Modelado de Aplicaciones con Procesos Concurrentes y Distribuidos

Universidad Nacional de La Matanza - Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas
Florencio Varela 1903 - (1754) San Justo - Buenos Aires - Argentina

Mg. Daniel A. Giulianelli
dgiulian@unlam.edu.ar

Ing. Rocío A. Rodríguez
rrodri@unlam.edu.ar

Ing. Pablo M. Vera
pablovera@unlam.edu.ar

Resumen

En este paper se presenta un nuevo diagrama al cual hemos denominado D.E.A. "Diagrama de Estados Activo". El mismo permite modelar todos los aspectos de las aplicaciones con procesos concurrentes y distribuidos. Como punto de partida se evaluaron los distintos modelos de UML 2.0 y viendo que ninguno de ellos se adaptaba por completo a las necesidades presentadas, se elabora éste modelo que toma las características de algunos diagramas de UML y agrega elementos necesarios para este tipo de aplicaciones. El DEA permite visualizar en un único diagrama aspectos que de modelarse con UML implicarían la construcción de varios diagramas y el uso de estereotipos.

Palabras Claves: Ingeniería, Software, Modelado, DTE, Diagramas, Actividades, Estados, Transición, UML, Internet, Redes, Procesos, Distribuidos, Concurrentes, Ejecución, Tiempo, Real, Procesamiento, Paralelo, Remoto, Semáforos, Monitores, RPC.

Abstract

A new Diagram called DEA "Active Estate Diagram" is shown in this paper. This diagram allows modeling every aspect related to applications designed with concurrent and distributed processes. As a starting point, all models of UML 2.0 have been evaluated, and it was seen that none of them can completely fulfill all requirements. The new model has been built mixing characteristics of different diagrams and adding new elements explicitly created for this type of applications. This new approach allows a distinct view using a single diagram to see aspects that under UML modelization would involve the use of multiple diagrams and stereotypes.

Keywords: Engineering, Software, Modeling, Diagrams, Activities, Status, Transitions, UML, Internet, Network, Processes, Distribute, Concurrent, Execution, Real Time, Processing, Parallel, Remote, Monitors, RPC, Semaphore

1. ANTECEDENTES

Con la intención de modelar aplicaciones con procesos concurrentes y distribuidos usando UML (ver introducción a UML [6] y [2]), nace en el año 2005 este trabajo de investigación. Viendo que para modelar dichas aplicaciones era necesario utilizar un conjunto de diagramas y estereotipos, surge la idea de desarrollar un modelo que permita unificar todos los conceptos necesarios para una correcta representación en un único diagrama. Producto de la interacción con pares de la disciplina y luego de varios trabajos preliminares surge dicho diagrama al que hemos denominado DEA (Diagrama de Estados Activos).

En octubre del 2005 el trabajo fue presentado, aceptado y expuesto, en el Congreso Argentino de Ciencias de la Computación desarrollado en la Universidad Nacional de Entre Ríos (CACIC 2005). Se continúo trabajando y los resultados de dichos avances fueron presentados, aceptados y expuestos en la Jornada de Jóvenes Investigadores de Universidades Nacionales organizada por la Universidad Nacional de San Luís. Para comprender que aspectos de UML se toman en cuenta para la propuesta que presentamos, aconsejamos leer el paper correspondiente a la primera versión de este trabajo presentado en el CACIC 2005, en donde se presenta una introducción sobre los aspectos más relevantes de UML que fueron considerados para la construcción del DEA. [12]

Después de ambas presentaciones habiendo analizado las posibilidades que presenta UML 2.0 para modelar este tipo de aplicaciones y habiendo realizado una importante cantidad de modelados por medio del DEA encontramos más que necesario continuar enriqueciendo nuestra propuesta, dotando al DEA de recursos los que a nuestro criterio simplifican, facilitan y enriquecen el desarrollo de modelos.

A fin de poder analizar la evolución de nuestro trabajo actual, se encuentran publicadas las mejoras realizadas en las distintas versiones del mismo [9].

Uno de los objetivos del presente trabajo es presentar las mejoras realizadas sobre el DEA y realizar una comparativa de las ventajas del DEA con respecto a UML 2.0 para ello se presenta el modelado de una misma aplicación utilizando ambas metodologías.

2. INTRODUCCIÓN

Tomando como referencia a UML nos propusimos construir un Diagrama que reuniera las características necesarias para poder con él modelar procesos concurrentes y distribuidos.

Para ello tomamos las particularidades del Diagrama de Transición de Estados (DTE), las correspondientes al Diagrama de Actividades, algunas características del Diagrama de despliegue e incorporando características propias de los sistemas con procesos concurrentes y distribuidos, construimos un modelo al que hemos denominado “Diagrama de Estados Activos (DEA)”. En la Figura 1 se ilustra como se origina el DEA.

