

# Inteligencia artificial y arte

Fernando Peña Ardanuy (DNI 73205278-G)

<b>Concepto de inteligencia artificial</b>	<b>3</b>
<b>Inteligencia artificial expresiva. El arte como investigación</b>	<b>3</b>
<b>El Storytelling</b>	<b>4</b>
<b>Ejemplos de storytelling</b>	<b>5</b>
<i>Brutus</i>	5
<i>The virtual storyteller</i>	7
<i>Storytelling interactivo</i>	10
<b>Aportaciones del storytelling</b>	<b>11</b>
<b>Pintura y dibujo</b>	<b>12</b>
<b>Ejemplos de pintura y dibujo</b>	<b>12</b>
<i>AARON</i>	12
<b>Aportaciones de la investigación en pintura y dibujo</b>	<b>17</b>
<b>Música</b>	<b>18</b>
<b>Ejemplos de investigación musical</b>	<b>18</b>
<i>Saxex</i>	18
<i>Haile</i>	20
<b>Aportaciones de la investigación musical</b>	<b>20</b>
<b>Ejemplos de la aplicación en arte en general</b>	<b>21</b>
<i>Time Entity</i>	21
<i>Office Plant</i>	21
<b>Bibliografía</b>	<b>23</b>

## Concepto de inteligencia artificial

Los principales libros de inteligencia artificial, la definen como el estudio y diseño de agentes inteligentes, donde un agente inteligente es un sistema que percibe su entorno y es capaz de actuar sobre él, de tal modo que pueda conseguir sus objetivos, siempre maximizando las oportunidades de éxito. Desde este punto de vista, se puede considerar que una inteligencia artificial es un sistema creado con el objetivo de hacer algo en concreto, eso sí, siempre que lo haga de una forma inteligente. Sin embargo, en esta descripción no encajaría la posibilidad de que una inteligencia artificial fuera capaz de mostrar habilidades artísticas. Ya que la creación artística no se basa en la simple reproducción de otras piezas de arte, ni en la consecución de un objetivo en concreto, si no en la creación de nuevas obras de arte, lo cual no requiere solamente de un comportamiento inteligente, si no que también requiere de habilidades artísticas.

No obstante, si cambiamos esta definición de la inteligencia artificial, por la de John McCarthy, que fue quien en 1956 acuñó el término de inteligencia artificial, que establece que la inteligencia artificial es la ciencia e ingeniería de crear máquinas inteligentes, podemos deducir que todo aquello que sea considerado inteligente puede ser abarcado por la inteligencia artificial, lo cual si que englobaría el arte en general y todas sus ramificaciones.

## Inteligencia artificial expresiva. El arte como investigación

El área de investigación de la inteligencia artificial que trata sobre el arte es la inteligencia artificial expresiva. Esta rama estudia la posibilidad de que un sistema inteligente pueda crear obras de arte. Su esencia es sustancialmente diferente a la de otros campos de investigación, ya que la capacidad artística no es algo sobre lo que se pueda definir un objetivo o una serie de reglas que digan si lo producido está bien o mal. La concepción del arte es algo puramente subjetivo, y resulta muy difícil pensar que algo que no puede ver ni comprender la existencia de lo representado pueda crear una obra de arte.

Es este desafío el que ha llamado la atención de muchos artistas, que se han visto interesados en esta interacción entre la inteligencia artificial y el arte y ven una posibilidad de desarrollo del mundo artístico en la utilización de esta rama de la ciencia informática.

También muchos investigadores de la inteligencia artificial se han mostrado interesados en esta vía de investigación, pues, para ellos, supone todo un reto consistente en el derrumbamiento de una de las últimas barreras que diferencian una inteligencia artificial de una humana. Ya que la habilidad de estudiar el entorno y aprovechar lo que este nos ofrece para conseguir un objetivo, es algo que los animales también hacen, como el mono que usa un palo para atrapar las termitas que están dentro de un árbol, este comportamiento es inteligente y la inteligencia artificial ha demostrado que es capaz de usarlo. No obstante la creación artística es algo puramente humano, no hay ningún otro ser vivo que muestre esta habilidad, por lo que si se consigue que un ordenador escriba una obra de teatro o pinte un cuadro, se tendría que comparar directamente con la obra

de un humano, por lo que resultaría muy difícil justificar que ese acto de creación no muestra inteligencia. Es por ello que esta rama resulta tan interesante para algunos investigadores de la inteligencia artificial.

Esta rama está a caballo entre el mundo del arte y el de la inteligencia artificial, es por esto que si un investigador de inteligencia artificial o un artista quiere adentrarse en esta vía de investigación debe cambiar su manera de pensar y de trabajar o, de lo contrario, fracasará. El investigador debe ser a la vez artista y viceversa, pues si descuida alguna de estas dos partes, una de las piezas del puzzle fallará, o bien no conseguirá algo inteligente o bien no conseguirá algo artístico.

En la inteligencia artificial expresiva, el foco de investigación no es el mismo que el de otras ramas de investigación, dónde la investigación se ha basado en el estudio de las posibilidades de la realización física de la inteligencia. En estas ramas el foco se basa en el entendimiento de sistemas de inteligencia artificial como entidades independientes, que pueden manipular sistemas de símbolos o que pueden interactuar con el mundo en el que se encuentran. Mientras que en la inteligencia artificial expresiva el foco de la investigación se centra en la autoría. El sistema inteligente se convierte un artefacto creado por el autor para comunicar ideas y experiencias. es decir, el autor crea un artefacto cultural. No consiste en construir un sistema que sea inteligente independientemente del observador que lo analice, sino en construir un sistema que participe en un contexto cultural concreto de manera que sea percibido como inteligente. Es por lo tanto que el sistema se ve como una manera de interpretar las ideas del autor.

Actualmente hay gran cantidad de proyectos de investigación, e incluso ya algunos productos comerciales de lo que podríamos considerar arte artificial, es decir, arte creado por una inteligencia artificial.

Las áreas en las que más se ha trabajado y que se comentarán a continuación, son la creación de historias más conocida por su nombre inglés, storytelling, la pintura manual (freehand painting), la música, ya sea creación o interpretación de melodías y algunas obras de arte realizadas por artistas que usan la inteligencia artificial para aumentar la expresividad de sus obras.

## **El Storytelling**

El storytelling es el arte de contar historias. Los sistemas de inteligencia artificial que se engloban en la rama del storytelling, no son sistemas que cuentan historias con más o menos pasión, si no que son sistemas que crean historias en diferentes niveles el guión, la narrativa y la presentación.

