconectadas y nodos.

Es obvio que no es posible realizar enlaces directos entre todos los dispositivos de telecomunicaciones, o todos los participantes de la comunicación. Por esta razón, la red de telecomunicaciones debe ser estructurada lógicamente de una manera determinada de modo que pueda cumplir los requisitos de un gran número de usuarios finales en diferentes áreas geográficas. La red de telecomunicaciones está dividida en dos partes. La columna vertebral (backbone) y los accesos.



Si quisiéramos crear una red de telecomunicaciones para conectar todos los participantes entre sí, significaría tener tan solo 10 suscriptores a cuenta de un total de 45 líneas.

1.2 La red de telecomunicaciones

Ya se ha mencionado que la red de telecomunicaciones debe estar estructurada de una manera determinada. Por lo general, está dividida en dos partes principales - núcleo (backbone) y acceso. Ambas tienen sus retos y características.

La red principal de telecomunicaciones pretende interconectar varios nodos de red del proveedor de telecomunicaciones. Todas las transacciones de datos se concentran en estos nodos de todos los abonados y después se puede transferir eficazmente a través de los caminos de telecomunicaciones compartidos a través de una amplia área geográfica. Típico de esta red es:

- El medio de transmisión estándar es de fibra óptica monomodo,
- El rango de velocidad de transmisión está en las decenas Gbit / s,
- Las distancias operativas son de decenas de miles de kilómetros,
- La topología en anillo es una topología de red típica.

Las redes de telecomunicación de acceso son parte de la red de telecomunicaciones, que es el último punto entre el proveedor y el abonado. En el último punto, el **ISP** (*Internet Service Provider, Proveedor de Servicios de Internet*) se considera generalmente un HOST intercambio local o **RSU** (*Remote Subscriber Unit, unidad de abonado remoto*). Lo que procede del cuadro de distribución principal (o de la *RSU*) en la red y los gabinetes de la calle gradualmente se ramifica en diferentes direcciones hasta llegar a los suscriptores finales. Típico de esta red es:

- El medio de transmisión es el par simétrico metálico (las fibras ópticas monomodo son opcionales),
- El rango de velocidad de transmisión está en cientos de Mbit/s,
- La distancia operativa es de cientos de metros a kilómetros,
- La topología de red más común es una topología de árbol.

1.3 Red de acceso metálica

La red de acceso de telecomunicaciones se basa en pares de cobre simétricos en la mayoría de países europeos. El diseño de concepción de la red contaba principalmente con la prestación de servicios de telefonía a través de líneas telefónicas analógicas **POTS** (*Plain Old Telephone Service, servicio telefónico básico*) en el rango de frecuencia de 300 Hz a 3.400 Hz (es decir, canal telefónico clásico) o conexiones digitales básicas BRA - RDSI (*Basic Rate Access - Integrated Services Digital Network, tasa de acceso básica - Red digital de Servicios Integrados*) en el rango de hasta 80 kHz .

Las redes de acceso de los mayores proveedores de telecomunicaciones en la República Checa se basan en los cables metálicos , cuyo elemento básico es un quad en espiral y par simétrico .

Los cables utilizan hilos de cobre con diámetros de 0,4 , 0,6 y 0,8 mm de diámetro de aislamiento máx. 1,7 mm y tienen una carcasa exterior predominantemente de polietileno. El recubrimiento de los cables se llena con un material de relleno de forma adecuada (gel) , que forma una protección contra el agua. Los conductores tienen aislamiento de espuma de polietileno . Los cables en la versión autoportante (cables que se cuelgan) no se llenan y se utiliza aislamiento de polietileno. Parte de la red de acceso en la República Checa, también utiliza cables de cobre con conductores de cobre con diámetros de 0,4 , 0,6 y 0,8 mm con un aislamiento de papel - aire.

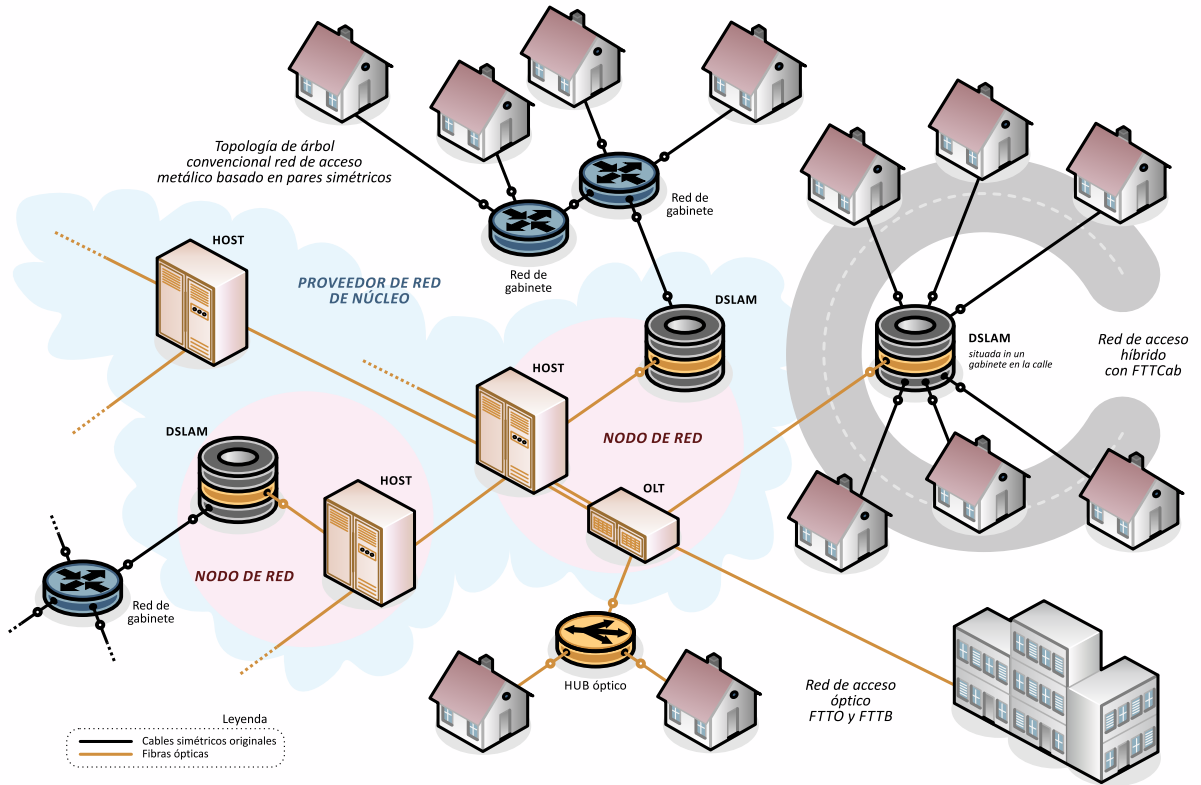


Las redes de acceso de otros operadores de telecomunicaciones son, en comparación con los proveedores de la red más grande, relativamente pequeñas y cubren un área geográfica pequeña. Por esta razón, a lo largo de este módulo se discuten los parámetros y condiciones de funcionamiento de los elementos de red en la red de acceso sólo de los proveedores más grandes.

1.4 Red de acceso híbrido

Hoy en día es necesario proporcionar a los suscriptores nuevos servicios a parte de sólo el servicio de telefonía. Por encima de todo, se ofrece una transferencia de datos de alta velocidad y el acceso a la red mundial de Internet, la transmisión de señales de televisión y vídeo. Sin embargo la red de acceso metálica hoy en día se acerca a sus límites. Parámetros físicos de par trenzado (atenuación, velocidad de grupo de propagación, crosstalks, etc.) reducen significativamente los parámetros de transmisión, tales como la tasa de transferencia y evitan su ulterior incremento. La solución a esta situación es reemplazar los pares simétricos en la red de acceso por las fibras ópticas. Dada la topología convencional de la red de acceso, sin embargo, esta solución es demasiado cara. Por lo tanto, la sustitución de pares de cobre para fibras ópticas tiene lugar gradualmente desde el nodo de red **ISP** hacia el abonado final. Dicha red de acceso abreviado **FTTx** (*Fiber to the x, fibra a x*), donde el personaje x es un comodín, lo que indica el punto de terminación de la fibra óptica. Los principales tipos de redes **FTTx** son:

- **FTTH** – *Fiber To The Home, fibra en el hogar*
- **FTTO** – *Fiber To The Office, fibra a la oficina* (significa a los locales de oficinas o de negocios)
- **FTTB** – *Fiber To The Building, fibra al edificio*
- **FTTC, FTTCab** – *Fiber To The Curb, Fiber To The Cabinet, fibra hasta la acera, fibra hasta el gabinete* (significa un gabinete local o acera) con una longitud de cable de cobre de hasta 300 m,
- **FTTN** – *Fiber To The Node, fibra hasta el nodo* (hasta un punto caliente local – un gabinete en la calle o columna) con una longitud de cable de cobre por encima de 300 m,
- **FTTEx** – *Fiber To The Exchange, fibra hasta el intercambio* (significa a las centrales digitales locales),
- **FTTdb** – *Fiber To The Distribution Point, fibra hasta el punto de distribución.*



Ejemplo de la red clásica de acceso metálica, red de acceso híbrido basado en el concepto FTTCab y red de acceso totalmente óptica

1.5 Línea digital de abonado

Los equipos terminales de **xDSL** (*Digital Subscriber Line, línea digital de abonado*) están especialmente diseñados para permitir un mejor uso del potencial de cobre en la infraestructura de red de acceso. Una característica común de estos sistemas es la relativamente alta velocidad de transmisión, en el orden de hasta decenas de Mbit/s. Las líneas digitales de abonados se pueden clasificar según diferentes criterios. Una división principal tiene en cuenta el método de transmisión a las conexiones de transmisión digital, que puede ser en:

- banda base (**HDSL** (*High-speed Digital Subscriber Line, línea de abonado digital de alta velocidad*), **SHDSL** (*Symmetrical High-speed Digital Subscriber Line, línea de abonado digital simétrica de alta velocidad*),
- banda modulada (**ADSL2+** (*Asymmetrical Digital Subscriber Line, línea de Abonado Digital Asimétrica*), **VDSL2** (*Very high-speed Digital Subscriber Line, línea de abonado digital de muy alta velocidad*) y G.fast) y puede ser operado en las líneas de abonado junto con el ya instalado otro servicio operado en la banda de base , por ejemplo **POTS** o **RDSI - BRA**.

En el caso de las soluciones puramente metálicas de la red de acceso, donde la conexión con el proveedor cerca de los principales puntos de distribución, se puede utilizar *ADSL*, **SHDSL**, y en una distancia limitada también se puede utilizar segunda generación mejorado **ADSL2+** y **VDSL**. En el caso de las soluciones de red de acceso ópticos y metálicos híbridos, donde hay instalaciones del proveedor más cerca de los suscriptores se pueden aprovechar al máximo las conexiones **ADSL2+** y **VDSL2** y G.fast.

