

Técnicas adecuadas para el desarrollo de requisitos en un simulador quirúrgico
Technically suitable for the development of the requirements in a surgical simulator

Yoisy Pérez Olmos^{1*}, Sailyn SalasHechavarria¹, Lisset Sigler Guerra¹

¹Universidad de las Ciencias Informáticas

**yoisy@uci.cu*

Resumen

El presente trabajo cuenta con un estudio del estado del arte enmarcado en elementos relacionados con el desarrollo de simuladores quirúrgicos y la Ingeniería de Requisitos, resumiéndose los principales problemas detectados en esta área en la construcción de simuladores cubanos.

Se realizó además un estudio minucioso de las posibles técnicas a utilizar en cada una de las etapas definidas en el desarrollo de requisitos (obtención, análisis, especificación y validación) para el desarrollo de Simuladores Virtuales Quirúrgicos, con el objetivo de definir una propuesta adecuada para estos sistemas que tribute a la satisfacción del cliente, teniendo en cuenta sus características y particularidades que los diferencian del resto de los sistemas software. Asimismo se puso en práctica dicha propuesta en la segunda etapa de desarrollo del proyecto Simulador Quirúrgico, que se desarrolla en la facultad 5, obteniéndose un prototipo no funcional donde se representan las funcionalidades a implementar como uso de la técnica de prototipado planteada en la etapa de validación. Se realizó además una valoración de la propuesta teniendo en cuenta los criterios de los desarrolladores del proyecto y de algunos involucrados (Stakeholder).

Palabras clave: Desarrollo de requisitos, simuladores virtuales quirúrgicos, técnicas.

Abstract

This paper take in account the actuality about of the elements related with the development of surgical simulators and the requirements engineering, resuming the main problems detected in this area on the construction of Cuban simulators.

Other purpose of this documents is made also a detailed study of the possible techniques to use in every single stage defined on the requirement development (acquisition or procurement, analysis, specification, validation) for the development of Surgical Virtual Simulators, in order to define a suitable proposal for this system focus on the client satisfaction, linked to it's features and particularities. Similarly, the early mention proposal was applied into the second state of the project Surgical Simulator, from School 5, obtaining a non-functional prototype where the functionalities to implement are represented, showing the prototyped technique present on the validation stage. The document content also an assessment of the proposal taken in accounts the project developers and stakeholders criterions.

Key words: Requirement development, surgical Virtual Simulators, techniques.

Introducción

En la actualidad la expansión de las nuevas tecnologías de la información y las comunicaciones ha hecho necesario que se desarrolle, a grandes escalas, la rama de la informática. La informática gráfica ha venido destacándose, producto a la sensación virtual de la realidad que proporciona al hombre, durante las dos últimas décadas como la rama más sensacional de la informática. Un concepto a destacar en la informática gráfica es la “Realidad Virtual” (RV), donde se logran efectos de interactividad y realismo, alcanzando cambios en la forma de percibir el tiempo, el espacio e incluso la propia identidad.

El término Realidad Virtual se relaciona al tratamiento de ambientes tridimensionales e interactivos orientados a la visualización de objetos 3D generados por computadoras, mostrando situaciones del mundo real en mundos virtuales (1). El empleo de estos Sistemas de Realidad Virtual (SRV) posibilita que los cirujanos puedan realizar operaciones simuladas para ensayar las técnicas más complicadas antes de una operación real, los economistas exploran un modelo de acción de un sistema económico para poder entender mejor las complejas relaciones existentes entre sus distintos componentes, los astronautas tienen la posibilidad de volar sobre la superficie simulada de un planeta desconocido y experimentar la sensación que tendrían si estuvieran allí, los arquitectos pueden hacer que sus clientes, enfundados en cascos y guantes, visiten los pisos-piloto en un mundo de RV dándoles la oportunidad de que abran las puertas o las ventanas y enciendan o apaguen las luces del apartamento; en el ámbito científico, investigadores estudian moléculas complejas, desplazando grupos de átomos mediante un instrumento (2). Para lograr todas estas aplicaciones con el mayor realismo posible se desarrollan los Simuladores Virtuales (SV). Un SV puede usar cualquier combinación de sonido, vista, movimiento y olor para hacer sentir las experiencias de una situación real (3), es la representación, a partir de modelos matemáticos, de un proceso en una computadora. Estos modelos muestran una realidad en la cual la complejidad de los eventos o situaciones pueden controlarse. Algunas características principales de la simulación son sus herramientas audiovisuales e interactivas, como por ejemplo el diseño gráfico de las imágenes tridimensionales de personas y de espacios o lugares, que dan la sensación de que estás en un escenario real (4).