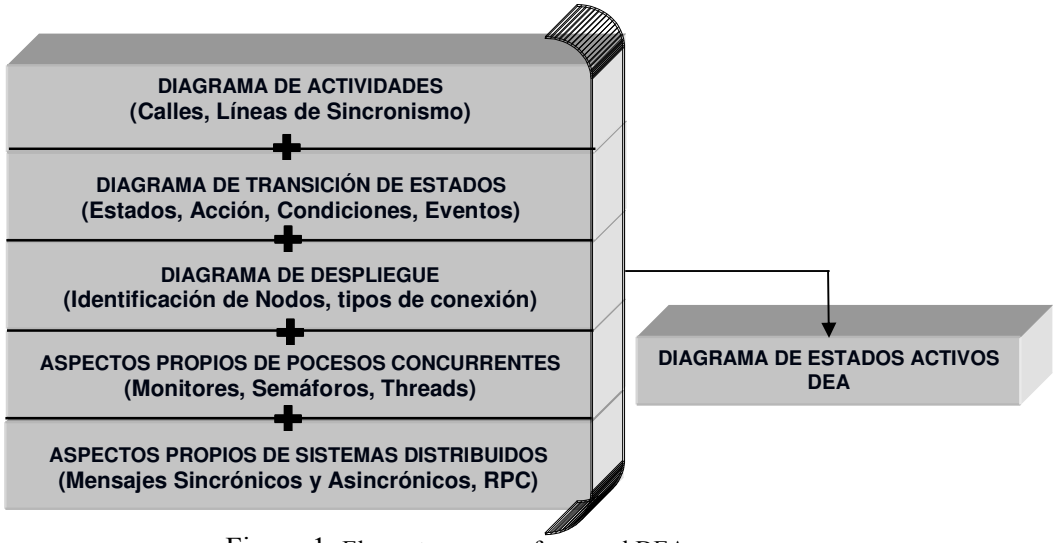


Figura 1: Elementos que conforman al DEA

Este modelo que proponemos lo consideramos adecuado para:

- Representar un proceso distribuido: Se utilizan las calles que caracterizan al clásico Diagrama de actividades [7] [14], para determinar en que nodo se realizará la ejecución de ciertos procesos. Para aquellos casos donde el medio de comunicación entre los nodos sea de relevancia, se indicará con una línea entre ambos el tipo de vínculo utilizado, tal como se haría en UML en un Diagrama de Despliegue.
- Representar la concurrencia de procesos: Se utilizan las líneas de sincronismo del Diagrama de actividades.
- Detallar la información de los estados: Además de indicarse el nombre del estado se puede detallar como en el clásico DTE acciones de entrada y salida, transiciones internas y eventos diferidos.
- Mostrar el cambio de estados: Se utilizan las transiciones del DTE indicando la o las condiciones, así como el evento y en el caso que existan las acciones que permiten el paso de estado.

2.1. Particularidades de la propuesta

Del análisis del modelo presentado surgen las siguientes conclusiones:

- Al agregar al clásico Diagrama de Transición de Estados las calles, queda indicado si el proceso comenzado en cierto estado al pasar a otro involucra o no un cambio de nodo. Es decir que al cumplirse cierta condición podrá continuarse el proceso en otro nodo (calle). Es importante destacar que la acción de cambio de nodo puede no estar asociada a una condición, en ese caso el cambio de nodo se producirá sin evaluar condiciones.
- Las líneas de sincronismo pueden compartirse entre varios nodos por lo tanto el flujo del procesamiento se continúa en un nodo específico cuando este obtenga una respuesta de los otros nodos que están procesando en forma paralela, ya sea por necesitar un resultado o por la finalización de los mismos.

2.1.1 Particularidades del modelado de procesos distribuidos

El procesamiento distribuido requiere que los procesos alojados en distintos host se comuniquen de alguna manera para poder intercambiar información. Existen dos formas distintas de realizar dicha comunicación: mediante el envío de mensajes y mediante la utilización de RPC (Remote Procedure Call – Llamadas a procedimientos remotos).

A su vez los mensajes pueden ser asincrónicos y sincrónicos. Un mensaje sincrónico obliga al emisor a esperar una respuesta antes de continuar con sus tareas mientras que con el asincrónico se envía el mensaje y se continúa con el resto de las tareas. En cambio los RPC son en su mayoría llamadas sincrónicas ya que actúan como simples llamadas a procedimientos como si estuvieran en una misma computadora.

