

CAPÍTULO 1

NUEVAS TECNOLOGÍAS DE LAS TELECOMUNICACIONES EN EL ÁMBITO DE LA INFORMÁTICA BIOMÉDICA

**Carlos Dafonte, Bernardino Arcay, Alfonso Castro,
Ángel Gómez, Alejandra Rodríguez**

*Departamento de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones,
Universidade da Coruña*

En este trabajo se analizan las posibilidades que nos brindan las tecnologías de las comunicaciones en el ámbito de las aplicaciones de la Informática Biomédica. Estas posibilidades se manifiestan en las distintas capas de integración de un sistema de información biomédico. Esto es, a nivel de red de instrumentación; en las redes locales de las distintas Unidades Hospitalarias; en la estructura de red del Hospital (HIS); y , finalmente, en las aplicaciones inter-hospitalarias propias de la Telemedicina. En esta última etapa, las nuevas tecnologías de las comunicaciones permiten a los clínicos realizar diagnósticos, pronósticos y seguimiento de terapias de forma colaborativa, a través de redes WAN que, como veremos, dependiendo de las líneas de datos disponibles, nos permiten distintos niveles de interacción. En este trabajo nos centraremos en el caso de sistemas de información para Unidades Críticas, puesto que en gran medida son los que demandan más recursos.

1.1 INTRODUCCIÓN

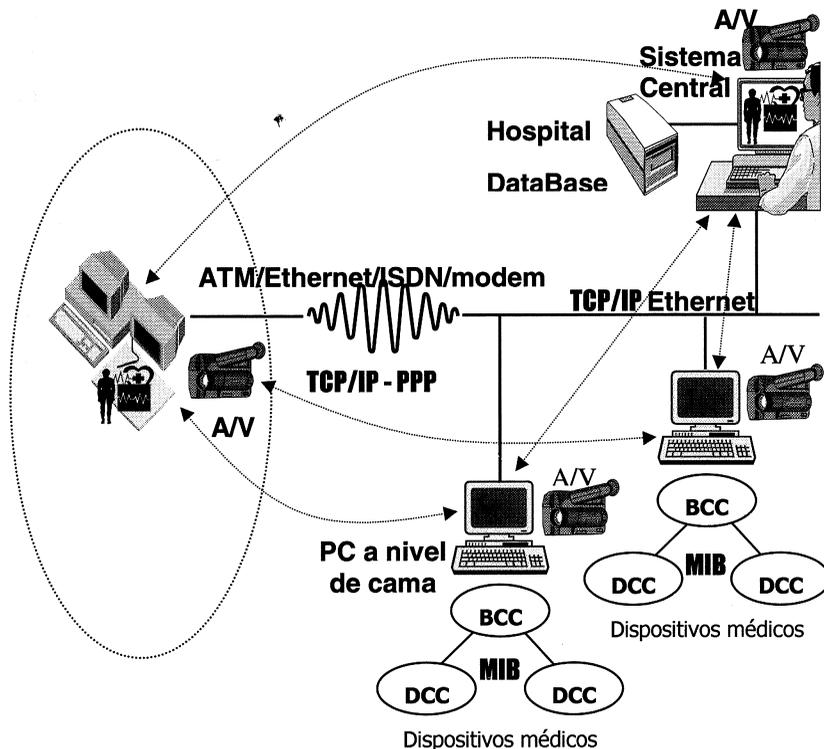
Históricamente la evolución de los sistemas de monitorización y supervisión en Informática Biomédica ha transcurrido por distintas etapas

en cuanto a la implantación de nuevas tecnologías. En un primer momento nos encontramos con distinta instrumentación electrónica recogiendo los datos del paciente in situ. Posteriormente esta instrumentación se ha integrado en monitores capaces de capturar información múltiple e integrarla, incluso gráficamente, en un único sistema. Una segunda etapa, siguiendo metodologías de diseño propias de los sistemas de información, nos ha llevado a integrar en un único sistema las Bases de Datos y los sistemas de monitorización, diseñando interfaces únicos y globales.

En una tercera etapa se ha llegado ya a definir un sistema integrado en red en el cual cada uno de los ordenadores a nivel de cama se ha conectado utilizando una red de datos a un sistema central, esto es, una estación de trabajo que recoge la información proveniente de cada uno de ellos y la integra en un único entorno, siendo también capaz de controlar los ordenadores a nivel de cama indicando modificaciones en sus parámetros de funcionamiento. Podemos incluir en esta etapa la integración de bases de conocimiento que clasifican, analizan y realizan un seguimiento de la información propia de los pacientes. [Taboada, 1998].

