

Señales y ayuda

ALONSO ALONSO ALONSO*

Los agentes de la esperanza

Resulta descorazonador imaginar el sentimiento de desengaño que sufren muchas personas afectadas, de uno u otro modo, por alguna discapacidad o dolencia, cuando el médico les informa de que su mal no tiene cura. No deja de ser injusto para la propia ciencia que se la contemple entonces como un artificio inútil, algo destinado en todo caso a producir superfluos bienes de consumo. No es así.

Otras veces, la incapacidad de los investigadores para paliar las desgracias humanas no es sino consecuencia de un

equivocado enfoque del problema. Las enfermedades neurodegenerativas como el parkinson o el alzheimer, las lesiones medulares, las discapacidades psíquicas, etc., no son un mero problema biológico. Las circunstancias personales y familiares de los enfermos, sus miedos, los problemas cotidianos y la desesperación no son efectos que puedan solucionarse en un laboratorio de investigación. Por lo tanto, dejaremos aparte este importante aspecto de toda enfermedad, reconociendo que la ciencia, aunque poderosa, no es un instrumento que pueda garantizar la felicidad.

* Director del Departamento de Teoría de la Señal y Comunicaciones e Ingeniería Telemática. Profesor Titular de la Universidad de Valladolid. E.T.S. Ingenieros de Telecomunicación.

¿Pueden los avances científicos en los campos de la biología molecular, la medicina, la genética, y la bioingeniería llegar a resolver la mayoría de los problemas que las dolencias incapacitantes producen?. Naturalmente que sí. Mi punto de vista particular, como ingeniero de telecomunicación, es el de la ingeniería biomédica. Desde esta perspectiva puede contemplarse la medicina convencional como una ciencia perezosa e ineficiente, incapaz de competir con los avances de la técnica y la electrónica, pero también con los de la ingeniería genética y otras disciplinas emparentadas con las ciencias químicas. Entonces, el ingeniero se siente poderoso, cargado de razones y de futuro, depositario de las mejores esperanzas.

Pero la medicina es algo más; como ciencia, ha sabido además estar más cerca de las personas que ninguna otra disciplina; hablando con los pacientes, sufriendo con ellos y, en fin, actuando algunas veces sobre algo que la tecnología es incapaz de percibir: el espíritu.

Seamos pues justos con la medicina, que ha progresado más de lo que el ingeniero habitualmente piensa y que es, simplemente, tan importante como cualquier enfermo puede sentirla.

Volvamos ahora al ingeniero arrogante, acostumbrado al vertiginoso progreso de la electrónica, la telemática y las comunicaciones, y pongámoslo en su lugar. ¿Cómo es posible que la avanzada tecnología actual no haya producido y difundido muchas más soluciones sencillas que mejoren la vida de los discapacitados?. A cualquiera puede resultarle sorprendente ver en las noticias de televisión que un guardia civil, en sus horas libres, desarrolló una invención útil para la comunicación de personas discapacitadas basada en una aplicación trivial para un técnico. Pero entonces, si era tan sencillo,

¿por qué no estaba ya hecha y comercializada?. Es posible que la falta de contacto entre los ingenieros y los discapacitados y su tradicional orientación profesional hacia aspectos productivos y de consumo tenga mucho que ver con ello.

La habitual vida ajetreada de los ingenieros aleja a éstos de una posible vocación por el trabajo en la ingeniería de rehabilitación y asistencias técnicas. Además, en España la ingeniería biomédica no es una titulación diferenciada y, a decir verdad, nuestro país carece de grupos de investigación o instituciones que aborden proyectos de cierta entidad en este campo. Es demasiado fácil encontrar aún aquí un tema de ingeniería biomédica en el que no esté trabajando nadie más. En otras partes del mundo, más ricas y tecnológicamente avanzadas, la escasez de resultados prácticos es, sencillamente, decepcionante y casi inexplicable.

Podríamos concluir pues, que aunque la tecnología existente es suficiente para llegar mucho más lejos en avances de rehabilitación y asistencias técnicas, en la práctica únicamente se aplica una mínima parte de ese potencial.