Para modelar la comunicación entre los procesos se mantiene la nomenclatura habitual de UML donde un mensaje sincrónico se representa con una punta de flecha rellena y un mensaje asincrónico con una punta flecha abierta (es recomendable consultar el manual de especificación de UML 2.0 [11]). Respetando esta nomenclatura proponemos para mayor claridad diferenciar los RPC de los mensajes usando la nomenclatura mostrada en la Figura 2:

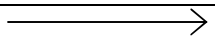
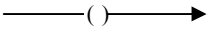
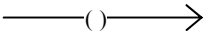
Mensaje Sincrónico	
Mensaje Asincrónico	
RPC Sincrónico	
RPC Asincrónico	

Figura 2: Nomenclatura mensajes y RPC

Los nodos que interactúan pueden tener diferentes tipos de conexiones físicas entre si, lo que en algunas ocasiones es importante destacar, ya que según sea el tipo de enlace habrá ciertas velocidades de transferencia que variarán. Lo que puede permitir decidir derivar ciertos procesos a un determinado nodo u a otro, o manejar distintos tiempos de time out para las respuestas. Al igual que en el diagrama de despliegue de UML se indicará en el DEA través de una línea entre cada par de nodos la característica del enlace.

2.1.2 Particularidades del modelado de procesos concurrentes

El modelado del procesamiento concurrente puede requerir la diferenciación de los distintos hilos (threads) de ejecución del sistema. Si bien la propuesta al incorporar las líneas de sincronismo del diagrama de actividades ya muestra los procesos o hilos que se ejecutan en paralelo, se propone también para una notación más clara en casos en los que se detallen varios estados dispares dentro de cada hilo, utilizar una notación de calles con líneas punteadas dentro de la calle principal del nodo para indicar el procesamiento independiente de cada hilo (ver Figura 3).

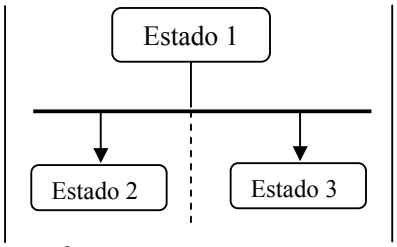


Figura 3: Elementos que conforman al DEA

Cuando se utilizan hilos es muy posible que existan recursos que se deben compartir y por lo tanto es necesario administrar su acceso, ya que solamente un thread puede utilizarlo en un momento dado. Dos métodos comunes para la administración de recursos en un ambiente concurrente son los semáforos y los monitores [4].

- Los semáforos son variables especiales que señalizan el acceso a los recursos utilizando dos primitivas (ejemplo: signal y wait) que retardan momentáneamente el acceso a un recurso en uso.
- Los monitores son facilidades que brindan los lenguajes de programación y cumplen con la misma función que los semáforos pero de una forma más transparente ya que no es necesario manejar en forma manual un envío de primitivas signal y wait desde los procesos sino que esto se maneja en forma automática al encolar un proceso en el recurso controlado por el monitor.

Proponemos dos construcciones gráficas para indicar recursos compartidos y el método de acceso a los mismos. Dentro de estas construcciones es posible especificar el tipo de recurso al que nos estamos refiriendo (ver Figura 4).

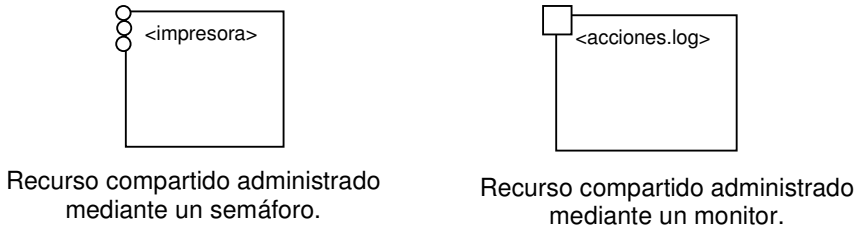


Figura 4: Nomenclatura designada para Semáforos y Monitores

2.1.3 Cardinalidad

Cuando se cuenta con múltiples conexiones provenientes desde distintos nodos, generalmente existe un proceso principal que monitorea las conexiones y al llegar nuevas conexiones crea distintos hilos para cada una de ellas. A veces, también las acciones que realiza cada uno de esos hilos son idénticas, por lo tanto proponemos la utilización de una nomenclatura similar a un objeto con varias ocurrencias en UML pero aplicado a las calles que está representando el hilo en ejecución (ver Figura 5).

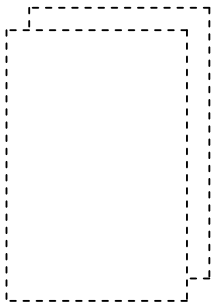


Figura 5: Las acciones que se realizan "n" veces se indican dentro de esta representación gráfica.