La última etapa de esta evolución, la actual, es que lo denominamos "Telemedicina" que, en principio, no es más que la utilización de líneas de datos que permiten la comunicación de aplicaciones y, por ende, de clínicos y pacientes de forma remota. La información adquirida in situ, una vez disponible en formato digital, puede ser distribuida hacia distintos puntos y a la vez almacenada y clasificada, proporcionando así gran cantidad de históricos para la realización de estudios posteriores.

Existen, sin embargo, muchas dificultades técnicas a la hora de la aplicación de estas nuevas tecnologías debido a que, en muchos casos, la necesidad de información es constante y además ésta es constantemente actualizada (por ejemplo, una Unidad de Cuidados Intensivos).



En general, algunas de las ventajas de la Telemedicina son:

- Posibilitar la colaboración en el diagnóstico, especialmente en patologías concretas con un número limitado de expertos.

- Permitir la utilización de Bases de Datos médicas compartidas que pueden ser consultadas tanto por médicos como sistemas expertos médicos.
- Formación y supervisión remota de médicos y enfermeras sin experiencia.
- Atención en áreas de difícil acceso como son las zonas rurales o en el caso de la atención a pacientes que sufren enfermedades crónicas.

1.2 ESTRUCTURA EN RED LOCAL

Desde el punto de vista del diseño de red, la integración de los dispositivos propios de una unidad crítica (UCI p.ej.) ha tenido distintas aproximaciones. Por un lado se han propuesto soluciones ad hoc que permiten la conexión de un conjunto de dispositivos médicos de un fabricante determinado. Esta solución proporciona un medio rápido para implantar esta filosofía y frecuentemente se ha utilizado como estrategia para el desarrollo de aplicaciones de alto nivel en estos entornos. Desgraciadamente, la enorme variabilidad del hardware y software de conexión entre distintos dispositivos médicos, incluso del mismo fabricante, supone muchas veces un problema importante para los diseñadores a la hora de mantener y actualizar las aplicaciones.

Una segunda posibilidad, más flexible, ha consistido en la incorporación de estándares procedentes de la industria. El problema planteado en este caso es que no se tienen en cuenta muchas veces las particularidades del entorno intensivista, que reclama una serie de atenciones, las cuales no se dan en otros entornos. Señalamos a continuación algunas de las necesidades que se plantean, teniendo en cuenta la gran variedad y cantidad de información generada, y buscando la mínima atención del usuario en tareas rutinarias.

Tenemos pues, que además de las características exigibles a cualquier red de datos, deberemos considerar una estructura lo suficientemente flexible para:

- Permitir la conexión de distintos modelos, en fabricante y versión, de aparatos médicos, permitiendo así la actualización y expansión del sistema.
- Permitir la conexión en caliente, de forma que sea posible la modificación de la monitorización del paciente con la incorporación o eliminación de dispositivos
- Reconfiguración automática de la red ante la conexión o desconexión de dispositivos. Esta capacidad “plug and play” implica que el sistema debe ser capaz de relacionar automáticamente cada dispositivo con la cama o el paciente al que ha sido conectado, sin demandar ninguna acción especial por parte del usuario.
- Permitir la configuración de los distintos dispositivos presentes en las unidades ofreciendo interface uniforme para todos ellos.

- La red local debería admitir la conexión con otras redes hospitalarias, y por lo tanto de sus bases de datos, para posibilitar la futura incorporación de información procedente de otros servicios, como datos administrativos, de laboratorio o imágenes
- Recuperación automática frente a fallos, que deben tener el mínimo impacto en el comportamiento final del sistema, mediante por ejemplo, el almacenamiento local de la información frente a un corte de las comunicaciones.
- Indicación de desconexión intencionada para evitar la generación de alarmas asociadas al mal funcionamiento de los dispositivos o las comunicaciones.

La idea de crear un estándar de LAN (Local Area Network) específico para su funcionamiento en el área intensivista. Ésta es la tercera iniciativa que se ha planteado para el diseño de sistemas centralizados. Con este objetivo se creó en 1984 un comité del IEEE, concebido dos años antes por miembros de AMIA (Gardner y Shabot). El proyecto denominado IEEE P1073 Medical Information Bus (MIB) incluía la definición de las siete capas del modelo OSI (Open System Intercommunication) de las ISO (International Standard Organization).

Los estándares propuestos para las capas inferiores descritos en los documentos IEEE 1073.3.1 y 1073.4.1 han sido aprobados en 1994, y adoptados íntegramente por el ANSI (American National Standard Institute). Estos documentos se están usando de base para el desarrollo del

estándar europeo CEN TC251. Del mismo modo otros países como Canada y Australia proyectan adoptar también este estándar.

