

Capítulo 7. Redes de Comunicación Aptas para Telemedicina / Telepatología

RICARDO J. VAAMONDE MARTÍN, RICARDO VAAMONDE LEMOS

Como punto de partida debemos clarificar que este apartado es excesivamente amplio y técnicamente complejo para médicos y patólogos por lo que, aun a riesgo de ser incompleto y remitir a bibliografía más especializada a aquellos que muestren especial interés en el tema, debemos simplificarlo al máximo en aras de la claridad y brevedad.

En primer lugar debemos considerar:

- I) Tecnología de la Telecomunicación.
- II) Tipos de servicios posibilitados por la misma.

En el apartado I podemos establecer:

1. Bucle de Abonado
2. Fibra Óptica, "cable", términos en la práctica bastante sinónimos.
3. Bucle Radioeléctrico
4. Satélite.

7.1.- Bucle de Abonado

El "bucle de abonado" es parte del soporte físico-eléctrico de la tecnología convencional desarrollada por Telefónica desde 1876. Permite la transmisión de voz y, con bajas prestaciones, de datos por el hilo conductor doble, llamado "par de cobre", uno de los cuales, en la actualidad, se deriva a tierra.

Hasta hace poco tiempo la conexión se establecía bajo la modalidad "punto a punto" entre la totalidad de los abonados a la red, constituyendo una red completamente "mallada" lo que constituye una verdadera limitación física y técnica a su expansión y posibilidades ya que el número de conexiones "físicas" necesarias responderían a la fórmula: $N \times (N-1) / 2$ enlaces. De ahí que la inicial configuración fuese paulatinamente reemplazada por la conexión física de un número X de abonados con la denominada "SU central local" formando lo que se conoce como RED de Acceso Básico o Red Telefónica Básica (RTB). Cada una de las centrales locales se interconectan entre sí por dispositivo físico de flujo, de mayor caudal, llamada red de interconexión o CAS que, en definitiva, es la que posibilita que usuarios de las centrales "locales" se puedan interconectar entre sí gracias a sus propios "bucles de abonado" y con el resto del mundo. Es la "red en estrella".

Estos bucles, diseñados para voz, tienen marcada limitación de transmisión por su frecuencia que oscila entre los 300 a 3400 Hz, la denominada "banda estrecha", y datos sólo en la frecuencia de la "banda vocal" mediante un módem.

Esta inicial limitación de la RTB era el fundamental escollo para mejorar su velocidad y ampliar sus prestaciones a otras incesantes demandas entre las que están la telemedicina (TM) y, sobre todo, la telepatología (TP), Telerradiología, etc. que necesitan mayor velocidad de transmisión, a partir de los 4 KHz, entrando así en el concepto de la "banda ancha".

Para satisfacer estas necesidades se planteó, con tecnología de hace ya unas décadas, la necesidad de tirar nuevas líneas, una nueva red que supliese al obsoleto "par de cobre". Idea y objetivos, que si bien eran factibles sobre diseño de despacho, la realidad era muy otra. No es fácil, en coste ni en tiempo, suplir toda la red de cobre por otra nueva, especialmente considerando la lentitud de las obras en la ciudad, el impacto medioambiental, etc. Por otro lado, no olvidemos que la rapidez del avance tecnológico, cuando la nueva red aún no estuviese concluida, nos exigiría pensar en sustituirla por otra más rápida y así sucesivamente.

De otro lado, ¿qué hacer con la red de "par de cobre" en la que tanto tiempo y dinero se invirtió en su tendido y que está totalmente generalizada?

Surgen entonces, como consecuencia de los avances tecnológicos, dos caminos.

El primero, mantener el par de cobre con otras modalidades de transmisión, sobre las que pronto volveremos.

El segundo, la “tecnología del cable”, que pese a las grandes inversiones realizadas lleva un marcado desfase en su instalación y puesta en servicio y grandes sumas de dinero invertidas, de cuya rentabilidad, a menos a corto, plazo, ya se empieza a dudar, sin tener que entrar en la consideración del fenomenal tropiezo inversor que han supuesto las últimas licencias de telefonía móvil. Ciertamente es que por “cable” se permite un gran caudal de comunicación, a precios competitivos, que puede llegar hasta los 2 Mbps, “garantizados” por la operadora a cada usuario y que sobrepasan con creces la necesidad real de la TP que no suele superar los 384 Kbps.

Dado que es una red, realmente muy buena pero aun incompleta, y por ello no operativa para TM/TP, que puede necesitar extenderse y operar en áreas aun no cableadas, con la posibilidad de que muchas otras ni tan siquiera lleguen a cablearse, sobre todo en el entorno rural en donde la TM tendría su mayor razón de ser, no vamos a extendernos más en la misma y muchas de sus prestaciones técnicas se comentarán en otros apartados al exponer los “servicios” que por estas redes pueden conducirse.

