



Universidad de las Ciencias Informáticas

FACULTAD 5

Propuesta de Técnica para la Comunicación entre Agentes Virtuales.

**Trabajo para optar por el Título de Ingeniero en Ciencias
Informáticas.**

Autores

Lisandra Valdés Pera.

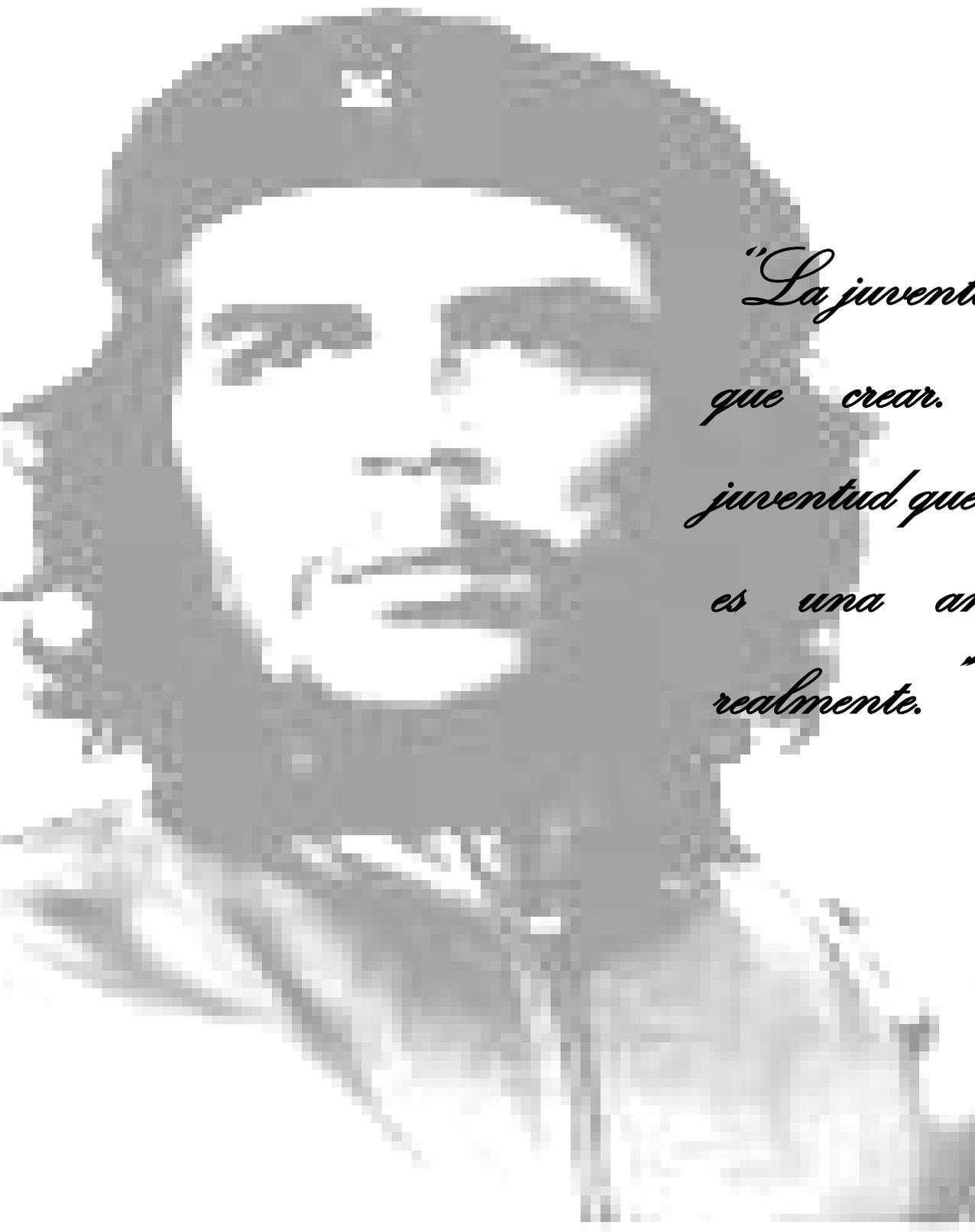
Haydee Sánchez Berrillo.

Tutor

Ing. Jaime González Campistruz.

Ciudad de la Habana, Julio de 2008

“Año 50 de la Revolución”



*"La juventud tiene
que crear. Una
juventud que no crea
es una anomalía
realmente."*

Le

Declaración de Autoría

Declaramos ser autores de la presente tesis y reconocemos a la Universidad de las Ciencias Informáticas los derechos patrimoniales de la misma, con carácter exclusivo.

Para que así conste firmamos la presente a los ___ días del mes de _____ del _____.

Firma del Autor

(Lisandra Valdés Pera)

Firma del Autor

(Haydee Sánchez Berrillo)

Firma del Tutor

(Ing. Jaime González Campistruz)

Datos de Contacto

Tutor: Ing. Jaime González Campistruz.

e-mail: jgonzalezc@uci.cu

Graduado de la Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI), año 2007.

A nuestros familiares y amigos

A nuestro tutor Jaime González

A la Universidad de las Ciencias Informáticas

A la Revolución y a Fidel

A mis abuelos Ricardo y Norma por ser las personas más importantes en mi vida, por su apoyo, su comprensión, por hacerme quien soy, por llenar todos los espacios de mi vida y sobre todo por ese amor incondicional que nunca me ha faltado.

A mi tía Claribel por ser mi madre, mi mejor amiga, por entenderme y quererme sin diferencia y por siempre estar a mi lado.

A mis padres Aracelis y Pedro Pablo y a mis hermanos Claribel, Yovaldi, y Yodaisy por ser parte de mi vida.

A todos mis primos en especial a Elba y Norma por quererme como a una hermana y confiar en mí y a mi primo Tato porque a pesar de los años sigue siendo mi primo preferido y el que siempre va a tener un lugar muy importante en mi vida.

A mi tío Luis por ayudarme siempre y estar orgulloso de mí, a Dania por ser mi familia y mi amiga, a toda mi familia y amigos que siempre me dieron aliento para seguir adelante.

A Yudenia la amiga más loca que tengo, porque supo ganarse mi amistad y mi cariño, por los buenos ratos que hemos compartido y los que faltan, por entenderme y por estar a mi lado siempre que la necesito.

A Elizabeth por compartir conmigo todos estos años, por su amistad, por los buenos y malos momentos que pasamos, porque a pesar de lo diferentes que somos la quiero como una hermana.

A Haydee mi compañera de tesis, mi amiga, mi hermana, por entenderme y soportarme todos estos años.

Al profe Millet por su ayuda y su preocupación.

A Susana, Tonito, Yilbert, Isabel, Randy, Moty, a mis compañeros de grupo, profesores y a todos los que de una forma u otra han compartido conmigo estos 5 años.

A la vida por darme la oportunidad de realizar este sueño y por darle salud a mis abuelos para que lo vean realizado.

Lisandra

*A mis padres Emma y Edel por darme la vida y apoyarme en todos los momentos
para salir adelante y triunfar.*

*A mis hermanos Yolanda y Edelito que siempre han estado a mi lado en las
buenas y las malas, y por darme ánimo en todos los momentos.*

*A mis abuelos Norma y Yolando que siempre me han brindado su cariño, apoyo
y sus sabios consejos para la vida.*

*A mis tías Luisa y Mabel, Alejandro, Arianna, Dayanis, Yanlei y Miguel por ser la
mejor familia.*

*A mi abuela Carmita, mi tía Yolanda, Orlando, Toti, Gina y familia por su
preocupación.*

*A mis mejores amigos de estos cinco años Isabel, Lisandra, Yilver por su ayuda,
comprensión y amistad.*

*A mis amistades de Pinar, Reinier, la Mora, Robe, el charanguero y todos los del
barrio.*

*Al profesor Millet, que considero una magnífica persona por su apoyo en los
últimos momentos.*

*A mis compañeros de aula, profesores que de una forma u otra contribuyeron a
que este trabajo se hiciera realidad.*

Haydee

Resumen

Este trabajo es el resultado de una investigación sobre algunas de las diferentes técnicas de Inteligencia Artificial (IA) que permiten la comunicación entre los agentes que aparecen dentro de los entornos virtuales. El objetivo de esta investigación es proponer una de estas técnicas para aplicarla a los proyectos productivos de la Facultad 5.

Las técnicas que se analizan en este trabajo son: Sistemas Basados en Reglas, Disparadores (*Triggers*), Sistemas Pizarra (*BlackBoard*), Lógica Difusa, y Máquinas de Estados Finitos. Se tienen en cuenta algunos aspectos como las características fundamentales de cada una de ellas, aplicaciones y funcionamiento. A partir del estudio de las ventajas y desventajas, y una comparación de estas técnicas, se presenta una propuesta de una de ellas para la comunicación entre los agentes de un entorno virtual.

Finalmente se dan las recomendaciones para el trabajo futuro con la técnica propuesta, así como para la aplicación de alguna de las otras.

Palabras clave:

Agente Virtual, Comunicación Virtual, Inteligencia Artificial.

Índice de Contenido

| | |
|---|-----------|
| DECLARACIÓN DE AUTORÍA..... | II |
| DATOS DE CONTACTO | III |
| DEDICATORIA..... | IV |
| AGRADECIMIENTOS | V |
| RESUMEN..... | VII |
| INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| CAPÍTULO 1..... | 5 |
| Introducción. | 5 |
| 1.1 Inteligencia Artificial. | 5 |
| 1.1.1 Historia de la Inteligencia Artificial..... | 6 |
| 1.1.2 Líneas principales de la Inteligencia Artificial. | 7 |
| 1.2 Agentes virtuales..... | 10 |
| 1.2.1 Definición de Agente Virtual..... | 10 |
| 1.2.2 Características de un Agente Virtual..... | 11 |
| 1.2.3 Tipos de agentes virtuales. | 12 |
| 1.3 Entornos virtuales..... | 13 |
| 1.4 Comunicación Virtual..... | 13 |
| 1.4.1 Comunicación Virtual en la Inteligencia Artificial..... | 14 |
| 1.4.2 Elementos básicos de los contextos comunicativos..... | 15 |
| 1.4.3 Comunicación entre agentes virtuales..... | 15 |
| CAPÍTULO 2 | 17 |
| Introducción. | 17 |

| | |
|--|-----------|
| 2.1 Sistemas Basados en Reglas. | 18 |
| 2.1.1 Elementos esenciales del Sistemas Basados en Reglas. | 18 |
| 2.1.2 Encadenamiento de Reglas..... | 19 |
| 2.2 Lógica Difusa. | 20 |
| 2.2.1 Definiciones de utilidad de la Lógica Difusa. | 21 |
| 2.3 Disparadores. | 23 |
| 2.3.1 Definición de un disparador. | 23 |
| 2.3.2 Beneficios de la centralización en los Disparadores. | 24 |
| 2.3.3 Posibilidades de los Disparadores. | 25 |
| 2.4 Sistemas Pizarras. | 25 |
| 2.4.1Características de los Sistemas Pizarras. | 26 |
| 2.4.2 Definición de Fuentes de Conocimiento. | 27 |
| 2.4.3 Funcionamiento de los Sistemas Pizarras. | 28 |
| 2.4.4 Aplicaciones de los Sistemas Pizarra. | 29 |
| 1.5 Máquinas de Estados Finitos. | 30 |
| 2.5.1 Definición de una Máquina de Estado Finito. | 30 |
| 2.5.2 Componentes de las Máquinas de Estados Finitos. | 30 |
| 2.5.3 Comportamiento en los juegos. | 32 |
| 2.5.4 Formas de implementar una MEF. | 33 |
| 2.5.5 Modelos de Procesamiento. | 33 |
| CAPÍTULO 3 | 37 |
| Introducción. | 37 |
| 3.1 Ventajas y desventajas de las técnicas de comunicación. | 37 |
| 3.1.1 Sistemas Basados en Reglas..... | 37 |
| 3.1.2 Lógica Difusa..... | 38 |
| 3.1.3 Disparadores. | 39 |

| | |
|--|-----------|
| 3.1.4 Sistemas Pizarra..... | 39 |
| 3.1.5 Máquinas de Estados Finitos..... | 40 |
| 3.2 Análisis de las técnicas a partir de sus ventajas e inconvenientes..... | 41 |
| 3.3 Consulta de expertos. Método Delphi..... | 44 |
| 3.4 Encuesta aplicada a los expertos. | 46 |
| 3.4.1 Cuestionario..... | 46 |
| 3.4.2 Resultados del cuestionario..... | 46 |
| 3.5 Técnica propuesta..... | 48 |
| 3.5.1 Algoritmo para la implementación de Máquinas de Estados Finitos..... | 49 |
| 3.5.2 Tipo de modelo de procesamiento para las Máquinas de Estados Finitos. ... | 51 |
| 3.5.3 Propuesta final..... | 51 |
| CONCLUSIONES | 52 |
| RECOMENDACIONES..... | 53 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 54 |
| BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA | 55 |
| ANEXO 1..... | 57 |
| ANEXO 2 | 58 |
| ANEXO 3 | 60 |
| ANEXO 4..... | 61 |
| GLOSARIO DE TÉRMINOS..... | 62 |

Índice de Figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1. Representación de un Agente Virtual..... | 10 |
| Figura 2. Representación de un entorno virtual | 13 |
| Figura 3 Representación de un encadenamiento de reglas..... | 19 |
| Figura 4 Ejemplo de los estados de las banderas. | 24 |
| Figura 5. Componentes Básicos del modelo de Pizarra..... | 26 |
| Figura 6. Elementos para determinar el orden de ejecución y el razonamiento de una FC..... | 27 |
| Figura 7. Elementos de una Máquina de Estado Finito..... | 31 |
| Figura 8. Ejemplo de una MEF como diagrama..... | 32 |

Índice de Tablas y Gráficos

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Formas para mejorar el funcionamiento de los sistemas pizarra | 29 |
| Tabla 2. Comparación entre las técnicas descritas | 43 |
| Tabla 3. Evaluación de los expertos..... | 47 |
| Gráfico 1. Representación gráfica de la evaluación de los expertos..... | 47 |
| Gráfico 2. Representación de los resultados obtenidos en la pregunta 2..... | 48 |

Introducción

En la actualidad el avance de la computación ha facilitado el trabajo y desarrollo del hombre. Una de las ramas de la Informática es la Realidad Virtual (RV) la cual permite crear entornos virtuales que, además de representar la realidad, pueden construir un mundo irreal.