A continuación se presenta la Figura 6 en la que puede observarse el modelado de una aplicación por medio del DEA. Esta aplicación consiste en un juego online multijugador. Por cada Jugador que se conecta al servidor, deben ocurrir una serie de estados ("Recibiendo conexión", "Leyendo configuración" y "Registrando jugador") que se realizarán de la misma forma para cada uno de ellos.

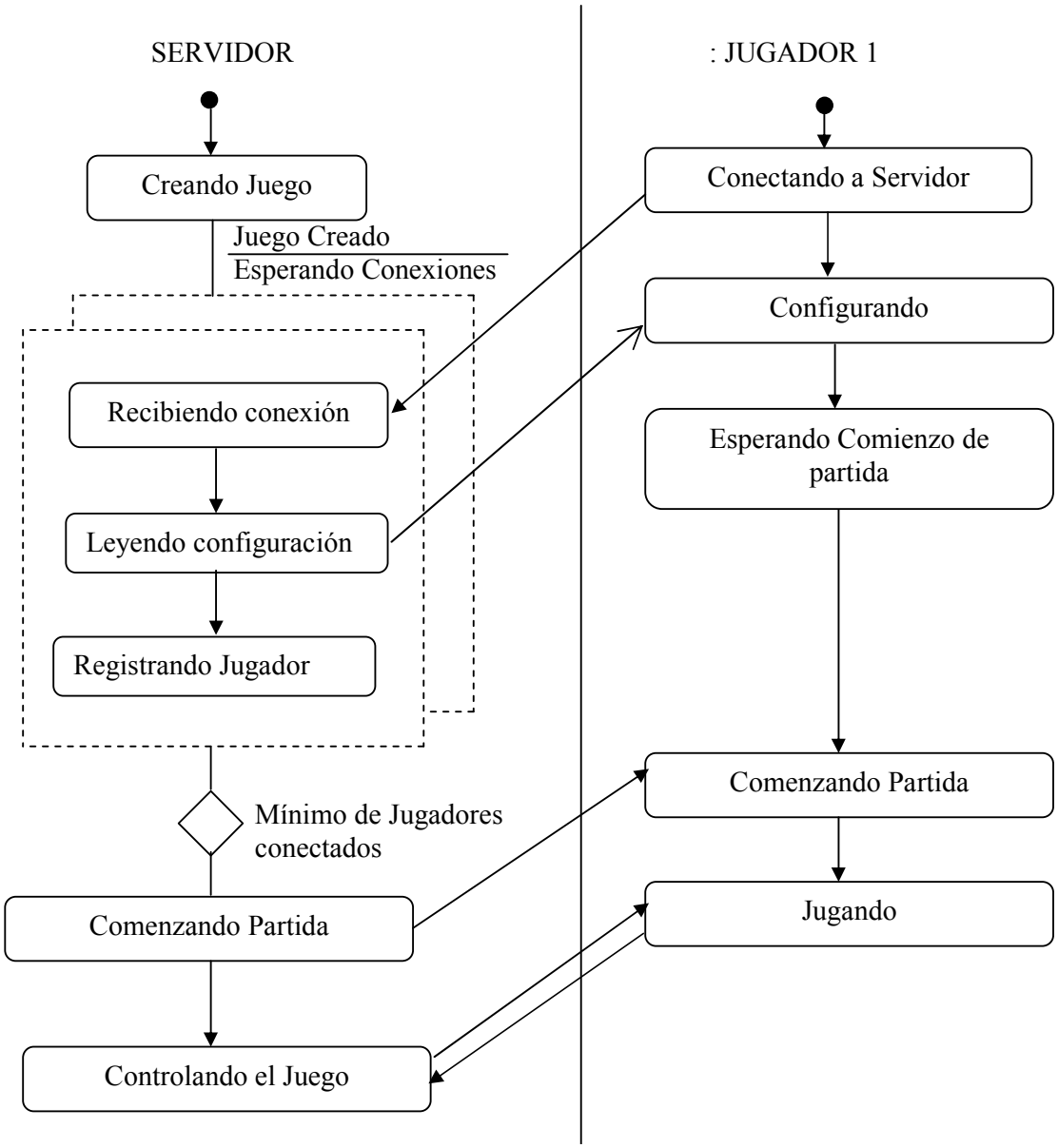


Figura 6: Modelado a través del DEA de un juego online multijugador.

3. METODOLOGÍA DE MODELADO

Se propone a continuación un listado de pasos que permitirán realizar un Diagrama de Estados Activos, de forma sistemática.

1. Identificar los distintos nodos o locaciones donde se va a ejecutar la aplicación para así definir con cada una de ellos las calles del diagrama.
2. Identificar el nodo desde el cual se va a iniciar el proceso o la funcionalidad que estamos modelando y ubicar la calle que lo representa en el centro del diagrama para minimizar el cruce de líneas entre las demás calles ya que es usual que éste sea el nodo principal que comanda al resto.