Las capas superiores son las encargadas de la comunicación de los datos, contenido, formato y sintaxis del mensaje. Dada la gran cantidad de tipos de información y la abundancia de ésta, en estas capas es en las que han aparecido los mayores problemas para alcanzar un consenso que defina el estándar.

Aunque el estándar propone, en estas capas, su propio lenguaje para las comunicaciones, el MDDL (Medical Data Device Language), este no se ha desarrollado de forma aislada sino que se ha tenido en cuenta la contribución de otras organizaciones y equipos dedicados al desarrollo de estándares médicos, de esta forma la versión final soportará el uso de HL7.

El HL7 fue fundado en 1987 y su objetivo es el desarrollo de estándares para el intercambio electrónico de información clínica que incluiría además de la propiamente clínica, información administrativa y económica. Su nombre viene, de hecho, de que únicamente describe la última capa del modelo OSI, es decir, capa de aplicación (nivel 7).

Como se ha visto, aunque hemos descrito el estándar desarrollado por el IEEE, cada país o comunidad está desarrollando sus propios estándares en este campo ante la necesidad de uniformizar la comunicación de los dispositivos médicos. También se han propuesto otros estándares orientados a uniformizar el formato o los intercambios de información médica de todos los tipos. Algunos otros ejemplos se describen en la siguiente tabla

Health Level-7	Para intercambio de datos entre sistemas de información clínica.
X12N	Para intercambio seguro de datos y manejo de información médica.
DICOM	Para intercambio de imágenes médicas.
ASTM	Para el intercambio de mensajes sobre observaciones clínicas, lógica médica y señales electrofisiológicas. Hay otros standards sobre identificadores clínicos, funcionalidad del sistema, etc.
NCPDP	Para intercambio de información sobre standards de procesamiento de datos para el sector de servicios de farmacia de la industria médica.
IEEE	Para standards sobre dispositivos médicos y en general "framework".
Clinical Context Object Workgroup	Para la coordinación de standards entre aplicaciones múltiples en una estación de trabajo. Las aplicaciones que participan deberán enlazarse para conseguir la atención al paciente.

1.3 REQUERIMIENTOS TEMPORALES.

El proceso de monitorización y supervisión continua asociado a una UCI implica, como restricción fuerte, la necesidad de trabajar con información en tiempo real. En la práctica, este aspecto temporal afecta a todas las capas del sistema de información y, por lo tanto, a todos los procesos asociados. Tenemos así que contemplar la variable tiempo como un objeto más del sistema e integrarlo en las distintas tareas: *adquisición, manejo de la red, clasificación, “scheduling” de tareas en red, almacenamiento en la base de datos, explotación, diseño de los procesos inferenciales, presentación, etc.*

Algunas características que presentan estos sistemas, en cuanto al problema temporal, podemos enumerarlas como [Laffey, 1991]:

- **No monotonicidad:** Las conclusiones válidas en el momento actual pueden dejar de serlo en algún momento posterior. Hay que prever mecanismos de mantenimiento de la coherencia en la base de conocimiento y en las bases de datos.
- **Operación continua:** La necesidad de estos sistemas de permanecer activos durante largos períodos de tiempo nos obligará a hacer consideraciones de aprovechamiento de la memoria y recuperaciones frente a fallos que garanticen la robustez del sistema.
- **Capacidad de reacción frente a eventos asíncronos:** Es preciso que el sistema sea capaz de detener su razonamiento para asimilar las consecuencias de un evento, como puede ser una alarma, modificando en ocasiones el scheduling propuesto.

- **Datos inciertos o inválidos:** la interacción directa con el entorno va a provocar, inevitablemente, ruidos en el funcionamiento de los sensores instrumentales que deben ser detectados e interpretados adecuadamente.
- **Alto rendimiento:** El sistema debe poseer suficiente velocidad de funcionamiento como para poder responder a las restricciones temporales que marcan la ejecución de las tareas de monitorización.
- **Razonamiento temporal:** Estos sistemas deben ser capaces de razonar con la componente temporal de la información ya que los análisis, frecuentemente, estarán basados en acontecimientos anteriores a los actuales o deberán correlacionarse temporalmente.
- **Focalización de la atención:** Deben existir mecanismos para centralizar la atención del sistema en la resolución de los problemas más urgentes desviando hacia ellos la utilización de recursos y optimizando de esta forma su uso.
- **Tiempos de respuesta garantizados:** El sistema experto debe ser capaz de garantizar una respuesta útil antes de un tiempo máximo prefijado.

