

Sociedad Híbrida: Una Extensión de Computación Evolutiva Interactiva

Juan Romero¹, Penousal Machado², Antonino Santos¹, Marisa Santos¹

¹ RNASA Lab., Fac. de Informática, Universidade da Coruña, España
{jj, nino, mhyso}@udc.es

² CISUC- Centre for Informatics and Systems, Universidade de Coimbra, Portugal
{machado}@dei.uc.pt

Abstract. La falta de un contexto social es un inconveniente en los sistemas actuales de Computación Evolutiva Interactiva. En áreas de aplicación donde las características culturales son particularmente importantes, tales como arte visual y música, este problema es más apremiante. Para solucionar esto, presentamos una extensión del paradigma tradicional de Computación Evolutiva Interactiva que incorpora usuarios y sistemas en un modelo de Sociedad Híbrida, permitiendo la interacción entre múltiples usuarios y sistemas y promoviendo la cooperación. Los resultados de los experimentos, obtenidos con una versión simplificada, validan los mecanismos individuales del modelo propuesto y muestran su capacidad para integrar varios usuarios y sistemas con una relación $n - m$ entre ellos.

1 Introducción

La Computación Evolutiva Interactiva (CEI) es una variación de la Computación Evolutiva en la cual el fitness del individuo se determina mediante una evaluación subjetiva realizada por un usuario humano. En años recientes, este paradigma se ha aplicado a diversos campos, muchos de ellos con un alto componente social, por ejemplo, aquellos relacionados con la estética tales como arte, música, diseño, arquitectura, etc. [1; 2; 3; 4]. Tales dominios se conocen como *dominios sociales*. En ellos podemos distinguir dos roles: el *creador* y el *crítico*. El sistema de CEI canónico integra sólo dos participantes: un sistema de computación evolutiva (CE) y un usuario humano. El rol del creador lo juega el sistema CE, mientras que el rol del crítico lo asume el humano que asigna fitness a los *productos* generados. Los productos pueden ser cualquier tipo de artefactos (ideas, piezas de arte, información, soluciones, etc.). El fitness de los creadores depende del gusto del usuario.

Debido a su naturaleza, estos dominios presentan una serie de características [5] que complican el diseño de los sistemas CEI, tales como:

- La existencia de diferentes funciones de fitness.
- El carácter dinámico del fitness.
- La dificultad de usar formalismos para definir el fitness [6].

El uso de sistemas CEI en dominios sociales plantea las siguientes cuestiones:

1. La necesidad de un entorno cultural como el existente en las sociedades humanas; “El valor de una pieza de arte depende de su contexto cultural circundante” [6].
2. La fatiga de usuario causada por la necesidad de evaluar un gran número de individuos.
3. La falta de cooperación entre usuarios. Los resultados obtenidos por ciertos usuarios no son compartidos con otros.
4. La falta de un interfaz común. El usuario debe interactuar con cada sistema CEI independientemente, usando diferentes interfaces.
5. La capacidad de evaluación del sistema. Los sistemas CEI canónicos carecen de la capacidad de tomar decisiones respecto a la evaluación de sus salidas, lo que fuerza al usuario a evaluar la población entera.

Estos problemas están relacionados con la relación $1 - 1$ establecida en los sistemas de CEI canónicos entre el usuario y el sistema y pueden ser aliviados estableciendo un modelo con una relación $n - m$. Esta relación $1 - 1$ también dificulta la integración del sistema CEI en otros sistemas, y la creación de sistemas complejos que incorporen sistemas CEI.

Algunos autores [1; 2; 4; 5] han remarcado la necesidad de entornos comunes que permitan la interacción y validación de diversos sistemas CEI. Un modelo que permita la integración de múltiples sistemas CEI y usuarios, estableciendo una relación $n - m$, puede ser de gran valor para la comunidad investigadora, proporcionando una forma de validar y comparar sistemas CEI, y fomentando la cooperación entre investigadores mediante un marco de trabajo común.