3. Determinar cuales conexiones entre nodos son relevantes de destacar e indicar entre dichos nodos el tipo de conexión física. Solo se deberán marcar las conexiones entre los nodos que tengan cierta relevancia como por ejemplo que puedan tener problemas de velocidad, ancho de banda, etc.
4. Comenzar el modelado desde el nodo ubicado en la calle central, usando la nomenclatura habitual del Diagrama de Transición de estados empezando con el círculo lleno que indica el comienzo del proceso.
5. Continuar el modelado utilizando de forma habitual los estados, cambios de estado y transiciones del DTE pero teniendo en cuenta que ahora podemos utilizar la nomenclatura del diagrama de actividades cuando tenemos actividades que se realizan en paralelo.
6. Cuando el flujo de control principal o uno de los flujos secundarios salen del nodo actual utilizar la nomenclatura de mensajes o RPC propuesta para clarificar de que forma se realiza dicha comunicación.
7. Si uno de los estados requiere la utilización de un recurso compartido especificar como se realiza el control de acceso al mismo mediante un semáforo o un monitor.
8. Para rutinas repetidas dentro de un mismo nodo, es decir que disponen de un control de conexión y para cada una de ellas se realiza un proceso igual, independientemente de que nodo venga la conexión, englobar dicha funcionalidad dentro de un recuadro de cardinalidad.

4. MODELADO DE UNA APLICACIÓN

Se desea modelar el control de acceso a una bóveda de alta seguridad.

Esta cuenta con diferentes mecanismos para controlar el acceso a la misma.

Como primera medida de seguridad se requiere poseer la llave que habilita un teclado mediante el cual se ingresa una clave de acceso. Existe un número de veces que se puede ingresar en forma errónea la clave antes de ser disparada la alarma. Una vez dado por válido dicho código se realiza un escaneo de retina para autentificar a la persona.

Luego se habilita un teclado en cada una de las dos sucursales, en donde se ingresa una clave de seguridad. Una vez chequeada la validez del código se procede a realizar un escaneo de retina a quienes ingresan dichas claves. Estos escaneos son procesados mediante los patrones almacenados en el servidor de la casa central. Si son válidos se habilita el acceso a la bóveda.

4.1. Modelado por medio de UML

Se realizarán a continuación una serie de diagramas para modelar los aspectos más relevantes de la aplicación:

- Diagrama de despliegue
- Diagrama de clases
- Diagrama de colaboraciones

Se recomienda leer una breve reseña de la construcción de los modelos que se emplearán (ver [10] y [13])

4.1.1 Diagrama de Despliegue

Mediante el diagrama de despliegue se pueden observar los distintos nodos, el tipo de conexión que existe entre ellos y las operaciones que despliega cada uno de esos nodos (Ver Figura 7).

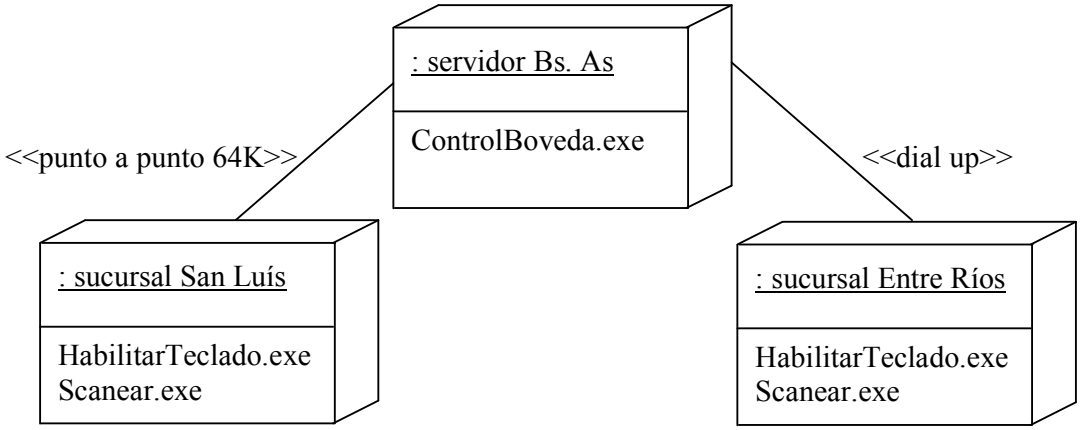


Figura 7: Diagrama de Despliegue

4.1.2 Diagrama de Clases

Este diagrama permite identificar las clases, las clases activas y las operaciones que contienen las mismas (Ver Figura 8).

Una clase activa es una clase cuyos objetos tienen uno o más procesos o hilos de ejecución por lo tanto pueden dar lugar a actividades de control. Es importante destacar que en UML las clases activas se denotan con el contorno grueso.

