

ANEXO A

METODOLOGÍA DE SIMULACIÓN

A lo largo de este documento se describirán las etapas que deben seguirse como parte de una metodología de simulación aplicada para encontrar solución a sistemas reales. La metodología de simulación escogida fue desarrollada por el Comité Técnico de Metodologías de Simulación de la Universidad de Michigan-Dearborn¹, la cual abarca aspectos de otras clases de metodologías, como las de Law (1993), Musselman (1992), Sadowski (1989) y Ulgen (1991), todas estas dirigidas hacia una perspectiva práctica. Dicha perspectiva es el rasgo de mayor interés puesto que a través de ella es posible obtener una mayor aproximación entre sistemas reales y modelos de simulación, lo que permite a su vez la obtención de datos más confiables, su posterior análisis y la generación de conclusiones más certeras. Lo anterior se fundamenta en cinco etapas definidas a lo largo de la metodología de simulación, las cuales son: Descripción del Problema, Diseño de Estudio, Diseño del Modelo Conceptual, Formulación de Entradas, Suposiciones, Definición y Validación de Procesos y Experimentación con el Modelo de Simulación. Cada una de ellas será explicada a continuación, dejando en claro el rol que juegan a la hora de simular sistemas reales.

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Es quizás la fase de mayor impacto en la totalidad del estudio de simulación puesto que una definición incorrecta incurrirá en pérdidas de tiempo y dinero. Por ello se requiere la adquisición del material de estudio necesario, así como la estimación del periodo de tiempo que abarcará dicho estudio y su respectiva documentación. Además, debe tenerse muy presente la relación costo-beneficio del análisis que se planea realizar, puesto que resulta un método muy apropiado que permite la justificación del mismo aun en una etapa tan temprana como lo es la Descripción del Problema.

Es por eso que dentro de esta fase de simulación se deben identificar todos los objetivos de estudio, así como los aspectos específicos que serán analizados y ubicados dentro de un dominio de estudio o bajo ciertos límites establecidos con miras a obtener la información requerida. Para ello deben identificarse todos los componentes del sistema real que serán plasmados en el modelo de simulación y determinar el nivel de detalle de acuerdo a las capacidades de la herramienta de simulación y a los objetivos de estudio. También es necesario estimar el tiempo que tomará realizar la simulación y los recursos necesarios para la misma teniendo en mente la relación costo-beneficio de los mismos. Para ello se debe identificar y definir tanto el ámbito del proyecto, las entidades y procesos a simular, los elementos de simulación y sus funcionalidades.

El ámbito del proyecto define los elementos de simulación y sus propiedades por defecto, que están disponible en un determinado sector. La posibilidad de disponer de diferentes ámbitos disminuye el tiempo de desarrollo de los modelos de simulación al acortar las fases de representación y configuración del modelo. Una vez se selecciona es necesario

¹ "Simulation Methodology – A Practitioner's Perspective", desarrollada por Ulgen, Onur M., Black, John J., Johnsonbaugh, Betty., Klunge, Roger..

identificar las entidades (por ejemplo, estaciones inalámbricas) y procesos que se desean simular (por ejemplo, asignar prioridades distintas a tipos de tráfico distintos, etc.). La configuración de cada una de las entidades y procesos se realiza mediante la interacción, por parte del usuario, con la ventana de edición de los mismos que posee el programa. Se deben reconocer los diferentes elementos de simulación que se observan en el modelo a simular, para lo cual se identifican las funcionalidades como pueden ser la creación de entidades que entran en el sistema, destrucción de las que abandonan el sistema, o petición de las mismas, especificación de atributos y de operaciones, etc. Se han de definir los diferentes procesos donde intervienen las entidades, ya que éstas se mueven o definen su comportamiento en el sistema según los procesos en que intervienen, entendiendo por proceso el conjunto de las fases sucesivas de un fenómeno natural o de una operación asociada a una entidad. La configuración general del modelo permite definir que elementos pueden ser modificados en tiempo de experimentación, a través del motor de simulación propio de cada simulador, y el tiempo total de la simulación. Finalmente, en esta etapa se establece un cronograma de actividades con el cual se regulará el avance del proyecto.