Nosotros proponemos un nuevo paradigma, llamado Sociedad Híbrida (SH), que extiende las habilidades de la actual CEI estableciendo relaciones $n - m$ entre los sistemas de computación evolutiva y los usuarios, así como la incorporación de creadores humanos y críticos artificiales. Comenzamos haciendo un análisis de las variaciones existentes del paradigma CEI. Después, hacemos una descripción conceptual de la arquitectura SH, de sus principales mecanismos, y de algunos detalles de implementación relevantes. En la sección 4, presentamos y analizamos los resultados obtenidos en los experimentos diseñados para evaluar la validez del modelo SH, y la capacidad de permitir una interacción simultánea provechosa entre los usuarios y los sistemas. Finalmente se exponen algunas conclusiones globales.

2 Paradigma CEI

En esta sección analizamos las extensiones actuales del sistema CEI canónico.

2.1 Multiusuario

Una de las variaciones más comunes de la CEI es la aproximación multiusuario, en la que la evaluación de los productos la realizan un conjunto de usuarios en lugar de uno. Típicamente (ver p.ej. [7]) el fitness de cada producto se determina mediante la media de las evaluaciones hechas por los usuarios. Esta aproximación tiene un severo

inconveniente: cuando los usuarios tienen diferentes preferencias, los resultados apenas serán satisfactorios.

En dominios sociales, que implican un alto criterio subjetivo, este problema se acentúa. Además, puede llevar a una “dictadura de la mayoría” donde las preferencias de los grupos minoritarios nunca se vean satisfechas.

2.2 Paralelo

La variante CEI paralela se caracteriza por el uso de un conjunto de sistemas CEI cuyos sistemas CE intercambian individuos de la población. Esta aproximación tiene un problema en campos donde el fitness se asigna de acuerdo con criterios subjetivos tales como el gusto individual. En este tipo de dominios, sería necesario integrar un mecanismo que maximice la migración de productos entre los sistemas CEI de usuarios con preferencias similares, y que minimice las transferencias entre los que tienen gustos diferentes u opuestos. Además, también tiene otro inconveniente, ya que sólo es útil cuando los sistemas CEI usan la misma representación para los individuos. Para usar diferentes sistemas CEI, se necesitaría idear una forma de trasladar los productos de un sistema al otro. Probablemente debido a esto, no hemos sido capaces de encontrar ejemplos de sistemas CEI paralelos aplicados a dominios sociales.

2.3 Parcialmente Interactivo

Otra extensión del paradigma CEI consiste en la integración de mecanismos de evaluación. Estos pueden tener dos objetivos diferentes: llevar a cabo algún tipo de tarea de evaluación que simplifique el trabajo del usuario, por ejemplo, eliminar productos que son inválidos; predecir las evaluaciones del usuario, permitiendo así que el sistema se ejecute en modo “stand alone”. En ambos casos la integración de mecanismos de evaluación automática puede contribuir a la disminución de la fatiga de usuario y a incrementar la calidad del resultado global.

El sistema parcialmente interactivo de CE puede tener una capa de filtro para los productos, y las evaluaciones de los mismos pueden ser efectuadas por un Crítico Artificial (CA) o por un usuario humano. En [8] los autores describen un sistema evolutivo parcialmente interactivo, que integra ambos componentes. Una capa de filtro elimina imágenes consideradas claramente insatisfactorias. El CA asigna fitness a las imágenes restantes. El usuario puede interferir en cualquier punto del proceso evolutivo dando su propia evaluación a la población de imágenes, anulando así las valoraciones del CA.

Otra línea activa de investigación se ocupa del desarrollo independiente de CAs. La construcción de una arquitectura genérica que permita una fácil integración de varios CAs y CEs puede ser de gran interés para el desarrollo de sistemas complejos, permitiendo la comparación de diferentes aproximaciones, y fomentando la colaboración entre grupos de investigación.

3 Sociedad Híbrida

Teniendo presente los problemas existentes en las diferentes variantes CEI, esta sección describe la Sociedad Híbrida, una extensión del paradigma CEI.