Para seguir el primero de los caminos antes citados, es decir, conservar el viejo “par de cobre” como base operativa del bucle de abonado, siempre que la línea física estuviese en estado “aceptable”, se introducen, al final de los 80, las líneas RDSI (Red Digital de Servicios Integrados; ISDN en la nomenclatura inglesa) y la ADSL (*Asymmetric Digital Subscriber Line*), ambas incompatibles entre sí pero cada una de ellas compatible con la señal estándar de voz de la línea de cobre convencional.

7.1.1.- RDSI

Las líneas RDSI podrían agruparse realmente dentro del concepto, al principio expuesto, de “servicios” soportados por la tecnología del “bucle de abonado”. Constituyen una comunicación en formato digital, tipo punto a punto, que responde al concepto de transformación o modernización de la infraestructura tradicional analógica RTB, con muy buena calidad dadas las pocas interferencias que actúan sobre el formato digital y el filtrado de las mismas. Gracias a ella, con un caudal mínimo de 64 Kbps de tipo sincrónico (igual velocidad de transmisión entre usuario –su central local- y usuario) se posibilitan servicios de voz, datos y los modernos “multimedia”, incluida la videoconferencia, incluso en formato múltiple, en calidad profesional y el acceso a redes de información tipo Internet, con protocolos IP.

Este tipo de línea, con sus correspondientes servicios al abonado, se estructura en los denominados “accesos básicos”. Cada UNO de ellos se compone de dos canales llamados B de alta velocidad (64 Kbps cada uno) más un tercer canal, llamado D, de 16 Kbps para “señalización” y otra amplia gama de servicios que cada una de las operadoras oferta a sus abonados. Por los canales B pueden circular voz y datos, sólo voz o sólo datos. Por ello, concentrando varios accesos básicos tenemos 64 Kbps x N, siendo N el número de accesos que contratemos o activemos por software si previamente los tenemos contratados. Para muchas aplicaciones de TM son suficientes dos canales B. Para TP en tiempo real, con microscopio robotizado, son necesarios 6 canales B (= 384 Kbps) que permiten imágenes dinámicas sin ningún arrastre de imagen en la pantalla, con muy buena calidad y definición. Así lo hemos probado en cuatro experiencias piloto celebradas entre varias ciudades españolas (Madrid, sede de Telefónica España y Parque Ferial Juan Carlos I, Barcelona, Córdoba y Sevilla, y varios hospitales universitarios de Noruega cuyo centro de referencia era el Hospital de Tronso, en colaboración con Telefónica y Telenor. Son también de muy buena calidad los servicios de videoconferencia tipo sala, o los individuales que con dos canales B dan una excelente calidad de imagen, sin ningún arrastre de pantalla. Ello lo hace especialmente aptos para telemedicina, observación directa del paciente y en aplicaciones concretas de teledermatología, oftalmología, ORL. La histopatología y radiología necesitan, cuando menos, según ya hemos dicho, 4 a 6 canales B.

La RDSI tiene las mismas tarifas que la RTB, con dos grandes ventajas:

La mayor calidad de voz, sin apenas interferencias, por la calidad digital.

La alta velocidad de flujo y una más que aceptable “seguridad”, tema básico en TM/TP, aunque también en las modernas transacciones comerciales electrónicas que Internet está desarrollando tan notablemente, tipo SET de certificados digitales. Para ello hay varios sis-

temas de codificación y encriptado entre los que debe destacarse el basado en la utilización de las denominadas claves simétricas generadas aleatoriamente en cada conexión que hacen prácticamente imposible que los hackers accedan a su descifrado. Una clave de 2048 bits se considera totalmente inviolable. Se forma así la llamada “barrera de protección” (de las que hay ya cerca de 200 aplicaciones en el mercado), para redes corporativas (privadas) o generales (públicas) que, como aspecto negativo, retrasan la velocidad de comunicación. Por eso ha de ser muy selectiva y bien dimensionada en sus aplicaciones “sensibles”.

Es pues en las líneas RDSI en donde, hoy por hoy la TM/TP tiene su más económica expansión y un servicio generalizado a todo el mundo, incluso, si no existen tendidos “físicos” de líneas, complementadas con enlaces vía satélite.