Esta es una de las ramas más viejas de investigación dentro del área abarcada por la inteligencia artificial y el arte. Incluso hace tiempo que este tipo de programas ya se habían soñado, como en el relato escrito por Isaac Asimov en 1956 titulado Someday

Esta historia toma lugar en un futuro lejano en el que toda la sociedad está controlada por inmensos ordenadores y las únicas tareas de los humanos consisten en controlar

esos ordenadores y escribir programas para ellos. Por lo que en las escuelas sólo se enseña programación binaria en lugar de aprender a leer y escribir, conocimiento que ha quedado obsoleto.

La historia trata sobre un chico que posee un antiguo juguete llamado bardo. Este bardo generaba cuentos de hadas aleatoriamente, generaba cuentos con personajes diferentes y objetivos diferentes, pero como era un modelo viejo su variedad era limitada.

El chico quería mejorar al bardo para que este hablara de ordenadores y programación para que así le pudiera enseñar a programar y pudiera llegar a ser ingeniero informático, por lo que desmontó el bardo y le introdujo un cartucho de datos de un libro de informática para que este pudiera hablarle de informática, pero lo único que hizo el bardo fue incorporar este nuevo conocimiento de informática a su repertorio de cuentos de hadas y generaba los mismos cuentos que antes pero añadiéndoles palabras de su nuevo repertorio.

Tras esta decepción el niño abandona el juguete, le pega una patada y se va de la habitación. Entonces el bardo comienza a funcionar con un tono de voz muy extraño y relata una historia completamente diferente que acaba con las palabras siguientes hasta que el bardo se cuelga, “los ordenadores seguirán creciendo cada vez más y más hasta que algún día, algún día, algún día...”

Regresando al tema del storytelling, hay varios tipos de sistemas, algunos de ellos simplemente generan historias, como es el caso de Brutus, que genera historias de misterio escritas en perfecta prosa inglesa, otros generan historias interactivas que van variando conforme las reacciones del lector y sus respuestas.

En este artículo se mostrarán varios ejemplos de estos sistemas, como es el caso concreto de Brutus o the virtual storyteller, y del funcionamiento general de los sistemas interactivos.

## Ejemplos de storytelling

### Brutus

Brutus cuenta historias de misterio. Las historias son intrigantes y están escritas en perfecta prosa inglesa. Todo esto se realiza gracias a una compleja arquitectura que estructura la creación de las historias en diferentes niveles, que son los que le proporcionan su realismo.

Como su propio nombre indica, las historias que crea son de traición, Brutus fue el hijo de Julio César, que mató a su padre clavándole un puñal por la espalda. La perfección de las historias creadas por este sistema viene dada por su limitación temática, que es la que permite que el motor de creación sea mucho más rico en los contenidos concretos de este tipo de historias.

El conocimiento que este sistema necesita para crear historias comprende los siguientes tipos:

- Conocimiento del dominio: el tipo de cosas que pertenecen al tema de las historias agentes, sucesos, metas y acciones y reacciones de los personajes.
- Conocimiento lingüístico: morfología, sintaxis y discurso estructural del inglés.

- Conocimiento literario: incluye conceptos de la narración de historias diseñados para evocar imágenes en el lector y hacer las tramas más convincentes.
- Gramáticas aumentadas para la literatura: incluyen figuras retóricas típicas de la narrativa.

La generación de historias se realiza a 4 niveles, en cada uno de los cuales se añaden niveles de complejidad:

- Instanciación temática: define el escenario para una historia eligiendo su temática específica.
- Generación del argumento: parte de los personajes definidos en la primera etapa y el tema elegido. Crea las situaciones que se sucederán en la historia.
- Expansión estructural: A partir de las situaciones definidas las expande y genera una estructura más rica en conceptos.
- Generación del lenguaje: A partir del conocimiento lingüístico y literario del que dispone, crea las palabras y frases que conformarán la historia.

Desde este punto de vista puede parecer que el método de creación de historias de Brutus es mecánico y por lo tanto se podría deducir que no es en realidad creativo, si no que parece serlo. Pero centrándose en su complejidad y todo el conocimiento base, se puede observar que el sistema no es tan simple ni tan mecánico como parecía.

A continuación aparece una porción de una historia creada por Brutus, aparece en su idioma original para no perder ningún detalle en la traducción y ver que no ha sido modificada desde su creación.

*Dave Striver loved the university. He loved its ivy-covered clocktowers, its ancient and sturdy brick, and its sun-splashed verdant greens and eager youth. He also loved the fact that the university is free of the stark unforgiving trials of the business world---only this isn't a fact: academia has its own tests, and some are as merciless as any in the marketplace.*

*A prime example is the dissertation defense: to earn the Ph.D., to become a doctor, one must pass an oral examination on one's dissertation. This was a test Professor Edward Hart enjoyed giving.*

*Dave wanted desperately to be a doctor. But he needed the signatures of three people on the first page of his dissertation, the priceless inscriptions which, together, would certify that he had passed his defense. One of the signatures had to come from Professor Hart, and Hart had often said to others and to himself that he was honored to help Dave secure his well-earned dream.*

*Well before the defense, Striver gave Hart a penultimate copy of his thesis. Hart read it and told Dave that it was absolutely first-rate, and that he would gladly sign it at the defense. They*

*even shook hands in Hart's book-lined office. Dave noticed that Hart's eyes were bright and trustful, and his bearing paternal.*

*At the defense, Dave thought that he eloquently summarized Chapter 3 of his dissertation. There were two questions, one from Professor Rodman and one from Dr. Teer; Dave answered both, apparently to everyone's satisfaction. There were no further objections.*

*Professor Rodman signed. He slid the tome to Teer; she too signed, and then slid it in front of Hart. Hart didn't move.*

*"Ed?" Rodman said.*

*Hart still sat motionless. Dave felt slightly dizzy.*

*"Edward, are you going to sign?"*

*Later, Hart sat alone in his office, in his big leather chair, saddened by Dave's failure. He tried to think of ways he could help Dave achieve his dream.*

*Figure 1*

*An example of a story by BRUTUS1.*

## The virtual storyteller

Este es un sistema multiagente de creación de historias. Está compuesto por varios agentes inteligentes, cada uno de los cuales se encarga de una parte del proceso de creación de las historias. Este sistema fue desarrollado por la universidad de Twente en Holanda. Es parte del proyecto AVEIRO, que consiste en la creación de una ciudad virtual. Uno de los emplazamientos de esta ciudad virtual es un teatro, y es en él donde se puede encontrar a este virtual storyteller.

Este sistema distingue entre tres tipos de narración, para cada uno de los cuales usará bases de conocimiento diferentes, fábula, historia y texto.