El diseño de esta extensión se basa en los siguientes objetivos:

1. Permitir que cada usuario interactúe simultáneamente con varios sistemas CE.
2. Permitir que cada sistema CE interactúe con diferentes usuarios.
3. Permitir la participación de CAs genéricos que evalúen los productos creados por diferentes sistemas CE.
4. Proporcionar una forma de evaluar el rendimiento de los sistemas CE de acuerdo a su capacidad para satisfacer las preferencias de un conjunto de usuarios y su habilidad para adaptarse a los cambios en estas preferencias.
5. Permitir un mayor grado de interacción entre participantes con preferencias similares, fomentando el desarrollo de grupos con gustos comunes.
6. Simular algunos aspectos del comportamiento de la sociedad humana.

SH fue diseñada específicamente para dominios sociales y está, por lo tanto, basada en una “concepción social”. Según esta visión, sólo aquellos productos encontrados interesantes por un *entorno cultural*, son valorados. Un entorno cultural se puede definir como un conjunto de personas con un grado alto de afinidad cultural. Esta concepción no descarta las tendencias de la minoría. Si un trabajo particular de arte provoca el interés de una comunidad pequeña, será valorado. Por ejemplo, el jazz no es un tipo de música de masas, sin embargo, en SH los participantes a los que les gusta el jazz, y los creadores y críticos artificiales que se han adaptado a ese estilo, se agrupan juntos en un subgrupo, posiblemente próspero.

Ahora describiremos la arquitectura de SH, sus principales mecanismos y detalles específicos de su implementación.

3.1 Arquitectura

La arquitectura SH consiste en un elemento central llamado *escenario*, junto con un conjunto de participantes que se comunican con él. Los participantes pueden ser artificiales o humanos, y pueden jugar los roles de creador o crítico.

Conceptualmente, un escenario es el “terreno” común de los seres que participan en una sociedad. Incluye las reglas del juego y define los principios de comunicación entre estos seres. Formalmente, es el conjunto de aplicaciones (bases de datos, protocolos de comunicación e interfaces) con el que interactúan los creadores, críticos y productos.

En SH los creadores artificiales son instancias de un sistema CE (CES) similar al usado en la CEI estándar. Los críticos artificiales son instancias de un sistema CA (CAS), similar al descrito en la sección 2.3.

Los creadores, humanos o artificiales, envían productos al escenario. Los críticos llevan a cabo evaluaciones de los productos que pertenecen al escenario, comunicando estas evaluaciones por medio de apuestas. La naturaleza humana o artificial de un participante es oculta para el resto. La Figura 1 muestra las relaciones entre los diferentes tipos de participantes y el escenario.

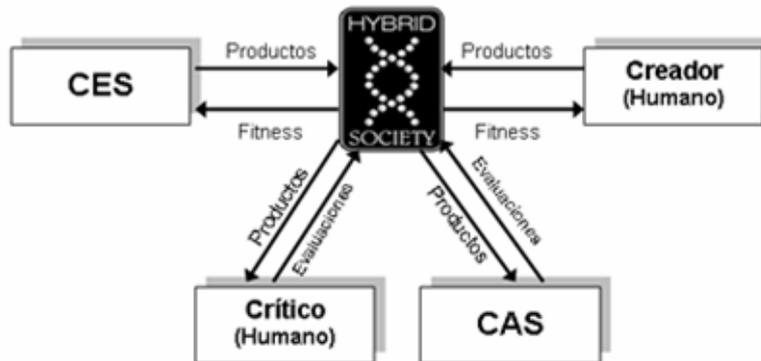


Fig. 1. Modelo de Sociedad Híbrida

Puesto que ya no hay una comunicación directa entre un usuario y un sistema CE, se debe poner en marcha una serie de mecanismos para regular y controlar la integración de todos ellos. Estos mecanismos son: intercambio de energía, afinidad, y generación de descendencia. Las siguientes secciones explican brevemente estos mecanismos, así como las principales variables relacionadas con ellos.

3.2 Intercambio de energía

El mecanismo de intercambio de energía hace posible determinar la adaptación de los participantes al contexto cultural. Cada participante tiene una energía que es una medida de su éxito. Uno de los parámetros de SH es el valor inicial de energía de cada participante. Si la energía de un participante llega a ser menor o igual que 0, entonces está virtualmente muerto y ya no puede participar más en la sociedad.

Los participantes humanos y artificiales ganan y pierden energía según las mismas reglas. Se aplican diferentes reglas dependiendo de si se es creador o crítico.