El primer problema diferencial que surge al desarrollar este tipo de sistemas es la necesidad de representar el tiempo como un elemento más de análisis. La consideración de la existencia del tiempo tendrá enormes consecuencias, no sólo en la representación del conocimiento, sino en el razonamiento que hagamos con él. De esta forma, en estos sistemas no es suficiente con representar que un paciente tiene un síntoma, es necesario también

representar cuando comienza y finaliza éste o su persistencia, posibilitando una comparación la información dentro de su contexto temporal.

Para poder fijar un contexto temporal con el cual poder razonar, debemos asignar a cada hecho uno o varios parámetros temporales, como pueden ser la fecha de inicio y su duración. [MacDermott, 1982] y [Allen, 1983] propusieron sendas representaciones temporales como instantes y como segmentos respectivamente. [Tsang, 1987] ha mostrado que ambas representaciones son en realidad equivalentes lo que, naturalmente, significaría que cualquier relación temporal puede ser expresada en función de la otra y viceversa.

El contexto temporal de la información médica influye en el resultado del razonamiento ya que de los mismos síntomas se pueden derivar distintas patologías en función de si estos se presentan simultáneamente o en alguna otra pauta temporal. También nos permite, sobre un proceso de monitorización continua, desechar aquella información que dado su tiempo de validez (latencia) ha dejado de tener sentido. Finalmente, podemos también ordenar temporalmente las mediciones, y de esta forma realizar un análisis de la evolución del paciente.

El razonamiento de un sistema para llegar a una conclusión se puede entender como una evolución entre una serie de estados parciales de conocimiento. El objetivo de cualquier sistema experto sería encontrar un camino que relacione el estado inicial con un estado final o conclusión. Salvo en aquellos casos de problemas sencillos, el diagrama de estados se puede ampliar rápidamente en lo que se denomina explosión combinatoria [Simons, 1987], de forma que no es posible recorrerlo en su totalidad para

hallar la solución óptima. Como consecuencia, se deben aplicar unos criterios de poda en el árbol de razonamiento que permitan eliminar aquellas ramas o segmentos que resulten menos prometedores. Tales algoritmos deben garantizar que existe al menos una solución dentro del subárbol elegido [Barr, 1981] [Winston, 1979] [Raphael, 1976] [Nilsson, 1987].

El hecho de introducir el tiempo en el razonamiento complica no sólo el tamaño del árbol sino la validez de las conclusiones obtenidas, por este motivo, para tratar con el tiempo como una variable más del problema se desarrollaron estrategias de razonamiento específicas como el razonamiento temporal, en tiempo crítico o el interrumpible y sobre todo las estrategias de mantenimiento de la verdad asociadas a la no monotonicidad del razonamiento que siempre debe ser tenido en cuenta en sistemas que tomen el tiempo en consideración.

El tiempo no es único parámetro que influye en el razonamiento, el hecho de trabajar en medicina con información imprecisa nos lleva a tratar el tema del razonamiento con incertidumbre. Finalmente, la posibilidad de trabajar con modelos parciales o con reglas heurísticas de decisión, plantea la disyuntiva del uso de razonamiento basado en conocimiento profundo o superficial.

1.4 REQUISITOS ASOCIADOS AL TIPO DE INFORMACIÓN

Hemos visto que un problema importante en los sistemas de análisis de la información biomédica es el manejo de la variable temporal de la información, que determina en muchos casos la estructura de las comunicaciones. Un segundo aspecto lo constituye el tipo de información con la cual se trabaja, esto es, el tipo de datos. En una primera aproximación podemos considerar los siguientes tipos:

- Datos alfanuméricos (edad del paciente, nombre, etc).
- Series temporales de parámetros fisiológicos (ECG, EEG, PIC, etc).
- Imágenes digitales de Radiografías, TACs, RNM, etc, con resoluciones entre 1000x1000 y 2000x2000 pixeles y entre 256 y 4096 colores por imagen.
- Video y Audio para videoconferencia.
- Vídeo para diagnóstico de ecografías, visualización de microscopios, etc; con resoluciones entre 320x200 hasta 2000x1000 pixeles a velocidades entre 10 y 30 frames/segundo.

A la hora de transmitir en red toda la información, en un proceso de operación continua, y dado el volumen de datos manejado (mas de treinta variables con latencias de 5 a 10 minutos), es necesario plantearse mecanismos de compresión de la información, manteniendo obviamente las

capacidades de diagnóstico ya sea por parte del clínico como de los sistema de ayuda a la toma de decisiones.