2 Línea digital de abonado VDSL2

2.1 Características básicas de conexión VDSL2

La línea de abonado digital **VDSL2** es una segunda generación de conexión **VDSL**. Sin embargo, la innovación más significativa no está probado sorprendentemente tomada de su especificación original de **VDSL**, sino que se toma de la conexión **ADSL2** de segunda generación. Esto es específicamente la codificación de rejilla (conocida como Código Trellis) con la capacidad de reparar los errores de bit único receptor y la capacidad de corregir las ráfagas de errores causados por la interferencia impulso utilizando un código Reed -Solomon y el entrelazado de datos. Al igual que la velocidad de transmisión **ADSL2** se puede cambiar durante la operación **SRA** (*Seamless Rate Adaptation*, **adaptación de velocidad fácil**), el control de la potencia de transmisión para reducir crosstalks a pares vecinos , y activar el modo de ahorro de energía (conocido como modo de suspensión) .

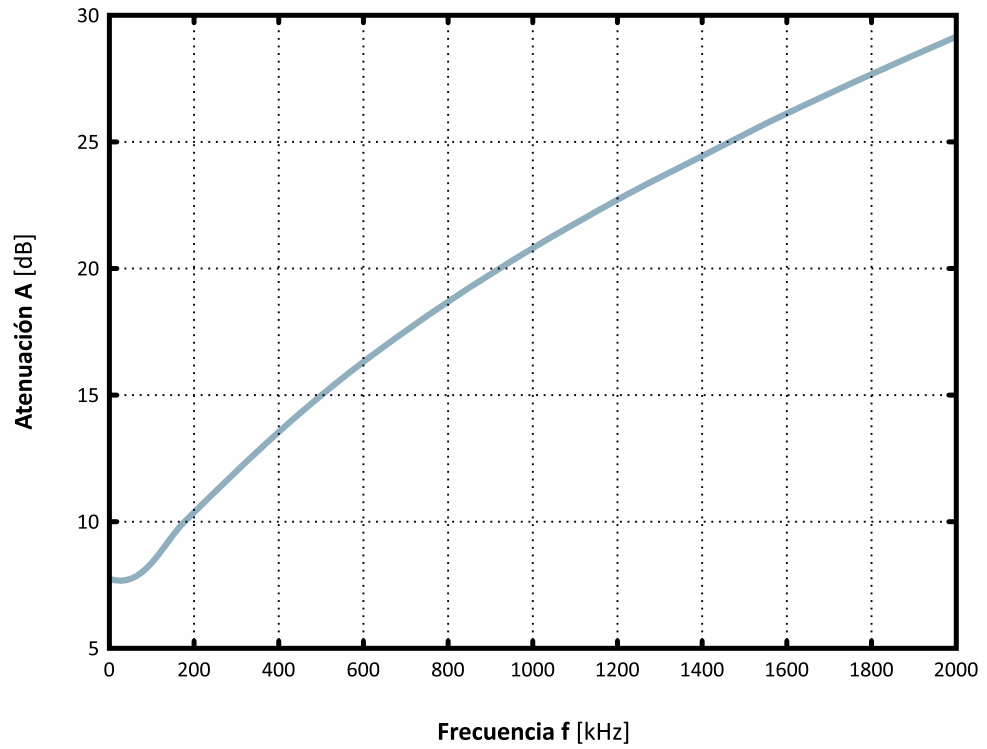
$E = m \cdot c^2$

La recomendación básica que normaliza la conexión de la VDSL2 es UIT -T G.993.2.

El aumento de la velocidad de transmisión para obtener una extensión utilizada frecuencia de banda de hasta 30 MHz. Por comparación, la conexión **ADSL2+** utiliza una banda de frecuencia de sólo hasta 2208 MHz. Velocidades de transmisión máximas que van desde decenas a cientos de Mbit/s . En la dirección de bajada, el valor máximo es de alrededor de 200 Mbit/s.

—

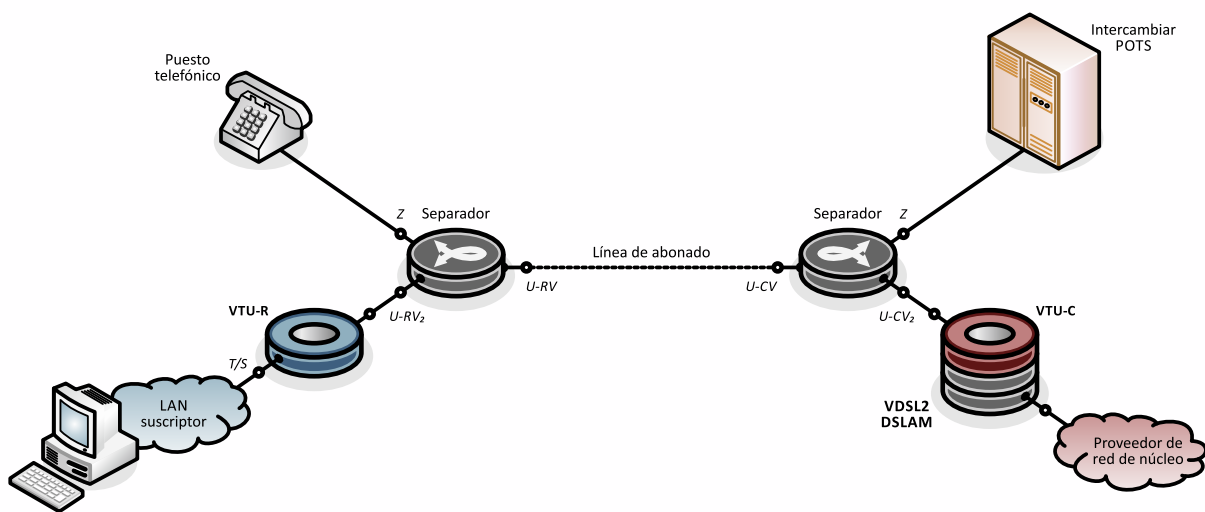
Sin embargo, la ampliación de la banda de frecuencia utilizada tiene una gran desventaja. La longitud máxima del bucle local, que puede ser accionado en la conexión **VDSL2**, es más corta en comparación con la conexión **ADSL2+**. La atenuación de la línea en la banda de frecuencia especificada crece con el aumento de ancho de banda de frecuencia.



La siguiente figura muestra el curso de la atenuación del par trenzado dependiendo de la frecuencia (longitud del cable 1 km, cables con corriente promedio de 0,4 mm , material de cobre). El par simétrico se encuentra en un clásico cable local de cuatro puntos en la construcción TCEPKPFLE.

2.2 Disposición de conexión VDSL2

Como ya se mencionó, las conexiones **xDSL** permiten una utilización más eficiente de los bucles locales existentes (basados en par simétrico metálico) para la prestación de nuevos servicios que aquellos para los que fueron diseñadas originalmente las líneas. Por lo tanto, hay que suponer que el servicio **POTS** o **RDSI - BRA** ya está en las líneas operado conjuntamente con una conexión **VDSL2** y no debe afectar en modo alguno este servicio coexistente (esto aplica, por supuesto, también viceversa). Por esta razón, la conexión **VDSL2** opera en la banda de frecuencia modulada y ambos servicios en la línea de abonado se separan por los filtros de frecuencia llamados Splitters (divisores). Teléfono y señales de datos se pueden transmitir en ambas direcciones sobre la misma línea en el mismo tiempo.



El diagrama básico de la conexión VDSL2 es similar a la antigua conexión ADSL.

La transmisión de alta velocidad de las señales digitales en la conexión **VDSL2** la proporcionan los módems **VTU-R** (*VDSL2 Termination Unit – Remote, unidad de terminación a distancia*) en el lado de abonado y **VTU-C** (*VDSL2 Termination Unit – Central, unidad de terminación VDSL2 - central*) en el lado del proveedor. El módem en el lado del proveedor es generalmente parte del multiplexor local llamado **DSLAM** (*DSL Access Multiplexer, multiplexor de acceso DSL*), que centraliza los flujos digitales de todas las conexiones de la localidad especificada.

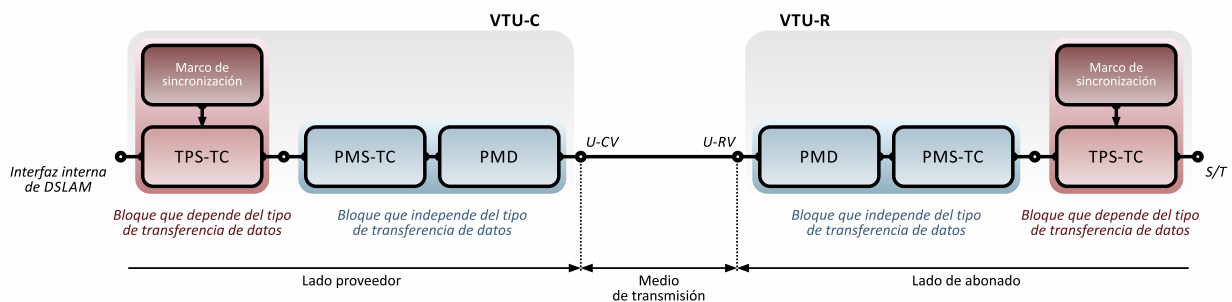
El diagrama básico incluye los siguientes bloques funcionales e interfaces:

- **DSLAM** - DSL de abonado multiplexor,
- Divisor - filtro de frecuencia en el lado del abonado y el proveedor - en el caso de las opciones de servicio sin la concurrencia de **POTS** de servicio activo o **RDSI - BRA** es el divisor opcional
- **VTU -C** - transceptor **VDSL2** (módem) en el lado del proveedor,

- **VTU -R** - transceptor **VDSL2** (módem) en el lado del abonado,
- *U-RV* - interfaz de terminación de líneas físicas en el lado del abonado,
- *U-CV* - interfaz de terminación de líneas físicas en el lado del proveedor (ubicado a cambio),
- *U-RV2* - interfaz física entre el divisor y el módem en el lado del abonado,
- *U-CV2* - interfaz física entre el divisor y el módem en el lado del proveedor,
- *T / S* - interfaz física entre la **VTU-R** , seguido por la infraestructura de red en el lado del abonado (**LAN** (*Local Area Network*)),
- *Z / U0* - interfaz física par trenzado ejecutando **POTS** o **RDSI BRA** con banda de frecuencia limitada por HUB.

2.3 Modelo de capa de equipos de terminales en las conexiones VDSL2

Las funciones y características de los equipos terminales en las conexiones VDSL2 pueden describirse de manera similar como para la **xDSL**, a través de un modelo de capas. El modelo de dispositivo incluye dos partes básicas. La primera parte es independiente de las transmisiones de datos, ya que contiene las funciones y los bloques que se son todos dispositivos finales asociados a la misma y la adaptación al medio de transmisión de datos físicos. Hay bloques de **PMD** (*Physical Media Dependent, dependiente del medio físico*) y **PMS-TC** (*Physical Media Specific - Transmission Convergence, medios físicos específicos - convergencia de transmisión*). En la segunda parte, el bloque de **TPS-TC** (*Transport Protocol Specific - Transmission Convergence, protocolo de transporte específica - convergencia de transmisión*) respeta el tipo de transferencia de datos y la estructura de los datos de abonado y depende de las transmisiones de datos.



Modelo de capas de equipos terminales en las conexiones VDSL2.

El bloque de funciones básicas **PMD** está vinculado a la transmisión real del entorno de transmisión de señales. Las funciones principales son la generación y el ciclo de recuperación, la modulación y demodulación, cancelación de eco, la remuneración de los parámetros de línea negativos e inicializar la conexión.