Cada vez que un creador envía un producto al escenario, una cierta cantidad de energía es sustraída. El creador recibe energía cuando otros participantes hacen apuestas sobre sus productos. Los críticos pueden evaluar los productos y realizar apuestas por los creadores de los que ellos consideran interesantes. Una apuesta es una transferencia de energía de un crítico a un creador. El valor de la apuesta debe ser siempre positiva y menor que la energía actual del crítico que realiza la apuesta. Una vez hechas, todas las apuestas son irrevocables. Cuando un crítico apuesta sobre un creador recibe a cambio un *porcentaje de posesión* de ese creador. El porcentaje de posesión se define como el ratio entre el valor de la apuesta y la energía del creador cuando la apuesta fue realizada.

Cada vez que una apuesta tiene lugar se realizan las siguientes acciones:

1. El valor de la apuesta es sustraído de la energía del crítico que la realiza.
2. Un porcentaje del valor de la apuesta es distribuido entre los apostadores anteriores (si hay alguno) en proporción a su porcentaje de posesión. Cada uno de estos críticos recibe energía según la siguiente fórmula:

$$\text{beneficio}_i(t) = \frac{\text{porcentaje_de_posesión}_i}{\sum_{j=1..m} \text{porcentaje_de_posesión}_j} * E(t) * C, \quad (1)$$

donde $E(t)$ es el valor de la puesta *realizada* sobre el creador en el instante t y C es un parámetro ajustable.

3. El valor restante de la apuesta se suma a la energía del creador.

Una apuesta por un creador con una pequeña cantidad de energía puede llegar a ser más beneficiosa para el crítico que una sobre un creador con una gran cantidad de energía. Los creadores que son evaluados por los participantes de la SH, obtienen grandes cantidades de energía, puesto que reciben muchas apuestas. Los creadores que no satisfacen las demandas de la sociedad no reciben energía. El éxito de los críticos depende de su habilidad para realizar apuestas sobre productos interesantes, que otros miembros de la sociedad encuentran atractivos. Si el crítico apuesta por creadores “no interesantes”, nunca recuperará la energía usada para la apuesta. Si el crítico apuesta por creadores “interesantes”, estos creadores recibirán más tarde una gran cantidad de apuestas. Puesto que el crítico adquirió un porcentaje de posesión, recibirá parte de estas apuestas y así aumentará su energía. Esta descripción puede llevar a pensar que la mejor estrategia para cualquier crítico es apostar por un creador popular. En la práctica, la mejor estrategia es apostar por creadores emergentes, es decir, aquellos creadores que no son valorados actualmente, pero que lo serán en el futuro.

3.3 Afinidad

Estos mecanismos refuerzan las relaciones entre los participantes con una *afinidad* alta. Dos participantes tienen afinidad alta si: comparten las mismas preferencias (afinidad entre críticos); uno evalúa los productos del otro (afinidad entre crítico y creador); los productos creados por ellos son evaluados por los mismos participantes (afinidad entre creadores). Cuando dos críticos tienen un alto grado de afinidad, tendrán acceso a más productos que hayan sido valorados positivamente por el otro.

Para establecer relaciones de afinidad se usan dos mecanismos basados en una representación espacial. El primero hace que sea más probable que los críticos reciban productos que están espacialmente cercanos. El segundo desplaza productos, críticos y creadores según las evaluaciones de los productos realizadas por los críticos. La representación espacial utilizada puede consistir en dos, tres o más dimensiones. Cada participante toma una posición en esta representación, que inicialmente, es aleatoria. Cuando un creador envía un producto, este producto se sitúa en una posición aleatoria en las inmediaciones de la posición actual del creador. La máxima distancia inicial permitida entre el creador y el producto es un parámetro ajustable.