Ingeniería de requisitos. Enfoque para Simuladores quirúrgicos

El proceso de desarrollo de los SV en general, presenta carencias metodológicas propias de una industria tan reciente como la del software. Una de las principales dificultades radica en que el equipo de desarrollo no tiene una idea clara de lo que se necesita construir, de lo que realmente desea el cliente, afectándose así la calidad del producto final.

La industria, en aras del mejoramiento de estos procesos, ha ido consolidando una nueva rama de la Ingeniería de Software (IS) que se ocupa de la investigación-desarrollo en el campo de los requisitos de software, rama denominada Ingeniería de Requisitos (IR).

La IR proporciona el mecanismo apropiado para entender lo que el cliente quiere, analizar las necesidades, evaluar la factibilidad, negociar una solución razonable, especificar la solución sin ambigüedades, validar la especificación, y administrar los requisitos conforme estos se convierten en un sistema operacional (5).

El proyecto Simulador Quirúrgico (SimQ) se encuentra en la primera etapa de su ciclo de vida, por lo que se hace visible la necesidad de un eficiente desarrollo de requisitos que posibilite definir lo que realmente se pretende realizar. Los simuladores quirúrgicos en general, tienen particularidades que los diferencian del resto de las aplicaciones informáticas y que oscurecen el desarrollo de este proceso que tiene como objetivo fundamental definir claramente las funcionalidades que conformarán el sistema propuesto. A continuación se especifican algunas de estas características.

- Estrecha relación de trabajo entre dos disímiles campos de las ciencias como son la informática y la medicina: los ingenieros de software deben obtener y modelar la información y el conocimiento especializado de profesionales de la medicina.
- Gran complejidad y eficiencia algorítmica: aplicación de modelos matemáticos y/o físicos diseñados para lograr un mayor realismo en las escenas y la obtención de respuestas lo más rápidas y eficientes posible.
- Modelos tridimensionales dinámicos con características específicas como el sonido: necesidad de la representación real del entorno a simular.
- Sensaciones de tacto en los componentes de hardware: respuesta emitida por el sistema.

- Posibilidad de uso de sistemas operativos Windows XP y GNU/Linux como plataforma de trabajo: Librería *OpenGL* (Open Graphics Library) multiplataforma como soporte gráfico a utilizar.

Como resultado de una encuesta realizada a desarrolladores de proyectos de simulación virtual del país se pudo comprobar que el 70 % de los encuestados asignan un alto nivel de prioridad al desarrollo de requisitos dentro del proceso de desarrollo de software y sin embargo sólo el 10 % aportan alta calificación a la calidad del mismo. Estos resultados dejan de ser paradójicos si se tiene en cuenta que el 50 % de los encuestados no validan los requisitos el 80 % no utiliza herramientas software en el desarrollo de requisitos de sus proyectos, lo que permite afirmar que las técnicas y herramientas utilizadas por los encuestados no son las idóneas para este tipo de proyectos. Es por ello que se pretende en este trabajo identificar las técnicas adecuadas para el proceso de desarrollo de requisitos en el Simulador Quirúrgico.