El bloque **PMS-TC** es específico dependiendo del entorno de transmisión y realiza funciones asociadas con la creación de marcos, sincronización de trama, seguridad de datos realizado por **FEC** (*Forward Error Correction, corrección de errores directa*), entrelazado, codificación y decodificación. También hay en este bloque la información adicional del servicio de suscripción añadido en un flujo de bits (encabezado de tramas de datos) e implementa el servicio de comunicación entre dispositivos.

Los parámetros del bloque de **TPS-TC** dependen de la funcionalidad deseada del dispositivo terminal o el tipo de tráfico de datos llevado (tipo de servicios solicitados). El bloque **TPS-TC** sirve como bloque de adaptación del protocolo de transporte (formato de los datos de usuario), y otros bloques inferiores de conexiones **VDSL2**. Es responsable de la multiplexación, demultiplexación y la sincronización de los datos de abonado individual que fluye de acuerdo con la

calidad necesaria de los parámetros de servicio (priorización flujo de determinados servicios).

Los puntos de referencia marcados como S/T son interfaces en la dirección a terminales de usuario. La descripción de los parámetros de las conexiones **VDSL2** procederá sólo como un bloque de la **TPS -TC** hacia el bloque y **PMD** la interfaz U.

2.4 Modos de transmisión de datos del terminal de abonado

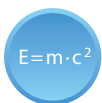
Los parámetros del bloque de **TPS -TC** en el modelo de capas de equipos terminales son más cercanos a los participantes y cumplen con sus requisitos de funcionalidad, dependiendo del tipo de transferencia de datos del suscriptor. En conexiones **VDSL2** actuales se apoya el bloque **TPS -TC** en tres modos de transferencia de datos:

- **STM** (*Synchronous Transfer Mode, modo de transferencia síncrono*). En este modo, todos los dispositivos finales trabajan en la parte de red de acceso de forma sincrónica dependiendo de la *DSLAM*. El sincronismo significa que las transmisiones de datos a lo largo del tráfico de subida y de bajada se llevan a cabo en todos los terminales en el mismo punto en el mismo tiempo.



La ventaja de este modo de transmisión es la reducción significativa del ruido final de diafonía.

- **ATM** (*Asynchronous Transfer Mode, modo de transferencia asíncrona*). Este método de transmisión garantiza la compatibilidad con las conexiones **ADSL** existentes (es decir, el **VTU-R** dual puede trabajar contra el **ADSL DSLAM**). Para la transmisión de datos se usa la longitud constante de celda de 53 bytes, que se transmite de acuerdo con el tipo de contenido y se inserta con los identificadores relevantes de ruta y canal virtual **VPI** (*Virtual Path Identifier, identificador de ruta virtual*) y **VCI** (*Virtual Channel Identifier, identificador de canal virtual*), respectivamente .
- El **PTM** (*Packet Transfer Mode, modo de Transferencia de Paquetes*) está diseñado para la transmisión eficiente del tráfico en el que los datos de abonado se encapsulan en paquetes o tramas. Por lo general, esta es la trama del protocolo Ethernet de paquetes punto a punto o **MPLS** (*MultiProtocol Label Switching, conmutación de etiquetas multiprotocolo*).



- El esquema **PTM** se basa en estándares conocidos como Ethernet en la primera milla (IEEE 802.3ah), es decir, soluciones para la red de acceso metálica basados en el 10-TS-PASS.
-

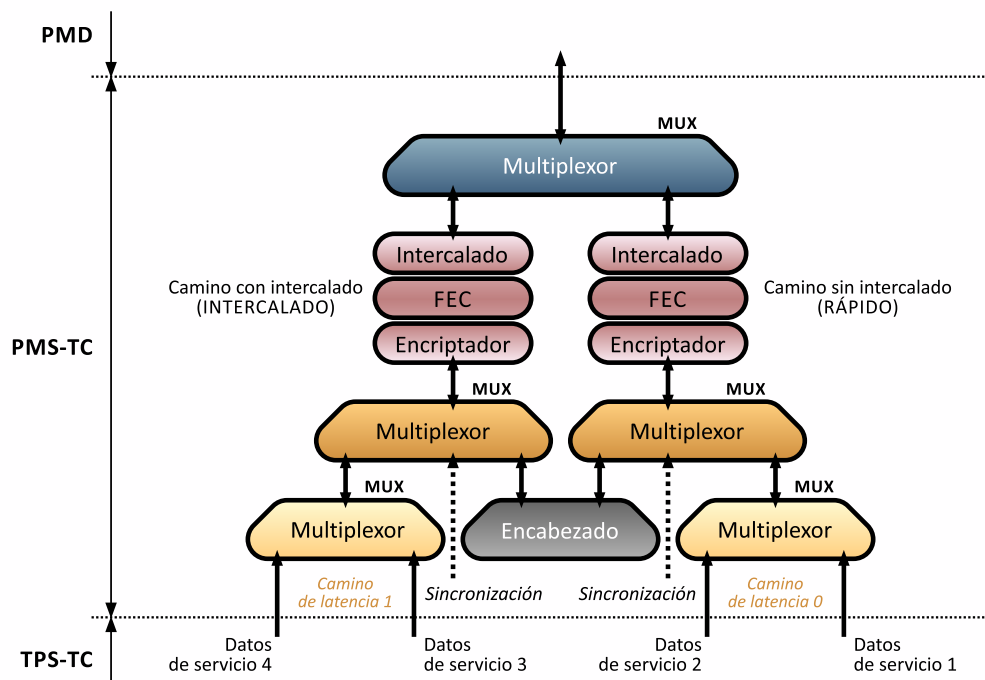
La conexión **VDSL2** puede soportar por encima de la capa física múltiples canales de datos independientes incluyendo más servicios que tienen una calidad diferente de requisitos de servicio. Típicamente puede ser una transmisión de video que es necesario priorizarlo en el tráfico con datos normales. Los datos de estos servicios se transmiten a través de dos vías independientes (diferenciados por ruta de latencia) con parámetros ajustables independientemente, tales como la profundidad de intercalación y por lo tanto el retraso (latencia dual), etc.

La calidad del servicio es una escala de cómo evaluar la satisfacción de los suscriptores con el servicio que se paga, y que proporciona el operador. La evaluación de los servicios es un proceso relativamente complicado. Se utilizan

diferentes criterios para la evaluación. Por ejemplo, a partir de unos criterios técnicos completamente objetivos, como lograr una velocidad de transmisión o el retraso de los datos transferidos, y terminando con un criterio totalmente subjetivo, como la claridad en la factura o la satisfacción con la atención al cliente .

2.5 Capacidades de transferencia de datos

El bloque **PMS-TC** está diseñado para adaptarse y asegurar los datos de abonado en un formato adecuado para la transmisión por par trenzado. Acepta secuencias de datos de participantes individuales a partir de bloques **TPS-TC**. Los bloques **PMS-TC** incluyen en estos datos cabeceras de trama, lo formatea en tramas VDSL2, y garantiza la asignación al azar de secuencias periódicas mediante cifrado, añadiendo un bit de seguridad y de entrelazado. Estos procedimientos se aplican a cada trayectoria de flujo de datos por separado.



El proceso básico para el procesamiento en el bloque **PMS-TC**.

Las vías de transmisión para las conexiones **VDSL2** pueden ser en general:

- sin entrelazado de datos (modo FAST) - que significa bajo retardo en la transmisión, que no sólo es necesario para la transmisión en tiempo real, sino también una baja resistencia frente a las interferencias de los impulsos.
- con entrelazado de datos (modo de INTERLEAVE) - un retraso mayor en la transmisión, que no es un defecto, por ejemplo, cuando se transfieren datos a la Internet (típicamente realizado a través de **FTP** (*File Transfer Protocol, protocol de transmisión de ficheros*)), pero también con una mayor resistencia contra la interferencia impulsiva.



El entrelazado es una técnica que mejora la capacidad de detectar y corregir los errores resultantes de la interferencia de impulso durante la transmisión. Es posible la reparación de datos dañados de equipo terminal y no se puede volver a transferir

los datos desde la fuente. Esta capacidad conduce a aumentar la eficiencia de transmission.



La desventaja del intercalado es el aumento del retardo de transmisión.

El intercalado crea gradualmente una trama de datos con los datos de abonado y los divide en un número de partes. La clasificación de las partes individuales se define en procedimientos de cambio (intercala). Este marco modificado se envía a la trayectoria de transmisión. El ruido de impulso durante la transmisión puede provocar que haya un conjunto de errores en la trama de datos transmitida. En el lado receptor, las partes de las tramas dañadas son reordenadas de nuevo en el orden original. Es muy probable que aparezca el error de ráfaga durante el reordenamiento en diferentes partes de la trama. Estos errores se pueden tratar para detectar y realizar un mejor uso de la codificación Reed-Solomon (ver. a continuación). La desventaja es el incremento de retardo (decenas a cientos de milisegundos), porque la trama de datos en el lado de transmisión no se transmite inmediatamente después del encabezado, ya que es necesario retrasar para el reordenamiento. Del mismo modo, hay un retraso en el lado receptor. La ventaja de la creación de bandas es obtener una mayor resistencia contra el ruido impulsivo que molesta especialmente durante las transmisiones de video de los estándares de codificación **MPEG** (*Moving Picture Experts Group*). Para emisiones de vídeo con codificación **MPEG**, el efecto de ruido de impulso se manifiesta como el llamado "efecto de bloqueo". Para restaurar la información de imagen es necesario esperar a la clave de transferencia del fotograma.

2.6 Seguridad en la transferencia

La secuencia de datos transmitida está codificada en el bloque **PMS-TC**. Codificar en el lado de transmisión (y de desaleatorización en el lado receptor) tiene por objeto eliminar una secuencia periódica de flujo de datos transmitidos. El cifrado / descifrado se realiza por lo general como un registro de desplazamiento con retroalimentaciones establecidas. Cifrar la operación de descifrado debe ser, por supuesto, completamente invertida, para restaurar la secuencia original de datos.



La aleatorización de la secuencia de transmisión de los resultados de datos trae demandas más bajas en el ancho de banda de frecuencia requerida de la trayectoria de transmisión.

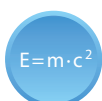
Para realizar la conexión **VDSL2**, al igual que en otras **xDSL**, la utiliza la seguridad de la secuencia de datos contra errores de transmisión. Para la detección de errores se utiliza la seguridad utilizando palabra de 8 bits que se genera mediante el cálculo de un código **CRC** cíclico clásico (*Cyclic Redundancy Check, verificación por redundancia cíclica*).

El **FEC** se basa en código Reed-Solomon **RS**. La corrección de errores en conjunto con intercalación, proporciona protección contra fallos individuales y los errores de ráfaga corta.

Cuando se codifica utilizando el código Reed-Solomon se utilizan bloques sólidos formando un número de bytes de datos, y una cantidad fija de bytes de señalización. El número de bytes de seguridad puede ser un número entero de 0 a 16. La secuencia de datos completos (incluida la seguridad) pueden tener de 32 a 255 bytes. En términos generales, el número de bytes que se puede utilizar con el código Reed - Solomon es la mitad que el número de bytes utilizados para seguridad.