Las historias se crean en tres niveles primero se crea el guión, que contendrá los eventos y acciones que ocurren en la historia, el segundo es la narrativa, este consiste en una representación del guión, donde los eventos pueden ser eliminados o reordenados, el último nivel es la representación, donde la historia puede ser presentada en forma de texto, hablada o como un drama virtual con personajes que lo representarían.

La separación entre el guión y los demás niveles es difícil, pues las acciones van ligadas a los personajes, pero es esta separación la que permite que un mismo guión pueda generar diferentes historias, por lo que en el diseño del programa se buscó conservar esta separación.

Para conseguir una buena historia, los guiones que se presenten deben cumplir ciertas condiciones, deben estar bien estructurados y las acciones que en él sucedan, deben ser consistentes con el mundo de la historia y los personajes.

Los personajes que aparecen en los guiones son tratados como agentes inteligentes autónomos, cada uno decide sus acciones de acuerdo con sus características, sus objetivos y su forma de percibir el mundo de la historia, que van cambiando con los resultados de sus acciones y los de las acciones del resto de personajes.

De esta manera el guión se crea de abajo hacia arriba, pasando de los rasgos más generales a la obtención de la historia completa.

Las historias obtenidas de esta manera son consistentes, es decir, los personajes realizan acciones con su personalidad, y además resulta fácil conseguir una interacción con el usuario. Sin embargo los guiones obtenidos carecen de situaciones problemáticas o de momentos álgidos en la narración, por lo que fallan en uno de los requisitos que se pedía a los guiones.

Para solucionar esto hay que generar guiones en los que no todo se deje en manos de los personajes, hay que definir metas y objetivos para que las acciones de los personajes se encaminen en una cierta dirección.

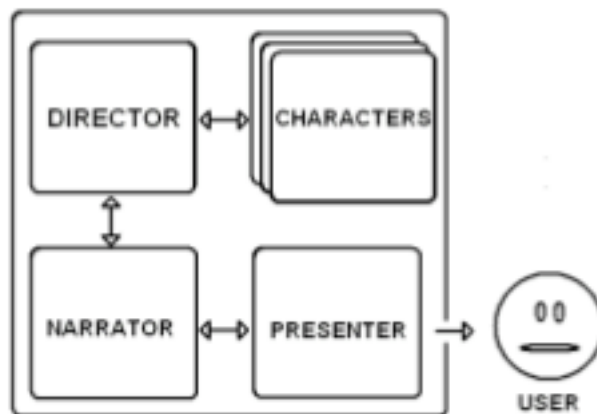
Por ello se eligen soluciones intermedias, en las que no todo se deja en manos de los personajes, ni tampoco se establece exactamente lo que ha de ocurrir, situación en la que los personajes serían meras piezas intercambiables y carecerían de personalidad. En estas soluciones intermedias los personajes tienen marcados una serie de objetivos a conseguir, lo que limita su autonomía, o bien, existe un agente director que se encarga de decir a cada personaje los objetivos que debe conseguir. Con lo que la autonomía de los personajes se limita, pero se les sigue dando suficiente margen de maniobrabilidad como para actuar libremente, observando siempre la consecución de estos objetivos.

En el caso del virtual storyteller, se implementa una situación intermedia, se crea un agente director que es el que tiene el conocimiento sobre las estructuras de los guiones. Tanto los personajes como el director son agentes inteligentes independientes capaces de razonar dentro de su propio dominio de conocimiento.

Un personaje puede realizar acciones conforme a sus objetivos y su personalidad mientras que el director comprueba que las acciones de los personajes encajen dentro de la estructura del guión.

Además de los personajes y el director hay dos agentes inteligentes más, el narrador, que es el responsable de la creación narrativa de la historia y el presentador, que es el agente encargado de la presentación de la historia.

En el siguiente esquema se puede apreciar la estructura del virtual storyteller y la dirección de los flujos de información.



Una particularidad de este sistema es que el director no tiene un esquema claro de como es un guión, simplemente tiene un conocimiento general de lo que hace bueno a un guión, por lo que la libertad del sistema y la posibilidad de generar historias es mayor. Son los personajes, no el director, quienes aseguran la consistencia de la historia.

En resumen, lo que puede hacer el director es añadir nuevos personajes, darles objetivos a los personajes existentes, o inhibir acciones de personajes.

El uso de estas restricciones impuestas por el director viene codificado en su base de conocimiento, donde se tiene en cuenta que toda historia debe tener un principio, donde se presenten los personajes y la situación, una trama central y un final feliz.

De este modo los personajes le piden permiso al director para realizar una acción, y este les da consejos sobre lo que deben realizar con tal de conservar el argumento de la



historia y la consistencia de los personajes, si el director ordenara exactamente lo que los personajes deben hacer, todas las historias serían similares.

A continuación se muestra un ejemplo del tipo de comunicación entre un personaje y el director.

```
[...]  
[Plop]: AbsContentElement received: (hungry :starveling (dwarf :NAME Plop :SEX male))  
** I am asking permission to walk **  
[Director]: received REQUEST message....  
[ Director]: Request for permission to  
storyagents.complexstoryworldontology.WalkTo@2c1e22  
[Plop]: received INFORM message....  
[Plop]: AbsContentElement received: (permitted :ACTION (walk-to :DESTINATION  
(locale :NAME  
at-house) :AGENTS (dwarf :NAME Plop :SEX male)))  
*** I am walking from in-forest to at-house ***  
[Director]: received INFORM message....  
[...]
```

Aquí se observa la comunicación entre un personaje y el director, en la primera línea se observa que el personaje recibe la información de que está hambriento y le pide permiso al director para ir a buscar comida. Las líneas entre \*\*\* son para claridad del lector, no participan en el intercambio de información.