El horizonte de realizaciones de las Tecnologías de Rehabilitación en Ingeniería Biomédica

La extensión de este documento sólo me permite comentar desde un punto de vista divulgativo las diferentes líneas de actuación posibles en ingeniería biomédica, que un ingeniero de un departamento como el de Teoría de la Señal y Comunicaciones e Ingeniería Telemática, al cual pertenezco, podría abordar, conforme a su preparación básica. Desgraciadamente pocos de nuestros profesores se dedican a líneas de bioingeniería y de telemedicina, y es nula la docencia que

se imparte sobre el tema en la Universidad de Valladolid.

Debido a mi trayectoria como investigador en este campo en general, y en el campo de las Tecnologías de Rehabilitación en particular, he podido reunir cierta cantidad de información sobre el estado y las perspectivas de muchos proyectos de investigación y de desarrollo. Me propongo compartir con ustedes mis personales y escuetas conclusiones acerca de lo que se hace hoy día y de lo que es posible esperar en un futuro a medio plazo en este campo, priorizando en interés las líneas dedicadas a Asistencias Técnicas y Tecnologías de Rehabilitación.

Siguiendo este criterio podríamos considerar las siguientes aplicaciones:

- Comunicaciones adaptadas y teletrabajo.
- Adaptación del entorno y mejora de la movilidad.
- Mejoras diagnósticas. Nuevos medios diagnósticos y diagnóstico precoz.
- Prótesis mioeléctricas.
- Electroestimulación.
- Control cerebral directo.
- Telemedicina y telecontrol de ancianos y discapacitados.

En cada una de estas aplicaciones podrían citarse numerosos desarrollos prácticos que excederían la extensión de estas líneas. Nos limitaremos a presentar algunos ejemplos significativos de soluciones e indicaremos cuáles son los problemas generales que les afectan y cuáles sus posibles vías de mejora. Entenderemos entonces el enorme trabajo de ingeniería que supone la consecución de cada objetivo.

Existen actualmente numerosos dispositivos capaces de ayudar a los sordos a comunicarse y a percibir mejor su entorno:

utilizar un teléfono especial con pantalla del texto, televisión subtitulada, alarmas visuales que sustituyen a las acústicas, etcétera. Otro tanto podríamos comentar de las personas ciegas. Los tetrapléjicos, e incluso toda la población en general, pueden beneficiarse de sistemas de comunicación oral con el ordenador. Multitud de pequeñas invenciones, aunque habitualmente costosas y poco difundidas, pueden ayudar hoy día a muchas de estas personas. Pero lo más interesante es saber algo sobre las soluciones tecnológicamente más prometedoras y avanzadas.

Las personas ciegas observan actualmente con interés el desarrollo de prótesis visuales experimentales que consisten, fundamentalmente, en una cámara capaz de recoger las imágenes en un módulo de procesado de la señal que interpreta y transforma convenientemente las señales de la cámara, y en un conjunto de electrodos que se disponen sobre la corteza visual del paciente.

De manera similar, para muchos sordos con el nervio auditivo intacto, la mejor solución actual consiste en realizar implantes cocleares. Con ellos, las señales de un micrófono se descomponen en componentes frecuenciales y se codifican en una manera conveniente para excitar las terminaciones nerviosas que permanecen intactas en la cóclea del paciente.

Las prestaciones actuales de los equipos citados son muy mejorables, sobre todo en el primer caso, donde la resolución de la imagen conseguida es extremadamente pobre. Las líneas de trabajo que deben abordar la solución a las limitaciones de estos dispositivos apuntan en primer lugar hacia la mejora en la preparación de las señales registradas por los dispositivos electrónicos

que sustituyen a los sentidos naturales. El procesamiento de la señal depende de complicados algoritmos capaces de identificar ciertos patrones y que deben operar en tiempo real. Cuanto más complicados son los algoritmos, más eficaces resultan, pero también son más difíciles de realizar en tiempo real. A medio plazo, y teniendo en cuenta la historia y el progreso en velocidad de los sistemas digitales, este aspecto debería dejar de ser un problema.

Otra línea de mejora apunta a la realización de un mayor número de conexiones y de mayor calidad entre los dispositivos electrónicos y el sistema nervioso humano. La confección de complicados racimos de electrodos biocompatibles y su ubicación adecuada y estable en relación con las terminaciones nerviosas parece un objetivo más complicado para alcanzar a corto plazo.

La tercera gran dificultad en cualquier sistema que comunique elementos electrónicos con tejidos humanos la constituye el desconocimiento a priori de cuáles son y cómo son las señales óptimas que deben transferirse a éste.