Este método de corrección de errores es muy eficaz por su baja redundancia (típicamente siete por ciento).



Al determinar los parámetros específicos para la corrección **FEC** y de entrelazado es necesario un compromiso entre el grado de protección contra errores y el retardo de transmisión global.

2.7 Variaciones de la conexiones VDSL2

Los capítulos siguientes se ocupan de los parámetros del bloque **PMD**, a través del cual el terminal está conectado al medio de transmisión físico - par simétrico.

La conexión **VDSL2** se produce en varias versiones diferentes de manera que sea capaz de realizar tareas en diferentes condiciones de transmisión. Los anexos del UIT -T G.993.2 básico son una organización internacional de normalización que identifican tres tipos básicos de conexiones **VDSL2**. En la recomendación se identifica:

- Anexo A – Conexión **VDSL2** a la red de acceso en América del Norte,
- Anexo B - Conexión **VDSL2** a la red de acceso en Europa,
- Anexo C - Conexión **VDSL2** a la red de acceso en América del Norte en Japón.

Común a todos los tres tipos de conexiones es un arreglo de bloques de los circuitos internos y los principios de estos circuitos. Así, es un ejemplo el método de seguridad de flujo de datos de abonado antes de su transmisión a la red de acceso (entrelazado de circuitos para la sincronización, el codificador de convolución, el modulador, etc.).

La modulación multicanal **DMT** (*Discrete Multi-Tone, multi-tono discreto*) se utiliza exclusivamente para la realización de la transmisión de datos para los tres tipos de conexiones.

El principio de esta modulación es utilizado mediante la división de toda la banda de frecuencias en una serie de subcanales independientes (a veces también se les denomina tonos o portadores). La anchura de subcanal puede ser o bien la misma que en el antiguo **ADSL**, por lo tanto 4,3125 kHz o 8,625 kHz dos veces, pero sólo para la banda de 30 MHz. En cada sub-sub-canal de datos de abonado se realiza una modulación **QAM**. El número de estados de la modulación en las conexiones **VDSL2** va desde 4 hasta 32,768, lo que corresponde a 2 o a transferir 15 bits de estado de una sola modulación. La velocidad de modulación es 4,3125 kHz de ancho de subcanal fijado a 4 kBd y 8,625 kHz de ancho de subcanal fijo a 8 kBd. El método **FDD** (*Frequency Division Duplex, dúplex por división de frecuencia*) puede ser utilizado para la creación de una transmisión bidireccional.

Los diferentes perfiles, horarios de emisión y máscaras de frecuencia de **PSD** (*Power Spectral Density, densidad espectral de potencia*) se establecen para la conexión **VDSL2** en varios anexos UIT -T G993.2 según los parámetros típicos de redes de acceso de telecomunicaciones de la región específica .

2.8 Perfiles de conexiones VDSL2

Se ha mencionado que el aumento de las velocidades de transmisión se obtiene gracias a una extensión de la banda de frecuencias utilizada. Pero el ancho de banda ampliado reduce la longitud máxima del bucle local, porque hay una atenuación en el trayecto de transmisión en el cobre a frecuencias más altas. Por lo tanto, en lo que respecta a las disparidades en las redes de acceso de cada región (América del Norte, Europa, Japón), la necesidad de implementar servicios de transmisión de datos y otras condiciones variadas, las conexiones con **VDSL2** establecen distintas bandas de frecuencia de ancho utilizado en los perfiles de **VDSL2**. Los perfiles se diferencian por la frecuencia de corte superior, ancho de canal secundario y una potencia máxima total de la señal transmitida.

Parámetros comunes de perfiles de conexiones VDSL2 en Europa.

| Perfil | Max. potencia en flujo de bajada [dBm] | Max. Potencia en flujo de subida [dBm] | Anchura del subcanal [kHz] | MBDC [Mbit/s] |
|--------|--|--|----------------------------|---------------|
| 8a | +17,5 | +14,5 | 4,3125 | 50 |
| 8b | +20,5 | +14,5 | 4,3125 | 50 |
| 8c | +11,5 | +14,5 | 4,3125 | 50 |
| 8d | +14,5 | +14,5 | 4,3125 | 50 |
| 12a | +14,5 | +14,5 | 4,3125 | 68 |
| 12b | +14,5 | +14,5 | 4,3125 | 68 |
| 17a | +14,5 | +14,5 | 4,3125 | 100 |
| 30a | +14,5 | +14,5 | 8,625 | 200 |

La banda de frecuencia no puede ser utilizada como una sola unidad. El subcriptor quiere enviar y recibir datos a través de sus líneas metálicas individuales. Por lo tanto, es necesario dividir la banda de frecuencias en al menos dos sub-bandas para los dos sentidos de transmisión. Para separar sentidos de circulación se utilizarán dos métodos básicos. El primer método es la cancelación de eco, el segundo método es la división de frecuencia.



La conexión **VDSL2** sólo puede utilizar el método de **FDD** con zonas dedicadas para ambos sentidos de transmisión y el cruce entre bandas. Este método reduce los efectos de **NEXT** (*Near End Cross Talk, diafonía de extremo cercano*). Por lo tanto, debido a esta característica, el método **FDD** es el preferido en conexiones **VDSL2**.



El parámetro **MBDC** (*Minimum Bidirectional Net Data Rate, mínimo bidireccional de velocidad de transmisión de datos*) representa el valor mínimo de la tasa de transmisión, que se define como la suma de las velocidades de transmisión en ambas direcciones. Este valor terminal **MBDC** debe ser alcanzado para ser clasificado para su uso en un perfil de frecuencia dada. Velocidad **NDR** (*Net Data Rate, velocidad de transmisión de datos*) se ofrece al abonado, y no incluye requisitos para la

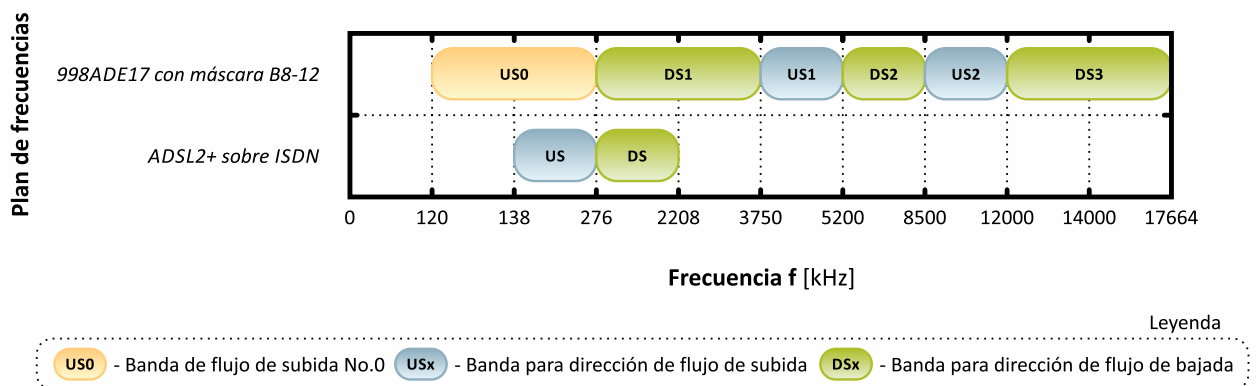
transmisión de bits de información y de cabecera de negocio entre módems **VDSL2**. La velocidad efectiva será aún menor que el valor de la **NDR** (parte se utiliza por ejemplo para la cabecera de las tramas Ethernet o paquetes **IP**).

2.9 División de la banda de frecuencia

La situación para las conexiones **VDSL2** un poco complicada. La conexión **VDSL2** debe permitir ofrecer servicios que requieren tanto las transferencias de datos asimétricos y simétricos. Por esta razón, es necesario subbandas de frecuencia divididas en partes más pequeñas, y estas partes rotan secuencialmente a fin de obtener la velocidad deseada de transferencia de datos en ambas direcciones, teniendo en cuenta el incremento de la pérdida en la trayectoria. El método de rotación y el ancho de las sub-bandas de frecuencia individuales vienen determinados por el llamado plan de frecuencias. Las sub-bandas para la dirección de transmisión de enlace descendente (flujo de bajada) se identifican y se numeran como: D1, D2, D3, D4. Las sub-bandas de transmisión de enlace ascendente (flujo de subida) están marcadas y numeradas como: US0, US1, US2, US3, US4.



Hay dos planes de frecuencias principales para la conexión **VDSL2**, que se basan en los planes para la conexión **VDSL**. El plan de conocido como el 998 es adecuado para las transmisiones de datos con velocidades de transmisión asimétricas. El plan, conocido como el 997 es adecuado para los servicios que requieren transferencias de datos simétricos.



La figura muestra cómo utilizar la banda de frecuencias en **ADSL2+** a través de conexiones **RDSI** y **VDSL2** que operan con el plan de frecuencias 998ADE17.

2.10 Planes de frecuencias para las transferencias de datos simétricos

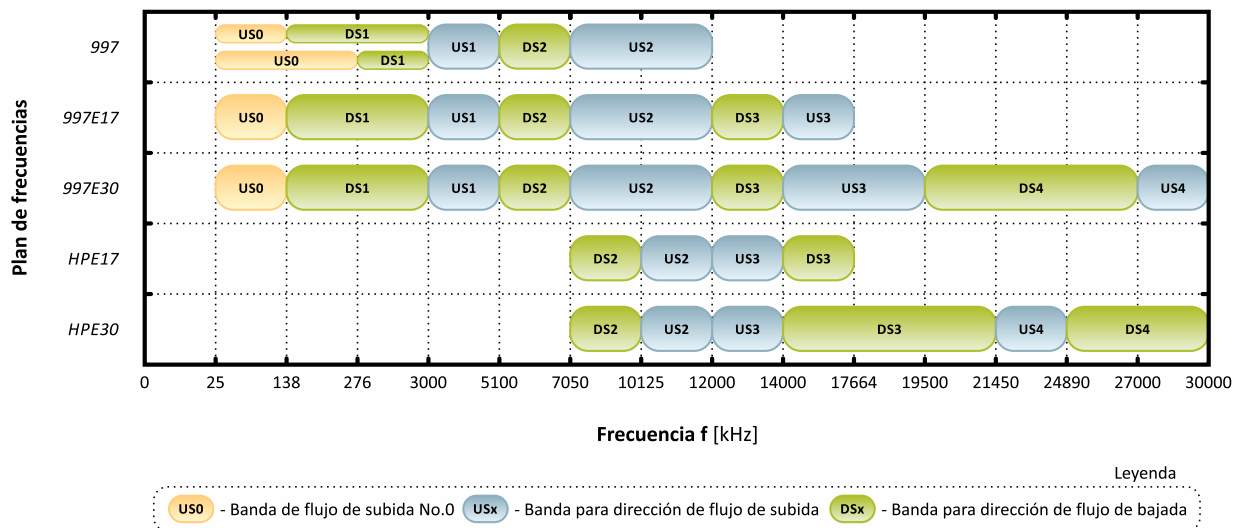
El uso de las transferencias de datos simétricos está especialmente desarrollado para las pequeñas y medianas empresas cuyos empleados necesitan datos de Internet no sólo de descarga, sino también de subida a alta velocidad. Un ejemplo de servicio con velocidades de transmisión simétricas puede ser el vídeo más popular, que se organizó en vez de talleres convencionales.