7.1.2.- Líneas ADSL

Persistiendo en la política de mantener el viejo “par de cobre” por las razones ya enunciadas, se implanta el plan POTS (*Plain Old Telephone Service*) gracias al cual se desarrollan nuevos algoritmos de procesado (“modulación”) de la señal, entre 24 a 1104 KHz, que se concretaron en la disponibilidad de las líneas con tráfico ADSL (*Asymmetric Digital Subscriber Line*) que sin interferir tampoco en la señal de voz “clásica” circulan por el par de cobre con distinta velocidad, de ahí su nombre de asimétricas. Son necesarios dos tipos de módem, uno en el domicilio del usuario (ATU-R, *Asymmetric Terminal Unit Remote*) y otro en la central local de la que depende el usuario (ATU-Central), cada uno de ellos con un filtro o *splitter* que discrimina y separa las señales “convencionales” de voz (por su baja frecuencia) de las de alta frecuencia típicas de la ADSL. Estos módems, regulados por la OM de 26-3-99 permiten una velocidad de bajada de 8192 Kbps y 0,928 de subida. La necesidad del módem de central ha creado una dificultad inicial al desarrollo de este tipo de línea por la sencilla razón del espacio físico requerido para su instalación. Nuevamente la tecnología ha resuelto el problema. Sustituir los módems de central por dispositivos denominados multiplexores DSLAM que agrupan muchos de aquellos ATU-C, concentran su tráfico y lo dirigen a las redes WAN garantizando así el despliegue masivo de líneas ADSL.

La velocidad de bajada hacia el usuario (*downstream*) desde su central local es de 1536 Kbps y la de subida, desde el usuario a su central (*upstream*) es de 64 Kbps. Este tipo de línea es ideal para Internet, dado que la mayoría de información “datos” se recibe desde la central al usuario, siendo necesario escaso caudal de subida. Todo lo contrario ocurre en TP, pues es el microscopio del usuario el que manda a la central, de la que depende la conexión, un amplio paquete de información.

La ADSL tiene una importante ventaja adicional. Es una tecnología “*always on line*”, es decir, siempre abierta, en contra de lo que ocurre con los módem de voz y datos, incluidos los RDSI en los que se requiere una llamada Telefónica para establecer la conexión.

En base a todo ello varias operadoras facilitan conexiones de gran velocidad, lo habitual hasta 2 Mbps (muy superior a la necesidad de la TP), incluso con “tarifa plana”, que es la que se garantiza dependiendo de la distancia media entre el abonado y su central, promedio de unos 3 Km.

En consecuencia, tanto con líneas RDSI como ADSL, ya hemos indicado que ambas son incompatibles entre sí, el viejo “par de cobre” persiste en servicio. En base a las ADSL, Telefónica ha constituido las redes GigADSL (sectorizada en 109 demarcaciones en todo el territorio nacional) y MegaVía ADSL, esta última a tarifa plana, ambas en banda ancha y tecnología de circuitos virtuales ATM VBR-nrt que permiten el acceso indirecto al bucle de abonado a todas las operadoras que hayan sido autorizadas por el Gobierno, entre los que cabría considerar usuarios tipo hospitales, trabajo compartido, TM y TP, videoconferencia, teleenseñanza, y un largo etc de servicios multimedia. Es una tecnología muy sobredimensionada para las necesidades individuales de TM/TP, salvo que se opte por la interconexión de un significativo grupo de hospitales, empresas, (redes corporativas), etc., con protocolos IP que además del acceso a Internet, ya comentado, es la plataforma de acceso a multitud de estos servicios de valor añadido, incluyendo TM y la videoconferencia profesional.

7.2.- Fibra Óptica

La fibra óptica es el tipo de red que pretendió sustituir al par de cobre. Ciertamente es que, al principio de su diseño e instalación, sus prestaciones eran notablemente superiores a las posibilidades de ampliación y mejora del par de cobre. Grandes inconvenientes en el tirado de la red, lentitud de las obras de instalación y grandes inversiones económicas han frenado de manera muy notable el tendido de la misma. Por otro lado, el insospechado avance tecnológico aplicado a la red de cobre, citados atrás, ha hecho casi innecesario el cableado con fibra óptica. Ciertamente es que países, como EE.UU. han apostado desde hace décadas por esta opción y la red óptica está casi generalizada. Su aplicación más real y operativa es formando pequeñas redes "locales" corporativas o empresariales tipo universidades, entidades bancarias, hospitales, etc, realmente tipo intranet. Su velocidad media para usuario es de 2 Mbps, excesiva para TM/TP pero que podría contratarse en menor cantidad, entre 128 y 384 Kbps. Existe un problema añadido y es su "no generalización", incluso en una misma comunidad autónoma multiprovincial, en donde la red depende de más de un operador con lo cual no siempre pueden garantizarse las condiciones de tráfico de la misma, aspecto fundamental y prioritario para el TP en tiempo real, sobre todo si se piensa utilizar para diagnóstico intraoperatorio.

