

Una capa social para COGNITIVA: interacción cooperativa entre agentes en Entornos Virtuales

Jackeline Spinola^{1,2}, Ricardo Imbert², Nelson Medinilla², Angélica de Antonio² y Ricardo Gudwin¹

¹ Facultad de Ingeniería Eléctrica y de Computación
Universidad Estadual de Campinas P.O. Box 6101 – 13083-852 Campinas-SP, Brazil

² Facultad de Informática, Universidad Politécnica de Madrid,
Campus de Montegancedo, s/n, 28660 Boadilla del Monte, Madrid, Spain
{jspinola, gudwin}@dca.fee.unicamp.br, {rimberty, Nelson, angelica}@fi.upm.es

Resumen. El objetivo de este trabajo es presentar el desarrollo de una capa social para la arquitectura COGNITIVA que la habilite para manejar la complejidad y la característica dinámica que normalmente suponen las interacciones entre agentes en entornos virtuales. COGNITIVA dispone de un componente de dimensión emocional en el proceso de razonamiento de los agentes, característica que la distingue y la hace apropiada para este tipo de simulación, en comparación con otras arquitecturas. Un experimento del tipo presa-depredador ilustra como podrá ser aplicada en sistemas con interacción y cooperación entre agentes.

Palabras-clave: Arquitecturas Sociales basadas en emoción, Agentes Virtuales, Interacción Social, Entornos Virtuales Dinámicos.

1 Introducción

Los entornos virtuales en general, y los juegos de ordenador, las simulaciones y los entornos de entrenamiento en particular, son cada vez más atractivos a los usuarios. Gran parte del crecimiento de su uso es debido a que éstos son cada vez más creíbles desde el punto de vista del usuario que los maneja. Eso es un reflejo de las constantes mejoras en la tecnología necesaria para su elaboración, no sólo en lo que se refiere a gráficos y rendimiento, sino también aquellas relacionadas con el comportamiento del sistema en general.

El paradigma de los agentes software y de las arquitecturas de sistemas multiagente ha contribuido a esa mejora y se presenta actualmente como una de las soluciones más adecuadas para manejar la complejidad y la característica dinámica que estos entornos normalmente suponen. El objetivo de este trabajo es presentar el desarrollo de la capa social de una arquitectura cognitiva para agentes llamada COGNITIVA [1], que le permita incorporar capacidades de interacción social y cooperación entre agentes. Desde su concepción, la arquitectura preveía tres niveles de razonamiento: (i) el reactivo, para proporcionar respuestas inmediatas a cambios percibidos en el entorno,

(ii) el deliberativo, que analiza la situación actual frente a las metas e intereses del agente, para estructurar soluciones en forma de planes y (iii) el social, que también estructura soluciones a la situación actual en forma de planes, pero desde la perspectiva de la interacción con otros agentes del sistema. Los dos niveles iniciales han sido totalmente desarrollados y con ellos COGNITIVA ha sido utilizada para modelar agentes en entornos virtuales, en contextos tales como el de las subastas virtuales [1], simulación del comportamiento de individuos independientes (una sabana africana en 3D) [1], [2] y para modelar contadores de historias virtuales (*Virtual Storytelling Characters*) [3]. Sin embargo, el tercero de los niveles sólo fue descrito superficialmente. El presente artículo entra en la especificación detallada de este nivel social.

La arquitectura tiene una particularidad que la hace apropiada para su aplicación en entornos interactivos muy dinámicos: una componente de dimensión emocional en el proceso de razonamiento de los agentes. La motivación principal para su inclusión son los recientes descubrimientos en neurociencia y psicología ([4], [5], [6], [7], [8]) sobre los mecanismos, funciones y naturaleza de la emoción y sobre su función en procesos cognitivos diversos. Ejemplos son la importancia de las emociones para la solución de problemas y la toma de decisiones ([9], [10], [11], [12]). Aunque haya mucha controversia sobre qué son las emociones, si son estados, procesos o funciones, las utilizamos por su aspecto de valoración, para saber si los objetivos de un agente cuyo comportamiento se dice ‘basado en emociones’ se cumplen y a qué nivel de éxito. Además, consideramos que una componente emocional en la definición del razonamiento y comportamiento del agente aumenta su capacidad para resolver problemas en entornos donde la incertidumbre es muy alta, i.e., las emociones funcionan como variables que aumentan el grado de libertad de acción de un agente, para proveerle de una mayor capacidad para resolver los problemas típicos de entornos virtuales desconocidos y/o dinámicos, además de ampliar la diversidad en el comportamiento del sistema.