Se señaló en el capítulo anterior que el plan de frecuencia fundamental que determina la transmisión de los datos simétricos es el plan de frecuencia fundamental 997. Este plan se divide en las siguientes partes:

- 997 - plan de frecuencia fundamental con las bandas alternas habituales para las conexiones de sentido descendente y ascendente tomadas de **VDSL**,
- 997E - plan de frecuencias con las bandas alternas habituales para los flujos de subida y bajada extendido a 17 MHz a 30 MHz, respectivamente,
- HPE - plan de frecuencias especial para las conexiones de trabajo entre 7,05 MHz y 30 MHz (secciones 17a, 30a).

Ejemplo de parámetros del plan de frecuencias 997E para cada perfil de conexiones **VDSL2** en Europa.

| Perfiles VDSL2 | El subcanal más utilizado | Límite superior de frecuencia de flujo de bajada [MHz] | Límite superior de frecuencia de flujo de subida [MHz] |
|-----------------------|----------------------------------|---|---|
| 8a | 2047 | 7,05 | 8,832 |
| 8b | 2047 | 7,05 | 8,832 |
| 8c | 1182 | 7,05 | 5,1 |
| 8d | 2047 | 7,05 | 8,832 |
| 12a | 2782 | 7,06 | 12 |
| 12b | 2782 | 7,05 | 12 |
| 17a | 4095 | 14 | 17,664 |
| 30a | 3478 | 27 | 30 |



Sustitución de cada banda en los planes de frecuencias para las transferencias de datos simétricos

2.11 Planes de frecuencias para las transferencias de datos asimétricas

La transmisión de datos con tasas de transferencia asimétricas está prevista más bien para los abonados domésticos, donde la tasa de transferencia es en la dirección del flujo de bajada sustancialmente mayor que la velocidad de transmisión en la dirección opuesta.



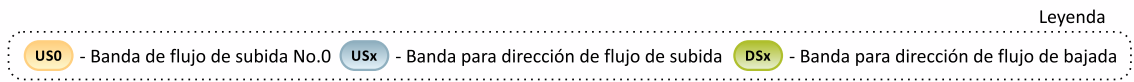
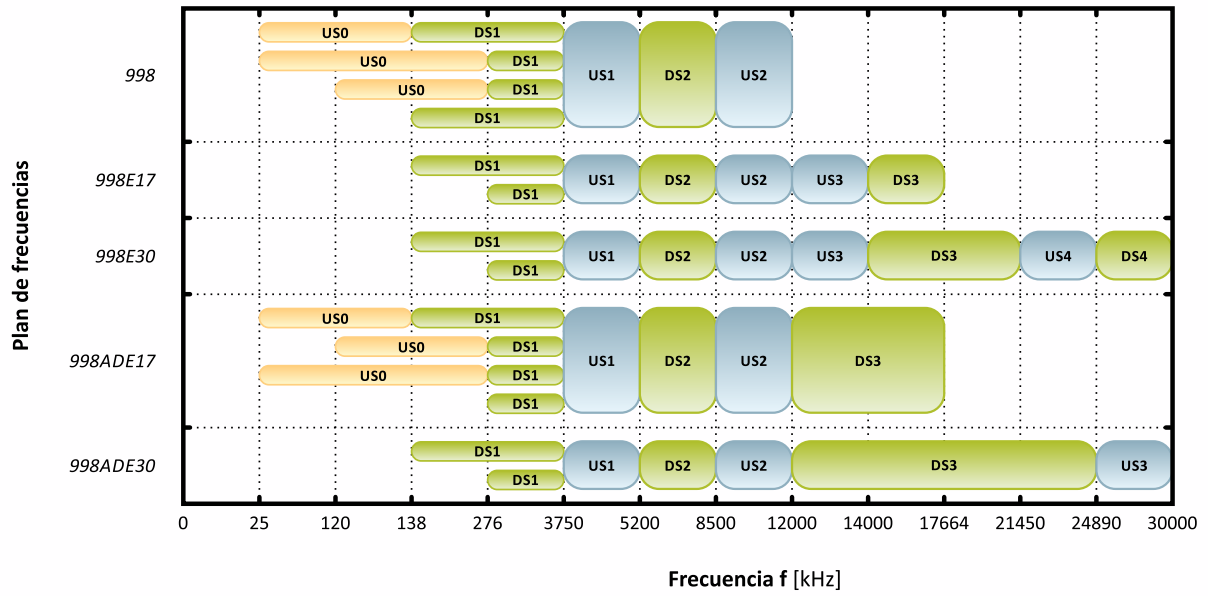
Sin embargo, con respecto al número de subbandas para la dirección ascendente, debe ser una conexión **VDSL2** en el modo de transferencia asimétrica para lograr una mayor velocidad de transmisión que la de la antigua conexión **ADSL**.

El plan de frecuencias básico 998 se divide en:

- 998 - plan de frecuencia fundamental con las bandas alternas habituales para el flujo de bajada y de subida tomadas de las conexiones **VDSL** de primera generación,
- 998E - plan de frecuencias con las bandas alternas habituales para el flujo de bajada y de subida se extendió a 17 MHz, respectivamente hasta 30 MHz,
- 998ADE - plan de frecuencias diseñado para la transferencia de datos con velocidades significativamente asimétricas.

Ejemplo de parámetros del plan de frecuencias 998ADE para cada perfil de conexiones VDSL2 en Europa.

| Perfil VDSL2 | El subcanal más utilizado | Límite superior de frecuencia de flujo de bajada [MHz] | Límite superior de frecuencia de flujo de subida [MHz] |
|--------------|---------------------------|--|--|
| 8a | 1971 | 8,5 | 5,2 |
| 8b | 1971 | 8,5 | 5,2 |
| 8c | 1971 | 8,5 | 5,2 |
| 8d | 1971 | 8,5 | 5,2 |
| 12a | 1971 | 8,5 | 12 |
| 12b | 1971 | 8,5 | 12 |
| 17a | 4095 | 17,664 | 12 |
| 30a | 2479 | 24890 | 30 |



Sustitución de cada banda en los planes de frecuencias para las transferencias de datos asimétricos

2.12 Máscaras de la densidad espectral de potencia utilizadas en los planes 997

Hasta ahora nos hemos tratado perfiles de conexión **VDSL2** predefinidos en los planes de frecuencias. Los planes de frecuencias determinan qué frecuencias se pueden utilizar en los flujos de subida y de bajada. El nivel máximo de potencia de la señal transmitida es sin embargo necesario para completar la definición de parámetros de transmisión. La definición del nivel de rendimiento se pasa por una máscara de la **PSD** (*Power Spectral Density, densidad espectral de potencia*). La máscara representa la potencia de pico de la señal transmitida a una frecuencia particular.

Las máscaras **PSD** se corresponden con un plan de frecuencia específica. Los parámetros básicos se enumeran en la tabla siguiente. Más allá del nivel de la señal transmitida, las máscaras individuales también se diferencian, por ejemplo, en el uso o no uso del flujo de subida del ancho de banda US0. La figura muestra las máscaras de progreso 997E17-M2x-A. Los parámetros de las otras máscaras para Europa se establecen en el anexo correspondiente de la recomendación ITU-T G.993.2 .

Parámetros básicos de la máscara PSD para los planes de frecuencia 997.

| Atajo | Etiqueta | Utilización de la banda US0 | Límite superior de frecuencia para flujo de subida o de bajada [kHz] |
|-------|-----------------|-----------------------------|--|
| B7-1 | 997-M1c-A-7 | A | 7050 |
| B7-3 | 997-M1x-M | M | 12000 |
| B7-7 | HPE17-M1-NUS0 | N/A | 17664 |
| B7-8 | HPE30-M1-MUS0 | N/A | 30000 |
| B7-9 | 997E17-M2x-A | A | 17664 |
| B7-10 | 997E30-M2x-MUS0 | N/A | 30000 |

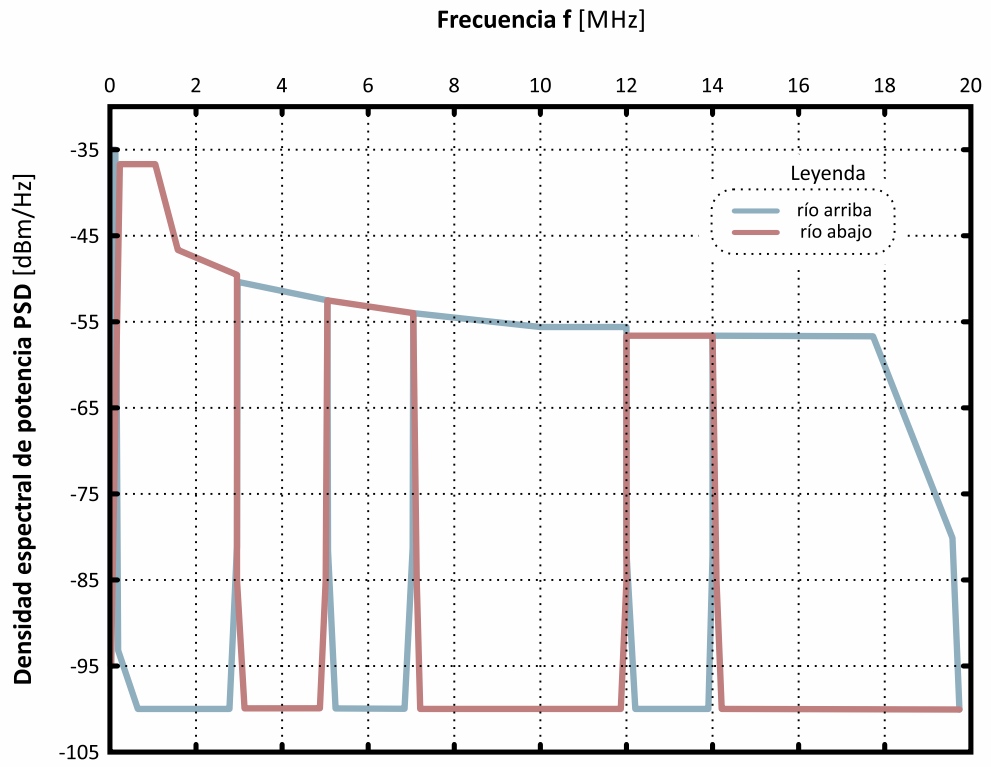


Las siguientes condiciones son válidas para el flujo de subida de la banda US0 para cada una de las máscaras:

A – corresponde al Anexo A de ITU-T G.992.5,

M - corresponde al Anexo M en el ITU-T G.993.2 o ITU-T G.992.5,

N/A – La banda US0 no se usa para transmisión de datos.



Máscara PSD 997E17-M2x-A con direcciones de transmisión marcadas.

2.13 Máscaras de la densidad espectral de potencia utilizadas en los planes 998

Hay un total de 17 máscaras que se definen en los planes 998 en la recomendación para la conexión **VDSL2**. Por lo tanto, sólo mostramos los parámetros para las dos máscaras **PSD** que se utilizan en la red de acceso del operador de telecomunicaciones más grande de la República Checa.

Los parámetros básicos de la máscara PSD que se utiliza en las redes de acceso de la República Checa.