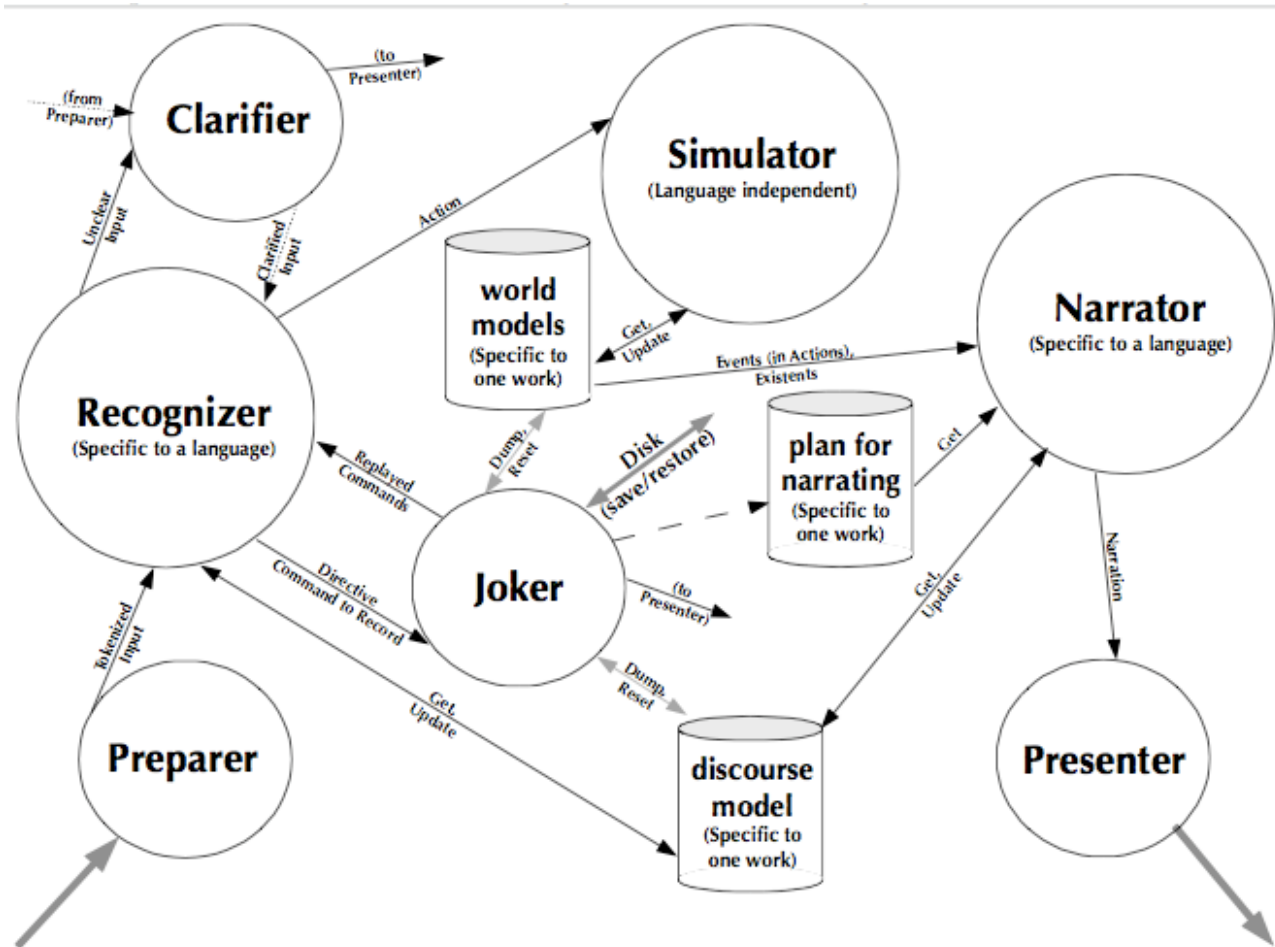
El agente de narración toma los esquemas elaborados por el director y los personajes y los convierte en texto mediante una serie de plantillas de las que dispone. La principal tarea del narrador es la generación del texto y de los pronombres para que la historia tenga sentido y consistencia temporal.

Por último el presentador es el que muestra la historia al usuario. En este caso el presentador es simplemente un mago que muestra viñetas de texto, aunque se espera que en futuros desarrollos se mejore y se incorpore un sintetizador de voz y expresiones faciales emocionales. Este es el presentador actualmente en el sistema.



## Storytelling interactivo

El storytelling interactivo usa sistemas similares a los del storytelling normal, pero añade algunos agentes inteligentes más que son los que se encargan de leer la entrada de datos del usuario, interpretarla y pasársela al agente encargado de generar la historia. A continuación se presenta un esquema de sistema de storytelling interactivo en el que los agentes están representados mediante círculos y las flechas indican la dirección del flujo de información.



El módulo preparer simplemente recibe la entrada de datos del usuario, en este caso por teclado, y las convierte en algo inteligible para el sistema.

El módulo recognizer interpreta lo leído por el preparer, lo procesa y envía las acciones indicadas por el usuario al módulo simulator, o las directivas indicadas al joker, o si lo introducido por el usuario no es comprendido por el sistema, se lo pasa al módulo clarifier. El módulo clarifier interpreta las órdenes no reconocidas, las desambigua o reconoce si puede, y si no lo consigue, envía un mensaje al presenter para que este se lo transmita al usuario.

El módulo simulator es el que genera las historias teniendo en cuenta las acciones recibidas del recognizer y el conocimiento almacenado en los modelos de mundos del sistema.

El módulo narrator obtiene la historia generada por el simulator en forma de sucesión de eventos y genera el texto sin modificar la historia obtenida.

Por último el módulo presenter le muestra la narración generada al usuario.

## **Aportaciones del storytelling**

Con los ejemplos mostrados se puede ver que el área del storytelling es una de las más investigadas dentro de la rama que estudia la inteligencia artificial y el arte.

En este caso se podría discutir hasta que punto el storytelling es arte, ya las historias generadas por algunos de los sistemas resulten más bien simples, pero esto ya depende del grado de sofisticación de cada uno de ellos.

En el caso de Brutus se ha podido observar que crea historias con una trama compleja e interesante, sin embargo monotemática, pero convincente al fin y al cabo. Sin embargo en el caso de The Virtual Storyteller se pueden crear historias de diversas temáticas, lo que hace que el sistema sea más interesante de estudiar, pero también hay que tener en cuenta que es esta diversidad la que hace que sea un sistema más complejo de modelar que en el caso de Brutus. The Virtual Storyteller está todavía en desarrollo y se espera que pueda llegar a ser capaz de generar historias tan complejas y convincentes como las de Brutus en un futuro cercano.

El caso del storytelling interactivo está más orientado al mundo de los videojuegos y la simulación que no a la creación de historias. Es un área que actualmente está en desarrollo y promete que sus resultados sean capaces de crear tramas e historias complejas en las que el usuario pueda sentirse completamente sumergido.

## Pintura y dibujo

Otra de las áreas en las que la inteligencia artificial se ha adentrado es la pintura. El dibujo a mano alzada supone un reto mayor para la inteligencia artificial que el storytelling, porque hay que enseñarle a un ordenador conceptos como las formas de las cosas, los colores o sobre si un punto está dentro o fuera de una figura cerrada.