A continuación veremos algunos caso imágenes médicas en formato digital, este caso, sin ser el más grave, es importante tenerlo en cuenta a la hora de realizar su transmisión a través de una red de comunicaciones. Por ejemplo, una radiografía digitalizada es normalmente de alrededor de $2000 \times 2000 \times 12$, esto es 12 bits por pixel con una área cuadrada de 2000 pixels. La capacidad necesaria para almacenar tal imagen está sobre 6 Megabytes (Mb). En contraste con una tomografía computerizada que sólo requiere aproximadamente $512 \times 512 \times 12$, o lo que es lo mismo 400 kilobytes (Kb). Las imágenes en color requieren una mayor profundidad de bit, alrededor de 24 bits por pixel, para representar transiciones de color suaves. Afortunadamente, las imágenes clínicas o imágenes histopatológicas pueden estar alrededor de la resolución de la televisión para la mayoría de los propósitos, es decir a $800 \times 600 \times 24$, requiriendo casi 1,5 Mb por imagen.

Para tratar de evitar en lo posible los retrasos producidos en la transmisión de las imágenes, se usan técnicas de compresión de datos. Dichas técnicas reducen el tamaño de imágenes y vídeo a almacenar y por tanto a transmitir. Existen dos tipos generales de compresión de imágenes: con pérdida, y sin pérdida.

En general, los métodos de compresión sin pérdida pueden comprimir los datos aproximadamente en un porcentaje de 2:1 de media. La compresión sin pérdida garantiza que el proceso de comprimir y descomprimir una imagen no cambiará la imagen de ninguna forma (todos los pixels tendrán el mismo valor antes y después de la compresión). Aunque teniendo la

memoria necesaria para almacenar y transmitir la imagen es una buena técnica, se pueden alcanzar mejores tasas de compresión usando compresión con pérdida.

Las técnicas de compresión con pérdida alcanzan mayores tasas de compresión que métodos sin pérdida desechando alguna información de la imagen. Aunque esto pueda parecer alarmante al principio, la mayoría de técnicas de compresión con pérdida aprovechan el hecho de que el ojo humano perciba cambios pequeños de color con menos precisión que pequeños cambios en brillo. Por lo tanto, con quitar pequeñas diferencias en colores de pixel se pueden conseguir tasas de compresión mucho mayores, normalmente en el rango de 10:1 a 20:1 sin mucha pérdida en la calidad de la imagen. La cantidad de compresión, y por tanto degradación de la imagen, puede ser seleccionada por el usuario.

La técnica de compresión con pérdida más usada es el mecanismo de compresión de imágenes *Joint Photographic Expert Group* (JPEG) [Wallace, 1991]. La compresión JPEG se ha usado para teleradiología y para archivos de imágenes y sistemas de recuperación [Kajiwara, 1992]. La norma técnica de compresión JPEG comprime la imagen entera usando el mismo factor de compresión, indiferentemente de regiones de interés que un medio quiera almacenar con mayor calidad. Existen otros métodos de compresión con pérdida pero la mayor parte de ellos están basados en la misma técnica básica que el algoritmo JPEG (la transformada discreta del coseno). Algunas variaciones de compresión con pérdida han sido adaptadas para imágenes de radiografías usando compresión con pérdida para áreas de

alto contraste que no afectarán significativamente a la pérdida de información [Wilson, 1992].

El caso más problemático es el de transmisión de vídeo, principalmente en tiempo real. Para la compresión de vídeo en formato digital existen varios algoritmos ampliamente estandarizados (todos ellos con pérdida, en mayor o menor medida) y difundidos, por ejemplo, dentro de los algoritmos más clásicos tenemos MPEG 2 [RFC 2038, 2250, 2343] con compresión dentro de cada frame y M-JPEG [RFC 2035, 2435], hasta un ratio de 20:1, sin compresión entre frames. Este algoritmo proporciona una gran calidad de imagen con resoluciones comprendidas entre 352x288 y 1920x1152 pixels, permitiendo hasta 30 frames/seg; sin embargo, su transmisión tiene un coste muy alto. Uno de los nuevos algoritmos de compresión disponibles es el H.263 [RFC 2032], inicialmente ideado para trabajar directamente sobre enlaces RDSI (H.261) y modificado posteriormente para su utilización sobre TCP/IP; con este algoritmo se consiguen resoluciones de 180x144 y 1408x1152 y hasta 32 pantallas/segundo. La principal ventaja de este protocolo es su flexibilidad en la regulación del nivel de compresión, consiguiendo una calidad ligeramente inferior a MPEG 2 con un consumo de 1.5 Mbps de ancho de banda. Otro algoritmo actualmente en desarrollo es MPEG4, que consiguen un nivel de compresión muy alta, si bien hacen prácticamente inviable la compresión en tiempo real como es nuestro caso.