Para fomentar el establecimiento de relaciones de afinidad, la lista de productos de cada crítico se compone de un mayor porcentaje de productos que están dentro de su vecindad que fuera. Estos porcentajes y la distancia máxima que define la zona de vecindad son también parámetros ajustables. Los participantes y productos afines se acercan de acuerdo a las evaluaciones de los críticos. Cuando un crítico emite una

evaluación positiva de un creador, tienen lugar tres movimientos: (i) el crítico se mueve hacia el producto, (ii) el producto se acerca al crítico, (iii) el creador del producto se mueve hacia el crítico. La distancia máxima por movimiento para creadores, críticos y productos se establece mediante parámetros ajustables independientes. En cambio, también hay fuerzas de rechazo – con una dirección opuesta y de menor magnitud que las anteriores- entre los participantes y productos no afines.

El uso del espacio fomenta la definición de subgrupos dentro de un escenario, dado que la dinámica de SH favorece la proximidad de los participantes que son afines.

3.4 Generación de descendencia

SH ha sido diseñada para que los participantes sean capaces de satisfacer las demandas de una sociedad dinámica. Esto se hace siguiendo una aproximación evolutiva. El mecanismo de generación de descendencia es manejado por SH. Cuando un participante excede un cierto umbral de energía, SH puede crear nuevos participantes artificiales que son sus descendientes. Una vez creados, los descendientes tendrán la mitad de la energía de sus padres. Por defecto, la creación de un nuevo descendiente se hace mediante la mutación del código genético del progenitor. Esta información genética codifica un conjunto de parámetros ajustables que permiten cambiar el comportamiento del sistema.

3.5 Implementación

SH fue diseñada con el objetivo de usar este paradigma con un gran número de participantes, humanos y artificiales.

Comenzamos describiendo el funcionamiento del escenario, y después describimos el interfaz con participantes humanos y artificiales.

Escenario

Se implementa como una pieza de software que comunica a los diversos participantes vía servicios web, pero no analiza o procesa los productos de ninguna forma. La implementación es genérica y adaptable a diferentes dominios sociales.

Antes de comenzar una ejecución deben ser establecidos una serie de parámetros que establecen el comportamiento del escenario. Los sistemas artificiales integrados en la sociedad (sistemas CE y CA), proporcionan soporte a los participantes artificiales, y deben ser ejecutados y conectados al servidor. Similarmente, los participantes humanos deben ser incluidos en la ejecución a través de un interfaz. Después de esto, la ejecución se inicia en el servidor, que conecta a cada uno de los participantes, indicando su comienzo.

Las ejecuciones de SH son organizadas en *pulsos*, que son intervalos de tiempo discretos. El intervalo producido entre dos pulsos consecutivos es el parámetro *duración-pulso*, que permite la sincronización de los diversos participantes. Cada vez que se produce un pulso, el escenario:

1. Modifica los valores de energía de cada participante.
2. Realiza las acciones solicitadas por los participantes.

3. Genera una nueva lista de productos para cada crítico.

Interfaz del sistema CE

Proporcionamos un entorno que permite una fácil adaptación del sistema CE (actualmente usado en el paradigma CEI) al paradigma SH. Con el propósito de facilitar esta adaptación, hay un módulo de control genérico que proporciona varios servicios: mecanismos evolutivos, operadores genéticos, combinaciones de selección, manejo de la generación de descendencia, comunicación con el escenario, etc.

Interfaz de usuario

Los participantes humanos interactúan con SH vía interfaces basados en web. Han sido usados dos tipos de interfaces. El primero es similar al utilizado por la mayor parte de los sistemas CEI, presentando al usuario una lista de productos para su evaluación. El segundo fue diseñado para “Golem Project”¹. Este proyecto tiene como propósito fomentar la creación y evaluación de servicios web en un entorno que combina el aprendizaje, la competición y el ocio. La evaluación de este software se hace colectivamente según el interés alcanzado.

4 Experimentos: Resultados

Con el objetivo de probar los mecanismos de SH, y de establecer las reglas y parámetros del escenario, se realizaron una serie de experimentos. En particular, presentamos un experimento que prueba el mecanismo de afinidad y dos más que prueban el mecanismo de intercambio de energía.

4.1 Test dimensional

Para ilustrar y configurar el mecanismo de afinidad independientemente, llevamos a cabo un conjunto de experimentos en los cuales participantes artificiales simples, simulando el comportamiento de críticos y productos, son situados en una representación espacial limitada de dos dimensiones. La localización inicial de cada participante es aleatoria. Para simular los diferentes gustos estéticos, críticos y creadores tienen un *número característico* del 1 al 100, correspondiente al “gusto estético” (en críticos) o a la “característica estética” de productos. Este número es aleatorio para los productos, y viene dado en cada experimento para los críticos.