En los últimos años la Realidad Virtual ha permitido el desarrollo de la Industria de los videos juegos, los simuladores y otras ramas.

Las razones de su popularidad están dadas por el nivel de realismo en la representación de los escenarios y por el poder de interacción con los usuarios. Este último desempeña un papel preponderante en el nivel de aceptación de un producto de Realidad Virtual, ya que los usuarios finales no sólo necesitan de un sistema gráfico con un alto nivel de detalles y similitud al mundo real, sino además que sea capaz de retar su inteligencia.

Muchos han sido los éxitos y los fracasos al tratar de imitar el mundo real en la gráfica computacional, particularmente el imitar el comportamiento de los seres vivos que en él habitan. Para lograr estos resultados se hace uso de varias técnicas [glosario de términos] de comunicación de la Inteligencia Artificial.

Nuestro país ha dado pasos de avance en el mundo de la Informática. Se han desarrollado soluciones tecnológicas de impacto social y económico, dentro de las cuales no faltan aplicaciones de RV. Estas se aplican en campos como la medicina, la educación, la economía, etc.

La Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI) conocida en sus inicios como el “Proyecto Futuro”, es uno de los principales proyectos que ha creado la Revolución Cubana para llevar a cabo la tarea de adentrarse más en el mundo de la Informática.

La Universidad tiene entre sus principales objetivos:

- Contribuir al desarrollo y el avance de la producción de software en Cuba.
- Formar profesionales íntegros, que fusionando la producción y la docencia logren mejorar la elaboración de software en Cuba.

El rector de la Universidad Melchor Gil Morell sentenció:

“Creo sinceramente que la UCI representa un salto en el camino por alcanzar la soberanía tecnológica que tanto el país necesita”. (Peláez, y otros, 2007)

La UCI está constituida por 10 facultades que desarrollan diferentes perfiles, los cuales las identifican y permiten que en la Universidad se lleve a cabo el trabajo en diferentes ramas de la Informática. La Facultad 5 se especializa en el perfil de entornos virtuales y automatización. En ella tienen lugar los proyectos productivos vinculados a la Realidad Virtual, varios de ellos para la producción de simuladores y juegos, que emplean la Inteligencia Artificial para lograr simular el comportamiento de los elementos dentro de un entorno. Los productos que se encuentran actualmente en desarrollo están incorporando diversas técnicas de Inteligencia Artificial, pero no han podido emplear las técnicas de comunicación entre los agentes virtuales, debido al desconocimiento de cómo podrían aplicarse éstas en proyectos de Realidad Virtual. Esto imposibilita que se puedan obtener productos donde exista una comunicación efectiva dentro del entorno virtual inteligente.

Para dar solución a la situación antes expuesta; se plantea el siguiente **problema científico**:

¿Cómo lograr, de manera eficiente, la comunicación entre los agentes virtuales involucrados en los entornos de Realidad Virtual desarrollados en los proyectos productivos de la Facultad 5?

Este trabajo tiene como **objeto de estudio** la Inteligencia Artificial dentro de la Realidad Virtual y como **campo de acción** las técnicas de comunicación entre los agentes de una escena virtual.

El **objetivo general** de este trabajo es proponer una técnica de comunicación para lograr simular la interacción dinámica existente entre los agentes de un entorno virtual.

Como **objetivos específicos** se pretende:

- Realizar un análisis sobre la Inteligencia Artificial y la comunicación entre agentes virtuales en los entornos de Realidad Virtual.
- Definir conceptos generales de Agente Virtual.

- Describir diferentes técnicas existentes sobre la comunicación entre agentes en escenas virtuales.
- Proponer una técnica para lograr mejorar la comunicación entre los agentes involucrados dentro de los entornos virtuales.
- Validación de la técnica propuesta mediante el uso elementos de la consulta de expertos.

Métodos Científicos:

Método Teórico:

Se emplea el método **analítico – sintético** como método teórico, ya que se analizan las teorías y documentos, posibilitando la extracción de los elementos más importantes que se relacionan con el objeto de estudio. Se emplea este método porque se va a desarrollar una investigación sobre las diferentes técnicas de comunicación entre los agentes virtuales, además se realizará un análisis de grandes volúmenes de documentos que hacen referencia a la comunicación entre agentes virtuales, así como las informaciones y estudios relacionados con este tema.

Método Empírico:

Como método empírico se empleó la **Entrevista**, donde se realizan varias entrevistas a diferentes integrantes de los proyectos de tres o más años de experiencia, para saber su criterio acerca de las técnicas de comunicación que se pueden proponer.

Posibles resultados:

Como resultado de este trabajo se pretende proponer una técnica para la comunicación de agentes en los entornos virtuales. Posibilitando que los proyectos productivos de la Facultad 5 interesados en aplicar éstas técnicas puedan basar su desarrollo a partir de ellas.

El contenido de este documento está estructurado en tres capítulos, así como las correspondientes secciones de la bibliografía, los anexos y el glosario de términos, organizados de la siguiente forma:

Capítulo 1: Fundamentación Teórica.

En este primer capítulo se presentan diferentes criterios de definiciones de Agente Virtual citadas por varios autores, así como, una investigación sobre la Comunicación Virtual y la Inteligencia Artificial, donde se abarca de manera resumida los antecedentes e historia de ésta rama en los entornos de Realidad Virtual.

Capítulo 2: Descripción de las principales técnicas para la comunicación entre agentes virtuales.

En este capítulo se realiza una descripción de cinco de las principales técnicas de comunicación, describiendo sus principales características, funcionamiento y aplicaciones en los diferentes campos de la Inteligencia Artificial.

Capítulo 3: Propuesta de técnica para la comunicación entre agentes virtuales.

Como su nombre lo indica, se presenta una propuesta de una de las técnicas descritas en el capítulo anterior, se realiza un análisis de sus ventajas y desventajas, así como, una comparación entre estas teniendo en cuenta una serie de parámetros, que permiten seleccionar la técnica más idónea a proponer. Para ello se realiza una validación de la propuesta mediante el uso de una consulta de expertos, aplicando la metodología Delphi.

CAPÍTULO 1

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.

Introducción.

La aplicación de la Inteligencia Artificial dentro de la Realidad Virtual permite crear escenarios inmersivos virtuales [gt] de gran realismo como mundos virtuales, video juegos, entornos desarrollados en 3D, los cuales mediante la IA, permiten establecer una nueva forma de relación entre el uso de las coordenadas de espacio y de tiempo, y generar entornos sintéticos en tiempo real; en otras palabras, permiten hacer representaciones del mundo real, como comportamientos, toma de decisiones y auto aprendizajes dentro de los entornos virtuales.

Uno de los principales aspectos que tiene en cuenta la IA dentro de su campo de acción es el referente a la comunicación entre los diferentes agentes que existen e interactúan en una simulación virtual. Aspecto que es de suma importancia para la Realidad Virtual y si éste no existiera, fuera imposible establecer un dinamismo automatizado dentro de la aplicación que se desarrolla.

1.1 Inteligencia Artificial.

El campo de la Inteligencia Artificial para juegos ha existido desde tiempos atrás, desde la década del 70 y de los 80. La percepción del público hacia ésta nueva tendencia estaba profundamente marcada con la simplicidad de los juegos que existían en esos tiempos, como los juegos de consola *Pac-man*, *Pinky*, *Blinky* entre otros que fueron muy famosos.

Los juegos de hoy en día han logrado un gran avance en comparación con los juegos del pasado. A medida que ha ido mejorando el *hardware* [gt] gráfico y la calidad de los juegos, la Inteligencia Artificial se ha convertido en uno de los factores más importantes y críticos en la industria de los videos juegos, llegando a jugar un papel decisivo a la hora de determinar la calidad del producto.

1.1.1 Historia de la Inteligencia Artificial.

La Inteligencia Artificial fue diseñada principalmente para los juegos de consolas operados con monedas, con el objetivo principal de mantener al jugador introduciendo monedas en la máquina. Juegos como *Donkey Kong* hacen uso de simples reglas y secuencias de acciones, combinadas con una toma de decisión predefinida aleatoriamente para hacer su comportamiento menos predecible.

Las investigaciones en el campo de la IA se orientan por dos vertientes distintas:

- La conexionista o subsimbólica.
- La simbólica o tradicional.

La corriente conexionista intenta representar el conocimiento desde el estrato más básico de la inteligencia: el estrato físico; partiendo de que el secreto para el aprendizaje [gt] y el conocimiento se halla directamente relacionado con la estructura del cerebro.

La corriente simbólica intenta simular directamente las características inteligentes que se pretenden conseguir.

En 1959, *Frank Roseblatt* introduce el Perceptron; el cual fue desarrollado en la Universidad de Cornell. Es un modelo matemático de red neuronal que modela la mente humana, basándose en el principio de activación de neuronas, donde a partir de un valor de entrada (estímulo) se modifica el peso asociado a la neurona, y que al sobrepasar cierto valor umbral (excitación), transmite la señal a aquellas neuronas con las que está conectada, obteniéndose al final un patrón que sirve para clasificar la entrada inicial.

Otra técnica evolutiva dirigida particularmente a la optimización de funciones continuas de alta complejidad se desarrolló en Alemania, en 1965, por *Rechenberg* y *Schwefel*. Esta fue llamada Estrategia Evolutiva, y se utilizó inicialmente para resolver problemas de ingeniería que desafiaban a los métodos de optimización tradicionales.

La creación de los algoritmos genéticos suele atribuírsele a *John Holland* a raíz de la publicación de su libro "*Adaptation in Natural and Artificial Systems*" en 1975.

Los algoritmos genéticos, al igual que las redes neuronales, han logrado el reconocimiento de los investigadores como una técnica efectiva en problemas de gran complejidad, sobre la base de la efectividad de sus resultados en aplicaciones prácticas.

La programación lógica tiene sus orígenes más cercanos en los trabajos de *J. A. Robinson*, quien propone en 1965 una regla de inferencia a la que llama resolución, mediante la cual la demostración de un teorema puede ser llevada a cabo de manera automática.

La lógica de primer orden, es una de las técnicas más usadas para representar conocimiento en la Inteligencia Artificial. Esta cuenta con un lenguaje que permite representar fórmulas llamadas axiomas [gt], que describen fragmentos del conocimiento y, además consta de un conjunto de reglas de inferencia que aplicadas a los axiomas, permiten derivar un nuevo conocimiento.

En la actualidad, la Inteligencia Artificial empieza a extender sus áreas de investigación en diversas direcciones y trata de integrar diferentes métodos en sistemas a gran escala, tratando de explotar al máximo las ventajas de cada esquema.

1.1.2 Líneas principales de la Inteligencia Artificial.

La Inteligencia Artificial tiene varios campos fundamentales de investigación, que en su conjunto han logrado que la misma haya evolucionado enormemente, estos se consideran muy relevantes para el presente y el futuro de los juegos de IA, estos campos son:

- Sistemas Expertos: Estos sistemas intentan capturar y aprovecharse del conocimiento de un experto humano dentro de un dominio dado, además representan la especialización del experto dentro de una base de conocimiento, y realizan el razonamiento automatizado en la base de conocimiento en la respuesta a una pregunta.
- Caso Basado en Razonamiento: Esta técnica intenta analizar un juego de entradas comparándolos a una base de datos conocida. El acercamiento está inspirado por la tendencia humana a aprehender las nuevas situaciones, comparándolos con una de las situaciones más similares experimentadas en el pasado.

- Máquinas de Estados Finitos: Son sistemas basados en reglas compuestos por estados y transiciones, donde un número de estados finitos se conecta en un gráfico dirigido por las transiciones entre los estados.

- Sistemas de Producción: Están comprendidos por una base de datos de reglas. Cada regla consiste en una declaración condicional arbitrariamente compleja más un número de acciones, que deben realizarse si la declaración condicional está satisfecha. El mismo consiste en una lista de declaraciones de “si-entonces”.

- Árboles de Decisión: Son similares a las condiciones complejas de “si-entonces”, éstos sistemas toman una decisión basada en un juego de entradas a partir de la raíz del árbol y cada uno de los nodos, seleccionando un nodo hijo basado en el valor de uno entrado.

- Métodos de Búsqueda: Estos sistemas se encargan de descubrir una sucesión de acciones dentro de un gráfico que satisface alguna meta.

- Sistemas de Planificación: Representan una extensión de los métodos de búsqueda, donde se busca la mejor y más simple sucesión de acciones que puede realizar, para lograr un resultado con el tiempo dado un estado inicial y una definición precisa de las consecuencias de cada acción posible.

- Lógica de Primer Orden: Extiende la lógica proposicional con varias características adicionales que le permitan razonar sobre un agente [gt] dentro de un entorno. Consiste en objetos con las identidades individuales y propiedades que los distinguen de otros, y diversas relaciones que se sostienen entre esos objetos y propiedades.