DISEÑO DE ESTUDIO

El Diseño de Estudio es la fase en que se investigan muchos de los aspectos tratados anteriormente pero con mayor detalle, donde los aspectos técnicos y los problemas que ellos repercuten adquieren mayor peso, y se plantean todas las premisas del caso. De acuerdo a ello se elige la herramienta de simulación que resulte más favorable, y se determinan que datos serán recolectados para su eventual análisis.

Debido a que muchos aspectos del estudio o proyecto a realizar dependen de la herramienta de simulación, su selección es muy importante y deberá sujetarse a los requerimientos del mismo, entre ellos las premisas del caso, así como los requerimientos de animación -lo cual resulta muy útil como método de verificación y validación de resultados lo cual se explicará más adelante-, el nivel de detalle y sistema considerado para su estudio.

DISEÑO DEL MODELO CONCEPTUAL

La estrategia de modelamiento a utilizar hace parte de la tercera fase en el proceso de simulación. Esta estrategia está relacionada con la toma de decisiones que involucran la manera en que el sistema debe ser representado en términos de las características provistas por la herramienta de simulación. De manera general, la estrategia debe enfocarse en la búsqueda de un modelo conceptual que reduzca el esfuerzo en el proceso de la simulación asegurando al mismo tiempo que se cumplan todos los objetivos de la investigación. Esta fase consta de las siguientes etapas:

Decidir si se hace uso de un modelo continuo, discreto o combinado

En un modelo continuo, las variables del sistema cambian continuamente con el tiempo y es necesario de ecuaciones diferenciales para describir su comportamiento. Por otra parte, en un modelo de eventos discretos las variables cambian de valor en puntos

discretos y este se mantiene constante entre eventos diferentes. En el caso de que se haga uso de un modelo combinado se hace uso de ambos tipos de variables y es muy frecuente hacer uso de modelos discretos en sistemas continuos y viceversa. La persona encargada de realizar el modelo debe escoger el mejor modelo para el sistema de acuerdo a los objetivos del proyecto.

Determinar los elementos que controlan al sistema

Algunos de los elementos (partes, gente) que hacen parte de un sistema son dinámicos, es decir, se mueven a través del sistema causando así que otras entidades o recursos reaccionen y actúen sobre ellos como respuesta de alguna señal. Otros elementos son estáticos en el sentido en que estos esperan a que las entidades o recursos dinámicos realicen alguna acción sobre ellos. El modelador debe decidir que elementos son importantes en el sistema, dependiendo de la complejidad, el tamaño, y el nivel de detalle del modelo

Determinar los requerimientos gráficos del sistema

Los requerimientos de animación se discuten con detalle en esta etapa y se consideran los factores como la velocidad de ejecución de la simulación, la animación como una herramienta de verificación, la construcción de componentes estáticos y dinámicos de animación, facilidad de enlace de componentes y la disponibilidad de íconos en las librerías gráficas.

Determinar como recolectar estadísticas en el modelo

Todas las herramientas de simulación producen reportes de salida estándar que pueden ser o no de utilidad para el usuario. El modelador debe estar en la capacidad de definir las variables, los contadores, histogramas, series de tiempo, diagramas de pastel, etc. con el fin de recolectar los datos de una manera que muestre los resultados de una manera clara y comprensible. Es muy frecuente que el modelador se vea en la necesidad de hacer uso de interfaces adicionales a la herramienta de simulación para poder recopilar toda la información de salida.

El modelo conceptual describe la representación lógico-matemática del sistema que se quiere simular y se refiere a las estrategias de modelamiento las cuales involucran las decisiones tomadas de acuerdo a la manera en que el sistema debe representarse en términos de capacidad y de los elementos provistos por la herramienta de simulación. Debe enfocarse en asegurar que todos los objetivos del proyecto se logren y que los aspectos específicos del mismo sean investigados, a la vez que se procura obtener el mejor rendimiento de la herramienta de simulación en lo que se refiere al consumo de recursos hardware y el tiempo que tardarán las distintas simulaciones.