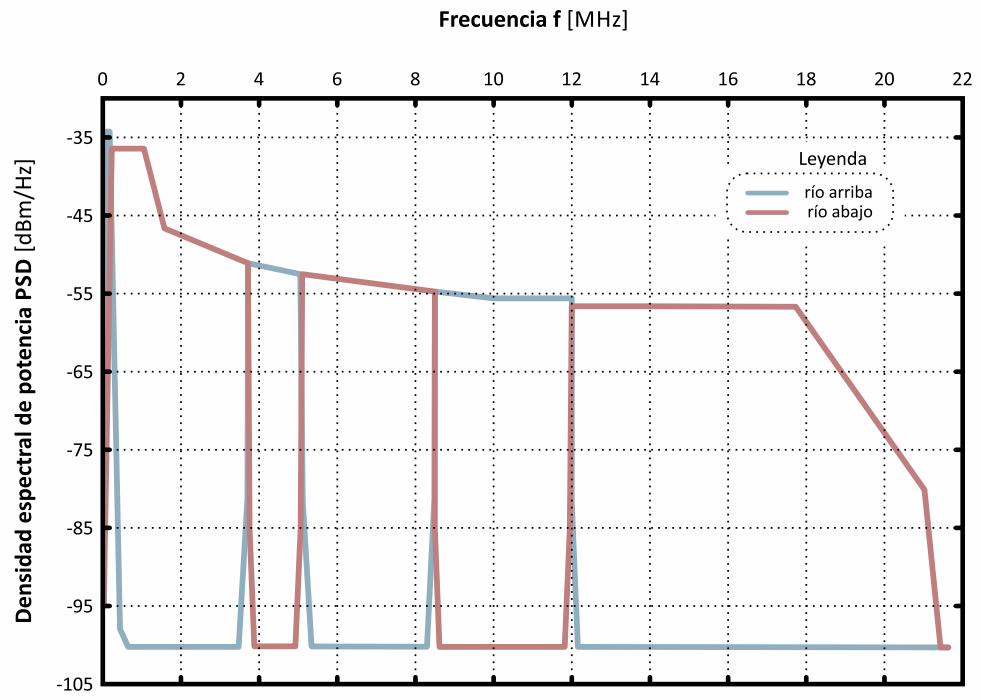
| Atajo | Etiqueta | Utilización de la banda US0 | Límite superior de frecuencia para flujo de subida o de bajada [kHz] |
|-------|----------------|-----------------------------|--|
| B8-6 | 997-M2x-B | B | 12000 |
| B8-12 | 998ADE17-M2x-B | B | 17664 |



Las siguientes condiciones son válidas para la banda US0 de flujo de subida para cada una de las máscaras:

B - corresponde al anexo B de la UIT -T G.992.5

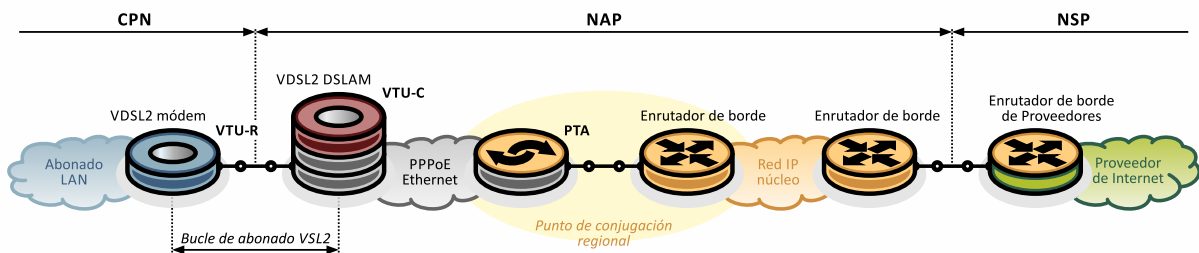
Ambas máscaras **PSD** utilizadas para la transmisión de datos de usuario de flujo de subida etiquetada como US0. La elección de estas máscaras proporciona propiedades adecuadas en la compatibilidad espectral con los sistemas de **ADSL/ADSL2+**. Estas conexiones utilizan las mismas bandas de frecuencia para el mismo sentido de transmisión, por lo que se elimina la interferencia de tipo **NEXT**.



Máscara PSD 998ADE17-M2x-B con direcciones de transmission marcadas.

2.14 Cadena de transmisión de las conexiones VDSL2

La arquitectura de red completa para la transmisión de datos de alta velocidad y acceso a Internet vía xDSL se muestra en la siguiente figura.



Cadena de transmisión de las conexiones VDSL2.

En general, la arquitectura de red puede ser dividida entre las siguientes tres partes:

- **CPN** (*Customer Premises Network, red local de cliente*),
- **NAP** (*Network Access Provider, proveedor de acceso a la red*),
- **NSP** (*Network Service Provider, proveedor de servicio de red*).

Una característica distintiva del concepto se refiere a la división entre los proveedores de Internet y de servicios. Ambas funciones pueden realizar una sola entidad, pero en relación con una variedad de servicios y entorno competitivo en las telecomunicaciones es útil para separar los roles.

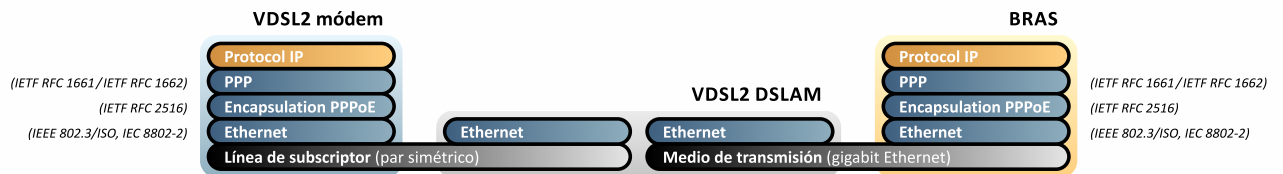
En el concepto de red de abonado se puede incluir todo, se sigue el punto terminal del proveedor de acceso a la red (normalmente una toma de telecomunicaciones), es decir, el equipo terminal, terminales, redes de datos locales y LAN.

El proveedor **NAP** opera una tecnología para la transmisión física de señales procedentes de los abonados a los nodos de telecomunicaciones. En el caso de conexiones **VDSL2 NAP** se compone de pares simétricos de cobre (conductores metálicos) que resultan de **CPN** y que termina en multiplexores de acceso **DSLAM**. Los multiplexores **ISP** se conectan a su propia red de núcleo, de los cuales hay una conexión al proveedor de servicios.

Las fuentes de datos se transmiten a través del **NAP**, que se encuentra en el proveedor de servicios de red **NSP**. Por ejemplo, puede ser una sola empresa, por lo general una empresa que opera un archivo de programas de televisión, o puede estar formado por **NSP** de facto de Internet de la red global.

2.15 Estructura del protocolo de conexiones VDSL2

La interconexión entre el abonado y el proveedor de servicios **ISP** puede ser, en general, construida sobre diferentes arquitecturas de protocolo. Hoy en día, se utiliza principalmente la Ethernet estándar, el protocolo punto a punto y una familia de protocolos basados en **TCP/IP**.



La estructura de protocolo de conexiones VDSL2 para la transmisión de datos en modo PTM.

La transmisión de paquetes **IP** se maneja mediante el uso de **PPP** (*Point-to-Point Protocol, protocolo punto a punto*) en la conexión **VDSL2** en modo **PTM**, y estos paquetes IP se encapsulan en tramas Ethernet (*PPP a través de Ethernet*). En lugar de la terminación de la conexión **PPP** se realiza la autenticación, autorización, contabilidad, la asignación de direcciones IP dentro de la conexión **PPP**, la agregación de los flujos de datos y otros servicios. Estos servicios se encuentran en el **BRAS** (*Broadband Access Server, servidor de acceso de banda ancha*) del proveedor de acceso en el punto de agregación. BRAS desde el servidor, los datos también se transporta al usuario final de Internet o de los proveedores de servicios individuales a través de una **VPN** (*Virtual Private Network, red privada virtual*). Toda esta solución se refirió como una variante **PTA** (*PPP Terminated Aggregation, agregación terminal PPP*).

3 Suscriptores de banda ancha del estándar G.fast

3.1 Estándar G.fast – características básicas

- Podemos encontrar en la literatura el estándar G.fast que se llama como el sistema de cuarta generación **xDSL**. Los inicios de la elaboración de esta norma se remontan a principios de febrero de 2012. La normalización se llevó a cabo en 2014. Los objetivos de la nueva norma de **xDSL** son los siguientes:
- Las tasas de transferencia son más altas en comparación con el tipo actual de conexiones **xDSL** - hasta 500 Mbit/s en aproximadamente 100 m, respectivamente, 150 Mbit/s hasta 250 m (teniendo en cuenta que las tasas de transferencia son de hasta 1 Gbit/s)
- Utilización de los tramos cortos de líneas de abonado, ad Llamado **FTTdb** (*Fiber To The distribution point*) - la ubicación de los puntos de distribución estará muy cerca de suscriptores (hasta 250 metros) - equivalente al concepto de **FTTB** (*Fiber To The Building, fibra hasta el edificio*)
- potencia inversa
- Posibilidad de servicio de auto-instalación con los parámetros de conexiones ópticas y la sencillez de las conexiones **xDSL**

Todos los objetivos arriba mencionados están estrechamente relacionados en dos áreas clave. La primera área es la cuestión de cómo aumentar el rendimiento, la segunda es un área de aumento de la fiabilidad. El rendimiento de las conexiones se puede aumentar de dos maneras:

- Extensión de la banda de frecuencia - esta opción se utiliza en la generación anterior de **xDSL** con la demanda de la compatibilidad espectral con sistemas **VDSL2**
 - Máscara de **PSD** - A partir de los 138 kHz; 2,5 MHz; 18 MHz y 30 MHz y terminan a 106 MHz; 212 MHz y 300 MHz
 - sobre el respeto de las bandas de frecuencia adicionales, tales como la emisión de ondas **VHF** (usualmente llamado "Western Standard" en Europa), **DAB** (*Digital Audio Broadcast, emisión de audio digital*) - Los llamados como III. Banda de TV 174-240 MHz.
- Cancelación de diafonías - un proceso de eliminación del tipo de diafonía **FEXT** (*Far End Cross Talk, diafonía de terminación lejana*) utilizando el tipo de modulación apropiada llamada **VDMT** (*Vectored Discrete Multi Tone, multitono vectorizado discreto*)

El aumento de la fiabilidad de todo el sistema proporciona los siguientes dos mecanismos:

- multiplexación inversa
- circuitos fantasmas



En contraste con el **ADSL** y **VDSL**, que utilizan **FDD**, las conexiones con el ancho de banda extremo utilizan **TDD**. Esto permite la asignación mucho más eficiente y flexible de ancho de banda y elimina el dilema de la asignación de bandas para cada sentido de transmisión. La sincronización del tiempo no es un problema, ya que deben ser tratados ya con respecto a la modulación **VDMT**.