Las arquitecturas multiagente que incorporan “emoción”, hasta la fecha, son escasas y/o muchas veces muy restringidas a un contexto específico ([13],[14]) que no es aplicable a otros problemas. Por el contrario, COGNITIVA ha sido concebida como abstracta, es decir, especifica estructuras de información y procesos sin imponer, prácticamente, restricciones en su formato. Para ello describe funciones pero sin detallar su diseño e identifica los componentes del modelo del agente y sus relaciones, pero sin concretar sus valores. Con eso, COGNITIVA consigue a la vez la formalización del proceso cognitivo y el planteamiento de la generalidad y la adaptabilidad. Por la demanda creciente de entornos virtuales dinámicos, disponer de una arquitectura genérica y que pueda ser fácilmente adaptable a distintos entornos es una gran ventaja a la hora de construir un sistema. La componente emocional de COGNITIVA es una aportación especialmente atractiva para su uso en entornos virtuales dinámicos y que incluyen interacción entre agentes. Éstas son las razones por las que fue seleccionada como base para la capa social que estamos construyendo y validando.

En el apartado 3 describimos sucintamente la arquitectura previamente existente, dando énfasis a su nuevo nivel, el social. En esa descripción, utilizamos como ejemplo una simulación del comportamiento de una manada de cebras en un entorno virtual. Algunos aspectos relacionados con el comportamiento de estos animales son bre-

vemente descritos en el apartado 2. En el apartado 4 son presentadas las consideraciones finales.

2 Vigilancia y convivencia de manadas

El contexto en el que estamos probando el nivel social de la arquitectura y que nos ayudará para su descripción en el presente trabajo es un entorno virtual habitado por dos tipos de individuos (agentes), cebras y leones, en una simulación del tipo presa-depredador. La depredación es considerada uno de los más importantes aspectos de selección en animales salvajes, los cuales deben detectar amenazas antes de que éstas puedan dañarles a ellos mismos o a sus crías [15, 16 y 17].

Con el fin de evitar la amenaza de ser cazado, un animal depende de la detección temprana de un depredador, sea a través de una vigilancia individual del entorno o a través de señales que otros animales de su especie emitan (vigilancia colectiva). De acuerdo con [15, 16 y 17], la vigilancia individual, es más fiable y rápida para detectar amenazas de ataques pero entra en conflicto con otras actividades importantes como comer, descansar, aparear, etc. Este conflicto de actividades es considerado como una de las razones por las que los animales se agregan y es uno de los factores que modelan la vigilancia animal.

Muchos de los investigadores del área de vigilancia animal se concentran en el conflicto entre la vigilancia y la alimentación (incluyendo la búsqueda de comida) por la sencilla razón de que muchos animales necesitan bajar su cabeza para alimentarse, reduciendo drásticamente su campo visual. Del mismo modo, nuestra simulación en este trabajo girará alrededor de estas dos actividades. También nos concentraremos en la vigilancia colectiva como modo de detectar la presencia de los leones. La vigilancia colectiva corresponde a la alternación del rol de la vigilancia entre las cebras con la intención de beneficiar al grupo y resolviendo el conflicto de la vigilancia con la actividad de alimentarse. Una (o más) de las cebras del grupo asumirá el rol de centinela, de modo que sus compañeras le observen en lugar de inspeccionar el entorno ellas mismas [17]. La vigilancia colectiva disminuirá la monitorización individual pero demandará que el animal evalúe y estime el número y el tipo de actividad de sus compañeros antes de abandonar el rol de centinela para dedicarse a otras actividades.