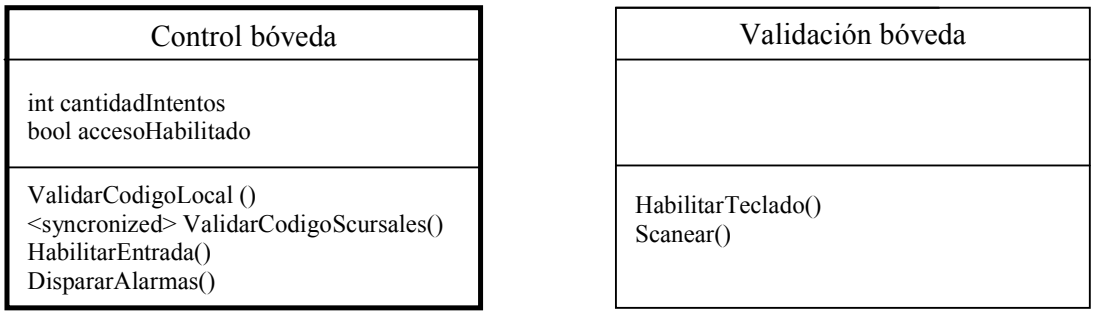


Figura 8: Diagrama de Clases

4.1.3 Diagrama de Colaboraciones

En este diagrama puede verse como interactúan los distintos objetos. En este caso fue imprescindible utilizar estereotipos para poder vincular éste diagrama con el de despliegue, puede observarse que a través del estereotipo Location se logra identificar al nodo en cuestión (ver Figura 9).

Las instancias de las clases activas se diferencian de las instancias de clases no activas representándolas con el contorno grueso.

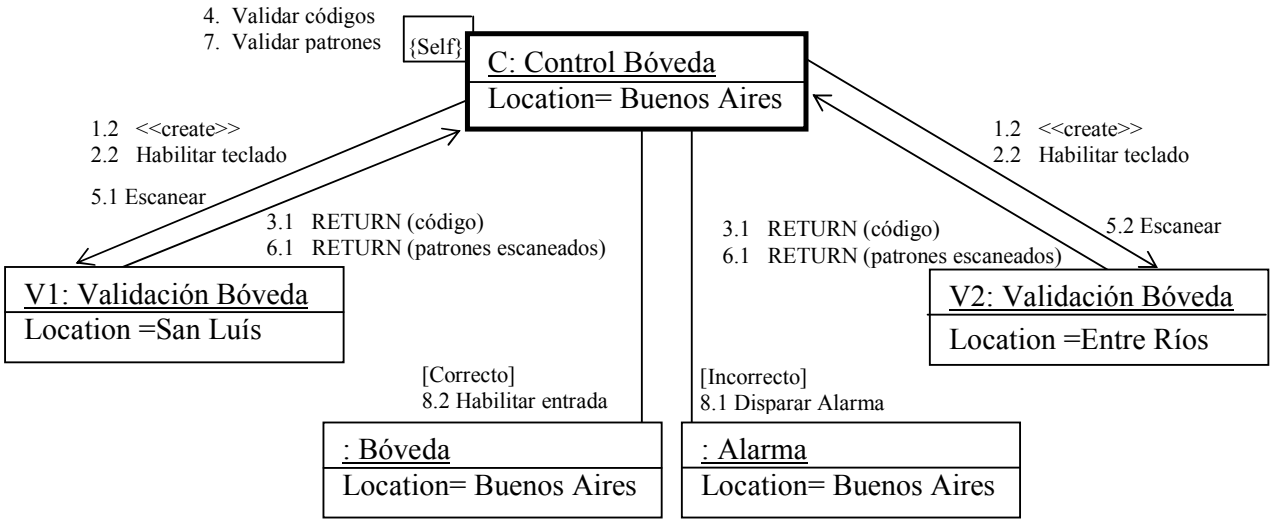


Figura 9: Diagrama de Colaboraciones

4.2. Modelado por medio del DEA

Se aplica la metodología de modelado indicada en la Sección 3, para modelar la aplicación descripta, por medio del DEA (Figura 10).

