

Título: MODELADO Y CONTROL DEL PROCESO ANESTÉSICO MEDIANTE INFUSIÓN DE PROPOFOL Y REALIMENTACIÓN DEL ÍNDICE BIESPECTRAL

Nombre: REBOSO MORALES, HÉCTOR JAVIER

Universidad: Universidad de La Laguna

Departamento: INGENIERIA DE SISTEMAS Y AUTOMATICA Y ARQUITECTURA Y TECNOLOGIA DE COMPUTADORES

Fecha de lectura: 08/11/2012

Programa de doctorado: Física e Ingeniería

Dirección:

> **Director:** JUAN ALBINO MENDEZ PEREZ

Tribunal:

> **presidente:** LEOPOLDO ACOSTA SANCHEZ

> **secretario:** IVÁN CASTILLA RODRÍGUEZ

> **vocal:** Rosa María Aguilar China

> **vocal:** MIGUEL ÁNGEL MARTÍNEZ BOHORQUEZ

> **vocal:** JOSÉ MANUEL ANDÚJAR MÁRQUEZ

Descriptores:

> SISTEMAS DE CONTROL MEDICO

> SISTEMAS DE CONTROL

> ANESTESIOLOGIA

> ANESTESIOLOGIA QUIRURGICA

El fichero de tesis no ha sido incorporado al sistema.

Resumen: Objetivos

El objetivo de esta tesis es desarrollar estrategias de control avanzadas y novedosas que permitan el control automático del proceso anestésico en quirófano con fiabilidad y eficiencia, en intervenciones que hagan uso de fármacos intravenosos (propofol) y que requieran sedación total.

Como primera fase de esta tesis se establece el desarrollo de una plataforma de simulación del proceso anestésico basado en la infusión de propofol y monitorización del BIS, que nos permita ensayar diferentes estrategias de control y ajustar los parámetros de los controladores. A continuación, se desarrolla una aplicación software para la monitorización y control en tiempo real del sistema en lazo cerrado, implementando los controladores desarrollados en simulación.

Finalmente, la tesis tiene como objetivo validar en quirófano la bondad de los sistemas de control desarrollados, y poner a disposición de los anestelistas una herramienta de trabajo que les permita desarrollar el proceso anestésico con mayor fiabilidad, precisión y comodidad, al tiempo que minimiza el impacto en el paciente.

El empleo de estos controladores en lazo cerrado nos va a aportar ventajas significativas, como la posibilidad de prevenir sobredosis y la reducción del costo del proceso anestésico (optimiza la administración de la droga y disminuye el tiempo de recuperación posterior a la operación). Adicionalmente, al disponer de una herramienta como esta para el desarrollo del proceso anestésico, el anestelista podrá concentrarse en otros aspectos importantes para la seguridad del paciente.

Esta tesis se realiza en colaboración con el servicio de anestesia del Hospital Universitario de Canarias (HUC), donde se ha implementado y validado la plataforma desarrollada para la monitorización y control de la anestesia en pacientes.

Por tanto, de forma detallada los objetivos son:

1. Desarrollar un sistema de infusión automático controlado por objetivo para administrar anestésicos intravenosos mediante controladores en lazo cerrado. La droga utilizada será propofol.
2. Creación de una herramienta informática que permita monitorizar las variables que intervienen en el proceso y que además gestione la actuación sobre la bomba perfusora encargada de la administración de anestésico. La aplicación debe ser de fácil uso para el anestelista. Desde ella se ajustarán el modo de funcionamiento deseado (lazo abierto, lazo cerrado, tipo de controlador, etc.) así como los parámetros que definen cada uno de estos modos. La aplicación debe presentar de forma visual la evolución de las variables que intervienen en el proceso y además debe permitir registrar en fichero la evolución de las mismas.
3. Validación del modelo fisiológico no lineal con datos reales obtenidos de pacientes. Ajuste de los parámetros del modelo.
4. Estudio de la validez de aproximaciones lineales al modelo del paciente. Estas aproximaciones lineales estarán basadas en modelos paramétricos tipo ARMAX.
5. Diseñar algoritmos eficientes para llevar a cabo el control de índice BIS. Se pretende dotar a los algoritmos de cierta capacidad de autoajuste para adaptar los parámetros del proceso de infusión a cada paciente. Entre los controladores que se ensayarán se utilizarán inicialmente controladores basados en señales y posteriormente se evaluará la incorporación de controladores basados en modelos (control predictivo).
6. Diseño de un sistema de gestión de fallos en el sistema. Este sistema debe ser capaz de detectar anomalías en el funcionamiento de cualquiera de los dispositivos que intervienen en el sistema y activar una rutina de tratamiento de las mismas.
7. Implementación de un sistema de tolerancia a artefactos en las señales de BIS. Este sistema debe ser capaz de detectar y diagnosticar medidas erróneas debidas a eventuales artefactos durante el proceso. Además la rutina de tratamiento adecuada debe ser activada.

Resumen

En el capítulo 2 se describen de manera general los conceptos básicos que conforman el proceso anestésico. Se describen los distintos tipos de anestesia, profundizando en el concepto de anestesia total intravenosa (TIVA), en los indicadores utilizados para la medición de la anestesia y la analgesia, y en los fármacos utilizados en el proceso anestésico. En este capítulo también se aporta una visión general sobre los avances en la automatización de la anestesia clínica, poniendo especial énfasis en los instrumentos utilizados para la administración de los fármacos y para la monitorización de las señales utilizadas en el proceso de control.

El capítulo 3 aborda la problemática del modelado del proceso anestésico, prestando especial atención a los modelos farmacocinéticos (compartimentales) y a la farmacodinámica del sistema.

En el capítulo 4 se presenta una revisión del estado del arte de las técnicas de anestesia automática, profundizando en los conceptos de TCI (Target Controlled Infusion) y en las técnicas de control en lazo cerrado.

El capítulo 5 describe diferentes aproximaciones al modelado del sistema paciente. Aquí se exponen las aportaciones al modelado de la hipnosis desarrolladas en la presente tesis. Para la obtención del modelo del paciente se utilizan dos enfoques diferentes. Por un lado se aplican distintas metodologías de identificación de sistemas, con especial énfasis en las técnicas de estimación paramétrica. Por otro lado se utilizan los modelos farmacocinéticos y farmacodinámicos utilizados ampliamente en la literatura para representar al paciente. El capítulo comienza describiendo la metodología utilizada para el ajuste y validación de un modelo compartimental, continúa con el desarrollo de un modelo paramétrico para el proceso anestésico y finaliza con la presentación y análisis de los resultados obtenidos de identificación del modelo del proceso.

El capítulo 6 aborda el planteamiento de estrategias de control basadas en la realimentación del índice biespectral. Se describe la configuración hardware y software utilizada, y se profundiza en el diseño y ajuste de un controlador PID. A continuación se exponen y analizan los resultados obtenidos de la realización de un estudio clínico sobre 24 pacientes en el Hospital Universitario de Canarias.

En la segunda parte del capítulo se desarrolla el diseño y aplicación de un control PID con compensación del retardo basado en un predictor de Smith, presentando resultados obtenidos tanto de simulación como en quirófano.

El capítulo 7 trata sobre el control basado en modelos, comenzando con una introducción al control predictivo, para posteriormente centrarse en el control predictivo con dinámica inversa. Se presentan los resultados de esta estrategia de control obtenidos en simulación y se desarrolla el procedimiento de control predictivo con estimación online ARX del modelo del paciente, concluyendo con los resultados obtenidos tanto en quirófano como en simulación.

Finalmente, las conclusiones y valoración de resultados se exponen en el capítulo 8.

En el apéndice se incluye una explicación funcional detallada de la aplicación desarrollada, así como las

especificaciones técnicas de los dispositivos utilizados en el marco de esta tesis.