Debido a los mecanismos de afinidad, los productos y críticos deberían estar organizados en clusters que incluyen aquellos elementos similares (los que tienen números característicos cercanos). En cada iteración:

1. Cada crítico tiene una lista de productos construida siguiendo el principio del mecanismo de afinidad.
2. Cada crítico selecciona uno de los productos de su lista, por medio de un mecanismo de ruleta. Los productos que tienen un número característico cercano al del crítico tienen mayor probabilidad de ser seleccionados.
3. El producto seleccionado se acerca al crítico, y al revés.

¹ <http://www.golemproject.com>

4. El crítico también selecciona otro crítico mediante un mecanismo de ruleta. Cuanto más diferentes son los críticos, mayores posibilidades tienen de ser seleccionados.

5. Se aplica una fuerza de repulsión entre los críticos.

Ahora presentamos los resultados de tres experimentos diferentes. Realizamos 30 ejecuciones independientes de cada uno de los experimentos, usando diferentes posiciones generadas para productos y críticos. El espacio, de dos dimensiones, consta de 54351 puntos de ancho por 35351 de alto. Los parámetros más relevantes de estos tres experimentos se presentan en la Tabla 1.

Variable	Exp. 1	Exp. 2	Exp. 3
Nº críticos	4	3	3
Nº productos	100	15	10
Forma espacio	Rect.	Rect.	Toro
Nº iteraciones	6000	4000	4000
% de vecinos	80	80	100
Radio de vecindad	1000	5000	6000
Aproximación máxima	250	1000	1000



Tabla 1. Parámetros de afinidad

Fig. 2. Posición final de productos y críticos

En el Experimento 1 (Figura 2) cada crítico se sitúa en una esquina y hay una isla de productos similares en la vecindad de cada crítico. En el Experimento 2 se obtienen similares estados. En el Experimento 3 la forma del espacio es un toro, por lo que las islas no están en las esquinas. La Tabla 2 resume los resultados de los experimentos, presentando la distancia media entre cada producto y el crítico más cercano, y la distancia media entre cada crítico y el crítico más cercano a él. Como muestran los resultados, los productos se organizan alrededor del crítico más afín formando islas. Al mismo tiempo, la fuerza de repulsión asegura que los críticos no afines residan en diferentes zonas del espacio.

Experimento	Distancia Media Prod - Crít	Distancia Media Crít - Crít
Experimento 1	4476.2	8536.2
Experimento 2	12722.4	25557.3
Experimento 3	1751.5	13749.5

Tabla 2. Distancia media entre producto y crítico más cercano y distancia media entre crítico y crítico más cercano. Los resultados son medias de una serie de 30 ejecuciones

Estos experimentos indican que el mecanismo de afinidad permite la creación de islas de críticos con preferencias similares y, consecuentemente, de productos interesantes para estos críticos.

4.2 Mecanismo de intercambio de energía

El objetivo es comprobar si el mecanismo de intercambio de energía es suficiente para permitir que las preferencias de los críticos sean transmitidas a los diferentes creadores, permitiendo así su adaptación a estas preferencias. Para este propósito, usamos el Sistema Tribu CE, junto con críticos artificiales que poseen una preferencia estática y concreta. Tribu es un sistema CEI que compone música interactivamente [9]. Las salidas de Tribu son patrones de un compás de diez instrumentos percusivos. Los productos son arrays bidimensionales (16 partes rítmicas de 10 instrumentos) de valores binarios. En el array, “1” significa que el instrumento correspondiente está sonando; mientras que “0” significa un silencio en ese instante de tiempo.