## Ejemplos de pintura y dibujo

### AARON

Sobre los proyectos existentes destaca uno por encima de ellos, el proyecto AARON, empezado por Harold Cohen en 1973 y que todavía se está desarrollando. Harold Cohen era artista, y su interés por la inteligencia artificial hizo que comenzara a trabajar en este proyecto.

Los dibujos creados por este sistema han pasado por gran cantidad de museos de arte moderno y son estudiados por gran parte de la comunidad científica y artística.

Al principio del proyecto, se comenzó enseñando al sistema como si éste fuera un niño que empieza a aprender a pintar. Evidentemente las diferencias son obvias, puesto que el ordenador dispone de “infinita” memoria, pero; sin embargo no sabe que al pasar un bolígrafo por encima del pape, éste queda rayado.

Poco a poco este proceso de aprendizaje se fue realizando, en forma de la adición de, cada vez más complejas, reglas al código de AARON. Es decir AARON era una serie de reglas que cuando se cumplía una condición se activaban y se ejecutaba su código.

Aunque la primera versión de AARON no disponía de memoria, es decir, cada dibujo que hacía era cómo si fuera el primero que realizaba, se podía observar una evolución en sus dibujos. Evolución en la que muchos de aquellos que observaban los dibujos producidos veían en ellos la obra de Harold Cohen, como si hubiera sido este el que hubiera realizado los dibujos. Esto se debía a que en la primera versión era el propio artista quien iba añadiendo las reglas que le decían al programa cómo dibujar, por lo que sin quere había acabado creando un sistema que representaba el arte tal y como él lo entendía.

Fue tras 6 años de trabajo cuando Cohen se dió cuenta de esto y se planteó que todo lo que AARON diseñaba era simplemente producto del proceso de educación que había tenido y que no llegaría más lejos ni sería capaz de crear algo original.

A la hora de crear AARON2 se tuvieron en cuenta una serie de conceptos que no se habían aplicado en AARON1 y que lo hacían sustancialmente diferente.

Uno de los primeros conceptos que se tuvieron en cuenta a la hora de diseñar a AARON2, fue que este tenía que poseer una memoria permanente en la que pudiera guardar cada dibujo que hiciera y todo el conocimiento que poseyera sobre el dibujo, ya fuera programado a mano o adquirido automáticamente durante su funcionamiento. Así mismo esta información almacenada también serviría para generar nuevo conocimiento sobre el dibujo.

También se pensó que todo el conocimiento que el programa debiera tener, es decir, su dominio de experiencia, debería ser sobre la representación visual de los objetos y de como derivar el conocimiento visual a partir de ellos para poder plasmarlos en dos dimensiones.

Otro concepto fue que las reglas que definían como AARON2 accedía al conocimiento debían ser tan importantes como el propio conocimiento, permitiendo así que el comportamiento de AARON2 no se viera tan marcado por las reglas definidas por los programadores como en el caso de AARON1.

Cuando se comenzó a diseñar AARON2 se tuvo que tener en cuenta que este no comenzaría a hacer dibujos desde un principio, que necesitaba que se introdujera mucha información por parte del programador antes de que este comenzara a dibujar. Por lo que su construcción requería mucha más paciencia de la que AARON1 requirió.

En 1987, AARON2 ya tenía la autonomía suficiente como para poder dibujar a personas en paisajes con plantas en el fondo, como si estuvieran visitando un jardín botánico. Hasta que se llegara a este punto, AARON2 requirió que se le inyectara mucho conocimiento sobre la construcción y el movimiento de las personas y sobre la morfología de las plantas. Este es uno de sus primeros dibujos.



Llegados a este punto, en el que el sistema ya es capaz de realizar dibujos autónomamente, lo que se busca aprender del experimento es el conocimiento mínimo

del mundo y de la representación de los objetos que se necesita tener para poder realizar pinturas que representen la realidad.

A este nivel, cuando AARON tiene que realizar un dibujo, estructura sus decisiones en varios niveles. En un primer nivel, AARON elige que es lo que quiere representar, este conocimiento está dividido en varias clases pictóricas, cada una de las cuales contiene información sobre lo que se ha de dibujar. Una vez decidido el tipo de dibujo, cada uno de los elementos que aparecen en ese tipo es expandido y tratado individualmente hasta llegar al máximo nivel de detalle, que sería, por ejemplo, el módulo que se encarga de dibujar manos.

Hay que tener en cuenta que la única información que AARON posee sobre las representaciones es descriptiva, no contienen información exacta sobre lo que debe dibujar ni donde, por lo que antes de realizar el proceso de expansión de las clases de información, debe saber que es lo que quiere dibujar y dónde lo quiere dibujar.

En el segundo nivel de información AARON sólo obtiene una representación de los objetos a pintar en forma de figuras de palos. Tras lo que se obtiene una representación conceptual del núcleo del elemento a dibujar. El siguiente paso es crear el cuerpo del objeto a partir del núcleo obtenido. Tal y como los niños pequeños aprenden a dibujar.

En este momento de su desarrollo, podemos decir que AARON tenía capacidad para realizar dibujos en dos dimensiones, pero la rigidez de las líneas en las dos dimensiones no le permitía demasiada libertad en los dibujos y además si en algún momento se quería que AARON llegara a pintar los dibujos que hacía, se necesitaba una representación, o un entendimiento de los dibujos, en 3 dimensiones, ya que si no sería prácticamente imposible conseguir una coloración adecuada.

Gracias a esta nueva forma de representar los objetos, AARON comenzó a dibujar personas con mayor libertad de movimiento, pues el nuevo sistema de representación le permitía definir, mucho mejor que antes, los puntos de articulación de las personas y por lo tanto representar, con mayor realismo, las diferentes posiciones que una persona podía adoptar, desde cualquier punto de vista.

Esta representación en 3 dimensiones escondía un problema, una parte del cuerpo podía ocultar a otra, y como AARON dibujaba primero los elementos más cercanos del dibujo, debía saber qué parte ocultaba a cual, con tal de dibujarlas correctamente. Por lo que se tuvieron que generar una serie de reglas que permitieran solucionar este problema e incluirlas al código de AARON.

Una vez obtenida esta representación tridimensional, se comenzó a pensar en el problema de colorear los dibujos realizados.

Es en este punto donde comenzaron a surgir verdaderos problemas.