La simulación consiste en la interacción, en un entorno virtual, de un grupo de cebras que pueden comer, descansar, vagar y, lo más importante desde la perspectiva social, pueden actuar como centinelas en el entorno. El objetivo principal de una cebra es mantener un cierto nivel de energía (asociado a su necesidad fisiológica de alimento) y de estado interno. En ese contexto su emoción más importante y que debe estar dentro de ciertos límites deseables es el miedo. El propósito de la simulación es el de detectar si la vigilancia colectiva puede ser mantenida a través de la variación de parámetros emocionales y de cooperación entre las cebras. Lo que queremos evaluar es si, a partir de estos parámetros, es posible que por lo menos una de las cebras asuma el rol de vigilancia en un momento dado sin que se defina explícitamente cuantas deben estar vigilando o quien deberá asumir el rol de centinela en el grupo.

3 La Arquitectura COGNITIVA

COGNITIVA sigue un proceso continuo de percepción-cognición-acción. Su estructura cognitiva recibe informaciones a través de un Intérprete, que recoge las percepciones proporcionadas por los sensores, las filtra y da el tratamiento más adecuado. Los tres niveles de COGNITIVA, reactivo, deliberativo y social, no guardan necesariamente una relación jerárquica entre ellos. La figura 1 ilustra la representación interna de la arquitectura que será desglosada a continuación: los dos primeros niveles serán descritos sucintamente y daremos énfasis al nivel social de la arquitectura.

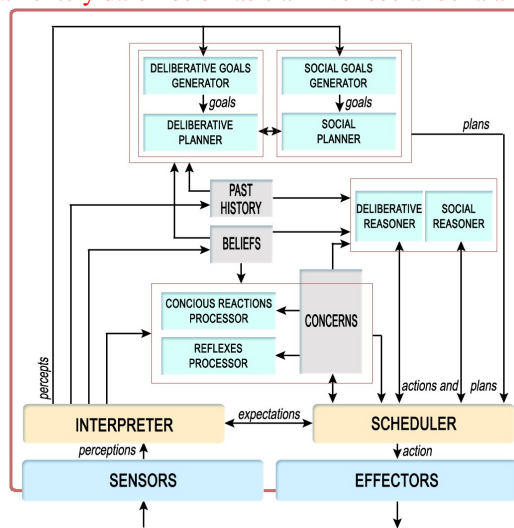


Fig. 1. Representación interna de COGNITIVA. (figura en español o eliminar? Ricardo)

3.1. Nivel Reactivo

El nivel reactivo persigue el objetivo de dar rápida respuesta a los cambios producidos en el estado percibido por un agente, generalmente originados por la ocurrencia de eventos (internos o externos) y/o por la adquisición de nueva información. Su necesidad surge de la ocurrencia de determinadas situaciones que precisan de una actuación en un tiempo inmediato, donde no hay tiempo para una planificación de acciones. Todo lo que se sabe o cree saberse del entorno, de otros agentes del sistema o, incluso, del propio agente, en el presente modelo se denomina creencias. La información que el agente debe manejar en las creencias pueden ser: (i) relativas a recintos, contenedores, habitaciones..., tanto virtuales como físicos, de los que el agente guarda información, (ii) relativa a objetos, instrumentos y artefactos, también tanto virtuales como físicos, que el agente debe manipular durante su funcionamiento y (iii) relativa a otros agentes y participantes en el sistema, tanto humanos como automatizados, e, incluso, referente a sí mismo.

Tanto los recintos, como los objetos y los agentes, serán caracterizados por un individuo de acuerdo con tres componentes: (i) acerca de Características Definitorias (CD), cualidades que definen el comportamiento del elemento en líneas generales, (ii) acerca de Estados Transitorios (ET), rasgos que especifican el estado actual del elemento y (iii) acerca de Actitudes, la sensación subjetiva que despierta el elemento en el individuo. Las creencias que se refieren a cada individuo que puebla el entorno requieren especial atención y las hemos denominado Modelo Personal. Se refieren a la capacidad del individuo de representar aspectos de sí mismo y de otros agentes, y la capacidad de distinguir y poder referirse a los demás.