1. Se identifican los distintos nodos: Sucursal de San Luís, Sucursal de Entre Ríos y Casa Central en Buenos Aires. Entonces se consideran tres calles una para cada nodo.
2. Se ubica en el centro del diagrama la calle correspondiente al nodo Casa Central ya que desde allí se inicia el proceso o la funcionalidad que estamos modelando. Esto evitará el cruce de líneas lo que quitaría claridad al diagrama.
3. Se marca las conexiones entre los nodos por medio de líneas y sobre cada una de ellas se indica el tipo de conexión. Entre casa central y la sucursal de San Luís la conexión tal como lo mostramos en el diagrama de despliegue es punto a punto y de casa central a la sucursal de Entre Ríos es Dial Up.
4. Comenzamos desde el nodo central indicando el estado de inicio utilizando el círculo vacío (usando la nomenclatura habitual del Diagrama de Transición de estados).
5. Empezamos a modelar un diagrama de estados dentro del nodo central y recurrimos a una línea de sincronismo en el momento en que éste nodo se conecta simultáneamente con los nodos remotos.
6. Cuando se realiza una comunicación desde el nodo central hacia los otros y viceversa, usamos la nomenclatura propuesta para indicar los mensajes y RPC sincrónicos y asincrónicos.
7. Si suponemos que las claves de las sucursales se chequean contra un archivo que se encuentra en la casa central, ese archivo será un recurso compartido por lo cual utilizaremos por ejemplo un semáforo.
8. En esta aplicación cada sucursal ejecuta en casa central el control del ingreso de la clave y el chequeo de la cantidad de intentos fracasados. Con lo cual esta rutina se indicara con cardinalidad para mostrar que ambos nodos la realizarán en forma independiente de lo sucedido con el otro nodo.

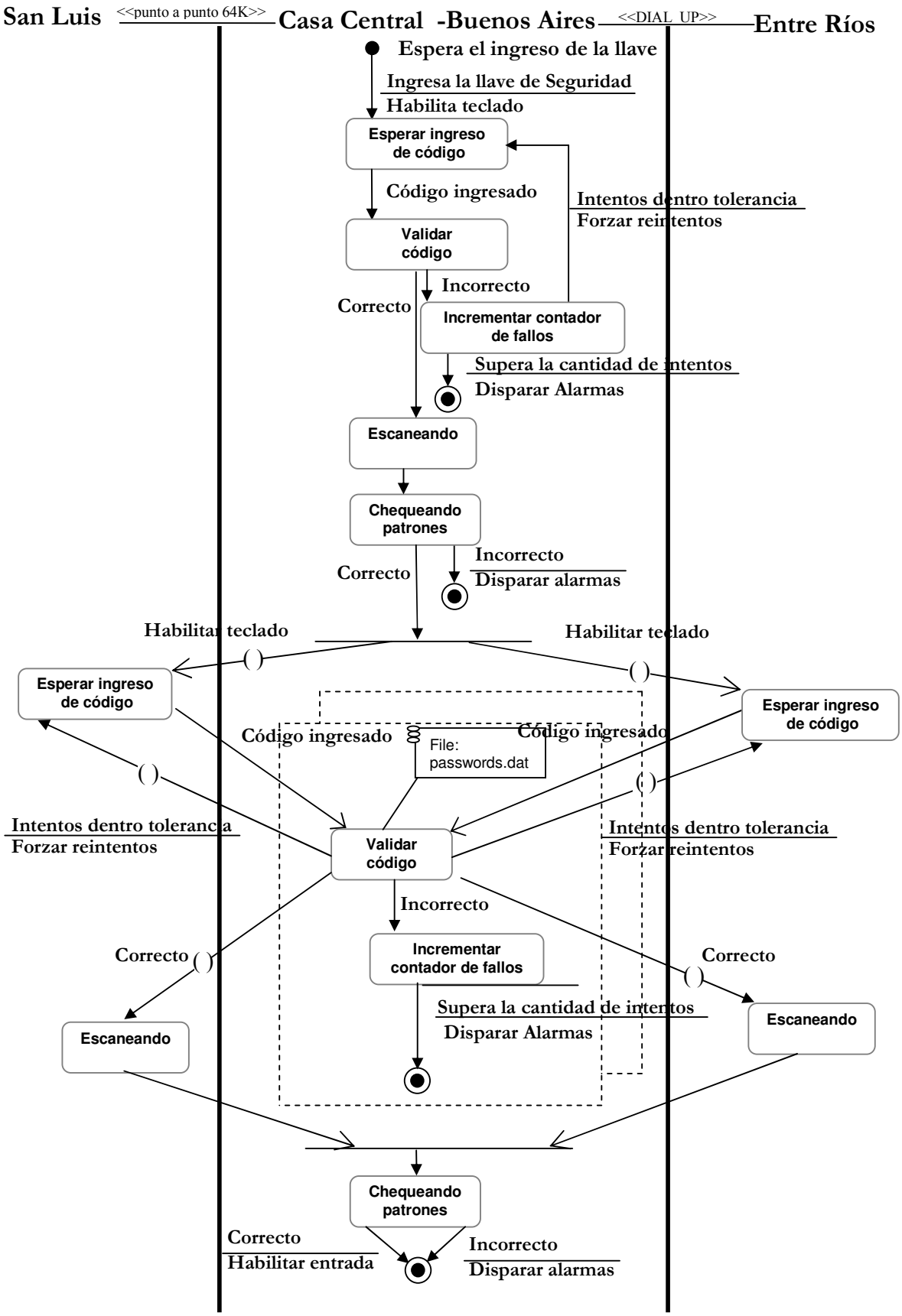


Figura 10: Este DEA integra los elementos típicos de este tipo de aplicaciones anteriormente planteados.