El primero de ellos fue sobre la naturaleza de los colores y su representación en un ordenador. Las pantallas de ordenador usan un sistema aditivo para la creación de los colores. Cada color representado en una pantalla es una combinación de los tres colores básicos que estos dispositivos usan rojo, verde y azul. Esta representación hace que el proceso de creación de una color resulte sencillo para un ordenador. Sin embargo la forma de los humanos de entender los colores es sustancialmente diferente. Se parte de un fondo blanco, ya sea un lienzo o la luz blanca que proporciona el sol, y los colores se forman sustrayéndole componentes a esta luz blanca.

Esta diferencia hace que las dos concepciones sean sustancialmente diferentes, no obstante se podría elaborar un método que pudiera pasar de un método a otro, una teoría del uso del color, pero el problema es que esa teoría no existe, los humanos no pensamos en como usar un color, simplemente comparamos los colores que percibimos. Esta forma de pensar es completamente inútil en un ordenador, pues si no sabe que es un color, difícilmente podrá comparar dos colores.

Está claro que si lo que se busca es conseguir que un ordenador comprenda los colores, hay que tratarlos de una manera que el ordenador los entienda, por lo que trabajar con las mismas abstracciones que un ordenador. Basicamente los ordenadores descomponen los colores en tres conceptos brillo, pureza y matiz, con lo que se pueden representar todos los colores y sus tonalidades.

De estos tres conceptos, el más importante es el brillo, simplemente porque el ojo humano funciona de una manera que está preparado para distinguir brillos, por lo que es lógico que en este sistema se destaque como principal concepto.

Este sistema de creación de colores, junto con una definición de conocimiento sobre combinación de colores y diseño es lo que permitió que AARON pudiera comenzar a pintar sus obras, aunque de momento solo en la pantalla.

A partir de este momento, AARON ya era capaz de crear un dibujo y colorearlo, pero únicamente los podía plasmar en la pantalla del ordenador, a una resolución de 1280 x 1024. El último paso a dar estaba claro, ya solo faltaba que el ordenador dibujara sobre un papel, y que además también pintara. Pero no se podía utilizar una simple impresora tradicional, pues si AARON creaba los dibujos de la misma manera que un artista, era lógico que en el momento de plasmarlos en papel, lo hiciera de la misma manera. Por lo que se diseñó un artilugio con un pincel que imitara una mano humana y fuera capaz de dibujar y pintar igual que un artista.

Para que AARON pudiera usar los colores, se hicieron unas 1200 muestras de colores y se analizaron para crear un archivo electrónico de estos colores y guardarlos en el sistema utilizado.

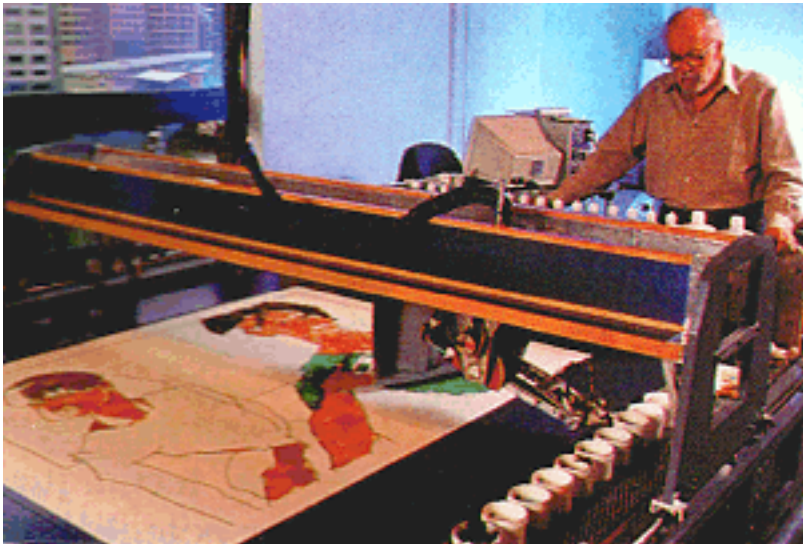
Pero este sistema no funcionó tan bien como se esperaba, ya que las disoluciones de los colores utilizados no se clasificaban adecuadamente, ya que no se tenía conocimiento sobre que nivel de disolución de un color era el máximo que todavía perteneciera al mismo color. Es decir poder calcular el brillo de diferentes disoluciones de colores.

Una vez solucionado este problema AARON ya era capaz de elegir la disolución de color adecuada que tuviera el brillo que necesitaba, con lo que el problema de la combinación de colores quedaba solucionado.

A continuación se muestran dos imágenes, en la primera de ellas se puede observar a Harold Cohen junto al artilugio utilizado para pintar, se puede observar un brazo central que maneja el pincel junto a todos los botes de pintura disponibles.

La segunda imagen muestra un cuadro dibujado y pintado por AARON usando su brazo mecánico.







## **Aportaciones de la investigación en pintura y dibujo**

El ejemplo de AARON quizá sea uno de los más interesantes ejemplos que se pueden mostrar en el terreno de la inteligencia artificial y el arte.

Puesto que se podría discutir que las narraciones creadas por el storytelling o la música modificada por Saxex no es original, que sólo es una modificación del conocimiento original puesto allí por su creador, pero no se puede discutir que la obra creada por AARON no sea original.

Todo su éxito se debe a la perseverancia de su creador, que desde que comenzó con el proyecto no lo abandonó y siguió continuamente mejorándolo hasta que este se convirtió en un verdadero artista con lápiz y pincel.

Las obras de AARON se han expuesto en gran cantidad de museos y han levantado mucho interés, ya que han alimentado el dilema de que un ordenador no puede crear una obra de arte, cosa que en este caso ha quedado probada.

AARON no es una prueba de que las máquinas sean inteligentes, es una muestra de que se puede extraer un problema que requiera inteligencia para ser resuelto y abstraerse hasta conseguir que un ordenador haga lo mismo. ¿Es esto inteligencia? No, pues uno podría decir que si no se puede tener conciencia de uno mismo no se puede ser inteligente, sin embargo no se puede negar que AARON ha demostrado tener un comportamiento inteligente, lo cual denota inteligencia.

## Música

Al igual que la pintura, el talento musical es algo puramente humano, por lo que el hecho de que un programa informático muestre habilidades musicales ha suscitado interés entre los investigadores de la inteligencia artificial e incluso entre músicos.

Sin embargo esta área de investigación no está tan desarrollada como la del storytelling o la de la pintura, porque requiere de un conocimiento experto mucho más específico que en el caso del storytelling y, a diferencia del caso de Harold Cohen en la pintura, los expertos en música que iniciaron proyectos de este tipo se separaron de las líneas de investigación de inteligencia artificial en su momento, lo que provocó que sus proyectos quedasen estancados llegados a cierto punto y no pudieran continuar.