Respecto a las CD de los individuos, por la componente emocional de la arquitectura, forman parte de las CD sus rasgos de personalidad. *En el caso de una cebra en un entorno virtual, una CD habitual puede ser su identificación, que la distinguirá de las demás cebras y su valor como rasgo de personalidad, que determinará si es más o menos valiente.* Respecto a los ET, el primero de ellos es el de las emociones, que identifican el estado de ánimo de un individuo en un instante concreto. COGNITIVA va a considerar que cualquier agente posee un número determinado de emociones, y que cada una de ellas va a llevar asociado un valor en cada instante, aunque, normalmente, sólo se manifieste exteriormente una. Otros ejemplos de ET son los estados físicos o valores de sensaciones como sed y dolor. *Para una de nuestras cebras, ejemplos de sus ET, pueden ser su posición, el valor de su miedo o el hambre que tiene actualmente.* Respecto a las Actitudes hacia los individuos, éstas serán útiles en entornos donde habite más de un individuo, que definirá una actitud hacia los demás. *Ejemplos de Actitudes hacia otra cebra podría ser de aceptación o de rechazo.*

Como se puede inferir, habrá influencias de unos elementos del modelo personal en los otros: *Una cebra más valiente podrá tardar más en huir de un entorno cuando perciba la proximidad de un león que una más cobarde. El umbral de tolerancia del miedo de una cebra más valiente seguramente es distinto que el de una cebra cobarde. Tener mucha hambre podrá hacer que una cebra aguante un poco más en un entorno aunque tenga mucho miedo y sepa que debería abandonar su actividad actual y huir.*

Para la consideración de los acontecimientos sucedidos en instantes anteriores que posibilite la coherencia en las actuaciones y el manejo de información de un agente, el modelo propuesto considera el (i) mantenimiento acumulativo del pasado, por ejemplo, *el valor del hambre de una cebra sube con el paso del tiempo pero basándose en su valor anterior,* y el (ii) mantenimiento explícito del estado pasado, por ejemplo, *una cebra podrá guardar información sobre un sitio en el entorno donde sabe que hay un río o comida disponible.*

Un agente debe ser capaz de controlar en todo momento sus propias reacciones, si fuese necesario. Para eso un elemento, denominado *Intereses*, expresará los límites entre los que se desea que se encuentren los ET del agente. Según [18], una cebra decidirá si asume el rol de centinela sólo si su energía interna en este momento está por encima de un cierto valor. *Así, habrá que decidir los umbrales inferiores y superiores de energía dentro de los cuales una cebra querrá estar. Un bajo valor de energía hará cambiar las prioridades de una cebra de modo que comer será más importante que vigilar.*

Ante cambios en el estado del entorno, a partir de las creencias e Intereses actuales del agente, éste es capaz de producir respuestas adecuadas con una carga mínima de voluntariedad, como por ejemplo *el huir de una cebrá ante la aparición de un león*. El agente también debe ser capaz de reaccionar ante situaciones originadas, tanto por la ocurrencia de eventos, como por las creencias que tiene acerca del estado actual.

COGNITIVA propone un Organizador para recoger las acciones y ponerlas en el orden en el que serán ejecutadas por los actuadores. A partir de las acciones que reciba, en este caso los reflejos y las reacciones, el Organizador los estructurará para que no haya conflictos entre ellos, tratando de optimizar el comportamiento del agente.

3.2. Nivel Deliberativo

Al incorporar un nivel deliberativo se asegura que, en algunas situaciones, el agente será capaz de seleccionar acciones con una visión de más largo alcance temporal que la reacción pura, por medio de la elaboración de planes, explotando su capacidad autónoma. El proceso deliberativo del módulo cognitivo del agente se sustenta sobre dos pilares fundamentales: las metas y los planes.

Las metas representan los objetivos hacia los que el agente quiere orientar su proceder en el futuro, objetivos que el agente identifica como necesarios a medio-largo plazo, y son tanto más efectivas cuanto más estable sea el entorno. Se considera necesario que una meta esté caracterizada por la situación objetivo y el estado actual (planificada, alcanzada, cancelada, etc.). Al conjunto de las metas se le denominará Goal. *En nuestra simulación, una de las metas de una cebrá es estar en un estado seguro, lejos de un león*. El elemento responsable de la generación y gestión de las metas resolubles por el propio individuo se denomina Generador de Metas Deliberativo (GMD). El GMD también realiza una segunda función, el mantenimiento de las metas, comprobando cíclicamente la vigencia de las que hacen parte del conjunto Goal.