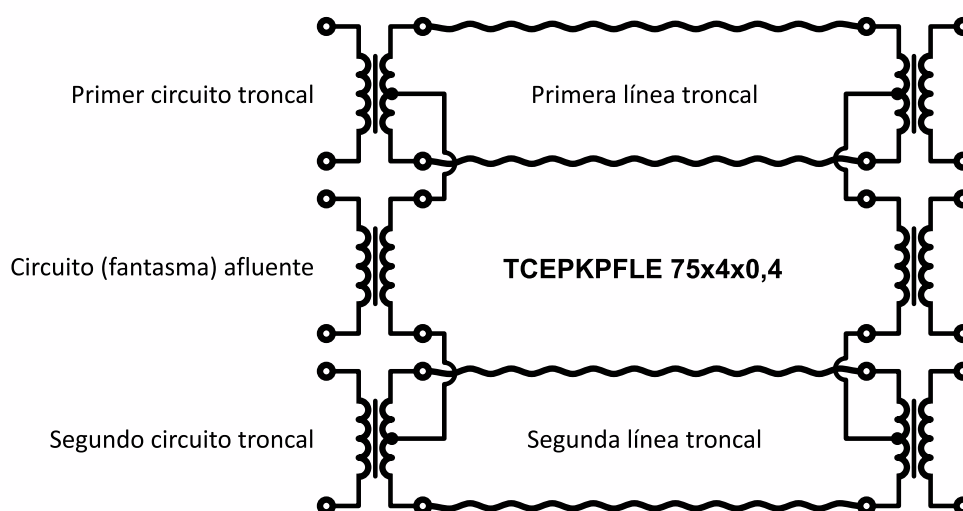
La introducción de la **TDD** también proporciona soporte sencillo para salvar modos. En el contexto de la temporización modo dúplex **TDD** se introducen proporciones obligatorias de 90/10 y 50/50, proporciones opcionales son entonces de 50/50 a 10/90.

Entre los ya citados, los principales rasgos del estándar G.fast incluyen la aplicación de la modulación adaptativa **DMT** con apoyo requerido **VDMT**.

3.2 Utilización de circuitos fantasmas



Los circuitos fantasmas fueron utilizados para las líneas telefónicas de larga distancia para aumentar la capacidad de transmisión. El principio es el de establecer una señal a centros de transformación de dos líneas y crear así circuito adicional. El uso de este principio se limita a aumentar la imposibilidad de la frecuencia del transformador de simetrización equilibrado de precisión y el aumento de la diafonía entre los mayores y el circuito fantasma. Los fenómenos mencionados pueden ser eliminados mediante la supresión de la diafonía a través la modulación **VDMT** y lograr por ejemplo, velocidades de cerca de 500 Mbit/s en ambas direcciones con una longitud de cable de 400 m.



Principio del circuito fantasma

Velocidades de transmisión para sistemas xDSL de alta velocidad modelados en un cable con una longitud de 400 m

| Modelo para longitud de cable de 400 m | Plan de frecuencia VDSL2 hasta 17 MHz | | Plan de frecuencia VDSL2 hasta 30 MHz | |
|---|---------------------------------------|--------------------------|---------------------------------------|--------------------------|
| | flujo de bajada [Mbit/s] | flujo de subida [Mbit/s] | flujo de bajada [Mbit/s] | flujo de subida [Mbit/s] |
| 2 líneas más fantasma | 150 | 67 | 176 | 80 |
| 2 líneas | 166 | 92 | 226 | 118 |
| 2 líneas más fantasma con cancelación de diafonía | 382 | 243 | 493 | 449 |



Fuera de los circuitos fantasmas se pueden realizar incluso un superfantasma con 4 líneas. Así se pueden conseguir un total de 7 circuitos: 4, 2 fantasmas básicos y entre ellos uno superfantasma.



Además de las líneas fantasmas se han hecho experimentos con la transmisión en el modo unísono, donde los pares de hilos individuales se toman como vías de transmisión separadas. La fuerte diafonía resultante puede compensarse utilizando también la modulación **VDMT**. Esta solución, sin embargo, es una ventaja para preparar la conducción simétrica, es decir, tiene una resistencia significativa contra interferencias ambiente. Por lo tanto, debido a la considerable interferencia mutua entre los cables y el medio ambiente, este tipo de práctica no tuvo éxito.

3.3 Alimentación del nodo óptico desde el módem del usuario

En análogo clásico y la implementación básica **ISDN** la potencia del equipo terminal desde la central (típicamente una tensión de alimentación de 60 V y una corriente de suministro de decenas de mA). En relación con la velocidad extrema según lo especificado por el título de trabajo se espera en G.fast revertir el flujo de energía.

El nodo (mini **DSLAM**) será alimentado desde el módem local en el punto denominado "punto de distribución". Esta es la razón de este enfoque a la solución de los muchos años de resolución de problemas con equipos de potencia colocado en la red de acceso entre la **PBX** (*Private Branch eXchange, rama privada de intercambio*) del operador de telecomunicaciones y el abonado.



Los dispositivos en el punto de distribución están conectados a una red de proveedores a través de fibra óptica, por lo que no es posible realizar el suministro de energía a distancia por la línea de señal.

La solución de fuente de alimentación local de una red suele ser problemática. Por consiguiente, el resultado lógico es la fuente de alimentación del lado del abonado, donde es necesario para resumir la salida de potencia a partir de múltiples participantes a la vez.

3.4 Modulación de vector – VDMT

La modulación **DMT** es utilizada por el **xDSL** para el uso más eficaz del potencial de pares simétricos metálicos y le permite responder adecuadamente a la existencia de interferencias de banda estrecha en el canal de frecuencia. Para **xDSL** con la modulación **DMT**, debido a la naturaleza del cable metálico entorno de transmisión compartida, puede aumentar aún más las velocidades de transmisión alcanzable utilizando el denominado como vector de modulación **VDMT** (*Vectored DMT, DMT vectorizado*).

El componente dominante de la interferencia, lo que limita la velocidad de transmisión de los sistemas **xDSL**, es la interferencia de diafonía.

La diafonía es la transmisión de señales y las relaciones inductivas y capacitivas entre pares. Así, una señal transmitida, por ejemplo, desde el primer par al otro par opera en el segundo par de interferencia negativa y disminuye el **SNR** (*Signal-to-Noise Ratio, relación señal a ruido*) y por lo tanto la velocidad de transmisión resultante. Dado que prevenir la diafonía no es posible debido a la estructura de un cable de cobre y las propiedades de las ondas electromagnéticas, es necesario para eliminar los efectos de diafonía en la señal útil transmitida. La eliminación de la diafonía asegura la mejora de la **SNR** y por lo tanto la velocidad de transmisión alcanzable. De acuerdo con la medición de diafonía, distinguimos entre **NEXT** (*Near End Cross Talk, diafonía de terminación cercana*) y **FEXT** (*Far End Cross Talk, diafonía de terminación lejana*). La diafonía **NEXT** puede ser eliminada mediante el uso de direcciones de transmisión de división de frecuencia. El tamaño de la diafonía **FEXT** por lo tanto, es crucial para las conexiones **xDSL**.



El principio de modulación de **VDMT** utiliza un aparato matemático sofisticado que describe las características de pares simétricos de diafonía y los vínculos mutuos entre las parejas. Es posible diferenciar la dirección de transmisión para su eliminación.

En el flujo de bajada **VDMT** se explota el hecho de que el dispositivo **DSLAM** es un elemento común para todas las conexiones **xDSL** en el cable de cobre. Así, en el **DSLAM** tenemos un único punto de información sobre los símbolos **DMT** para ser enviados en el siguiente momento por líneas metálicas (es decir, se vectorizan los valores de símbolos **DMT** - de ahí el nombre vectorized modulación **DMT** vectorizada). Dado que en el **DSLAM** también se conocen parámetros de los distintos pares simétricos de diafonía y los vínculos entre ellos (conocido es un proceso de establecer una conexión), es posible modificar los símbolos **DMT** transmitidos con respecto a los medios de transmisión, que serán transmitidos. En el módem del lado receptor usuario final tendrá entonces los símbolos teóricamente de curso ideal y parámetros adecuados para la detección de errores. Los problemas de sincronización de transmisión también son fácilmente manejables, ya que es el elemento central de la **DSLAM**. Se necesita sincronización de la transmisión de símbolos **DMT**. Los símbolos que se transmiten unos a otros a través de conexiones de diafonía tienen una causa definida, según los cálculos durante su preparación.

En la dirección de flujo de subida no es posible ajustar el símbolo transmitido en el equipo terminal de un abonado. Eso pondría mayor demanda de equipos y la

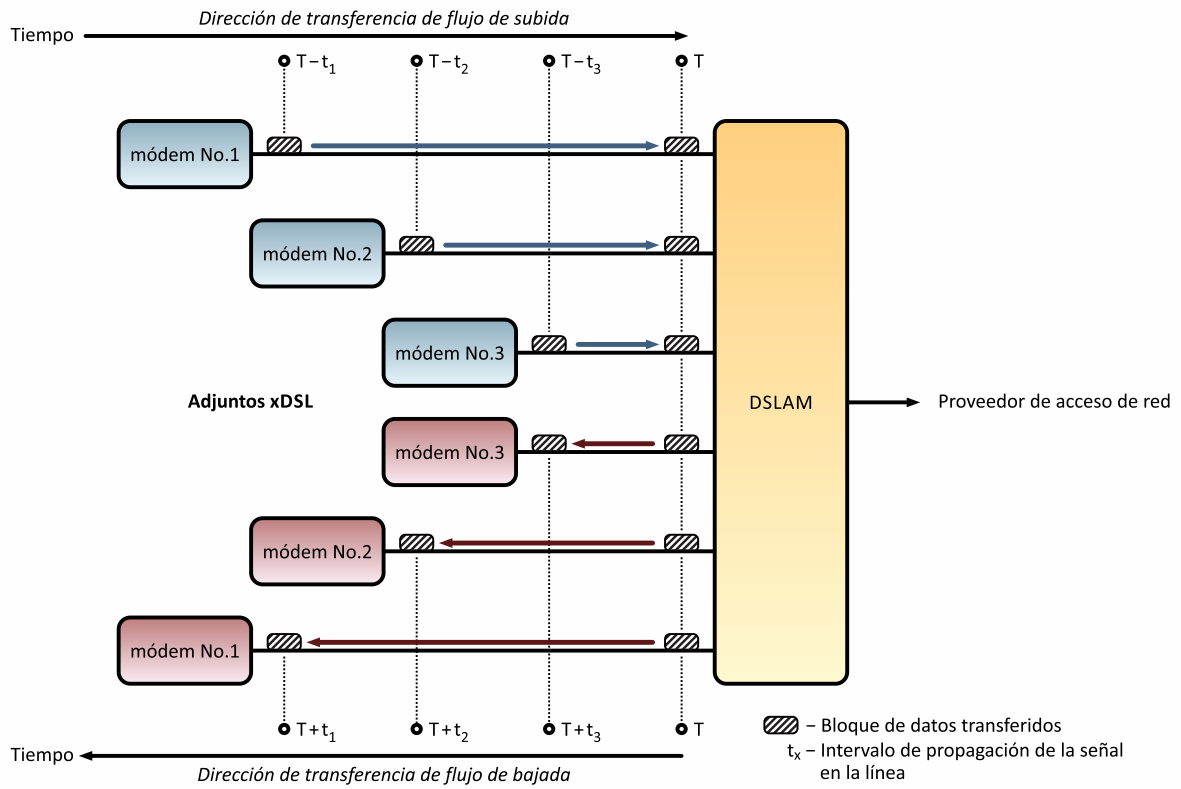
eficiencia computacional de los equipos terminales. Además, el equipo terminal nunca puede tener información acerca de los símbolos que se transmiten por otras conexiones en cable metálico. Por lo tanto, es necesario modificar sólo la señal recibida de nuevo en el **DSLAM** (el elemento central) usando un cancelador de la diafonía especial de bloques. Una cuestión importante también es necesario sincronizar las transmisiones desde los abonados hacia el **DSLAM** extremo con respecto a los bucles de diferente longitud.