Los críticos no adaptativos usados en estos experimentos evalúan cada producto dependiendo de un algoritmo interno. Cuando al menos un producto tiene una evaluación mejor que un determinado umbral de evaluación (es decir, un parámetro de cada crítico), entonces se realiza una apuesta. Si más de un producto supera dicho umbral, se usa un mecanismo de ruleta teniendo en cuenta la evaluación de cada uno de estos productos. Para el experimento de esta sección se ha usado un CA llamado “OrejaP”, cuyo algoritmo interno de evaluación usa una valoración que es proporcional a los silencios de la música recibida. OrejaP realiza apuestas sobre los temas musicales que tienen un gran número de silencios. Los mecanismos de afinidad no se usan en estos experimentos, es decir, los críticos perciben todos los productos, y no hay reglas de movimiento.

Al comienzo del experimento, había 10 participantes Tribu y 10 OrejaP. Durante las 6500 iteraciones, el porcentaje de silencios de las tribus existentes aumenta continuamente, mostrando que el mecanismo de intercambio de energía es suficiente para permitir la adaptación del sistema CEI a las preferencias de los críticos.

4.3 Mecanismo de intercambio de energía con participantes humanos y artificiales

Una vez que el mecanismo de intercambio de energía fue probado en un entorno simplificado, se llevaron a cabo una serie de pequeños experimentos con participantes humanos y artificiales. El objetivo era comprobar el funcionamiento de este mecanismo con varios creadores y críticos humanos participando simultáneamente.

Los participantes humanos juegan los roles de compositores y críticos. Para esto, usan un simple interfaz web que permite escuchar y crear productos percusivos. Los participantes humanos se sitúan en diferentes habitaciones, sin saber qué participantes son humanos. Varios participantes tribu son usados como creadores artificiales, componiendo temas percusivos mediante técnicas evolutivas. En estos experimentos, los participantes artificiales deben adaptarse a las preferencias de los humanos, en vez de adaptarse simplemente a un criterio simplificado, como en el experimento previo.

Uno de estos experimentos implica a tres humanos (músicos profesionales). Cada participante tribu, aunque realizado por el mismo programa, tiene un conjunto de parámetros diferente, lo que da lugar a diferencias de comportamiento remarcables, provocando diferencias en su adaptación. De 10 participantes tribu, 8 se adaptan a la sociedad y tienen descendientes (Figura 3). Su energía no cambia significativamente

durante los primeros 30 ciclos, y comienza a incrementarse a partir del punto en el que la evolución de los participantes tribu permite la adaptación a las preferencias de los humanos. La mayoría de las apuestas de los humanos van dirigidas a temas producidos por participantes tribu. Esto se puede explicar por la existencia de un mayor número de piezas producidas por ellos. Sin embargo, en términos de número de apuestas medio por pieza, los participantes tribu también obtienen valores medios más altos que los humanos. Aunque la diferencia no es estadísticamente significativa, los resultados exceden nuestras expectativas iniciales.

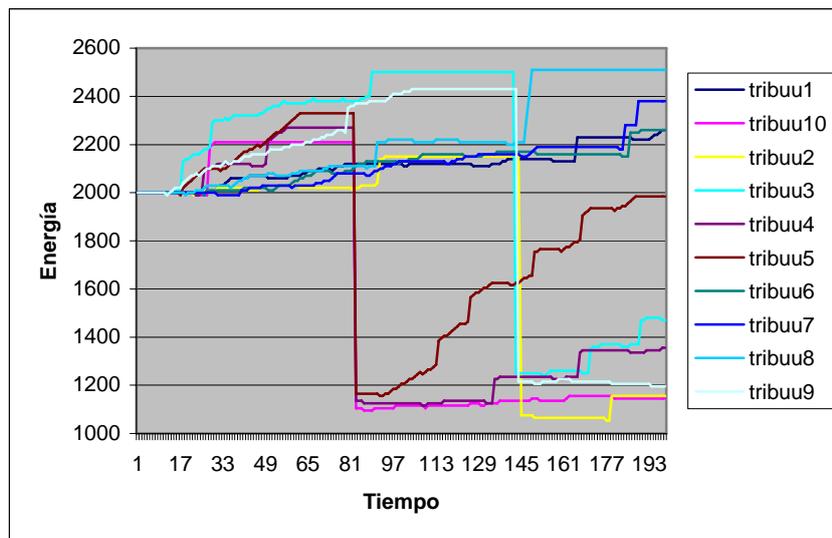


Fig. 3. Energía de los individuos tribu originales

4.4 Análisis de los resultados de los experimentos

Los experimentos presentados validan dos conceptos fundamentales de SH: el establecimiento de relaciones de afinidad y la transferencia de preferencias de los críticos a los creadores, por medio del mecanismo de intercambio de energía.