A diferencia del caso de la pintura, no existe ningún sistema que pueda crear melodias musicales de la nada, sin embargo si que existen sistemas que son capaces de modificar una melodía original conservando su ritmo, o de imitar a otros músicos y seguir el ritmo de lo que tocan a la vez, modificándolo cuando ellos lo modifican. Esto es el caso de los sistemas Sasex y Haile respectivamente, los cuales se describen a continuación.

## Ejemplos de investigación musical

### Saxex

Saxex es un sistema inteligente basado en el razonamiento por casos. El razonamiento basado en casos es aquel en el que cuando se presenta un problema se busca si se ha resuelto algún problema similar y se aplica una solución parecida a la del caso encontrado.

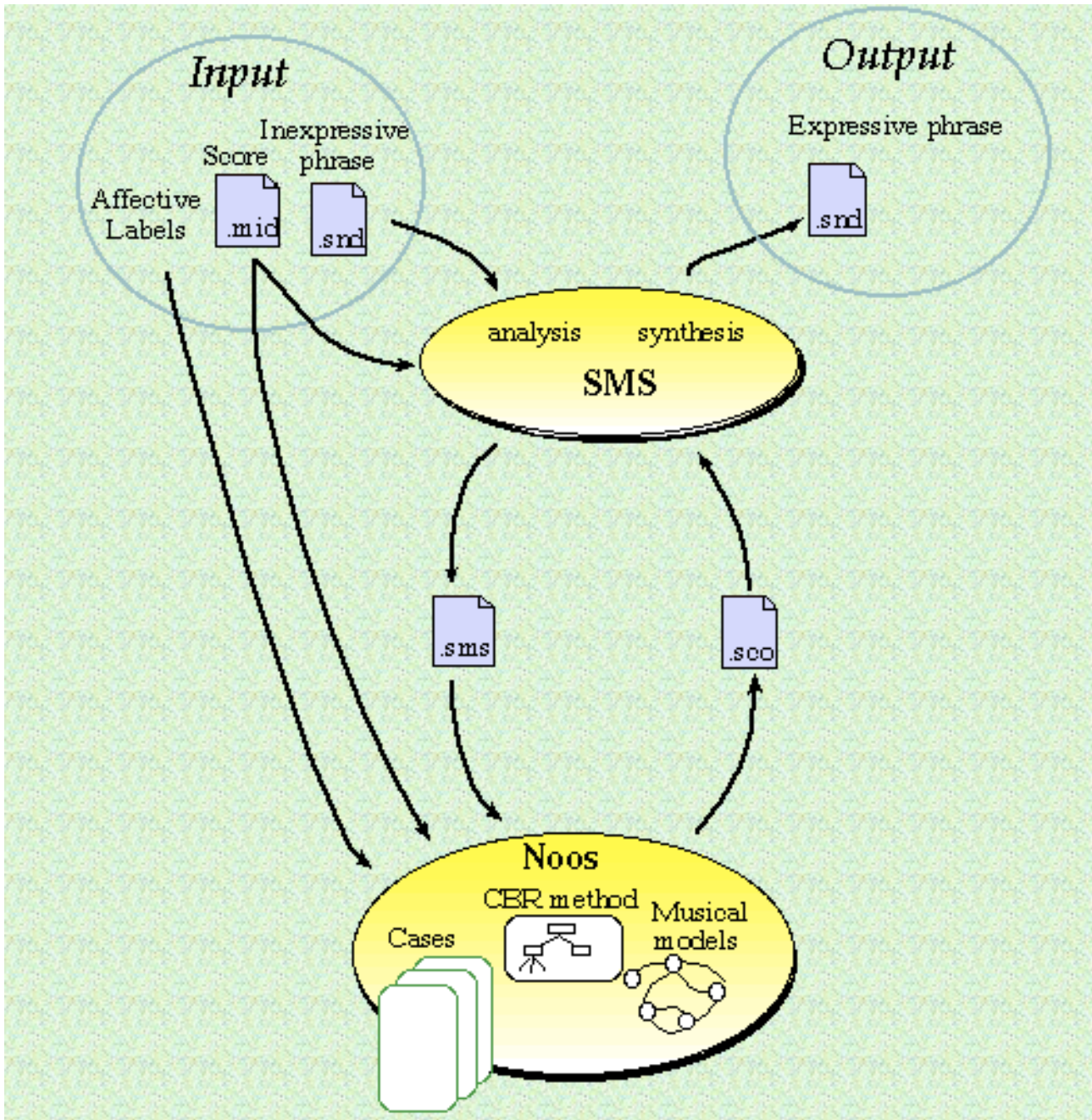
Saxex recibe como entrada una melodía simple interpretada por un humano y crea modificaciones sobre esta melodía que añaden expresividad a la pieza.

Saxex analiza la pieza musical recibida mediante un sistema llamado SMS. Este sistema se basa en el análisis espectral de las piezas y lo que hace es extraer información sobre la expresividad, la armonía y la dinámica de la melodía, con tal de obtener una representación de esta sobre la que trabajar.

Además Saxex también necesita de un conocimiento musical sobre teorías tonales y armónicas, que son las que forman la base del conocimiento musical del sistema.

Para que el sistema funcione y tenga casos con los que trabajar, se han grabado interpretaciones con un saxo tenor de baladas estándar de Jazz con diferentes grados de expresividad y versiones prácticamente inexpresivas para que el program pueda trabajar sobre ellas. El conjunto de piezas son analizadas mediante el sistema SMS e incorporadas a la base de casos del sistema. Una vez almacenadas estas piezas, el sistema las modifica usando criterios de similitud junto con su conocimiento musical. El sistema infiere una serie de posibles cambios sobre las melodías y genera las nuevas versiones usando el SMS.

A continuación se muestra un diagrama del sistema Saxex.



El círculo etiquetado como NOOS es el sistema en sí. NOOS es la plataforma de programación sobre la que se ha creado el sistema.

En el diagrama se observa como una melodía se analiza a través del SMS y se incorpora al sistema, donde los cambios se realizan y se vuelve a enviar al SMS para que incorpore los cambios y se pueda obtener la melodía resultante.

## Haile

El proyecto Haile está basado en un robot dotado de dos brazos mecánicos que es capaz de tocar instrumentos de percusión, en concreto la batería.

El proyecto fue creado por el profesor Gil Weinberg del Georgia Institute of Technology.

El robot está dotado de una inteligencia artificial que le permite escuchar la música que otros músicos están tocando, analizarla en tiempo real y usar este análisis para repetir lo que ha escuchado de una manera más expresiva, o para acompañar el ritmo de la música.