Desarrollo

Estructura del proyecto Simulador Quirúrgico

El proyecto Simulador Quirúrgico, de manera general, tiene como propósito obtener un prototipo cubano de simulador que aplique la Realidad Virtual al proceso de enseñanza de la cirugía de mínimo acceso, específicamente la cirugía laparoscópica y la endoscopia diagnóstica, basado en la adquisición de imágenes provenientes de pacientes. Su proceso de desarrollo se divide básicamente en 4 etapas o fases que generan a su vez 4 versiones funcionales que posibilitan el entrenamiento de distintas habilidades por parte de los médicos cirujanos. Estas habilidades podrán ejercitarse a partir de los diferentes ejercicios que comprende cada entregable (Ver Figura 1):

1. Simulador de habilidades básicas, a partir de modelos de imitación de procesos con objetos rígidos.
2. Simulador de habilidades de avanzada a partir de la imitación de procesos, incluyendo endoscopia.
3. Primera versión del simulador a partir de la generación de órganos virtuales.
4. Simulador profesional con órganos adquiridos a partir de scanner (TAC, RM) y retroalimentación al tacto.

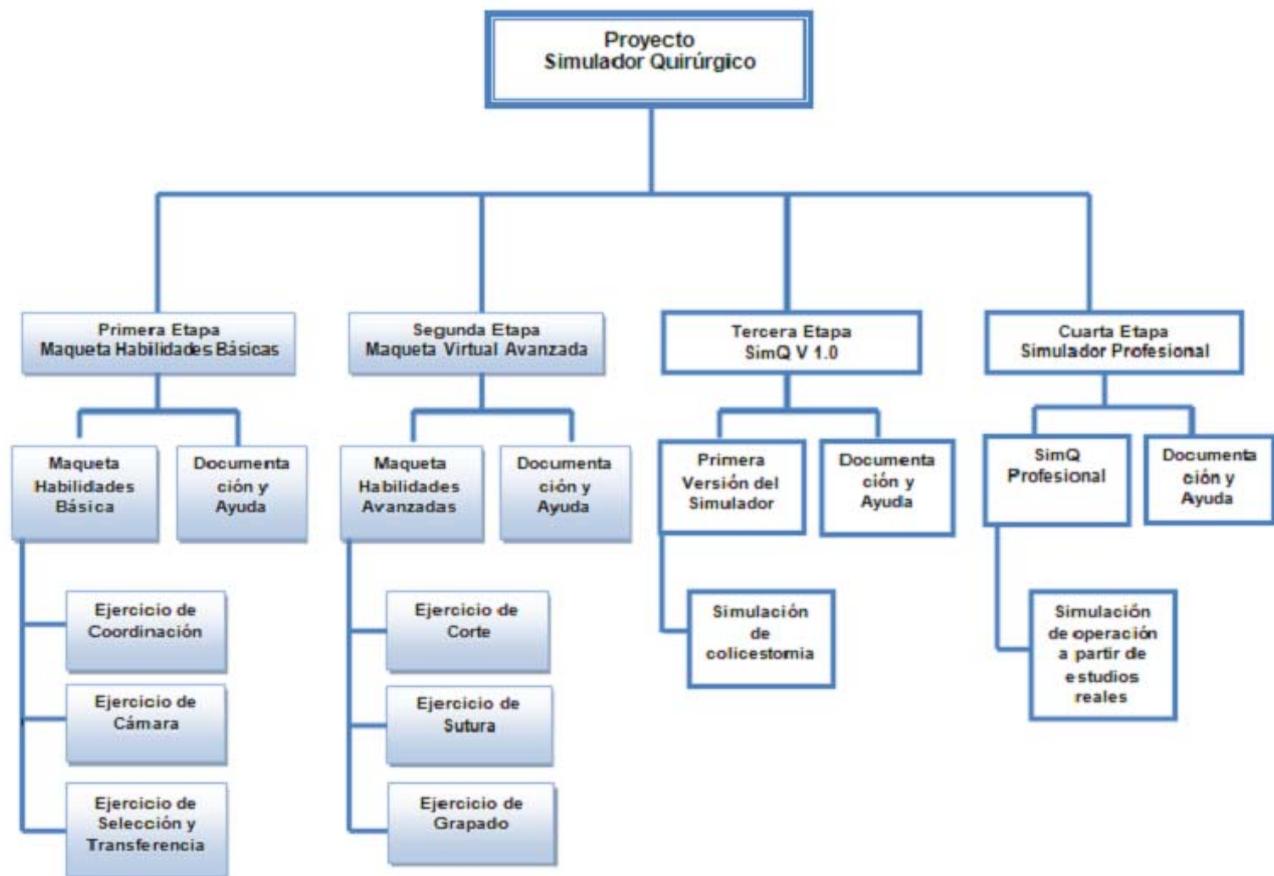


Fig. 1. Estructura de desglose del proyecto Simulador Quirúrgico.

La propuesta de solución técnica que se presenta en esta investigación está enmarcada al desarrollo de requisitos de todo el simulador y se aplica a sus dos primeras etapas o fases de desarrollo: Maqueta de habilidades básicas y Maqueta virtual avanzada debido a la correspondencia del período actual con el cronograma de ejecución del proyecto.

Propuesta de Obtención de requisitos

La selección de las técnicas a utilizar para la obtención de requisitos en el SimQ, que a continuación se detalla, se realiza teniendo en cuenta el estudio de toda una teoría analizada cuanto a la Elicitación u Obtención de Requisitos. **La entrevista:** Las personas entrevistadas serán básicamente clientes beneficiados con el SimQ, aunque también pueden formar parte de este proceso otros profesionales en el área de la cirugía endoscópica que puedan aportar