Existen también otras dificultades de tipo médico, como por ejemplo los métodos de introducción y asentamiento de las partes electrónicas que deben permanecer internas al paciente, pero estas dificultades no son tratadas directamente por los ingenieros, y pertenecen, como muchos otros, más bien al ámbito de un necesario trabajo interdisciplinar.

Revisemos ahora otras aplicaciones con limitaciones similares. Las prótesis mioeléctricas son, en general, sistemas electromecánicos externos controlados por el paciente mediante señales captadas de la actividad eléctrica de sus músculos (normalmente residuales). Estas prótesis

realizan, por ejemplo, las funciones de extremidades amputadas.

Los sistemas de electroestimulación pueden ir encaminados a suplir funciones perdidas por el paciente, debidas a interrupciones en la comunicación entre ciertos músculos del cuerpo y el sistema nervioso central. Ejemplos notables de estas aplicaciones se encuadran dentro de las técnicas FES o de electroestimulación funcional: bipedestación y deambulación en lesionados medulares, control de esfínteres, recuperación del uso de una mano paralizada, eliminación del temblor en el parkinson, etcétera. Actualmente se tiende al uso de sistemas implantados total o parcialmente dentro del individuo.

Otros sistemas de electroestimulación se aplican para disminuir o combatir dolores crónicos o para tonificar los músculos que están paralizados o con poca actividad; tal es el caso de los conocidos TENS, que suelen aplicarse mediante electrodos superficiales sobre la piel.

Tanto las prótesis mioeléctricas, que deben recoger señales procedentes de la actividad muscular, como los sistemas de electroestimulación funcional, implantados o aplicados sobre la piel, precisan tratar señales, bien extraídas del paciente o bien destinadas a ser inyectadas en él. Actualmente se tiende a utilizar las terminaciones nerviosas aferentes intactas como sensores naturales capaces de mejorar, mediante realimentación, el funcionamiento del FES. La colocación, naturaleza, número y forma de los electrodos está también siendo mejorada para conseguir mayor efectividad y fiabilidad de los sistemas y constituye, junto con la operación de implantación, el mayor obstáculo actual para la expansión del uso de estos sistemas.

Una de las aplicaciones más prometedoras para la solución de muchos problemas de

personas discapacitadas lo constituye el Control Cerebral Directo. Este concepto comenzó a estudiarse seriamente hace muy poco tiempo, aunque ya no es tan raro encontrarse buenos trabajos sobre el tema en revistas técnicas especializadas en bioingeniería. El Control Cerebral Directo consiste en extraer señales directamente de la corteza cerebral, procesarlas convenientemente e interpretarlas de modo que puedan traducirse en órdenes claras de actuación sobre el entorno. A la salida del procesador de señal se conecta un sistema de transmisión capaz de enviar estas órdenes hasta los objetos o aparatos de uso cotidiano que precisen ser controlados. Esta aplicación constituye uno de los desafíos más importantes para las técnicas de procesamiento de señal y extracción de patrones, donde se aplican algoritmos de clasificación no lineales y también métodos basados en redes neuronales e inteligencia artificial. Todos estos campos de trabajo están actualmente en gran parte controlados por ingenieros de telecomunicación e industriales.

Quiero destacar el enorme potencial de esta aplicación a largo plazo, que posiblemente pueda aplicarse con ventaja para aumentar incluso algunas funciones de personas completamente sanas.

Algunos ingenieros hemos trabajado también en la mejora de los medios diagnósticos convencionales utilizados en medicina y en la introducción de nuevos medios diagnósticos. De nuevo el procesamiento de señal y la extracción de patrones pueden utilizarse con ventaja para mejorar la capacidad de identificación de ciertos indicios patológicos sobre los trazados de electrocardiogramas, electromiogramas, electroencefalogramas y otras señales médicas. Se trata ante todo de facilitar la labor del médico, no de sustituirlo.

Nuestros trabajos han apuntado la posibilidad de ayudar al diagnóstico precoz de enfermedades neurodegenerativas como parkinson o alzheimer, procesando los trazados de electroencefalogramas. Se han realizado también trabajos muy esperanzadores sobre la ayuda al diagnóstico de la esquizofrenia. También hemos podido incrementar la capacidad de diagnóstico de la epilepsia sobre un trazado base de electroencefalogramas, donde habitualmente los especialistas médicos eran incapaces de observar ningún síntoma.