- Situación de Cálculos: Esta técnica emplea la lógica de primer orden para calcular cómo un agente debe actuar en la situación dada.

- Sistemas Multi-agentes: Son sistemas que se enfocan en cómo la conducta inteligente puede levantarse naturalmente como una propiedad emergente de la interacción entre agentes.

- Vida Artificial: Se refiere a los sistemas multi-agentes que intentan aplicar algunas de las propiedades universales de sistemas vivientes a agentes en los mundos virtuales.

- Robótica: La robótica se ocupa del problema de permitir que las máquinas funcionen interactivamente en el mundo real. Es una de las técnicas más antiguas y conocida, además de ser uno de los campos de mayor éxito de la Inteligencia Artificial.
- Comportamiento de manadas: Es una sub-categoría de la rama Vida Artificial que se centra en las técnicas de movimiento coordinado, de tal manera que los agentes se comporten como lo hacen en la vida real los rebaños y manadas.
- Algoritmos Genéticos: Es uno de los campos más fascinantes de la Inteligencia Artificial, que intentan imitar el proceso de evolución directamente, realizando la selección, cruzamiento y las operaciones de mutación.
- Redes Neuronales: Son técnicas de aprendizaje automático basado en la arquitectura de interconexiones neuronales en cerebros de animales y sistemas nerviosos. Operan ajustando los parámetros numéricos interiores repetidamente entre los componentes interconectados de las redes.
- Lógica Difusa: Es una técnica que utiliza un valor numérico real para representar los grados de pertenencia de un número de serie, estableciendo en contraposición a los valores booleanos (verdadero o falso).
- Redes Creíbles: Son sistemas que proporcionan herramientas para modelar las relaciones causales entre los diferentes fenómenos, y utilizan la teoría de probabilidad para hacer frente a la incertidumbre y el conocimiento incompleto.

Muchos juegos han logrado grandes éxitos haciendo uso de estas técnicas, por ejemplo, los juegos de mesa como el ajedrez, utilizan la técnica de Árbol de Búsqueda para mejorar la lógica y el razonamiento del juego. El *Sim City* emplea la técnica de Vida Artificial para simular comportamientos existentes en la vida real. Existen otros juegos, que comparten en común con la Robótica los importantes retos a los que los robots se enfrentan en el intento de percibir y comprender el mundo real.

La Lógica Difusa ha demostrado ser una de las técnicas más populares en los juegos dentro de la Inteligencia Artificial. Sin embargo, técnicas como Lógica de Primer Orden y Situación de Cálculo, todavía tienen que encontrar una amplia aceptación en los juegos. Esto es debido a la dificultad de

utilizar la Situación de Cálculo en el desempeño de ambientes de los juegos en tiempo real y los desafíos de una adecuada representación de un mundo en un lenguaje lógico.

1.2 Agentes virtuales.

Siguiendo las líneas mencionadas anteriormente, la IA dentro de la Realidad Virtual, es la rama que se encarga entre otras cosas, del comportamiento y de las transiciones de estados por el cual pasan algunos elementos de un entorno virtual, que de una manera u otra, dependen de otros para realizar sus acciones; incluso de acciones que son invisibles para el usuario final de la aplicación. Estos elementos son a los que denominamos **agentes**.

1.2.1 Definición de Agente Virtual.

Un Agente Virtual es una entidad [gt] que percibe su ambiente y responde o actúa en el mismo con la necesidad de sensores y efectores, los cuales tienen la capacidad de reaccionar al entorno que los rodea, simulando tener vida propia. Estos además tienen un estado, una localización y una función predefinida. **(Ver figura 1).**

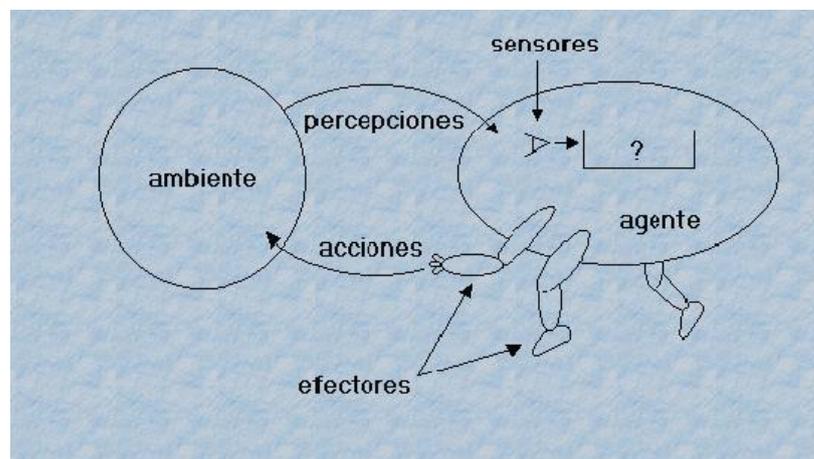


Figura 1. Representación de un Agente Virtual.

Un Agente Virtual utiliza la información adquirida en el pasado para tomar decisiones en situaciones futuras en las que se encuentre.

No existe una definición exacta para definir que es un Agente Virtual, por lo que varios autores han dado su propio criterio acerca de este término:

- ⇒ “Un agente es una entidad que percibe y actúa sobre un entorno”. (Botti, 2000)
- ⇒ “Los agentes son sistemas computacionales que habitan en entornos dinámicos complejos, perciben y actúan de forma autónoma en ese entorno, realizando un conjunto de tareas y cumpliendo objetivos para los cuales fueron diseñados”. (Botti, 2000)
- ⇒ “Un agente es un sistema situado en alguna parte de un entorno que percibe dicho entorno y actúa en él en beneficio de su propia agenda, el efecto de su actuación se nota en el entorno”. (Caglayan, 1997)

1.2.2 Características de un Agente Virtual.

Un Agente Virtual se caracteriza por una serie de calificativos, que denotan ciertas propiedades a cumplir por el mismo. Existen tres calificativos principales que definen a un agente como un sistema capaz de actuar de forma autónoma y flexible en un entorno, se entiende por flexible que sea:

- Reactivo: Los agentes deben ser capaces de percibir su ambiente y responder a tiempo a los cambios en él, a través de sus acciones.
- Pro-activos: Deben exhibir un comportamiento orientado por sus metas, tomando la iniciativa para satisfacer sus objetivos de diseño.
- Social: Son capaces de interactuar con otros agentes, posiblemente tan complejos como los seres humanos, con miras a la satisfacción de sus objetivos.

Otras de las características principales que poseen los agentes virtuales son:

- Racionalidad: El agente es capaz de razonar sobre los datos que percibe con tal de calcular la solución más correcta.
- Veracidad: Asunción de que un agente no comunica información falsa a propósito.

- Adaptatividad: Está relacionado con el aprendizaje que un agente es capaz de realizar y si puede cambiar su comportamiento basándose en ese aprendizaje.
- Autonomía [gt]: El agente es capaz de actuar basándose en su experiencia y adaptarse a cualquier entorno aunque este cambie severamente, además operan sin la intervención directa de los seres humanos u otros, y tienen alguna clase de control sobre sus acciones y el estado interno.

1.2.3 Tipos de agentes virtuales.

Existen dos tipos de agentes virtuales:

- Agente autónomo: Es aquel que se siente situado en el entorno en que se encuentra y actúa sobre él a través del tiempo, persiguiendo sus propios objetivos de forma que afecte lo que siente en el futuro. El afectar lo que se perciba en el futuro implica inteligencia, al menos en el sentido que se aprenda de los fallos para no volver a cometerlos en el futuro, lo cual implica adaptatividad.
- Agente inteligente: Es una entidad que funciona continua y autónomamente en un medio ambiente generalmente habitado por otros agentes y procesos. La continuidad y autonomía están relacionadas con la posibilidad de que un agente realice sus actividades de una manera adaptativa e inteligente, percibiendo los cambios en el ambiente sin necesidad que un humano lo guíe ni intervenga constantemente en sus decisiones.

El agente inteligente es capaz de autoevaluarse, autoaprender y cambiar su acción de acuerdo al entorno en que se encuentra. **(Ver Anexo 1).**

Los agentes virtuales en algún momento necesitan comunicarse entre sí para llevar a cabo las acciones que se van a desarrollar en el entorno. Es cuando surge la interacción o intercambio de información entre ellos dentro de un entorno virtual, denominando a este proceso comunicación virtual.

1.3 Entornos virtuales.

El entorno real ha sido siempre el espacio de socialización en el que se producen las situaciones de aprendizaje. En la actualidad este entorno está de nuevo perdiendo presencia frente a nuevas formas de representación que se denominan entornos virtuales. Es lo que se ha denominado como “el tercer entorno”, un nuevo espacio de comunicación y por tanto de socialización.

Los entornos virtuales, además de representar la realidad, también pueden construir un mundo irreal. **(Ver Figura 2).**



Figura 2. (Representación de un entorno virtual)

El entorno virtual permite interactuar, colaborar, elegir, comunicar independencia y autonomía, es un nuevo modelo comunicativo: más participativo, interactivo, divertido y colaborativo. Pero lamentablemente está sometido a estructuras jerárquicas tal como lo está la vida real. (Becerra, y otros, 2007)

1.4 Comunicación Virtual.

Desde el surgimiento de la primera computadora no se imaginaba que en la era moderna hubiese un desarrollo tan impresionante de la tecnología de la comunicación. Con el surgimiento de Internet el mundo ha cambiado radicalmente, ya que permite conectar a cientos de millones de ordenadores en todo el mundo, donde se comparte información entre máquinas e individuos, con la particularidad de que una gran cantidad de información se transmite en la red sin la participación de seres humanos.

Hoy en día la comunicación electrónica entre personas incluye desde el básico chat y servicios GMS [gt] hasta escenarios inmersivos virtuales de gran realismo. Las diferencias entre ellos son evidentes, uno de los objetivos es intentar definir mecanismos de intercambio de elementos virtuales entre los escenarios que participan virtualmente dentro del universo.

Existen diferentes formas de comunicarse virtualmente, como por ejemplo:

- Mensajería instantánea.
- Correo electrónico.
- Videoconferencia.
- Blogs.
- Chats.
- Foros.
- Juegos en línea.
- Mundos virtuales.
- Entre otros.

Estos núcleos de intercambio de comunicación permiten interactuar con personas de diversos puntos del planeta aunque no estén presentes físicamente.

Este trabajo se centra específicamente en la Comunicación Virtual dentro de la Inteligencia Artificial, es decir, la comunicación entre los agentes que aparecen dentro de los escenarios de Realidad Virtual.

1.4.1 Comunicación Virtual en la Inteligencia Artificial.

La Comunicación Virtual en la IA permite que los elementos que están dentro del entorno puedan comunicarse, por lo que éstos pueden intercambiar información sin la intervención de los humanos, permitiendo que se puedan crear escenarios virtuales cada vez más independientes.

1.4.2 Elementos básicos de los contextos comunicativos.

En los entornos virtuales se definen los procesos de comunicación, como aquellos en los que un emisor transmite cierto contenido informativo a un receptor mediante el uso de una señal.

Los principales elementos que se distinguen en un entorno virtual que permiten establecer la comunicación en los mismos son: señal, contenido informativo, emisor de la señal y receptor. **(Ver Anexo 4).**

Cada uno de estos elementos tiene sus funciones específicas dentro del entorno:

- Señal: Es la que transporta el contenido informativo y puede identificarse como el acaecimiento o la parcela de la realidad que transporta cierta información, como el soporte material de la información.
- Contenido informativo: Es una proposición o una idea asociada a una señal en la que se afirma que en la realidad ha ocurrido o que en un futuro ocurrirá algo en concreto.
- Emisor de la señal: Es aquel que transmite la información que será recibida por el receptor.
- Receptor: Es el que recibe el contenido informativo transmitido por el emisor mediante el uso de una señal.

1.4.3 Comunicación entre agentes virtuales.

La comunicación forma la base de la coordinación, ya que pueden surgir conflictos entre dos o más agentes en un entorno, es por eso que se requiere que exista comunicación entre los mismos.

Existen diferentes técnicas de comunicación, la invocación del procedimiento de un agente por otro agente representa el caso más simple.

Ejemplo:

Dentro de las diversas técnicas de comunicación se encuentran los Sistemas pizarra (*BlackBoard* [gt]) y Sistemas de mensaje/diálogo.

La arquitectura de los Sistemas pizarra es ampliamente utilizada en la Inteligencia Artificial. La pizarra es una estructura de datos que es usada como mecanismo general de comunicación en las múltiples fuentes de conocimientos, es gestionada y arbitrada por un controlador. Así, será un área de trabajo común a los agentes donde poder intercambiar información, datos y conocimiento. Son dispositivos para compartir información, con múltiples escritores y múltiples lectores. Como cada agente trabaja con su parte del problema, acudirá a la pizarra para ver la nueva información puesta por otros agentes y, a su vez, pondrá sus resultados.

En las técnicas basadas en mensajes, los mensajes que los agentes intercambian con otros agentes pueden ser utilizados para establecer comunicaciones y mecanismos de cooperación utilizando protocolos definidos. Un agente, emisor, transfiere un mensaje específico a otro agente, el receptor. Al contrario de los Sistemas pizarra, los mensajes son intercambiados directamente entre dos agentes. En este tipo de técnica no se utiliza memoria, ni otros agentes son capaces de leer el mensaje si no va dirigido a ellos.

Otras de las técnicas existentes que permiten el intercambio de comunicación en los entornos virtuales son: Sistemas Basados en Reglas, Lógica Difusa, Disparadores y Máquinas de Estados Finitos, las cuales serán tratadas detalladamente en el Capítulo 2.