Un problema asociado a la compresión de vídeo e imágenes es la pérdida de calidad de la compresión y sus repercusiones en el diagnóstico clínico. Una técnica de compresión con pérdida puede potencialmente reducir una imagen de radiografía de 6 Mb a 600 Kb con sólo una pequeña pérdida de

calidad. Una imagen descomprimida tardaría 12,5 minutos en transmitirse usando una conexión RDSI de 64 Kbps (asumiendo un 100% de eficiencia), pero si comprimimos a 10:1 usando compresión con pérdida el tiempo requerido para transmitir bajará a 1,5 minutos. Sin embargo, esto tiene el inconveniente de la degradación de la imagen.

El efecto de la compresión con pérdida en el caso de diagnósticos clínicos ha sido estudiado en algunas áreas. Tasas de compresión alrededor de 10:1 hasta 20:1 [Aberle, 1993] no cambian la detección de anomalías en radiografías torácicas y scanners CT, o en radiografías de la mano [Sayre, 1992]. Al menos un estudio ha mostrado que hay una disminución significativa en la exactitud del diagnóstico cuando se interpretan en pantalla imágenes de radiografías de fracturas ortopédicas sutiles [Scott, 1993]. Estos resultados indican que otras investigaciones requieren ver que clases de imágenes son factibles para compresión con pérdida sin pérdidas significativas de información para el diagnóstico.

Hay algunas evidencias claras de que métodos de compresión con pérdida en telemedicina no afectarían a la exactitud del diagnóstico de imágenes en consultas remotas como para ultrasonografía [From, 1993], dermatología [Perednia, 1992], histopatología [Weinstein, 1992], y otras disciplinas clínicas.

Planteándonos la utilización de redes WAN (Wide Area Network) sobre TCP/IP, el protocolo más extendido actualmente en parte gracias a ser el utilizado en Internet, una problema muy importante es el de la gestión del ancho de banda. En cualquier sistema de telemedicina, es preciso, además de un sistema de videoconferencia que podemos considerar ya clásico

(sistema de pizarra, vídeo y sonido), el envío a través de las líneas de comunicaciones de información médica en tiempo real. Esto se agrava en el caso donde las necesidades de información entran dentro de lo que llamamos “Tiempo real duro” [Stankovic, 1988], por ejemplo en una Unidad de Cuidados Intensivos, siendo necesarios continuamente nuevos datos sobre los parámetros vitales del paciente (Frecuencia Cardíaca, Presión Arterial, Presión Venosa Central, Presión Intracraneal, etc).

Las dificultades para realizar esta implementación son muy diversas, si bien una de las más importantes es la necesidad de gestionar el ancho de banda del que se dispone dentro de la red de comunicaciones. Claramente se puede ver en nuestro caso la obligación de otorgar prioridad de envío a los datos provenientes de los aparatos de adquisición sobre el vídeo y el sonido, especialmente en estados de alarma. Esto que conceptualmente es evidente, no es sencillo cuando utilizamos un protocolo de comunicaciones como TCP/IP, en donde no existen esquemas claros para regular el reparto de ancho de banda entre los puertos (“sockets”) abiertos de comunicación, y donde la mayoría de este trabajo habrá que realizarlo en el nivel de aplicación.

Una opción interesante es el protocolo H.323 que incorpora los estándares H.263 y G.711, para vídeo y sonido respectivamente, y T.120 para el envío de datos alfanuméricos, todo ello trabajando sobre el protocolo TCP/IP. Además, diversas implementaciones de este standard permite la gestión del ancho de banda de la red, pudiendo prever la ocupación de red a partir de unos límites marcados en la calidad de la imagen.

La problemática más grave surge sobre todo con la necesidad, en ciertas aplicaciones médicas, de transmitir vídeo en tiempo real para diagnóstico. Esto conlleva una serie de problemas pues:

- Las resoluciones necesarias en la imagen, del orden de 1000x1000 ó 2000x2000 puntos, así como la velocidad de movimiento, entre 10 y 30 pantallas/segundo, hacen de este tipo de transmisión algo prácticamente inviable sea cual sea el algoritmo de compresión utilizado. La única solución pasaría por la utilización de tecnologías de última generación como puede ser ATM (hasta 622 Mbps) o Gigabit Ethernet (1000 Mbps).
- Los algoritmos más utilizados actualmente, que podemos denominar estándares clásicos de compresión de vídeo, como pueden ser el MPEG, MPEG2, M-JPEG, si bien consiguen una gran calidad, consumen gran cantidad de ancho de banda en las líneas de datos. De esta forma, su utilización en redes WAN implicaría unos costes altísimos.
- Otros algoritmos, como puede ser el standard H.323, preparado para trabajar en LAN, consigue reducir drásticamente el ancho de banda consumido, sin embargo, la calidad de imagen que se consigue es todavía inferior a los anteriores y existe gran cantidad de diagnósticos que no podrían realizarse. Otro caso es el MPEG4, con calidad muy superior y consumo de ancho de banda inferior a las anteriores versiones, si embargo la complejidad de algoritmo lo hace muy complicado para su utilización en entornos de tiempo real.

1.5 TECNOLOGÍAS DE COMUNICACIONES

Anteriormente nos hemos centrado en los mecanismos y algoritmos aplicables a los datos a transmitir por las líneas de comunicación, algo que nos puede permitir aprovechar el ancho de banda disponible según la tecnología utilizada; aquí nos centraremos en las distintas tecnologías disponibles actualmente y las importantes implicaciones que esto supone a la hora de implementar aplicaciones en Telemedicina. La Telemedicina concierne sobre todo a la transmisión de datos médicos entre áreas rurales y urbanas, así es importante que la tecnología aproveche las ventajas de las infraestructuras de comunicaciones existentes para ser efectiva económicamente. Es importante recordar que en todos los casos es preciso priorizar el envío de los datos, de forma que los necesarios y prioritarios en cada momento para el diagnóstico se reciban en cualquier situación de emergencia que los requiera.

En primer lugar tenemos que tratar la situación más precaria, es decir, una simple línea telefónica analógica (RTC) [Ramamritham, 1988]. En este caso la capacidad es muy limitada (56Kbps) con lo cual solamente podremos transmitir información en tiempo real que tenga una baja ocupación como pueden ser las señales fisiológicas y datos alfanuméricos. Asimismo será posible de disponer de imágenes para diagnóstico pero en ningún caso en tiempo real, además, el retraso en el envío será importante, siendo en la práctica inutilizable el sistema cuando se precisen imágenes médicas de una alta calidad. Esta sería la situación más precaria para un sistema de

Telemedicina, si bien es necesario contemplarla por ser la tecnología de comunicaciones más extendida y que estará disponible en casi todos los casos.

Una posibilidad, también con un precio abordable, es RDSI (128Kbps) [Weinstein, 1993]. La Red Digital de Servicios Integrados (RDSI) mejora el ancho de banda potencial de comunicación para transmisión de datos digitales de un punto a otro, en gran parte, usando conmutadores telefónicos y cableado ya existente. Aunque el costo de la RDSI ha frenado su expansión entre ordenadores de usuarios situados en el hogar (comparado con modems) esta tecnología es un medio más adecuado para la telemedicina. El acceso básico RDSI proporciona 64 Kbps para la transmisión de datos, y dos líneas de voz. Además, se pueden agregar más líneas RDSI para proporcionar un mayor ancho de banda, así dos líneas permitirán comunicaciones de 128 Kbps, con dos canales separados, siendo un pequeño avance desde la perspectiva de reparto en el ancho de banda según el tipo de tráfico de datos existente. En este caso podremos disponer, además de la información enumerada en el caso de RTC, de un sistema de videoconferencia con una velocidad aceptable; sin embargo, es de hacer notar que la calidad de vídeo proporcionada no será adecuada para diagnóstico en la mayoría de las situaciones.

Cuando se disponga de líneas que podemos denominar de velocidad “media”, como es el caso de líneas Punto a Punto, Frame Relay (2Mbps) y la nueva tecnología ADSL (tecnología asimétrica en la transmisión, pues permite entre 1,5Mbps y 6Mbps para recepción de datos y entre 16Kbps y 640Kbps para transmisión). Para la mayoría de las aplicaciones médicas la

doméstico, tal es el caso de la mencionada RDSI o la tecnología ADSL. Sin embargo, hoy por hoy, solamente tecnologías de comunicaciones como puede ser ATM posibilitarían una implementación total de aplicaciones médicas a distancia.

La tecnología de gestión de redes incrementa, también, su velocidad con rapidez. La conversión de sistemas telefónicos de hilos de cobre en cables de fibra óptica, la proliferación de la telefonía móvil, transmisión por satélite, el uso de ATM (Modo de Transferencia Asíncrona) como tecnología de gestión de redes, son todos ellos parámetros a tener en cuenta en el futuro de las comunicaciones. Esta mejora en las comunicaciones va a permitir el uso de intercambios de gran cantidad de información o la colaboración entre clínicos, la consulta remota de los pacientes, la navegación anatómica en entornos 3D de calidad, etc.