Dicho modelo puede ser tanto discreto como continuo, e inclusive, una combinación de ambos. En un modelo continuo el estado de las variables del sistema varía continuamente en el tiempo, mientras que en un modelo discreto sus estados variables

cambian a valores discretos que permanecen constantes entre distintos eventos. Por otra parte, un modelo combinado puede utilizar las variables de ambos tipos para describir el funcionamiento del sistema de acuerdo a los objetivos del estudio y del nivel de detalle requerido. En esta fase se elige el tipo de simulación a llevar a cabo, se determinan los requerimientos gráficos del modelo que se utilizarán como herramienta de verificación y como elemento de presentación. Además, se necesita definir variables, contadores, histogramas, etc., a través de los cuales puedan apreciarse los reportes obtenidos de la simulación de manera tal que expliquen el comportamiento del modelo de simulación.

También se requiere determinar el nivel de detalle necesario con el cual se describen los componentes del sistema, lo cual depende principalmente de los objetivos del estudio, por lo que no siempre resulta sencillo la eliminación de detalles innecesarios.

FORMULACIÓN DE ENTRADAS, SUPOSICIONES, DEFINICIÓN Y VALIDACIÓN DE PROCESOS

En esta fase el modelador describe en detalle la lógica operacional del sistema y realiza la recolección de datos y las tareas de análisis. Esta fase se compone de los siguientes pasos:

1. Especificar la filosofía de operación del sistema.
2. Describir las limitaciones del sistema.
3. Describir la creación y terminación de elementos dinámicos.
4. Describir el proceso en detalle.
5. Obtener las especificaciones de operación.
6. Realizar una lista con todas las suposiciones iniciales del sistema.
7. Analizar los datos de entrada.
8. Validar el modelo conceptual.

CONSTRUIR, VERIFICAR Y VALIDAR EL MODELO DE SIMULACIÓN

En esta fase, el modelador hace uso de técnicas software para la construcción, verificación y validación del modelo. Del treinta al cuarenta por ciento del proceso de la simulación debe ser realizado en esta fase, proceso que debe repetirse cuantas veces sea necesario con el fin de obtener los resultados deseados. Entre los aspectos a considerar se encuentran:

1. Limitaciones de la herramienta de simulación.
2. Construcción de diagramas de flujo en caso de ser necesarios.
3. Reutilizar el código existente al máximo.
4. Realizar pruebas de verificación del funcionamiento del sistema y de validación.
5. Hacer uso de convenciones adecuadas para la identificación de procesos y variables.
6. Utilizar macros tanto como sea posible.
7. Hacer uso de técnicas de programación estructurada.
8. Documentar el código utilizado.

9. Realizar una validación de las variables de salida y los parámetros de entrada.

EXPERIMENTACIÓN CON EL MODELO DE SIMULACIÓN

En esta etapa el equipo de simulación debe decidir si investigar posibles alternativas para la simulación y analizar la posibilidad de realizar un replanteamiento de la metodología adoptada. En esta etapa el modelador identifica las variables de mayor importancia y elimina aquellas cuyo aporte a la simulación es prácticamente insignificante. Una vez hecho esto se debe realizar un estudio detallado de la experimentación que se piensa realizar, especialmente si se cuenta con un ciclo de vida largo. Entre los pasos a seguir son:

1. Identificar las variables de mayor importancia para la experimentación, es decir para la simulación.
2. Desarrollar un diseño de experimentación si es necesario.
3. Construir intervalos de referencia de los datos de salida.
4. Aplicar métodos de reducción de varianza si es requerido.
5. Análisis de resultados e identificar las relaciones de causa y efecto entre variables de entrada y de salida.

DOCUMENTACIÓN Y PRESENTACIÓN

Una documentación apropiada juega un papel fundamental en el éxito de una simulación. Las tareas en esta fase se desarrollan de manera paralela al resto de fases del proceso. Entre los elementos que hacen parte de esta fase se encuentran:

1. Libro con el proyecto de simulación.
2. Documentación sobre las entradas, el código y la salida.
3. Manual de usuario.
4. Manual de mantenimiento.
5. Discusión y explicación de los resultados.
6. Recomendaciones para posibles áreas de estudio.
7. Informe final y presentación.