CAPÍTULO 2

DESCRIPCIÓN DE LAS PRINCIPALES TÉCNICAS PARA LA COMUNICACIÓN ENTRE AGENTES VIRTUALES.

Introducción.

Como se describió en el capítulo anterior, la Inteligencia Artificial (IA) durante años ha servido para dar apariencia de vida inteligente en algunos entornos virtuales, por ejemplo, los innumerables personajes de juegos, como los fantasmas en el juego de arcada Pac Man, los bots de un tirador, entre otros. La enorme variedad de géneros de entornos virtuales y elementos que se encuentran dentro de estos requiere una interpretación bastante amplia en cuanto a lo que se considera la Inteligencia Artificial de un mundo virtual.

En este capítulo se abordarán cinco de las principales técnicas existentes de comunicación, que son las más adecuadas para ser aplicadas en los proyectos productivos de la Facultad 5.

Las técnicas de comunicación que se describirán son:

1. Sistemas Basados en Reglas (SBR).
2. Lógica Difusa.
3. Disparadores (*Triggers*).
4. Sistemas Pizarras (*BlackBoard*).
5. Máquinas de Estados Finitos (MEF).

El funcionamiento de estas técnicas permite conocer el comportamiento, el cambio de estado, la posición actual, y otras posibles informaciones que pueden presentar los agentes que interactúan dentro de un entorno virtual.

Además, facilitan a los desarrolladores la creación de entornos virtuales donde exista una comunicación dentro del mismo, por lo que se hace necesario abordar sobre algunas de las principales características de éstas para poder aplicarlas según las condiciones que requiera un producto determinado.

2.1 Sistemas Basados en Reglas.

Los Sistemas Basados en Reglas (SBR) es una técnica de comunicación que trabajan mediante la aplicación de reglas, comparación de resultados y aplicación de las nuevas reglas. También pueden trabajar por inferencia de lógica dirigida, empezando con una evidencia inicial en una determinada situación y dirigiéndose hacia la obtención de una solución, o bien con hipótesis sobre las posibles soluciones y volviendo hacia atrás para encontrar una evidencia existente que apoye una hipótesis en particular.

La programación basada en las reglas es una de las técnicas más comúnmente usadas para crear bases de conocimiento. Las reglas se utilizan para representar conocimiento factual o heurístico, que especifican en un sistema las acciones que se realizarán para una situación dada.

Una regla se compone de una parte "si" y una parte "entonces", donde la parte "si" es una serie de patrones que especifican los hechos (o los datos) que hacen que se aplique una regla. Juntos con los datos, los hechos también están presentes en la base de conocimientos. Estos hechos representan las declaraciones verdaderas que se utilizan para activar las reglas.

2.1.1 Elementos esenciales del Sistemas Basados en Reglas.

Los SBR tienen dos componentes principales:

1. La memoria activa, que guarda los hechos conocidos y aseveraciones hechas por las reglas.
2. La memoria de las reglas, que contienen reglas de estilo que operan encima de los hechos guardadas en la memoria activa. Cuando alguna de estas reglas se dispara, pueden activar alguna acción o cambio del estado, como en una Máquina de Estados Finitos, o pueden modificar los volúmenes de la memoria activa agregando nuevas informaciones llamadas aseveraciones. (Bourg, y otros, 2004)

2.1.2 Encadenamiento de Reglas.

El encadenamiento de reglas es una de las estrategias de inferencia más utilizadas para obtener conclusiones compuestas. Esta estrategia puede utilizarse cuando las premisas de ciertas reglas coinciden con las conclusiones de otras. Cuando se encadenan las reglas, los hechos pueden utilizarse para dar lugar a nuevos hechos. Esto se repite sucesivamente hasta que no pueden obtenerse más conclusiones. El tiempo que consume este proceso hasta su terminación depende, por una parte, de los hechos conocidos, y, por otra, de las reglas que se activan. Este algoritmo puede ser implementado de muchas formas. Una de ellas comienza con las reglas cuyas premisas tienen valores conocidos. Estas reglas deben concluir y sus conclusiones dan lugar a nuevos hechos. Estos nuevos hechos se añaden al conjunto de hechos conocidos, y el proceso continúa hasta que no pueden obtenerse nuevos hechos. **(Ver Figura 3).**

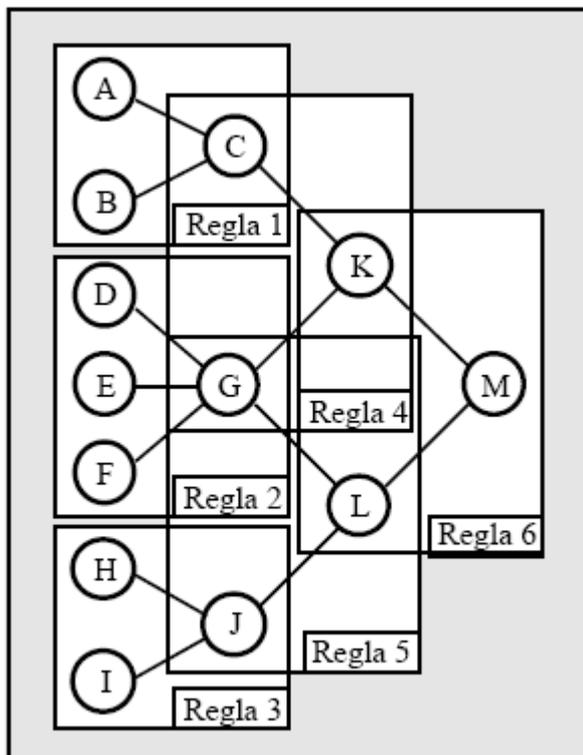


Figura 3 Representación de un encadenamiento de reglas.

Las estrategias de encadenamiento de reglas se utilizan en problemas en los que algunos hechos se dan por conocidos y se buscan algunas conclusiones. Por el contrario, las estrategias de encadenamiento de reglas orientadas a un objetivo se utilizan en problemas en los que se dan algunos objetivos y se buscan los hechos para que éstas sean posibles.

2.1.3 Coherencia de Reglas.

Un conjunto de reglas se denomina coherente si existe, al menos, un conjunto de valores de todos los objetos que producen conclusiones no contradictorias.

En consecuencia, un conjunto coherente de reglas no tiene por qué producir conclusiones no contradictorias para todos los posibles conjuntos de valores de los objetos.

2.2 Lógica Difusa.

La Lógica Difusa es un medio de mostrar los problemas de una manera similar a la forma en que los seres humanos pueden resolverlos, se deriva de la teoría de los conjuntos difusos, y su razonamiento se basa en la aproximación a la percepción humana.

La idea de esta técnica es resolver los problemas de una manera imprecisa como lo hacen los seres humanos. Permite plantear y resolver problemas lingüísticos utilizando términos similares a los que un ser humano podría usar.

Esta técnica pertenece a conjuntos cuyos valores varían entre 0 y 1 (ambos incluidos), y permite usar conceptos imprecisos como ligeramente, bastante y mucho. También posibilita la inclusión parcial en un conjunto.

Todos los términos de la Lógica Difusa pueden ser cierto, pero en diversos grados. Si se dice que algo es verdad a grado 1, es absolutamente cierto. Una verdad a grado 0 es absolutamente falsa. Por lo que, se puede tener algo que sea absolutamente cierto, o absolutamente falso, pero también se puede tener algo que esté entre 0 y 1.

Incluye también, el uso de términos lingüísticos intuitivos por ejemplo, cerca, lejos, muy lejos, y así sucesivamente. Esto hace que el sistema sea más legible, fácil de entender y mantener.

2.2.1 Definiciones de utilidad de la Lógica Difusa.

La idea de este principio parte de que la complejidad de un sistema hace que resulte mucho más difícil o casi imposible determinar como será su comportamiento, llegando a tal punto que es imposible lograr una solución sin utilizar la Lógica Difusa.

Esta idea se basa en una serie de conceptos que hacen más sencilla la comprensión de estos sistemas:

- Conjuntos Difusos: Cuando se aplican palabras a la definición de cualquier propiedad por ejemplo: mujeres altas, edificios viejos, hombres bajos, elevada inteligencia, baja velocidad, viscosidad moderada, etc. Desde este punto de vista estos valores no podrían ser definidos solo con 2 valores, 0 y 1, se ha de establecer un peso para la característica estableciendo valores intermedios (ejemplo entre 0 y 1 tomando todos los valores intermedios, o bien estableciendo una escala de 0 a 100).
- Grado de pertenencia: Este valor establece el punto de transición entre 0 y 1 entre las condiciones del conjunto difuso, por ejemplo, si se establece que un edificio en el aspecto de lo nuevo que es, tiene un valor de 7, éste será el grado de pertenencia entre los nuevos edificios. Un ejemplo de uso del grado de pertenencia podría ser el siguiente, en el control de la velocidad de un vehículo, se contemplaría la pertenencia en el aspecto de velocidad excesiva y no existe necesidad de cambio en la velocidad. Con estos dos aspectos se podría calcular cual es la acción que se ha de llevar a cabo según los valores de entrada de estos valores.
- Resumen de la información: La percepción que tienen los seres humanos de su entorno es por naturaleza difusa, esto se debe a que no se usa la lógica bivaluada, a través de un proceso mental inherente a la percepción humana se llega a una salida, la cual es verbalizada. Los seres humanos reciben cantidades de información, debido a la capacidad que poseen para manipular conjuntos difusos, esta característica es una de las grandes diferencias entre el proceso en los seres humanos y las máquinas. La emulación de esta habilidad humana es el desafío afrontado para llevar a cabo el desarrollo de la Inteligencia Artificial.

- Variable difusa: Es cualquier valor que está basado en la percepción humana más que en valores precisos de medición. Ejemplo (un color, que esta compuesto en realidad por varias tintas, si la presión de la caldera es excesiva, si la temperatura del agua es la adecuada, si la cantidad de sal que lleva la tortilla es excesiva, si la velocidad de un tren es elevada...) todas estas dependen de la percepción y están vinculadas con el uso del lenguaje y pueden ser usadas en estructuras del tipo *if-then*, como por ejemplo: *if* velocidad es excesiva *then* reducir la presión sobre el acelerador.
- Universo de discurso: Este es el conjunto de elementos que vamos a tener en consideración, por ejemplo: se consideran las personas de una comunidad; este universo estará formado por las personas bajas, las personas altas, los hombres con gafas, etc. (R Hernando, 2007).

2.2.2 Aplicaciones.

Las aplicaciones de la Lógica Difusa no se limitan a los sistemas de control. Esta técnica se puede utilizar para la toma de decisiones así como las aplicaciones. Un ejemplo típico incluye el análisis de la carpeta de valores o de gestión, en virtud del cual, se puede utilizar este sistema para comprar o vender decisiones. La mayoría de los problemas que implica la toma de decisiones sobre la base es subjetiva, vaga o imprecisa.

Esta técnica sólo es válida para ciertas aplicaciones. A pesar de que tiene una enorme aceptación y un amplio registro de aplicaciones exitosas, algunos ingenieros de control la rechazan para validación y otras razones, también es rechazada por algunos estadísticos, los cuales mantienen que la probabilidad es la única descripción matemática rigurosa para describir lo incierto.

La idea básica del uso de la tecnología de la Lógica Difusa, es la aproximación al pensamiento humano, en el que se va a llevar a cabo un razonamiento en base a múltiples variables, medidas de forma difusa, de esta forma se va intentar imitar la inteligencia humana teniendo en cuenta todos los factores posibles.

Existen ya en el mercado muchos productos basados en esta tecnología, lo que implica que no es una tecnología de futura aplicación, habiéndose vendido ya cientos de millones de euros de estos productos:

- Lavadoras inteligentes que regulan el uso del agua y el detergente en función del nivel de suciedad de la ropa.
- El metro Senday en Japón.
- Medidores de presión sanguínea.
- Aspiradoras, ascensores, neveras, microondas y múltiples electrodomésticos.
- Cámaras de video y fotográficas con auto foco.
- Aire acondicionado inteligente, al cual se le indica si uno tiene calor o mucho calor y ya ajusta la temperatura en función de la actual.
- Control de luminosidad.
- Control de humedad.
- Control de temperatura.
- Sistemas de reconocimiento.
- Sistemas basados en Inteligencia Artificial.

2.3 Disparadores.

Un Sistema de Disparador (*Triggers*) tiene dos efectos principales en un mundo virtual:

- Realizar el seguimiento de los acontecimientos en el mundo del juego que los agentes puedan responder.
- Minimizar la cantidad de agentes en proceso para responder a estos eventos.

2.3.1 Definición de un disparador.

Un disparador puede ser cualquier estímulo en un juego que requiere de un agente para responder. En un juego de acción, los factores desencadenados podrían ser cualquier cosa sea audible o visible, que afecta el comportamiento de los agentes, tales como disparos de armas de fuego, explosiones, enemigos cercanos, o los cadáveres.

Los factores desencadenantes también pueden emanar de objetos inanimados que los agentes necesitan conocer, como palancas y paneles de control. Los agentes pueden especificar qué tipos de factores desencadenantes son de interés para ellos.

Un disparador se define por un conjunto de banderas enumeradas del mismo tipo, y un conjunto de variables que describen sus parámetros. **(Ver Figura 4).**

```
enum EnumerarTipoDisparador
{
    K_Ninguno      = 0,
    K_Explosión    = (1 << 0),
    K_EnemigoCerca = (1 << 1),
    K_Disparo      = (1 << 2),
    ...
};
```

Figura 4 Ejemplo de los estados de las banderas.