información y precisar detalles prácticos. La entrevista será realizada por el analista del proyecto (entrevistador) aunque puede estar acompañado también por el líder del proyecto. EL diálogo tendrá una duración de solo una hora evitando, de esta forma, agotamiento en los entrevistados o importunar por mucho tiempo su horario de trabajo. La entrevista debe ser confeccionada de manera que abarque todo el contexto del entrenamiento que realizan los médicos cirujanos. Para ello el analista, conjuntamente con el líder del proyecto, definirá previamente algunas interrogantes o ideas que propicien un marco de conversación agradable y a la vez sirvan como guía.

Aprendiz: Esta técnica posibilita que analista y/o líder del proyecto pueda participar conjuntamente con el médico cirujano durante su proceso de entrenamiento con el objetivo de observar directamente los detalles más mínimos e imprescindibles a tener en cuenta ya que en ocasiones se torna engorroso un entendimiento basado en palabras, más aún si se tiene en cuenta que la información a modelar percibe un nivel de detalle y precisión muy elevado.

Tormenta de ideas: Para concretar la puesta en marcha de esta técnica se definirán sesiones de tormentas de ideas con un número máximo de 6 participantes: el líder de proyecto, el analista (moderador de la sesión), el especialista de hardware y el cliente (médico cirujano con conocimientos de realidad virtual), además de uno o dos médicos más con conocimiento y experiencia en la CMA de manera que cada uno pueda mostrar sus ideas de forma libre y espontánea.

Propuesta de Análisis de requisitos

Se toma como punto de partida la información extraída por el analista en la etapa de obtención o captura, la cual es transformada en requisitos que propicien posteriormente el diseño del sistema. Estos requisitos se formalizan por escrito, estableciendo los servicios que el SimQ debe proporcionar y las restricciones bajo las cuales debe operar, así como las condiciones que determinan qué debe hacer y se obtiene como resultado una lista formal de requisitos.