El segundo de los dos grandes pilares, los planes, son los caminos trazados por el agente para alcanzar sus metas a partir del estado actual. Los planes que maneja el módulo cognitivo del agente estarán compuestos por (i) meta, perteneciente al conjunto Goal, (ii) acciones, que los procesos de planificación del agente han propuesto para conseguir alcanzar la meta asociada al plan y (iii) valoración, parámetros particulares de cada contexto que serán significantes para el *Organizador* a la hora de tener que optar por uno de los planes propuestos para la misma meta.

En el momento en el que se concibe un plan para una meta, éste pasa a formar parte del conjunto Plan, el conjunto finito de los planes activos del agente. A partir de ese momento permanecerá a la espera de que el *Organizador* lo tome para incluirlo en su agenda. Los planes que maneja el agente no proceden necesariamente de una única fuente, sino que son fruto de procesos de planificación distribuidos entre los niveles deliberativo y social. El proceso que interviene en la elaboración de planes desde el punto de vista deliberativo se denomina *Planificador Deliberativo* (PD). A partir de una meta generada por el GMD, el PD irá proponiendo acciones para alcanzarla, de acuerdo con el algoritmo de planificación elegido para este componente. La consecuencia más interesante de este proceder es que, en el mejor de los casos, uno o más

planes alternativos serán producidos para alcanzar una determinada meta. Deberá ser el *Organizador* quien tome la decisión de seleccionar el plan más apropiado para ser ejecutado, incluyéndolo en la agenda del agente y descartando los demás planes.

A partir de las metas propuestas, creencias, historia pasada, intereses y planes parcialmente resueltos, el PD creará nuevos planes o completará parcial o totalmente los planes incompletos ya existentes. Aunque la generación de planes sea su principal cometido en la presente arquitectura, el planificador deliberativo participará también en mantener la coherencia necesaria entre el proceder deliberativo y los comportamientos reactivos a través de la actualización de los Intereses. A las acciones propuestas por los reflejos y por las reacciones, el nivel deliberativo sumaría los planes y las acciones generadas en ese nivel.

3.3. Nivel Social

El tercero de los niveles propuestos para COGNITIVA trata de dar respuesta a la característica de la capacidad social supuesta para los agentes, a través de la cual la arquitectura podrá ser aplicada a una gran cantidad y diversidad de contextos. La estructura y el funcionamiento de este nivel es bastante similar a los del nivel deliberativo: ambos niveles participan en la consecución de un objetivo común, la determinación de metas que guíen el proceder del agente y la búsqueda de planes que alcancen tales metas. La principal diferencia es que el nivel social trata de sacar partido de la existencia de otros —agentes, usuarios, sistemas— en el entorno, para emplear también sus capacidades¹, en la medida de lo posible.

En un entorno virtual se pueden encontrar cuatro situaciones de interacción entre sus habitantes, con un grado de complejidad distinto y creciente: (i) considerar que los agentes siempre querrán cooperar; (ii) considerar que los agentes podrán no cooperar; (iii) considerar que los agentes tendrán que negociar entre ellos y (iv) considerar la incertidumbre que pueda ocurrir en el comportamiento de los agentes. El presente trabajo se centrará en el desarrollo de las dos primeras para el nivel social de COGNITIVA, dejando las dos últimas como trabajo futuro. Con ese objetivo se ha previsto una solución distribuida entre los agentes, es decir, que no hay necesariamente una centralización de poder o jerarquía entre los agentes del entorno.

En el nivel social, cuando un individuo necesita de otros para alcanzar sus objetivos, éste tendrá que realizar continuamente una serie de pasos en el entorno: conocer los roles disponibles, crear planes con ellos, buscar el agente que los provea, comunicarse con agentes, guardar informaciones sobre las interacciones ocurridas, evaluar a un agente, verificar prioridades y posiblemente otros. El nivel social recibirá las interpretaciones de las percepciones que haga el Intérprete y servirá al *Organizador* las acciones que seleccione para que éste las secuencie y ejecute en el orden que considere más aconsejable. Al final, en cada instante, el Organizador deberá considerar la acción más adecuada de entre las proporcionadas como resultado de reflejos, reaccio-

¹ Estamos utilizando el termino genérico “capacidad(es)” para referirnos a una capacidad, conocimiento o información que el agente posee, sea ésta la capacidad para hacer una tarea, o la detención de un conocimiento o una información específica.

nes, planes y acciones de los niveles deliberativo y social, y las ya existentes en la agenda.