La combinación de banderas de *bits* permite a un agente especificar cual es la acción que va a realizar. Un agente puede alternar y desactivar banderas durante el transcurso del juego e ignorar temporalmente determinados tipos de activación.

2.3.2 Beneficios de la centralización en los Disparadores.

El beneficio de un sistema centralizado de activación verifica la prioridad antes de entregar la información al agente. De esta forma, el agente sólo responde a los procesos de mayor prioridad dentro del entorno.

En un sistema centralizado, los factores desencadenantes son registrados cuando se producen los acontecimientos. Para cada agente, el sistema utiliza una serie de pruebas para determinar si el agente está interesado en cualquier factor desencadenante existente.

Estos factores son ordenados por prioridad, a fin de que el agente pueda responder a la acción más importante en cualquier instante. Si un enemigo está de pie delante de un agente, éste no se preocupa por los sonidos en la distancia.

Centralizar el sistema es también más general, reutilizable y extensible.

2.3.3 Posibilidades de los Disparadores.

Son infinitas las posibilidades que brinda la Inteligencia Artificial a un juego. Los factores desencadenantes pueden ser utilizados para alertar a los agentes de disparos de armas de fuego y explosiones. Un agente herido puede usar una forma dinámica de colocar una señal de activación cuando necesita ayuda de sus aliados. Un agente puede incluso detectar con lo que el jugador ha interactuado a través objetos interactivos en el mundo virtual, tales como puertas y otras acciones que se disparan en el momento que son llamadas.

2.4 Sistemas Pizarras.

Los Sistemas Pizarra es una técnica de comunicación que funciona como una estructura de datos global, que se aplica a un mecanismo general de comunicación entre las múltiples Fuentes de Conocimiento (FC). Son gestionadas y arbitradas por un controlador. Esta consta de múltiples elementos funcionales, denominados agentes y un instrumento de control denominado pizarra. Forman un área común para los agentes, donde pueden intercambiar información, datos y conocimientos.

Los agentes suelen ser programas especializados en una tarea concreta o elemental. Todos ellos cooperan para alcanzar una meta común, aunque sus objetivos individuales no están aparentemente coordinados.

En la **Figura 5** se observan los componentes básicos del modelo de pizarra. Estos son la representación de los algunos de los elementos de este sistema.

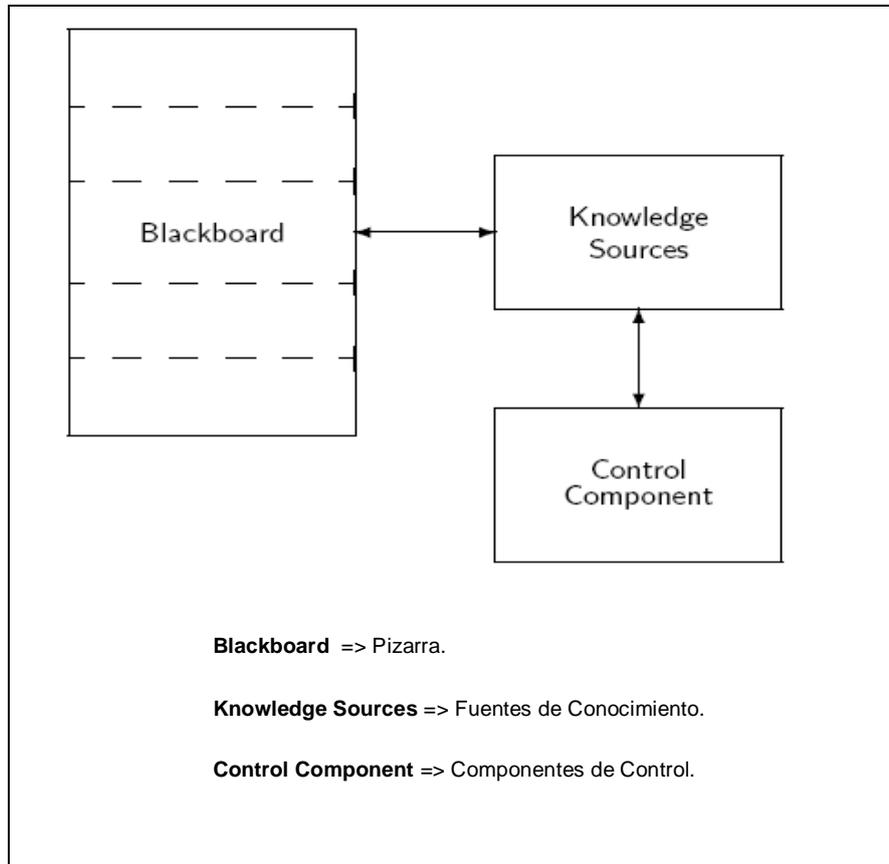


Figura 5.Componentes básicos del modelo de pizarra.

Este Sistema puede llegar a ser más complejo (**Ver Anexo 2**).

2.4.1 Características de los Sistemas Pizarras.

Los Sistemas Pizarra tienen como características fundamentales:

- La comunicación entre todas las FC.

- El contenido de datos, hipótesis y soluciones completas.

2.4.2 Definición de Fuentes de Conocimiento.

Las FC son módulos computacionales independientes, que contienen el conocimiento útil en el contexto de la aplicación del sistema y son capaces de realizar cambios al mismo.

Un conjunto de Fuentes de Conocimientos son apropiadas, habilitadas y disparadas para ejecutarlas en cada momento.

Características de las FC.

Las Fuentes de Conocimientos se caracterizan por:

- Auto-activación.
- No pueden comunicarse directamente.
- El orden de ejecución y el tipo de razonamiento es determinado en tiempo de ejecución, basándose en **(Ver Figura 6)**.



Figura 6. Elementos para determinar el orden de ejecución y el razonamiento de una FC.

Composición de una FC.

Las Fuentes de Conocimiento están compuestas por:

Precondición: Determina si se activa la FC.

- Problema: Reevaluación.
- Información adicional: valor indicando la importancia de la FC, estimación de la duración de la ejecución del cuerpo.

Cuerpo: Acciones a realizar por la FC cuando se ejecuta.

- No existe un estándar para la codificación.
- No suelen mantener un estado interno entre distintas ejecuciones.

2.4.3 Funcionamiento de los Sistemas Pizarras.

Estos sistemas funcionan de la siguiente forma:

Un agente inicia una comunicación escribiendo algún tipo de mensaje en la pizarra, en ese momento, estos datos están disponibles para todos los agentes del sistema, cada agente accederá a la pizarra eventualmente para comprobar si hay información nueva y sólo cogerá de la pizarra la información que necesite.

Aunque no hay una definición específica de las estructuras de datos que debe contener la pizarra, se debe asegurar que por lo menos el resto de los agentes deben ser capaces de leer y entender los datos incluidos en el sistema. Además, se deberán incluir informaciones adicionales que faciliten el proceso de solución del problema global.

Se tiene que tener en cuenta la calidad de las contribuciones individuales de los agentes del sistema, ya que cualquier agente tiene potestad para escribir cualquier cosa en la pizarra y esto podría generar problemas.

Hay dos formas de mejorar lo planteado anteriormente **(Ver Tabla 1)**.

| Formas para mejorar el funcionamiento | Explicación |
|---------------------------------------|---|
| Moderador | <ul style="list-style-type: none">• El moderador se encarga de supervisar el estado del problema.• Los subproblemas a resolver tratan de organizar el trabajo entre y hacia los agentes.• Controla y evalúa el conocimiento de la base de conocimiento para seleccionar a los agentes más capacitados para resolver el subproblema. |
| Dispatcher | <ul style="list-style-type: none">• Se encarga de informar a los agentes interesados por la nueva información que se escribe en la pizarra, en vez de que éstos accedan regularmente a ella. |

Tabla 1. Formas para mejorar el funcionamiento de los sistemas pizarra.

2.4.4 Aplicaciones de los Sistemas Pizarra.

Estas técnicas se aplican en:

- El reconocimiento del habla.
- El reconocimiento de señales.
- El reconocimiento de imágenes.
- La Planificación.
- La identificación de estructuras (Ordenamiento-montaje).

1.5 Máquinas de Estados Finitos.

Las Máquinas de Estados Finitos (MEF) son una técnica adoptada por la Inteligencia Artificial que se originó en el campo de las matemáticas, inicialmente utilizada para la representación de lenguajes.

Es una de las técnicas más relevantes para el desarrollo de los juegos de IA. Son simples, eficientes, fáciles de implementar y lo suficientemente poderosas para manejar una amplia variedad de situaciones.

Debido a sus buenas cualidades se han convertido en una herramienta indispensable en el conjunto de herramientas del programador.

2.5.1 Definición de una Máquina de Estado Finito.

Una Máquina de Estado Finito (MEF) o también conocidas como Autómatas de Estados Finitos son modelos de comportamiento de un sistema, con un número limitado de estados o condiciones predefinidas, donde existen transiciones entre estos estados. Además pueden definir un conjunto de condiciones que determinan cuándo el estado debe cambiar. **(Ver Anexo3).**

2.5.2 Componentes de las Máquinas de Estados Finitos.

Las MEF están compuestas por 4 elementos principales, estos son:

1. **Estados:** definen el comportamiento y pueden producir acciones.
2. **Transiciones de estado:** son movimientos de un estado a otro.
3. **Reglas o condiciones:** deben cumplirse para permitir un cambio de estado.
4. **Eventos de entrada:** son externos o generados internamente, que permiten el lanzamiento de las reglas y las transiciones.

Es importante comprender la diferencia entre un estado y una acción. Al diseñar un programa de ordenador, las funcionalidades grandes se descomponen en un número de acciones o actividades menores. Esto se realiza de manera que cada una pueda ser definida en una función, haciendo la solución general modular y más fácil de mantener. Las MEF son parecidas, ya que son una descomposición del comportamiento de un objeto o sistema, e incluso un estado puede ser descompuesto en sub-estados. La diferencia está en que un estado puede desarrollar una o más acciones.

Las MEF deben tener un estado inicial que actúa de punto de comienzo, y un estado actual que recuerda el producto de la anterior transición. Los eventos recibidos como entrada actúan como disparadores, que causan una evaluación de las reglas que gobiernan las transiciones del estado actual a otro estado. **(Ver Figura 7).**

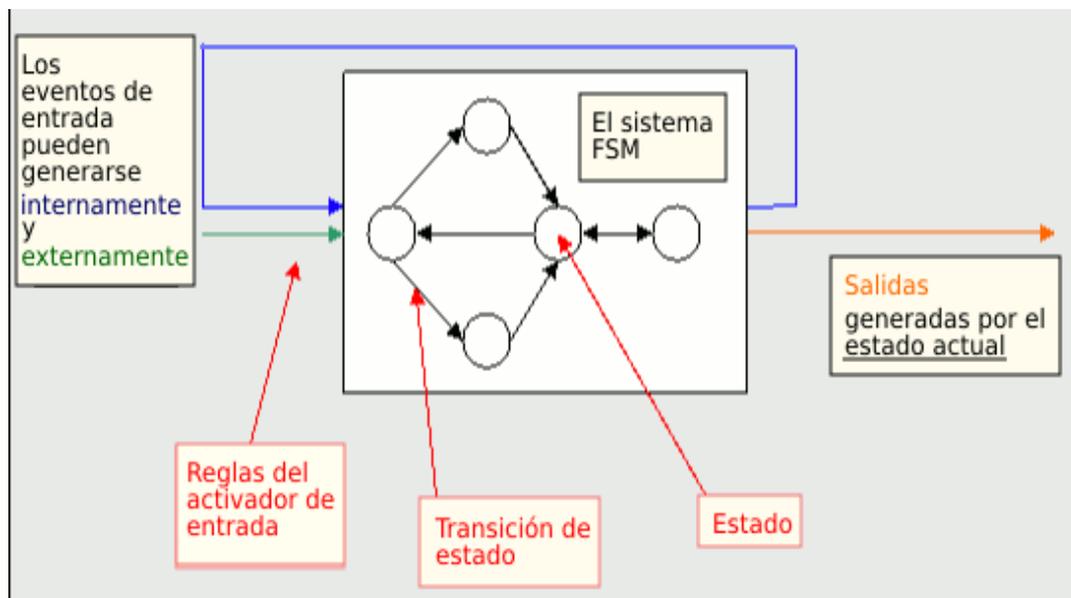


Figura 7.Elementos de una Máquina de Estado Finito.

2.5.3 Comportamiento en los juegos.

Las MEF son las técnicas más usadas en la implementación de los juegos en la Inteligencia Artificial, permitiendo una mejor comunicación entre los agentes que interactúan en dichos juegos.

Esta técnica de comunicación representan una descripción no lineal de cómo los objetos pueden cambiar de estado con el tiempo, posiblemente en respuesta a los eventos en su entorno. Además se prestan para ser esbozadas con rapidez durante el diseño y prototipo, y mejor aún, pueden ser implementadas fácil y eficientemente.

La **Figura 8** muestra un comportamiento basado en Máquinas de Estados Finitos donde los estados describen como los agentes van a actuar, y las transiciones entre estados representan las decisiones que tomarán estos en un próximo paso.