Propuesta de Especificación de requisitos

Uno de los resultados obtenidos en la encuesta realizada demuestra que la etapa de Especificación de Requisitos se ha realizado mediante el conocido método de los casos de uso, incluso en algunos de ellos ni siquiera se ha tenido en cuenta esta técnica y se han limitado a una simple especificación por escrito de los requisitos. Esto provoca que en fases posteriores del desarrollo del software se detecten deficiencias derivadas de una incorrecta definición de los mismos. Unido a esto se tiene el hecho de que los simuladores en general, y por ende el SimQ, presenta particularidades que los diferencian del resto de los sistemas software. Se caracterizan por una amplia interactividad con los usuarios y un procesamiento especial de imagen, involucrando sentidos como la vista, el tacto y el oído, así como la necesidad de mostrar un mayor realismo en las escenas y de obtener respuestas rápidas y eficientes por parte del sistema, especificidades que se hacen muy difíciles de representar mediante una simple descripción textual del proceso.

Con el objetivo de dar solución a estos problemas se propone el uso combinado de los Escenarios y los Casos de Uso. La técnica casos de uso se aplicará fundamentalmente a aquellos requisitos que no necesitan de una representación gráfica para lograr una comprensión detallada por parte de los clientes y desarrolladores. Una propuesta a utilizar esta técnica es en la especificación de los requisitos que responden a funcionalidades a implementar en el Módulo de Base de Datos. Para la descripción textual de los Casos de Uso se empleará la plantilla estándar definida por RUP en (6).

La técnica de escenarios permite hacer una representación de los requisitos mediante videos y storyboard, alternativa esta que se ajusta a las necesidades descritas, pues su uso permite mostrar de una forma más precisa algunos requisitos que lleven implícito gran interactividad con el usuario y que exigen una representación gráfica para lograr un mejor entendimiento de los mismos. Para la conformación de los escenarios se hará uso de una plantilla definida en este trabajo (Ver Figura 2), tomando en cuenta los elementos más importantes presentados en (7) donde se reserva un espacio que permite mostrar los videos y/o storyboard que describan los requisitos involucrados dentro de cada escenario, con el propósito de visualizar las funcionalidades del sistema con la mayor eficiencia posible.

Título: <Insertar título del escenario>
Objetivo: <Insertar objetivo del escenario>
Resumen: <Insertar resumen del escenario>
Precondición: <Insertar precondición>
Actores: <Insertar actor(es) que intervienen en el escenario>
Episodios: <Insertar secuencia de episodios que se suceden en el escenario>
Excepciones: <Insertar excepciones que ocurren dentro del escenario>
<Insertar storyboard y video que permiten visualizar los requisitos involucrados en el escenario>

Fig. 2. Plantilla para la descripción de un escenario.

Propuesta de Validación de requisitos

Luego de realizar las actividades de obtención o captura, análisis y especificación se debe verificar que los requisitos que aparecen reflejados en el documento satisfagan las necesidades del cliente, con el fin de evitar que se detecten errores en etapas posteriores del desarrollo del software derivadas de una incorrecta especificación de los requisitos. En función de lograr este objetivo se propone el uso de la técnica de validación: prototipado propiciando la construcción de un prototipo no funcional del SimQ que permitirá comprobar los requisitos definidos previamente con el cliente. Dicho prototipo proporciona al usuario una visión del producto final, a la vez que clientes y desarrolladores pueden identificar funcionalidades incorrectas. Cuenta con una interfaz principal (Ver Figura 3) y otras interfaces interconectadas todas entre sí, de manera que cuando se pulse algún botón de la interfaz la aplicación responderá a dicha acción mostrando la interfaz correspondiente.



Fig. 3. Interfaz Autenticar usuario.

Resultados

Luego de aplicar la propuesta definida en el proyecto se realizó una valoración que permitió valorar los resultados obtenidos a partir de dos aristas: el criterio de los desarrolladores del proyecto y el criterio del cliente. Para materializar la valoración correspondiente a la primera arista se encuestaron un total de diez desarrolladores del proyecto teniendo en cuenta el desarrollo de la primera etapa del SimQ a partir del uso de la propuesta de desarrollo de requisitos utilizada. En el caso de la segunda arista se encuestaron a cuatro stakeholders que valoraron la propuesta con respecto a su entendimiento y correspondencia de las funcionalidades esperadas tanto para la primera como para la segunda etapa.