1.7 REFERENCIAS

B.M. Dawant, S. Uckun, E.J. Manders, D.P. Lindstrom, "The SIMON Project", IEEE Eng. In Med. And Biol., 12 (4), 82-91, 1993.

J. A. Taboada, B. Arcay, J. E. Arias, Real time monitoring and analysis via the medical information bus. Part I, Medical & Biomedical Engineering. & Computing, 26 (5), 557-561, 1998.

J. A. Taboada, B. Arcay, J. E. Arias, "Real time monitoring and analysis via the medical information bus. Part II", Medical & Biological Engineering & Computing, 26 (5), 557-561, 1998.

J.A. Stankovic, Ramamritham, “Hard Real-Time Systems: A Tutorial” (Washington D.C.: Computer Society Press, IEEE, 1988).

M. Rezazadeh, N. E. Evans, Remote vital-signs monitor using a dial-up telephone line, *Med. & Biol. Eng. & Computing*, 26 (5), 557-561, 1988.

E. Bozios, G. Pangalos, A. Pomportsis, “Evolution of hospital communication systems towards multimedia applications”, *Medical Informatics*, 20 (1), 53-66, 1995

J. L. Laffey. “El experto en tiempo real. Binary” , Junio, pp. 110-115, 1991.

D. Mac Dermott. “A temporal logic for reasoning about processes and plans”. *Cognitive Sciences* 6 pp.101-155, 1982.

J. F. Allen. “Maintaining Knowledge about temporal intervals”. *Communications of the ACM* 26(11), pp 832-843, 1983.

E. P. K. Tsang. “Time structures for AI”. *Proc. Int Joint Conf. Artificial Intelligence*, pp. 456-461, 1987.

G.L. Simons. “Introducción a la Inteligencia Artificial”. ed. Diaz de Santos, ISBN 84-86251-54-0, 1987.

B. Raphael. “The Thinking Computer: Mind Inside Matter”, W H Freeman, San Francisco, 1976.

N.H. Nilsson. “Principios de Inteligencia Artificial”, ed Diaz de Santos S.A., Madrid, 1987.

- A. Barr, E.A. Feigenbaum. "The handbook of Artificial Intelligence", Volume 1 Pitman, 1981.
- P.H. Winston. "Artificial Intelligence", Addison Wesley, 1979.
- G.K. Wallace, "The JPEG Still Picture Compression Standard". Communications of the ACM, 34(4):30-44, 1991.
- D.L. Wilson, "Compressed radiological images and workstation viewing", Journal of Digital Imaging, 5(3):168-75, 1992.
- K. Kajiwara, "JPEG compression for PACS", Computer Methods and Programs in Biomedicine, 37(4):343-51, 1992.
- D.R. Aberle, F Gleeson, et al. "The effect of irreversible image compression on diagnostic accuracy in thoracic imaging", Investigative Radiology, 28(5):398-403, 1993.
- J.W. Sayre, BK Ho, et al. "Subperiosteal resorption: effect of full-frame image compression of hand radiographs on diagnostic accuracy", Radiology, 185(2):599-603, 1992.
- W. Scott Jr., J.E. Rosenbaum, et al. "Subtle orthopedic fractures: teleradiology workstation versus film interpretation", Radiology, 187(3):811-5, 1993.
- S. From, L.A. Stenvold, and T. Danielsen, "Telemedicine services integrated into a health care network-analysis of communication needs in a regional health care system", Teletronikk, 89(1):12-22, 1993.

D.A. Perednia, J.A. Gaines, and A.C. Rossum, "Variability in physician assessment of lesions in cutaneous images and its implications for skin screening and computer-assisted diagnosis", *Archives of Dermatology*, 128(3):357-64, 1992.

R.S. Weinstein, K.J. Bloom, E.A. Krupinski, and L.S. Rozek, "Human performance studies of the video microscopy component of a dynamic telepathology system", *Zentralbl Pathol*, 138(6):399-403, 1992.

S. Akelsen S, A.K. Eidsik, T. Folkow, "Telemedicine and ISDN. *IEEE Communications Magazine*", 31 (1): 46-51, 1993.

W. R. McDermott, J. L.Tri, et al., "Optimization of wide-area ATM and local-area ethernet/FDDI network configurations for high-speed telemedicine communications employing NASAs ACTs", *IEEE Network*, 13 (4): 30-38, 1999.