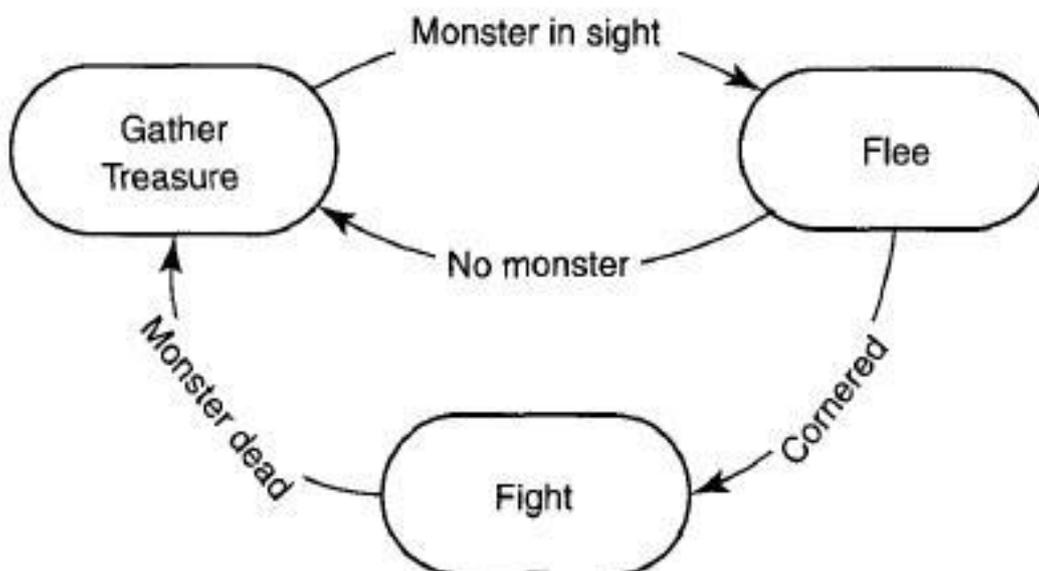


Figura 8. Ejemplo de una MEF como diagrama.

2.5.4 Formas de implementar una MEF.

Existen tres formas en las que pueden ser implementadas las Máquinas de Estados Finitos, estas son:

1. Código simple.
2. Código usando Macros.
3. Lenguaje scripting.

Código simple.

La implementación de una MEF mediante un código simple, es la forma más común y sencilla para realizar un seguimiento de información de estado. Cada estado corresponde a una única acción que es llamada cada vez que la función es invocada. Después de la acción el estado cambia su orden. La lógica de implementación es simple y fácil de depurar.

Código usando macros.

Esta forma de implementación permite que el código sea más legible y mantenible, ofreciendo una estructura para implementar MEF que, a diferencia del método anterior, puede soportar MEF más complejas y robustas mediante el uso de un lenguaje de MEF.

Lenguaje *scripting*.

La última forma implementar una MEF es mediante un lenguaje scripting, que es un ejemplo de método de *data-driven*. Donde el programador escribe el lenguaje script y luego salva su trabajo en un archivo de texto, luego el contenido del archivo es transformado a un estándar como C++ o *bytecode*. Esta forma de implementación no es conveniente usarla porque es muy compleja respecto a las formas mencionadas anteriormente.

2.5.5 Modelos de Procesamiento.

Decidir como se definirá la lógica de una MEF es el primer paso más importante para la utilización de máquinas de estados en los juegos, además de seleccionar cuáles son los modelos de

procesamiento que se van a utilizar. Estos modelos se encargan de procesar y actualizar las Máquinas de Estados Finitos.

Existen tres modelos de procesamientos que permiten optimizar las MEF para lograr una ejecución eficaz, estos son:

1. Modelo *Polling*.
2. Modelo *Event-Driven*.
3. Modelo *Multithreaded*.

Modelo *Polling*.

El modelo de *Polling* es el más sencillo de los tres, ya que el motor de juego simplemente procesa cada MEF en un intervalo de tiempo regular, donde la duración de los intervalos está generalmente relacionada a los rangos de velocidad o alguna frecuencia de actualización deseada. Este modelo es extremadamente fácil de implementar y depurar. Su sencillez puede conducir a la ineficiencia debido al excesivo modo de procesamiento.

Modelo *Event-Driven*.

El modelo *Event-Driven* es diseñado precisamente para resolver el problema de desaprovechamiento de tiempo durante el procesamiento. Con este modelo las MEF sólo son procesadas cuando es necesario, es decir, cuando algo ha ocurrido dentro del entorno que podría provocar una transición de estado.

Este modelo tiene el potencial de ser mucho más eficiente que el modelo *Polling*, pero tiene la desventaja de que su infraestructura adicional de procesamiento incurre en gastos generales que se incrementan con el número de eventos de seguimiento.

Modelo Multithreaded.

En este modelo cada MEF es asignada a su propio hilo de procesamiento y el motor de juego corre en otro hilo separado, que se ejecutan paralelamente. También permite el procesamiento efectivo, concurrente y continuo de todas las MEF.

Esto significa que la comunicación entre las MEF y el motor de juego será segura mediante el uso de estándares y mecanismos de sincronización.

El principal beneficio de este método es la elegancia conceptual del tratamiento de las MEF como agentes autónomos que pueden examinar constantemente e independientemente su medio ambiente.

2.5.6 Aplicaciones.

Las Máquinas de Estados Finitos tienen aplicaciones en diferentes ramas de la Informática como son la Inteligencia Artificial y la Electrónica, estas son de gran importancia para el avance de esta ciencia, así como de la sociedad.

Entre las diversas aplicaciones se encuentran:

- Se aplican para controlar un sistema y proveer la apariencia de inteligencia, donde la apariencia de inteligencia percibida es más importante que la inteligencia real, y que las MEF pueden proveer esta percepción.
- Son usadas típicamente como un tipo de sistema de control donde el conocimiento está representado en los estados, y las acciones están restringidas por las reglas.
- También se utilizan para diseñar programas de Visual Basic, circuitos lógicos o *firmware* para un microcontrolador. Muchos ordenadores y chips de microprocesadores tienen, en su corazón, una MEF.
- Permite la creación de un agente inteligente que sea capaz de actuar y razonar como un humano.
- Son importantes para la aplicación en el campo de la electrónica. Las aplicaciones más importantes que tenemos en la electrónica es en la creación de los semáforos, en los

circuitos integrados, en los apagadores automáticos de luz, en los sistemas automáticos de riego y otras.

- Se utiliza para la creación de compiladores.

CAPÍTULO 3

PROPUESTA DE TÉCNICA PARA LA COMUNICACIÓN ENTRE AGENTES VIRTUALES

Introducción.

El uso de las técnicas para la comunicación entre agentes virtuales, como las que se describieron en el capítulo anterior, son usadas mundialmente para dar solución a situaciones donde sea preciso establecer una comunicación dentro del entorno virtual. Pero éstas, a pesar de que en su mayoría logran el mismo resultado, una se hace más eficiente que la otra.

En este capítulo se hace una propuesta de una de las técnicas descritas anteriormente, donde se realiza un análisis de sus ventajas y desventajas, así como una comparación entre ellas, teniendo en cuenta algunos parámetros como: eficiencia respecto al tiempo de cómputo, nivel de dificultad en la implementación, rapidez en la ejecución y garantía de una solución final.

3.1 Ventajas y desventajas de las técnicas de comunicación.

Las ventajas y desventajas de las técnicas de comunicación, permiten realizar un análisis más preciso para dejar planteada una propuesta de alguna de ellas.

3.1.1 Sistemas Basados en Reglas.

Ventajas

- Imitan a las personas de cierta manera, tienden a pensar y razonar dado un juego de hechos conocidos y su conocimiento sobre el dominio del problema particular.
- Son fáciles de programar y manejar ya que pueden codificarse las reglas en cualquier orden.

- Son un modelo relativamente simple que puede adaptarse a cualquier número de problemas.

Desventajas

- El conocimiento es difícil de extraer de los expertos humanos.
- Pueden existir decisiones que sólo son de competencia para un ser humano y no una máquina.
- Pueden producirse errores en la base de conocimientos, y conducir a decisiones equivocadas.
- No siempre puede explicar su lógica y razonamiento.
- Si hay demasiadas reglas el sistema puede ponerse difícil, o sea, puede ser difícil de mantener.

3.1.2 Lógica Difusa.

Ventajas

- Facilidad de implementación y la velocidad en obtener una salida con una gran fiabilidad.
- Permiten solucionar gran parte de los problemas de control automático de una manera sencilla sin necesidad de conocer un modelo matemático que lo pueda controlar.
- Son sistemas que han dado buenos resultados en procesos no lineales y de difícil modelización.
- El modo de funcionamiento es similar al comportamiento humano.
- Es una forma rápida y económica de resolver un problema.

Desventajas

- En las redes neuronales se precisa de un tiempo de aprendizaje para obtener los mejores resultados en la salida. (Al igual que ocurre con los humanos).
- Ante un problema que tiene solución mediante un modelo matemático, obtenemos peores resultados empleando esta técnica.

3.1.3 Disparadores.

Ventajas:

- Verifica la prioridad antes de entregar la información al agente.
- Pueden ser generados a partir de una variedad de fuentes, incluyendo códigos de juego, scripts, comandos de consola, animación y fotogramas clave.
- Permiten implementar programas basados en paradigma lógico (ejemplo sistemas expertos).

Desventajas:

- No pueden ser llamados directamente.
- Dada su complejidad son difícil de programar.

3.1.4 Sistemas Pizarra.

Ventajas:

- Es muy útil cuando el problema a resolver es extremadamente grande o no se tiene un sistema completo del sistema a resolver.

Desventajas:

- No existe garantía de que se alcanzará una solución.
- Es una técnica ineficiente, puesto que no existe una cota respecto al tiempo de cómputo necesario para resolver el problema.
- Es difícil obtener una traza de los pasos que llevaron a la solución, es decir, no ofrece explicaciones.
- Cada agente tiene sus propios objetivos, aunque desconoce los objetivos de los demás y la solución del problema.
- Las FC no pueden comunicarse directamente.

3.1.5 Máquinas de Estados Finitos.

Ventajas:

- Su simplicidad hace fácil para los desarrolladores sin experiencia realizar la implementación con poco o nada de conocimiento extra (fácil entrada).
- Predictibilidad, dado un grupo de entradas y un estado actual conocido, puede predecirse la transición de estados, facilitando la tarea de verificación.
- Dada su simplicidad, son rápidos de diseñar, rápidos de implementar y rápidos de ejecutar.
- Son relativamente flexibles. .
- Pueden manejar una amplia variedad de situaciones.
- Presentan varios modos de implementarse en términos de su topología.
- La transferencia desde una representación abstracta del conocimiento a una implementación es fácil.
- Bajo uso del procesador; apropiado para dominios donde el tiempo de ejecución está compartido entre varios módulos o subsistemas. Solo el código del estado actual ha de ser ejecutado, además de un poco de lógica para determinar el estado actual.

- Es fácil determinar si se puede llegar o no a un estado, en las representaciones abstractas, resulta obvio si se puede o no llegar a un estado desde otro, y que requerimientos existen para hacerlo.

Desventajas:

- La naturaleza predecible de las MEF puede no resultar conveniente en algunos dominios como los juegos por ordenador.
- Si se implementa un sistema grande usando esta técnica puede ser difícil de administrar y mantener sin un buen diseño.
- No es apropiado para todos los dominios de problema, solo debe ser usado cuando el comportamiento de un sistema puede ser descompuesto en estados separados con condiciones bien definidas para las transiciones. Esto significa que todos los estados, transiciones y condiciones deben ser conocidos y estar bien definidos.
- Las condiciones para las transiciones entre estados son rígidas, significando que están fijadas.

3.2 Análisis de las técnicas a partir de sus ventajas e inconvenientes.

Todas estas técnicas tienen sus beneficios e inconvenientes, pero se hace necesario analizarlas detalladamente para saber cuál sería la más eficiente, y proponer una para aplicarlas en los proyectos productivos de la Facultad 5.

La Lógica Difusa a pesar de sus facilidades para la implementación, no es recomendable, ya que cuando se aplica a problemas matemáticos los resultados no son favorables.

Los Sistemas Basados en Reglas no son muy eficientes para emplearlos a problemas grandes, ya que cuando el número de reglas es demasiado grande pudieran surgir complicaciones aunque el proyecto ya esté bastante avanzado y esto traería como consecuencia mucha pérdida de recursos.

Los Disparadores son eficientes y rápidos en ejecutarse, pero son complejos en su programación.

Los Sistemas Pizarra son útiles cuando el problema es extremadamente grande, pero no garantizan que se alcance una solución, por lo que no son confiables.

El uso de las Máquinas de Estados Finitos se hace efectivo, pues son sistemas simples por lo que son rápidos de diseñar, implementar y ejecutar. A pesar que para ser aplicadas, se tiene que verificar primero si el problema puede ser descompuesto, es decir, que todos los estados, transiciones y condiciones deben ser conocidos y estar bien definidos.

A partir del análisis de las ventajas y desventajas de estas técnicas se obtuvo la siguiente tabla (**Ver Tabla 2**) que establece una comparación entre estas técnicas, teniendo en cuenta los siguientes parámetros:

- Eficiencia respecto al tiempo de cómputo necesario para resolver el problema.
- Nivel de dificultad en la implementación.
- Rapidez en la ejecución.
- Garantía de una solución final factible.

Esta comparación se realiza con el objetivo de aportar los elementos necesarios para la selección de la técnica más idónea para realizar la propuesta. (**Ver Tabla 2**).

| Técnicas de comunicación | Eficiencia | Implementación | Rapidez en la ejecución | Garantía de una solución final |
|-----------------------------|------------|----------------|-------------------------|--------------------------------|
| Lógica Difusa | Si | Fácil | Si | Si |
| Sistemas Basados en Reglas | No | Fácil | Si | No |
| Disparadores | Si | Difícil | Si | Si |
| Sistemas Pizarra | No | Difícil | Si | No |
| Máquinas de Estados Finitos | Si | Fácil | Si | Si |

Tabla 2. Comparación entre las técnicas descritas.