Una de las extensiones más importantes del nivel social de la arquitectura COGNITIVA es que los agentes tengan una estructura para representar capacidades y las de los demás. Al Modelo Personal de un agente han sido añadidos los conceptos que permiten ampliarlo de modo que se contemple interacciones sociales en entornos virtuales.

Para complementar el conjunto de CD de un agente se ha añadido el concepto *roles* para definir el conjunto de capacidades que un agente posee. Esta parte, denominada *Estructura de Representación de los Roles* (ERR) está relacionada con el propio individuo y sirve para representar los roles que puede proporcionar a otros agentes. *Por ejemplo, una cebra podrá asumir en determinado momento el rol de centinela.*

Además de conocer sus propios roles, el individuo también puede necesitar saber los roles que están disponibles y distribuidos entre los demás agentes del sistema, que le permitirá crear planes que involucren a otros agentes. El conjunto de los roles disponibles será definido como el conjunto *Roles Distribuidos* de la ERR. *El nuestro ejemplo, una cebra podrá saber que otros roles pueden estar disponibles en las demás cebras.*

Por otra parte, cada vez que un agente interactúa con otro que le ha proporcionado un servicio, el individuo que lo recibe puede guardar información sobre la interacción entre sus creencias, o sea, que puede acumular informaciones sobre roles de los demás agentes del sistema. Esa funcionalidad tiene por objetivo que el individuo se beneficie del conocimiento acumulado en sus necesidades futuras, que le facilite o que le provea opciones en la tarea de buscar a un agente que le proporcione un rol dado. La estructura refleja lo que sabe y cuánto sabe un individuo sobre los roles disponibles en los demás agentes del sistema, al mismo tiempo que le permite evaluar la interacción con éstos. La estructura contiene informaciones sobre (i) cuál es el rol involucrado, (ii) quién es el agente proveedor del rol y (iii) cuál es el grado de confianza del individuo en la relación agente-rol. *En una manada, una cebra podría saber, con el paso del tiempo, que una determinada cebra muy joven no asume o asume mal el rol de centinela.*

Las Actitudes hacia los Individuos van a ser determinantes a la hora de definir el comportamiento del individuo en su relación con otros agentes y la mera presencia o ausencia de un individuo puede modificar el comportamiento de un agente. Los valores de las Actitudes de un individuo hacia otros agentes serán dependiendo de las CD y los ET del agente. *Una cebra siempre tendrá una actitud de rechazo hacia un león.*

Mantener la ERR de los agentes actualizada es muy importante para que el sistema funcione correctamente y los agentes consigan alcanzar sus metas. La arquitectura propuesta prevé la actualización del conjunto de las creencias de los propios individuos así como de los valores de los componentes que se refieren a los otros agentes. Uno de los aspectos más importantes es la actualización del valor de grado de confianza que individuo establece a la relación agente-rol. A lo largo de las interacciones de un individuo con los demás agentes de su entorno, éste irá evaluándolo para definir su grado de confianza hacia ellos. La evaluación estará relacionada con la calidad del servicio proporcionado y no con la calidad de la información o capacidad provista. Si

la calidad del servicio es baja, el valor del grado de confianza del individuo en la capacidad del agente proveedor tenderá a disminuir; si ésta es buena, tenderá a aumentar. Ésta se ha denominado evaluación directa entre agentes, pero también podrá darse a través de la observación del comportamiento de un agente con otros (evaluación indirecta). *Si una cebra en el rol de centinela tarda en emitir una alarma que indique la aproximación de un león y genera una amenaza o, incluso, la captura de un miembro de la manada, podrá ser vista como poco fiable en el rol de centinela cuando, en el futuro, se necesite de ella.* La evaluación que un individuo puede hacer de un agente puede serle muy útil a la hora de elegir un proveedor para un servicio ya que, en cierto modo, el grado de confianza refleja cuánto el individuo puede contar con la cooperación de otro agente. Sin embargo, si se parte del principio de que todos los agentes cooperan entre sí de igual manera, la utilización del concepto de grado de confianza para la relación agente-rol puede ser un requisito opcional para un sistema.