El robot se conecta a un ordenador, mediante el cual se pueden modificar parámetros para ajustarlo al estilo de los músicos.

El proyecto está todavía en fase de desarrollo, de momento Haile sólo es capaz de tocar un único tambor y sólo uno de sus dos brazos funciona, por lo que de momento se puede utilizar para que toque como acompañamiento.



El robot tiene un micrófono por donde recoge el sonido que recibe y lo analiza. La verdadera inteligencia artificial aparece después de este análisis, ya que posee un sistema que es capaz de interpretar la entrada recibida y crear una improvisación que mantenga el ritmo original.

## Aportaciones de la investigación musical

La relación entre la música y la inteligencia artificial no está tan desarrollada como el storytelling, pero, al igual que este, también arroja resultados interesantes. Aunque todavía son primitivos, sistemas como el Saxex demuestran que son capaces de modificar una melodía respetando la original y añadiéndole matices. Esto podría ser un preámbulo para la creación de futuros hilos musicales auto generados, como los mostrados en algunas obras de ciencia ficción, aunque todavía se esté en un momento prematuro de su desarrollo.

Otros como Haile suscitan un interés más perteneciente al mundo de la robótica, pues permitirían la creación de un robot autónomo que fuera capaz de tocar e interpretar su propia música.

## Otros tipos de arte

La tecnología siempre ha suscitado cierto interés en los artistas. Existen gran cantidad de obras de arte que emplean elementos tecnológicos como parte de sus elementos o como su razón de ser.

Por esta razón no es extraño que algunos artistas se hayan animado a utilizar la inteligencia artificial en sus obras de arte. En parte lo habrán hecho por el interés que en un artista puede suscitar que un ordenador se equipare a un ser humano, lo que sin ninguna duda levanta preguntas sobre la esencia del ser humano o si un ordenador puede tener consciencia de sí mismo, lo que lo haría distinguirse de un humano por sus entrañas electrónicas estructura de chips, más que por su forma de pensar o actuar. Otros artistas simplemente han aprovechado la inteligencia artificial para dotar de animación y movimiento a sus creaciones, de forma que consigan parecer más reales.

A continuación se mestran dos ejemplos, cada uno de los cuales representa una de las dos formas de integrar el arte moderno junto con la inteligencia artificial que se acaban de describir.

## Ejemplos de la aplicación en arte en general

### Time Entity

Este proyecto fue expuesto en el festival de arte de arte por ordenador en San Jose, California en 1983.

Consistía en la simulación de una criatura que vivía completamente obsesionada con el tiempo, con cuanto tiempo había vivido y cuanto tiempo le quedaría por vivir. Su estado de ánimo iba cambiando con el paso del tiempo y los visitantes podían interactuar con la criatura mediante una serie de sensores que había repartidos por la sala.

La inteligencia del sistema se limitaba a la parte de la interacción con los usuarios y cómo esta afectaba a su estado de ánimo o a su crecimiento, pero abrió una línea de investigación interesante en ese aspecto.

### Office Plant

Office Plant fue un proyecto realizado en 1998.

Su objetivo era el de sustituir la típica planta que hay en una oficina llena de ordenadores por una planta robótica que fuera capaz controlar la luz y música ambiente que esta misma proyectaba, a la vez que monitorizaba los correos electrónicos que circularan por la red de la empresa.

El contenido de los mensajes que circulan por la red es analizado por la planta mediante el uso de técnicas de análisis de texto, es aquí donde está la parte inteligente, ya que según el contenido del mensaje, el sistema detecta su pertenencia a una clase u

otra y almacena el mensaje para que este sirva para compararlo con mensajes posteriores, similar a un razonamiento basado en casos.

El estado y la animación de la planta vienen controlados por una red cognitiva similar a una red neural. En un momento concreto del tiempo el estado de la red cognitiva viene marcado por el valor contenido en cada uno de sus nodos, que en este caso son los estados de la planta, es decir, si es un bulbo, la planta está recogida, si está en reposo, la planta está en estado de semi-expansión, o si la planta está en su momento álgido de floración.

La combinación de los mensajes que circulan por la red en es preciso momento es la que hace que los estados de la redes se activen o desactiven, lo que se traduce en una animación de la planta en función del tráfico de correo electrónico en ese momento.

## Bibliografía

• **Colouring without seeing.** Prof. Harold Cohen.

• [crca.ucsd.edu/~hcohen/cohenpdf/colouringwithoutseeing.pdf](http://crca.ucsd.edu/~hcohen/cohenpdf/colouringwithoutseeing.pdf)

• **The further exploits of AARON.** Prof. Harold Cohen.

• [crca.ucsd.edu/~hcohen/cohenpdf/furtherexploits.pdf](http://crca.ucsd.edu/~hcohen/cohenpdf/furtherexploits.pdf)

• **How to draw 3 people in a botanic garden.** Prof Harold Cohen.

• [www.aaai.org/Papers/AAAI/1988/AAAI88-150.pdf](http://www.aaai.org/Papers/AAAI/1988/AAAI88-150.pdf)

• **How 2 make a drawing.** Prof Harold Cohen.

• [crca.ucsd.edu/~hcohen/cohenpdf/how2make.pdf](http://crca.ucsd.edu/~hcohen/cohenpdf/how2make.pdf)

• **He, robot.** Robert L. Pincus

• **A Case-Based Reasoning system for generating expressive performances.** Josep

Lluís Arcos

• <http://www2.iiia.csic.es/Projects/music/Saxex.html>

• **Interactive Drama, Art and Artificial Intelligence.** Michael Mateas.

• [www.cs.cmu.edu/~dgroup/papers/CMU-CS-02-206.pdf](http://www.cs.cmu.edu/~dgroup/papers/CMU-CS-02-206.pdf)

• **The Virtual Storyteller: Story Creation by Intelligent Agents.** Mariët Theune, Sander

Faas, Anton Nijholt y Dirk Heylen

• <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.12.5222>

• **Artificial Intelligence and Literary Creativity: Inside the Mind of BRUTUS, a**

**Storytelling Machine.** Selmer Bringsjord and David A. Ferrucci

• <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.19.9525>

• **Planning Algorithms for interactive storytelling.** Leandro Motta Barros y Soraia Raupp

Musse.

• **Artificial intelligence research as art.**

• <http://www.stanford.edu/group/SHR/4-2/text/wilson.html>

• **Robot drummer responds to human playing; How they did it.** Peter Kirn

Inteligencia artificial y arte

• <http://createdigitalmusic.com/2005/12/14/robot-drummer-responds-to-human-playing-how-they-did-it/>