- Primeramente se analizó la eficiencia donde las técnicas: Lógica Difusa, Disparadores y Máquinas de Estados Finitos cumplen con este parámetro, lo que implica una mejor optimización en el resultado final.
- En el otro parámetro sólo los Sistemas Basados en Reglas, Máquinas de Estados Finitos y Lógica Difusa presentan un alto nivel de facilidad en la implementación que le permitirá a los desarrolladores una mayor simplicidad en el trabajo con técnicas de este tipo.
- Todas estas técnicas son rápidas en su ejecución.
- La Lógica Difusa, Disparadores y Máquinas de Estados Finitos, sí garantizan una solución final factible, sin embargo los Sistemas Pizarra y Sistemas Basados en Reglas cuando son aplicadas a problemas grandes, se desconoce la solución final hasta que se termina el problema, por lo que no se puede saber si los resultados son favorables.

El análisis de los parámetros anteriormente presentados en la **tabla 2** evidenció, que las técnicas candidatas para la propuesta de solución de la presente investigación son: Máquinas de Estados Finitos y Lógica Difusa. Ello no significa que las técnicas restantes no brinden facilidades de uso para los desarrolladores; sólo que no responden positivamente a todos los criterios analizados para la solución a proponer en el presente trabajo.

Se hace inminente entonces la aplicación de un método, que permita brindar la información necesaria de las facilidades de uso de las técnicas escogidas como candidatas a la propuesta de solución, posibilitando un adecuado conocimiento para la correcta selección de cual sería la más idónea, para el proceso de simulación del comportamiento de los agentes en los entornos virtuales. Este será un método donde se consultan expertos, el cual utilizará como fuente de información un grupo de personas a las que se supone gran experiencia y un conocimiento elevado de la materia que se tratará.

3.3 Consulta de expertos. Método Delphi.

El método Delphi consiste en la estructuración de un proceso de comunicación grupal, es decir, en la selección de un grupo de expertos a los que se les pregunta su opinión sobre cuestiones referidas a un tema en específico. Las estimaciones de los expertos se realizan en sucesivas rondas, anónimas, con el objetivo de tratar de conseguir consenso, pero con la máxima autonomía por parte de los participantes. La capacidad de predicción de este método se basa en la utilización sistemática de un juicio intuitivo emitido por un grupo de expertos.

La formulación teórica de este método comprende varias etapas sucesivas de envíos de cuestionarios. Cada experto argumentará los pro y los contra de las opiniones de los demás y de la suya propia.

Los pasos que se llevan a cabo para garantizar la calidad de los resultados, para lanzar y analizar el método Delphi son los siguientes:

- **Fase 1:** Formulación del problema.
- **Fase 2:** Elección de expertos.
- **Fase 3:** Elaboración y lanzamiento de los cuestionarios.
- **Fase 4:** Desarrollo práctico y explotación de resultados.

Fase 1: Formulación del problema.

Es una etapa fundamental en la realización de un Delphi. En este tipo de método es de suma importancia que todos los expertos consultados tengan conocimiento del tema en cuestión.

Las preguntas elaboradas deben ser precisas, cuantificables (versan por ejemplo sobre probabilidades de realización de hipótesis y/o acontecimientos, la mayoría de las veces sobre datos de realización de acontecimientos) e independientes (la supuesta realización de una de las cuestiones en una fecha determinada no influye sobre la realización de alguna otra cuestión).

Fase 2: Elección de expertos.

El experto será elegido por su capacidad de encarar el futuro y por poseer conocimientos sobre el tema consultado. La falta de independencia de los expertos puede constituir un inconveniente; por esta razón los expertos son aislados y sus opiniones son recogidas por vía postal o electrónica y de forma anónima; así pues se obtiene la opinión real de cada experto y no la opinión más o menos falseada por un proceso de grupo.

Fase 3: Elaboración y lanzamiento de los cuestionarios.

Los cuestionarios se elaboran de manera que faciliten la respuesta por parte de los consultados. Las respuestas, preferentemente pueden ser cuantificadas y ponderadas (año de realización de un evento, probabilidad de realización de una hipótesis, valor que alcanzará en el futuro una variable o evento, etc.). Se formularán cuestiones relativas al grado de ocurrencia (probabilidad) y de importancia (prioridad), la fecha de realización de determinados eventos relacionadas con el objeto de estudio: necesidades de información del entorno, gestión de la información del entorno, evolución de los sistemas, evolución en los costes, transformaciones en tareas, necesidad de formación, etc. En ocasiones, se recurre a respuestas categorizadas (Si/No; Mucho/Medio/Poco; Muy de acuerdo/ De acuerdo/ Indiferente/ En desacuerdo/Muy en desacuerdo) y después se tratan las respuestas en términos porcentuales tratando de ubicar a la mayoría de los consultados en una categoría.

Fase 4: Desarrollo práctico y explotación de resultados.

El cuestionario es enviado a cierto número de expertos. Este va acompañado por una nota de presentación que precisa las finalidades, así como las condiciones prácticas del desarrollo de la encuesta (plazo de respuesta, garantía de anonimato).

El objetivo de los cuestionarios sucesivos es disminuir la dispersión de las opiniones y precisar la opinión media consensuada.

3.4 Encuesta aplicada a los expertos.

Se realizó la selección de un grupo de 6 expertos los cuales poseen un elevado conocimiento del tema a tratar, con el objetivo de llegar a un acuerdo final de cual podría ser la técnica de comunicación ideal para realizar la propuesta a los proyectos productivos de la Facultad 5.

3.4.1 Cuestionario.

1. ¿Considera usted útil la aplicación de las técnicas de comunicación a los proyectos productivos de la Facultad 5, vinculados a la línea de producción de simuladores y juegos virtuales?

SI ____ NO ____ NO SE ____

2. ¿De las siguientes técnicas que se presentan a continuación, cuál considera usted que se adapte correctamente a estos proyectos?

____ Lógica Difusa.

____ Máquinas de Estados Finitos.

a) Mencione los elementos que argumentan su selección en la pregunta anterior.

3. ¿Cree usted que el uso de estas técnicas mejorará la calidad de desarrollo de los simuladores y juegos que se realizan en los proyectos productivos?

SI ____ NO ____ NO SE ____

3.4.2 Resultados del cuestionario.

La respuesta a las preguntas se contemplan en las siguientes categorías:

- Lógica Difusa. (1)
- Máquinas de Estados Finitos. (2)

En caso que alguna pregunta especifique su criterio de evaluación, se puede clasificar:

- SI (1)
- NO (2)
- NO SE (3)

Con la respuesta a las preguntas realizadas a los expertos, se obtuvo la siguiente tabla **(Ver tabla 3)**:

| Preguntas | E 1 | E2 | E3 | E4 | E5 | E6 | $\sum En$ |
|------------|-----|----|----|----|----|----|-----------|
| Pregunta 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 8 |
| Pregunta 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 1 | 10 |
| Pregunta 3 | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 8 |

Tabla 3. Evaluación de los expertos.

Según la opinión de la mayoría de los expertos, consideran útil la aplicación de las técnicas que permiten la comunicación entre agentes ya que no se aplica ninguna en los proyectos de la Facultad. También consideran que la técnica que se adapta correctamente a estos proyectos es: Máquinas de Estados Finitos, debido a que puede ser implementada de varias formas de manera fácil. Además el uso de estas técnicas contribuirá a mejorar la calidad de los productos que se desarrollan en dichos proyectos, como simuladores y juegos virtuales. El siguiente gráfico muestra una representación más detallada de los resultados de los expertos. **(Ver gráfico 1)**

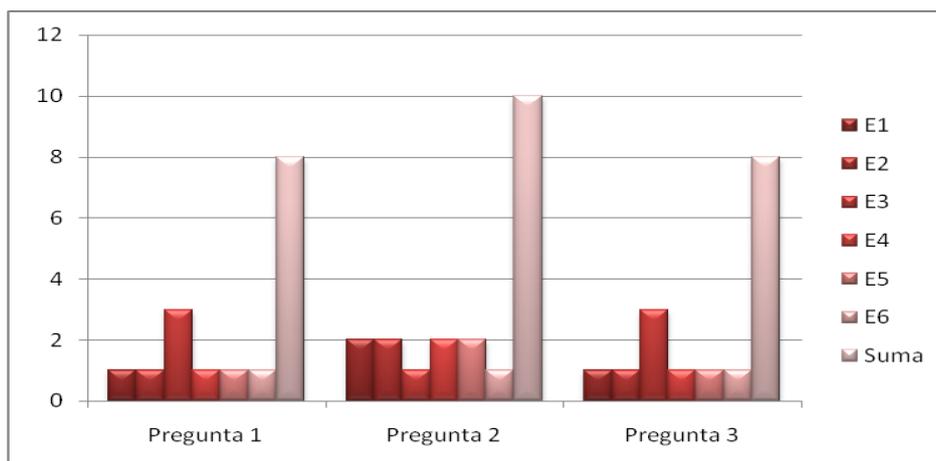


Gráfico 1. Representación gráfica de la evaluación de los expertos.

3.5 Técnica propuesta.

Haciendo un análisis más detallado en la pregunta 2, se pudo ver que la mayoría de los expertos respondieron que la técnica de comunicación que más se corresponde para ser aplicada a los proyectos productivos de la Facultad 5, es Máquinas de Estados Finitos. **(Ver Gráfico 2).**

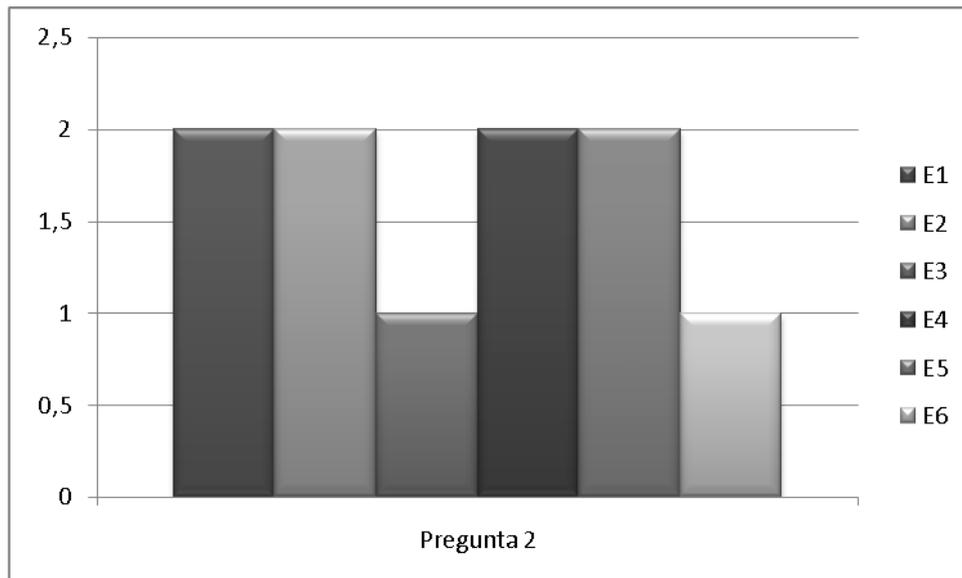


Gráfico 2. Representación de los resultados obtenidos en la pregunta 2.

Las Máquinas de Estados Finitos por su eficiencia y facilidad de implementación es la técnica más idónea para realizar la propuesta de una técnica de comunicación. Además, en los proyectos productivos de la Facultad 5 no se aplica ninguna de las técnicas analizadas, por lo que los integrantes, no tienen experiencia en la aplicación de las mismas. Esta técnica propuesta por su sencillez es la más adecuada para iniciar su aplicación a dichos proyectos, ya que no requiere que los desarrolladores tengan mucha experiencia para emplearla.

3.5.1 Algoritmo para la implementación de Máquinas de Estados Finitos.

Las Máquinas de Estados Finitos pueden ser implementadas de tres formas como ya se dijo anteriormente en el capítulo 2: mediante un código simple, un código usando macros y un lenguaje scripting.

Se propone que esta técnica sea implementada mediante un código simple, ya que es la forma de implementación más sencilla y fácil de depurar.

El siguiente algoritmo muestra un ejemplo de como sería implementado un comportamiento basado en MEF en un juego.

Ejemplo:

El algoritmo está basado en el ejemplo de la **Figura 8:**

Entrada: Estado del agente.

Requerimientos: El estado es valido.

Entrada: Estado del agente.

Requerimientos: El estado es valido.

1. **EN CASO QUE**(estado)
2. **SEA:** estado == *Flee*
3. Ejecutar *Flee()*
4. **SI**(!VeEnemigo())
5. estado = *GTreasure*
6. **SI** (Cornered())
7. estado = *Fight*
8. **ROMPER**
9. **SEA:** estado = *Fight*
10. Ejecutar *Fight()*
11. **SI** (!Cornered())
12. estado = *Flee*
13. **SI** (EnemigoMuerto())
14. estado = *GTreasure*.
15. **ROMPER**
16. **SEA :** estado == *GTreasure*
17. Ejecutar *GTreasure*
18. **SI** (VeEnemigo())
19. estado = *Flee*
20. **ROMPER**

3.5.2 Tipo de modelo de procesamiento para las Máquinas de Estados Finitos.

Las MEF pueden ser procesadas de tres modos, mediante el Modelo *Polling*, Modelo *Event-Driven* y el Modelo *Multithreaded*.

Se propone para una mejor optimización que esta técnica emplee el modelo de procesamiento *Event-Driven*. De esta forma se logra una ejecución eficaz de las MEF, ya que sólo serían procesadas cuando sea necesario y no en que cada instante de tiempo como lo hace el modelo *Polling*, ni necesitaría procesos multi-hilos como el tercer modelo descrito.