7.3.- Bucle Radioeléctrico

Es la solución alternativa que se está imponiendo para evitar el tirado del cable coaxial o de fibra óptica y reemplazar, al menos en aquellas zonas en que la calidad es baja, el par de cobre. Se basa en la tecnología LMDS (bucle para acceso local "inalámbrico" en banda ancha) diseñada para constituir una red de acceso, de alta capacidad, para distintos operadores de telecomunicaciones. Para su desarrollo se ha constituido un consorcio que tiene licencia gubernamental de operatividad desde abril del 2000, con una inversión de 45mil MP. Cobertura en 22 ciudades de más de 200000 Hb. y banda entre 3.4 a 3.6 GHz. Aunque Córdoba, ciudad en la que residimos, estaba en la relación de la 1ª fase de actuación, nada se sabe "oficialmente" de la posibilidad de servicio.

En esta tecnología se dispone de una estación central que se conecta con otras redes por fibra óptica para garantizar la densidad de tráfico y la continuidad del mismo. Desde la central hay dos posibilidades de enlaces con las denominadas "estaciones urbanas: hub" que son las equivalentes a la central local de la RTB.

- a) De tipo radioeléctrico por microondas, por tanto inalámbrico, tipo punto a punto y por medio de los llamados enlaces de sector de la estación base, sectorizados a 90°, con un número X de estaciones hub LMDS en azoteas o torres del "cliente".
- b) Mediante fibra óptica.

En ambos casos, las estaciones urbanas, desde sus "azoteas de servicio" también se conectan por microondas con la sede del cliente en un radio entre 2 y 4 Km que es el que, por el momento, garantiza plenamente el caudal y flujo de la conexión contratada. La red se extiende también a las denominadas áreas o estaciones "suburbanas", con menor densidad de población en las cuales su estación de servicio se conecta también, casi siempre, por cable óptico. Esta estación o "torres de servicio" tiene un radio de alcance entre 5 y 10 Km capaz de garantizar el ancho de banda contratado.

De este modo, con muy limitado tirado de cable, la cobertura es muy buena, aunque, por lo dicho más arriba, más lenta de lo esperado y ofrecido, (dificultades de las comunidades de vecinos para aceptar la instalación de los postes radioeléctricos), el caudal excelente, las antenas (VSAT : very small terminal) son respetuosas con el medio ambiente y bastante "cerradas" para no cegar otras señales de satélite. El dispositivo de captura en la terraza de abonado no es mayor de 10 cm, envía la señal por un cable coaxial a un módem de abonado de donde es redireccionada, por par trenzado, al dispositivo principal de telecomunicaciones PBX o a un servidor local tipo LAN según requerimientos del cliente. El ancho de banda mínimo que se oferta es de 64 Kbps con varias ventajas además de su rapidez:

- puede ser compartido por varios clientes, con lo cual se reducen costos.
- Es una plataforma única para múltiples aplicaciones.
- Control automático de potencia que minimiza las interferencias entre celdas y garantiza la cobertura de señal dentro del radio de residencia del abonado.

- Aporta acceso a Internet de alta velocidad, con conexión permanente y tarifa plana.
- Posibilita redes privadas virtuales.

Todo ello, lo hace la solución ideal para TM – teleasistencia entre instituciones públicas y/o privadas, teletrabajo, especialmente si todo ello va orientado a servicios individuales, muy personalizados, en el hogar.

7.4.- Satélite

Es una magnífica tecnología, por el momento bastante costosa, para los propósitos que tiene la TM y TP. La oferta más baja es de 64 Kbps y la habitual que se ofrece es también, como el cable, de 2Mbps. Por lo tanto también está sobredimensionada para lo que hoy necesita la TP.

Su gran ventaja, en relación con las otras tecnologías, para las aplicaciones de que nos estamos ocupando, ya sean públicas o privadas, es que puede llegar a cualquier zona del país o del mundo, aunque no existan otras redes.

Analizada la “tecnología” que en la actualidad nos posibilita enlaces de TM/TP por servicios bajo líneas RTB, RDSI, ADSL, conexiones “punto a punto” que, por estar siempre abiertas resultan excesivamente caras e innecesarias para estas aplicaciones y la modalidad “*frame relay*” que es un servicio de transferencia bidireccional y transparente en trama de datos que mantiene el orden, sin acuse de recibo y sin garantía de llegada; con ello reduce muy sensiblemente el “control de flujo y la carga de gestión” a la vez que dispone de un analizador de congestión que prioriza unas tramas sobre otras. Es pues es un medio de transferencia rápido y flexible, más orientado a conexiones de circuitos virtuales “permanentes” entre usuarios finales, poco idóneo para TM/TP.

Como resumen podemos concluir que de los 4 tipos de tecnologías existentes en la actualidad, los servicios que cada una de ellas nos posibilita para las aplicaciones de TM/TP son conexiones por líneas RDSI, ADSL, conexiones “punto a punto” y las tipo *frame relay*. Es el diseñador del sistema el que, valorando los costos y las posibilidades de los servicios ofertados, se decida por una u otra tecnología, alguna incompatible, pero la mayoría complementarias.