La **VDMT** es una extensión de la modulación DMT en un entorno multi-usuario, que resuelve el problema de tipo **MIMO** y tipo elimina la diafonía **FEXT**. La diafonía **NEXT** se elimina por las direcciones de transmisión de división de frecuencia.

Con respecto a la co-localización de los módems en **DSLAM** se pueden emitir sincronamente símbolos DMT de difusión en la dirección de flujo de bajada. Asegurar la transmisión sincrónica de símbolos de los usuarios al acceso multiplexado **DSLAM** es complicado debido a las diferentes longitudes de las conexiones individuales, pero se puede utilizar un método tal como el compresor FDD.

La sincronización en el flujo de subida es paralela a los procedimientos de control de acceso al medio en un punto compartido - una gran cantidad de puntos, como las redes ópticas pasivas y redes de radio **LDMS** (*Local Multipoint Distribution System, sistema de distribución local multipunto*). La difusión en los módems de suscriptor debe ser programada con respecto a los diferentes tiempos de propagación de señales a lo largo de diferentes líneas de los participantes remotos.

El método compresor FDD utiliza **CS** (*Cyclic Suffix, sufijo cíclico*). Esto, a diferencia de la **CP** (*Cyclic prefix, prefijo cíclico*), se inserta por símbolo DMT. La longitud de **CS** debe ser igual o mayor que la máxima diferencia en el retardo de propagación de los canales de señal. El método compresor FDD también elimina la diafonía residual **NEXT**. La desventaja de este método es una reducción de la velocidad de transmisión.



El principio de sincronización de símbolos en la conexión xDSL en el flujo de subida.

3.5 Ventajas y desventajas del VDMT

La principal ventaja del principio de modulación **VDMT** ya ha sido mencionada.



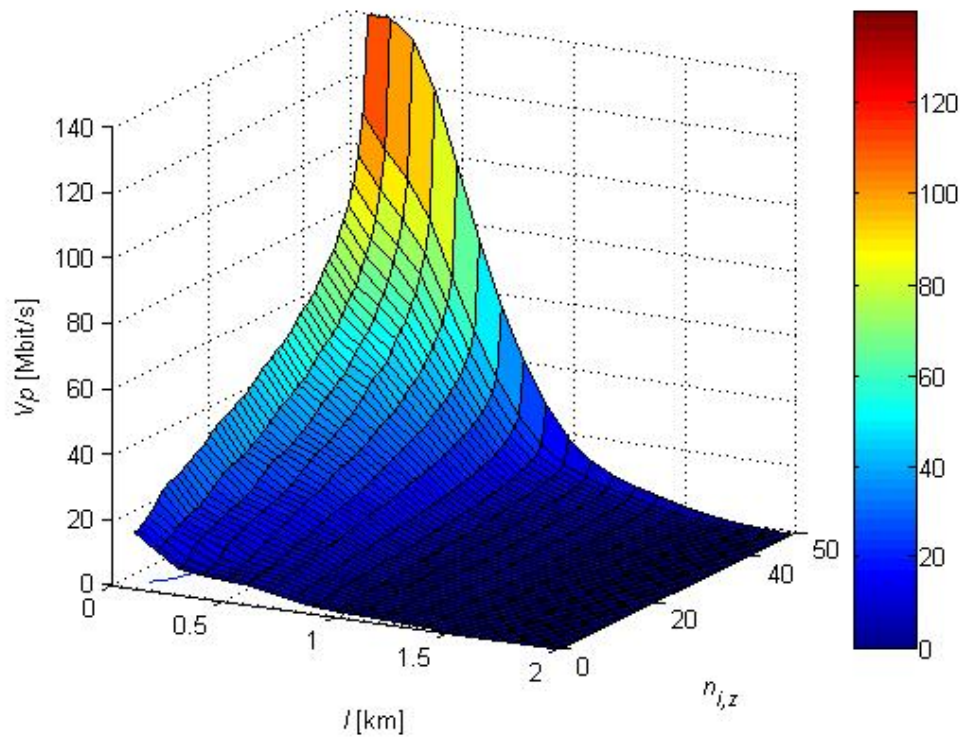
El propósito del principio de modulación **VDMT** es eliminar la interferencia de diafonía y por lo tanto lograr mayores velocidades de transmisión alcanzables por las conexiones **xDSL**.



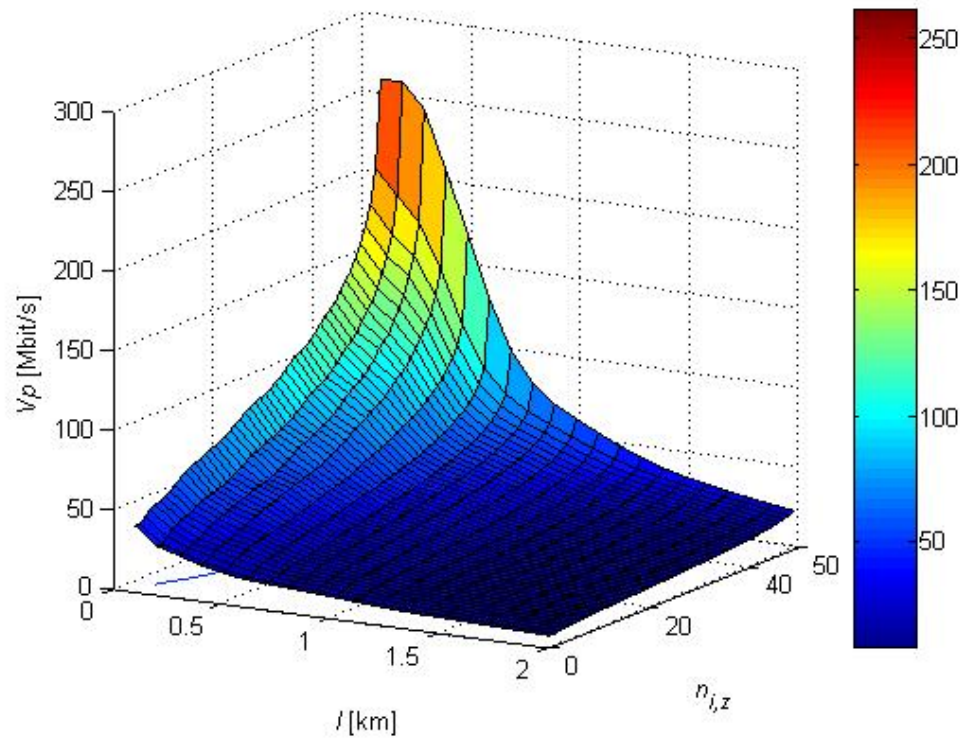
El proceso se denomina coordinación de diafonía. Hablamos de la coordinación de las conexiones de transmisión individuales en un paquete de cable de cobre en conexión con la modulación **VDMT**.

Dado que es posible los principios y parámetros de los modelos analíticos pueden describir las conexiones y puede ser relativamente simple calcular los beneficios de la modulación **VDMT**. Dependiendo del número de conexiones se aumenta velocidad de transmisión coordinada alcanzable monitoreada por la conexión. La siguiente simulación se llevó a cabo después de una conexión **VDSL2** con el plan de frecuencias B8-13, que tiene un ancho de banda de hasta 30 MHz. El plan de frecuencias permite rutinariamente alcanzar velocidades de transmisión de 100 Mbit / s. Interpretaciones gráficas de aumentar la velocidad de transmisión para la direcciones de flujo de subida y bajada se muestran en las siguientes figuras.

A los efectos de la simulación se consideró un cable metálico con 50 pares simétricos, con un diámetro de alambre de 0,4 mm (cable TCEPKPFLE 50 x 4 x 0,4 mm). Los beneficios de la coordinación se modelan como función de la longitud de la línea de abonado. Se varió de 0,1 km a 2 km con el paso 0.1 km. El número de conexiones coordinadas aumentó gradualmente de 0 a 49. Tomando la conexión con el monitor quincuagésima el rendimiento de la transmisión (velocidad alcanzable). El volumen del cable de cobre conexiones **VDSL2** está, por lo tanto, totalmente ocupado.



Beneficios de la coordinación para el flujo de subida y conexión VDSL2 B8-13.



Beneficios de la coordinación para el flujo de bajada y conexión VDSL2 B8-13.

Al analizar los beneficios de la **VDMT** utilizados para este caso de prueba se indica que la longitud del bucle local de 0,5 kilómetros es posible sin ningún tipo de coordinación (reparto todas las conexiones acopladas xDSL) alcanzando en la tasa de transmisión en sentido descendente de 16.676 Mbit/s. Si coordinamos nuestra conexión de difusión y una conexión aún más, lo que hace que la mayor parte de diafonía se minimice, se alcanzan velocidades de datos en la dirección de flujo de bajada de 19.84 Mbit/s. Si coordinamos transmisiones de cinco conexiones de los alrededores, se llegar a 27.960 Mbit/s. En la coordinación de las veintisiete velocidades se puede llegar a 50.868 Mbit/s. Si llevamos a cabo la coordinación completa de conexiones se alcanza nuestra rastreado en una velocidad de conexión de flujo de bajada de 170.720 Mbit/s. Los beneficios de la **VDMT** son por lo tanto obvios.

La modulación VDMT también tiene desventajas significativas también.



La desventaja de la modulación VDMT es la elevada complejidad computacional necesaria para coordinar la emisión.

El principio del **VDMT** es modificar cada símbolo DMT transmitido actualmente en cada par simétrico con respecto a los parámetros actuales del entorno de transmisión. Por tanto, es obvio que para la plena coordinación de todas las conexiones con la modulación DMT, es necesario conocer la función que describe los vínculos de diafonía entre todos los pares de líneas, la función de transmisión de cada línea y los símbolos DMT transmitidos actualmente para todas las conexiones coordinadas. Para cables de cobre con varios cientos de pares de aplicación simétrica los cálculos de coordinación plenamente operativos asociados con el ajuste de los símbolos DMT y los cálculos relacionados con el medio de transmisión de parámetros de adquisición serán muy difíciles. Se puede calcular que, por ejemplo, sólo 50 conexiones de **VDSL2** con los 4096 subcanales y velocidad de modulación 4 kBaudios tendrán que hacer cada segundo en el respectivo **DSLAM** sólo con la edición de los símbolos DMT transmitidos $40,960E9$ operaciones matemáticas. Se necesita esta potencia adicional de computación al establecer una conexión, control y dirección de las conexiones actuales, etc.



La modulación VDMT tiene beneficios sólo en una situación en la que el medio de propagación es utilizado por todos los sistemas de modulación DMT . Este requisito se deriva del principio de **VDMT**.