Valoración por parte de los desarrolladores

- El 80 % de los encuestados consideran, en alta medida, que la aplicación de la propuesta desarrollada tuvo una influencia positiva en la disminución de las solicitudes de cambio en los requerimientos y sus especificaciones, además de facilitar la implementación de las funcionalidades del SimQ y solo el 20 % lo consideran en un nivel medio.
- El 90 % opina, en alta medida, que se logró una mejor comunicación entre el equipo de desarrollo y los analistas y solo el 10 % lo plantean en un nivel medio.
- El 80 % de los encuestados manifiestan, en un nivel alto, que la aplicación de la propuesta le ha proporcionado una fácil implementación de las funcionalidades del proyecto lo que evidencia la claridad en los objetivos. Sólo el 20 % lo plantean en un nivel medio.

Valoración por parte de los Stakeholders

- El 100 % de los encuestados afirman haber logrado una adecuada comunicación con los ingenieros de requisitos y una disminución de las solicitudes de cambio en los requisitos y sus especificaciones.
- El 90 % de los encuestados afirman, en alta medida, que la propuesta proporciona un buen entendimiento y alta precisión en las características y funcionalidades definidas para el desarrollo del Simulador y sólo un 10 % lo consideran en un nivel medio.

Conclusiones

Con la realización de este trabajo se obtuvo una propuesta de desarrollo de requisitos a aplicar en el SimQ donde:

- Se realizó un estudio del estado del arte acerca del desarrollo de los Simuladores Quirúrgicos y de la Ingeniería de Requisitos.
- Se investigó además el proceso de desarrollo de requisitos en simuladores cubanos señalándose los principales problemas detectados en esta área.
- Se definieron las técnicas adecuadas a utilizar en cada una de las etapas que comprenden el desarrollo de requisitos del proyecto Simulador Quirúrgico y a su vez se aplicó la propuesta en las dos primeras etapas de desarrollo de dicho proyecto.
- Se obtuvo un prototipo no funcional del Simulador Quirúrgico como resultado del empleo de la técnica de prototipado, que permitió la validación de los requisitos definidos en las etapas iniciales.
- Se realizó una valoración de la propuesta a partir del criterio de desarrolladores del proyecto y stakeholder obteniéndose un alto grado de aceptación de la propuesta.
- Se sentaron las bases para hacer extensible la propuesta hacia una investigación más general que defina las técnicas y herramientas adecuadas para llevar a cabo el desarrollo de requisitos en los Simuladores Virtuales.

Referencias Bibliográficas

1. Chover, M. *Introducción a la Informática Gráfica. Capítulo 9. Aplicaciones de la Informática Gráfica.*
2. Hadad, Graciela, Doorn, Jorge H y Kaplan, Gladys. *Enfoque Middle-Out en la Construcción e Integración de Escenario.* Disponible en: http://wer.inf.puc-rio.br/WERpapers/artigos/artigos_WER99/hadad.pdf: s.n., 1999.
3. Jhon, F. Von, D. "Virtual Reality, VPL Research". Disponible en <http://www.icc.uji.es/asignatura>: s.n., 2006.
4. *Just What is "Simulation" Anyway?*. University of Central Florida. Institute for Simulation & Training. Disponible en: <http://www.ist.ucf.edu/background.htm>: s.n.
5. Nerys, Yisel. *Interfaz para el manejo de los dispositivos de entrada y salida en Sistemas de Realidad Virtual.* Trabajo de Diploma. Universidad de Ciencias Informáticas: s.n., 2007.
6. Presman, Roger. *Ingeniería de Software. Un enfoque práctico. 6^{ta} Edición. Mexico: McGraw-Hill. 2006.*
7. *Rational Unified Process.* 2003.