3.5.3 Propuesta final.

Después del análisis comparativo de las ventajas y desventajas de las técnicas de comunicación entre los agentes virtuales, teniendo en cuenta una serie de parámetros y la consulta realizada a los expertos, se deja planteada la propuesta de una Máquina de Estados Finitos, implementada mediante el código simple y empleando el modelo de procesamiento *Event-Drive*, para aplicarlas a los proyectos productivos de la Facultad 5, ya que es la forma más sencilla y eficiente para iniciar la aplicación de las técnicas de comunicación entre los agentes de un entorno virtual a dichos proyectos.

CONCLUSIONES

En el presente trabajo de diploma se logró dar cumplimiento a los objetivos planteados:

Se realizó un análisis sobre la Inteligencia Artificial y la comunicación entre agentes virtuales en los entornos de Realidad Virtual.

Se definieron conceptos generales de Agente Virtual.

Se describieron cinco técnicas de comunicación entre agentes en escenas virtuales.

Se propuso una técnica para lograr mejorar la comunicación entre los agentes involucrados dentro de los entornos virtuales, validando la misma mediante el uso de elementos de la consulta de expertos.

RECOMENDACIONES

- Aplicar los resultados de este trabajo de diploma a los proyectos productivos de la Facultad 5 vinculados al desarrollo de simuladores y juegos virtuales.
- Ampliar la investigación de las otras técnicas de comunicación entre agentes virtuales analizadas, y si es posible aplicarlas.
- Continuar la búsqueda de otras técnicas que permiten la comunicación de los agentes en los entornos virtuales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

(Becerra, y otros, 2007)**Becerra, Reinier y Arias, Yoandris. 2007.** *Propuesta de un modelo para representación de las estelas de humo en entorno virtual en tiempo real.* Universidad de las Ciencias Informáticas : s.n., 2007.

(Botti, 2000)**Botti, V. 2000.** *Agentes inteligentes:El siguiente paso en la Inteligencia Artificial.* 2000.

(Bourg, y otros, 2004)**Bourg, David M y Seeman, Glenn. 2004.** *AI for Game developers.* s.l. : O'Reilly, 2004.

(Caglayan, 1997)**Caglayan, Ana. 1997.** *agent Sourcebook.* 1997.

(Hernando, 2007)**Hernando, R. 2007.** [En línea] junio de 2007.
http://campusvirtual.unex.es/cala/epistemowikia/index.php?title=L%C3%B3gica_difusa

(Peláez, y otros, 2007)**Peláez, Orfilio y Martínez, Leticia. 2007.** Salto hacia la soberanía Tecnológica. *Granma.* 2007.

(Astigarraga, 2008)**Astigarraga, Eneko. 2008.** El Método Delphi. [Online] 2008.
http://www.codesyntax.com/prospectiva/Metodo_delphi.pdf .

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

1. **Becerra, Reinier y Arias, Yoandris. 2007.** *Propuesta de un modelo para representación de las estelas de humo en entorno virtual en tiempo real.* Universidad de las Ciencias Informáticas : s.n., 2007.
2. **Botti, V. 2000.** *Agentes inteligentes:El siguiente paso en la Inteligencia Artificial.* 2000.
3. **Bourg, David M y Seeman, Glenn. 2004.** *AI for Game developers.* s.l. : O'Reilly, 2004.
4. —. **2004.** *AI for Game Developers.* s.l. : O'Reilly, 2004.
5. **Caglayan, Ana. 1997.** *agent Sourcebook.* 1997.
6. **Castillo, E. 1997.** *Expert Systems and Probabilistic.* 1997.
7. **Corkill, Daniel D.** *AI Expert-Blackboard Systems.* s.l. : Technology Group.
8. —. *Blackboard Systems.* s.l. : Blackboard Technology Group.
9. **Peláez, Orfilio y Martínez, Leticia. 2007.** Salto hacia la soberanía Tecnológica. *Granma.* 2007.
10. **Rabin, Steve. 2002.** *AI Game Programming Wisdom 2.* 2002.
11. —. **2002.** *AI Game Programming Wisdom I.* 2002.
12. **2007.** Wikipedia. [En línea] Junio de 2007. [Citado el: 5 de mayo de 2008.] http://campusvirtual.unex.es/cala/epistemowikia/index.php?title=L%C3%B3gica_difusa.
13. **Moraguez, Arabel. 2006.** www.gestiopolis.com/canales6/eco/. [En línea] 5 de 2006. <http://www.gestiopolis.com/canales6/eco/metodo-delphi-estadistica-de-investigacion-cientifica.htm> .

14. Búsqueda de Entorno Variable. Hansen, Pierre y Mladenovic, Nenad. 2003. 19, 2003.
15. González, Alfredo y Baqueiro, Omar. 2004. Metodologías de la I.A. (Agentes autónomos y Redes neuronales Supervisadas) aplicadas a NPCs (Non player characters). 2004.
16. 2008. Wikipedia. [En línea] 28 de junio de 2008.
http://es.wikipedia.org/wiki/Inteligencia_artificial .

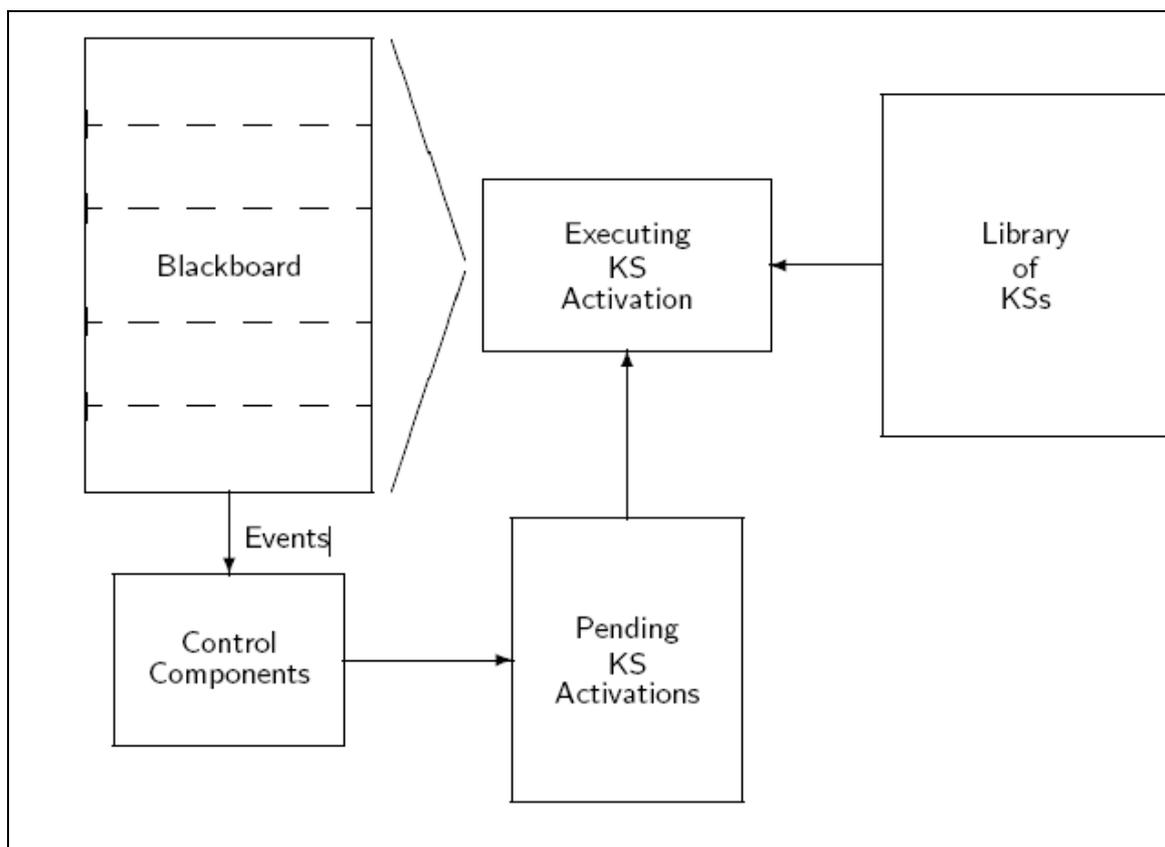
ANEXO 1

Existen diferentes tipos de agentes inteligentes:

| Agentes | Características |
|-------------------|--|
| Agente Racional | <ul style="list-style-type: none">✘ Hace lo correcto, lo correcto se afirma en que el agente tenga el mejor desempeño.✘ Puede medir su propio desempeño, pero no es recomendable. |
| Agentes Robóticos | <ul style="list-style-type: none">✘ Los sensores son sustituidos por cámaras infrarrojas.✘ Los efectores son reemplazados mediante motores. |
| Agente Humano | <ul style="list-style-type: none">✘ Tienen ojos, oídos y otros órganos que le sirven de sensores, así como manos, piernas, boca y otras partes de su cuerpo que le sirven de efectores. |

ANEXO 2

Esta es la representación más completa del sistema de Pizarras.



Sistema Básico de Pizarra

KS (Knowledge Source): Fuente de conocimiento.

BlackBoard: Pizarra.

Events: Eventos.

Executing KS Activation: Ejecutando Activación de la fuente de Conocimiento.

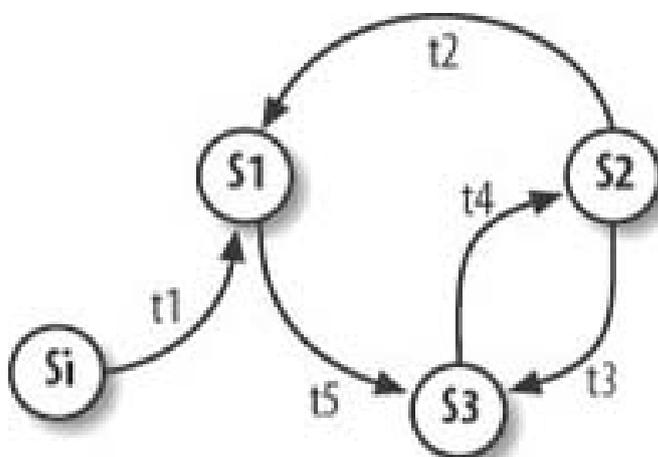
Library of KSs.: Biblioteca de la Fuente de Conocimiento.

Control Components: Componentes de Control.

Pending KS Activations: Activaciones de la fuente de conocimiento pendientes.

ANEXO 3

Representación de un sistema de control de Máquina de Estados Finitos.

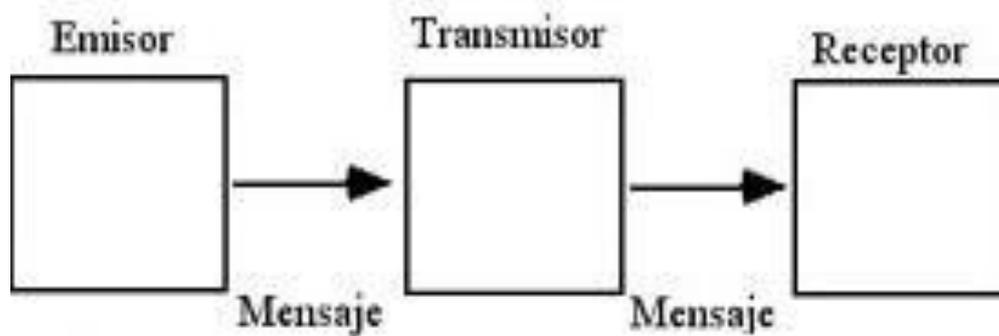


S – estados

t – transiciones entre estados.

ANEXO 4

Esta figura muestra los elementos que intervienen en los episodios de comunicación involucrados en los entornos virtuales.



GLOSARIO DE TÉRMINOS

A

Agente: Elementos de un Entorno Virtual.

Algoritmo: Secuencia de pasos computacionales que transforman una entrada en una salida.

Aprendizaje: Proceso similar al entrenamiento, pero que implica el reconocimiento de nuevos patrones.

Autonomía: Capacidad para darse normas a uno mismo sin influencia de presiones externas o internas.

Axiomas: Proposición o enunciado tan evidente que se considera que no requiere demostración.

B

BlackBoard: Técnica de comunicación conocida también como Sistemas Pizarra.

E

Entidad: Son objetos concretos o abstractos que presentan interés para el sistema y sobre los que se recoge información que será representada en el entorno.

Escenarios inmersivos virtuales: Representación del mundo real en el mundo virtual. Es un escenario lo más cercano posible a la realidad.

F

FC: Fuente de Conocimiento.

G

GMS: (*Global Marketing Solutions*) Fundado con el objetivo de ofrecer soluciones de mercadeo en el año 2002, este ha evolucionado durante los últimos años, convirtiéndose hoy en la empresa líder en Costa Rica en la prestación de servicios tecnológicos relacionados con Internet y en la producción y distribución de entretenimiento e información a nivel Web.

H

Hardware: La parte física de una computadora, fuente (y todo su contenido), teclado, pantalla, etc.

I

IA: Inteligencia Artificial.

M

MEF: Máquinas de Estados Finitos.

Macros: Es una serie de instrucciones que se almacenan para que se puedan ejecutar de forma secuencial mediante una sola llamada u orden de ejecución.

P

Perceptron: Es un modelo matemático de red neuronal, para modelar la mente humana.

R

RV: Realidad Virtual.

S

SBR: Sistemas Basados en Reglas.

Scripts: Lenguaje de script o de guión, tipo de lenguaje de programación interpretado.

T

Técnica: Es un procedimiento o conjunto de estos, que tienen como objetivo obtener un resultado determinado.

U

UCI: Universidad de las Ciencias Informáticas.

.