5. COMPARACIÓN DEL DEA CON UML

UML brinda herramientas para el modelado de procesos concurrentes mediante el uso de clases activas, dichas clases indican que sus objetos contienen diferentes hilos de ejecución.

Para poder modelar la comunicación entre diferentes procesos y threads UML propone la utilización de diagramas de objetos adornados con varios estereotipos como ser *location* que nos indica la ubicación física de ese hilo o proceso. También para establecer la ubicación física es posible realizar un diagrama de despliegue que indique que procesos ejecuta cada nodo y cuales son las conexiones físicas entre ellos. Si se quiere modelar como se comunican procesos ubicados en distintos nodos es posible que un diagrama de colaboración donde cada objeto tenga que estar estereotipado con la propiedad *location* se vuelva muy difícil de seguir. Por ello la propuesta del DEA es utilizar las calles para ver que es lo ocurre dentro de cada nodo y como se comunican unos con otros.

Para la comunicación entre procesos UML propone la diferenciación entre mensajes sincrónicos y asincrónicos. Pero no se especifica una semántica particular para llamadas a procedimientos remotos RPC que indicarían que en un momento dado se invoca un procedimiento ubicado en otro nodo sin que en dicho nodo necesariamente se estuviera ejecutando un proceso que se estuviera monitoreando a la espera de mensajes, por ello se hace necesaria la diferenciación entre mensajes y RPC.

En cuanto a la utilización de diagramas de estado UML propone su utilización para modelar el comportamiento de cada una de las clases activas por separado. Siendo necesario para ver su interacción construir un diagrama de colaboración.

Para los recursos cuyo acceso debe ser sincronizado, UML propone estereotipar los métodos que por ejemplo deban ser sincronizados dentro de una clase pero no hace referencia a elementos físicos compartidos como ser un archivo, una unidad de disco, etc. Cosas que muchas veces es necesario destacar para ver como varios hilos van a competir por dicho recurso.

6. CONCLUSIONES

De la comparativa presentada en el Item 5, puede desprenderse que el DEA es una herramienta que permite modelar aplicaciones con procesos concurrentes y distribuidos, plasmando las características de estas aplicaciones en un único diagrama. Si bien el diagrama parece a simple vista ser más complejo para leer (Figura 10), evita el tener que realizar una serie de modelos (ver Figura 7, 8, 9) los cuales traen aparejados los siguientes inconvenientes:

- Tener que relacionar los distintos modelos para lograr llegar a la visión que se observa en el DEA
- Tener que usar estereotipos para poder modelar características no nomencladas en UML.
- El conjunto de modelos no logra mostrar la diferencia entre mensajes y llamadas a procedimientos remotos (RPC). Así como tampoco se puede visualizar la cardinalidad.

Por estas los motivos expuestos sostenemos que el DEA ayuda al análisis, incorporando las características de los modelos de UML y agregando aquellas características específicas de este tipo de aplicaciones, no soportadas por dichos modelos.

REFERENCIAS

Libros

[1] Booch G, Rumbaugh J y Jacobson I. *El lenguaje unificado de modelado*. Addison Wesley, pp: 392-394, 2003.

[2] Fowler M. *UML Distilled*. Addison Wesley, Third Edition, Pearson Education, pp: 1-16 2004.

[3] Kendall S. *Fast Track UML 2.0*, Apress, California 2004.

[4] Stalling W. *Operating Systems Internals and Design Principles*. Third Edition, Prentice Hall., pp: 208-230, 1998.

Documentos electrónicos

[5] *OMG Unified Modeling Language Specification*. Versión 1.5 Marzo 2003

Sitios Web

[6] http://es.tldp.org/Tutoriales/doc-modelado-sistemas-UML/multiple-html/

[7] http://www.creangel.com/uml/actividad.php

[8] http://www.investigamos.com.ar

[9] http://www.investigamos.com.ar/proyectos.htm#evolucion

[10] http://www.microsoft.com/spanish/msdn/articulos/archivo/230801/voices/modelsoftware.asp

[11] http://www.uml.org/#UML2.0

[12] http://www.unlam.edu.ar/index.php?pageid=232&idioma=esp

[13] http://www-gris.det.uvigo.es/~avilas/UML/node22.html

[14] http://www-gris.det.uvigo.es/~avilas/UML/node46.html