Las herramientas utilizadas son diversas, pero han demostrado ser muy adecuados el uso de la teoría del caos y dinámica no lineal y el análisis de los coeficientes de la transformada wavelet. Mi pequeño grupo de investigación ha conseguido además la implementación de nuevos sistemas útiles para el diagnóstico, como son un nuevo sistema de registro de vibración muscular y los sistemas de test para la valoración de capacidades cognitivas en esquizofrénicos.

Posiblemente, en un futuro, los sistemas automáticos de diagnóstico serán una herramienta muy útil en el uso diario de un médico. Los sistemas expertos actuales proporcionan ya, en algunos casos, unas notables prestaciones, pero sin duda aún son muy mejorables y en pocos años podremos ver los frutos del trabajo de numerosos grupos de investigación en este campo.

Mención aparte merecen los trabajos realizados sobre el análisis y mejora de imágenes médicas, también directamente relacionados con el uso de transformadas y otros procesados de señal. Algunos profesores de mi departamento trabajan en estas tareas.

No podemos dejar de comentar una línea muy interesante para el desarrollo de asistencias técnicas a discapacitados. Se trata de la adaptación del entorno y del diseño y construcción de medios que faciliten la movilidad del discapacitado. La generalización del popular mando a distancia para el control de los electrodomésticos y objetos de uso cotidiano (manejo de puertas, ventanas, persianas, etcétera) constituye una forma muy simple de ayudar a las personas ancianas, lesionados medulares y otras con cualquier limitación en su movilidad. Existen ya empresas especializadas en adaptar viviendas a los discapacitados, pero aunque las soluciones no son muy complejas, sí suelen resultar excesivamente caras para la mayoría de los potenciales usuarios.

Puede encontrarse en la actualidad una amplia variedad de sillas de ruedas que incorporan elementos que las hacen adecuadas para ser conducidas incluso por tetrapléjicos. Algunas de estas sillas, además, pueden estar preparadas para superar pequeñas barreras arquitectónicas y terrenos irregulares, otras pueden alzarse sobre dos ruedas y permanecer automáticamente en equilibrio, permitiendo así el acceso del usuario a lugares más elevados.

Mi grupo diseñó y patentó recientemente también una de estas sillas especiales. En este caso consistía en una silla de ruedas eléctrica capaz de guiarse por sí sola dentro de un entorno controlado como un hospital o una vivienda particular (una vez se le hacía saber a la silla el destino deseado, ésta se ponía en marcha hasta llegar a él, sin mayor intervención posterior por parte del usuario).

Es de esperar que, en el futuro, estas sillas de ruedas se conviertan en verdaderos elementos inteligentes, capaces de asistir ampliamente al usuario tanto en sus desplazamientos como en sus comunicaciones, e incluso puedan

incorporar todo un pequeño puesto de trabajo ofimático.

Por último, mencionaremos una aplicación que, partiendo del área de la telemática, constituye una de las ayudas más importantes con las que se puede dotar a una gran cantidad de ancianos enfermos crónicos y discapacitados que viven solos en sus casas; se trata del Telecontrol y de la Telemonitorización de las constantes vitales de estas personas desde el hospital. La tranquilidad que ofrecen estos sistemas a los usuarios, ya de por sí, mejora su calidad de vida. En un futuro próximo, cuando el ancho de banda de las comunicaciones sea mayor, este Telecontrol incorporará una posibilidad de comunicación multimedia que comprenda imágenes y sonidos, y quizá más tarde se podrán desarrollar sistemas de Teleasistencia que eviten que el enfermo tenga que desplazarse para recibir tratamiento.

Es difícil incluir más ejemplos en un espacio tan breve; pero de lo que no cabe ninguna duda es del hecho de la importancia de la intervención de los ingenieros conjuntamente con los médicos y rehabilitadores en el desarrollo de la mayor parte de los sistemas de apoyo a los discapacitados. La comunicación entre distintos sectores no ha sido siempre excesivamente fluida y ha mostrado la existencia de excesivos recelos entre ellos. Quizás la falta de avance en estos campos de la investigación se deba en gran parte a esas desconfianzas. No culpemos pues a la ciencia de los errores de los hombres y mantengamos la fe en su capacidad para resolver los problemas técnicos y médicos que limitan nuestra especie.