Los resultados obtenidos indican la adecuación del mecanismo de afinidad, que permite la creación de islas de participantes con intereses similares. Los experimentos referentes al intercambio de energía, en particular el que incorpora críticos humanos y creadores, muestran la capacidad del mecanismo para transferir las preferencias de los críticos a los creadores, permitiendo la adaptación de los creadores a las demandas específicas de la sociedad. Esto se debe a la capacidad de los sistemas CE usados para adaptarse a las preferencias de los usuarios humanos, usando el mecanismo de intercambio de energía como la única herramienta de comunicación entre los creadores y los usuarios. Lo que muestra el experimento es la habilidad de tratar simultáneamente con críticos y creadores con diferentes preferencias estéticas, por medio de este mecanismo.

El conjunto de experimentos llevados a cabo indican la adecuación de los mecanismos del paradigma, quedando patente la viabilidad del modelo de relación $n - m$. Resulta, sin embargo, necesario realizar experimentos a una escala más grande (con componente dimensional, participantes humanos y artificiales) para continuar validando el paradigma propuesto.

5 Conclusiones

En este artículo se presenta una extensión del paradigma tradicional CEI llamada Sociedad Híbrida. SH fue diseñada específicamente para dominios sociales, donde la evaluación de los productos depende de criterios subjetivos y culturales. Para superar algunos de los inconvenientes de los sistemas CEI, SH permite la interacción entre una multitud de creadores y críticos, dando lugar a clusters de participantes con relaciones de afinidad altas.

Dada la madurez de la investigación en el área de CEI y sus sólidos logros, consideramos que éste es el momento para un esfuerzo de investigación común, junto con un cambio en las relaciones del paradigma; de una relación $1 - 1$ entre usuario y sistema CEI a una relación $n - m$. Creemos que el uso de SH puede ser un paso importante en el desarrollo de sistemas CEI y CA en dominios sociales y creativos, fomentando la colaboración para su creación y su validación en un entorno dinámico y complejo.

Referencias

1. P. J. Bentley and D. W. Corne, *Creative Evolutionary Systems*, Morgan Kaufmann Publishers Inc, 2001.
2. C. Johnson and J. Romero, "Genetic Algorithms in Visual Art and Music", *Leonardo*, 35, 2, pp. 175-184, 2002.
3. J. Romero, A. Santos, J. Dorado, B. Arcay, and J. Rodríguez, "Evolutionary Computation System for Musical Composition", in *Mathematics and Computers in Modern Science*, World Scientific and Engineering Society Press, pp. 97-102, 2000.
4. P. M. Todd and G. M. Werner, "Frankenstenian Methods for Evolutionary Music Composition", in *Musical Networks: Parallel distributed perception and performance*, MIT Press, Cambridge MA, 1998.
5. A. Pazos, A. Santos, B. Arcay, J. Dorado, J. Romero and J. Rodríguez., "An Application Framework for Building Evolutionary Computer Systems in Music", *Leonardo*, 36, 1, MIT Press, Cambridge MA, pp. 61-64, 2003.
6. P. Machado, J. Romero, B. Manaris, A. Cardoso, and A. Santos, "Power to the Critics – A Framework for the Development of Artificial Art Critics", in *Proceedings of the IJCAI'2003 Workshop on Creative Systems*, pp. 55-64, Acapulco, Mexico, 2003.
7. J. Biles, "GenJam Populi: Training an IGA via audience-mediated performance", in *Proceedings of International Computer Music Conference*, International Computer Music Association, pp. 347-348, 1995.
8. P. Machado, J. Romero, A. Cardoso, and A. Santos, "Partially Interactive evolutionary Artists",
9. A. Pazos, A. Santos, J. Dorado, and J. Romero, "Genetic Music Composer" in *Proceedings of the 1999 Congress of Evolutionary Computation*, IEEE, 1999.