Como parte de las creencias de una cebra sobre la situación actual del entorno, ésta deberá saber si hay actualmente otras cebras en el rol de centinela, que será crucial cuando vaya a decidir su próximo paso. Su nivel actual de energía y los umbrales que establezca para él también serán determinantes el la hora de decidir la acción que deberá ejecutar en el entorno: si su energía está muy baja, una cebra que no encuentre una compañera que pueda asumir el rol de centinela podrá decidir que aunque sea peligroso, necesita arriesgarse a no vigilar y sí comer para recuperarse.

En el histórico de las interacciones que un individuo mantiene con los demás deberá ser guardada la información relacionada con una interacción, bien sea cuando el individuo solicita un rol o cuando lo provee. Guardar el histórico puede traerle muchos beneficios a un individuo, como por ejemplo, saber si un agente con quien ha interactuado recientemente tiene el rol solicitado o saber si la interacción ha sido exitosa.

El *Generador de Metas Social* (GMS) se encargará de producir metas que involucren otros agentes y, a partir de ellas, el *Planificador Social* irá proponiendo acciones para alcanzarlas. Con el nivel social de COGNITIVA está previsto que puede haber situaciones que hagan que un individuo necesite replanificar una meta que deseaba alcanzar por la ocurrencia de algún fallo en la ejecución de una de las acciones de su plan. En general, una meta puede necesitar ser replanificada porque: (i) el agente que tiene la capacidad de proporcionársela no está activo en el momento, (ii) la acción tiene menor prioridad que las acciones de las que se ocupa el proveedor, (iii) ha expirado el tiempo de caducidad de la petición asociada a la acción o (iv) el agente no está dispuesto a cooperar en ese momento. En cualquiera de los casos, el individuo deberá ser capaz de replanificar su meta o considerar que ésta no puede ser alcanzada.

Para completar la arquitectura, COGNITIVA proporciona una etapa de concreción funcional, donde se debe especificar, por ejemplo el dominio y la aritmética de operación, la representación de la base de conocimiento y la estructura para almacenamiento de informaciones sobre el sistema. Por último, en una etapa posterior de concreción contextual se detalla la especificación de las acciones ejecutables por el agente, el establecimiento de sus capacidades y la determinación de sus metas en un contexto específico.

La simulación de las cebras permitirá verificar cambios en el comportamiento de las cebras en manadas (acciones del nivel social), o cuando se encuentre sola en un

entorno virtual (acciones sólo de nivel reactivo y deliberativo). Podemos saber, por ejemplo, si la inclusión del nivel social (y su comportamiento en grupo) influye en su tiempo de supervivencia en el entorno o en el mantenimiento de su energía. En el entorno social, se recogerán datos del tipo: (i) el número de veces que cada cebra ha actuado como centinela, (ii) cuánto tiempo ha dedicado a este rol comparado al tiempo total de actuación en el entorno, (iii) cuántas cebras han actuado de centinela en toda la simulación, (iv) cuántas cebras han estado simultáneamente actuando de centinela, (v) qué razones una cebra ha tenido para abandonar el rol de centinela. Además de éstas, también será posible evaluar la influencia de los rasgos de personalidad y de las emociones en el comportamiento de cada una de las cebras.

4 Comentarios Finales

Las simulaciones ya realizadas con la arquitectura y los resultados obtenidos nos hacen pensar que COGNITIVA es muy apropiada para entornos virtuales donde se necesita un alto grado de libertad en el comportamiento de sus agentes que les posibilite resolver problemas típicos de entornos virtuales desconocidos y/o altamente dinámicos.

Nuestro desafío actual es probar, a través de las simulaciones sociales que la arquitectura es una fuente de referencia cuando se trata de simular sistemas altamente dinámicos e inciertos. La simulación con las cebras y los leones es un primer paso en ese sentido y nos permitirá llegar a las conclusiones relacionadas con la influencia que los parámetros sociales aportan a la capa social de la arquitectura y, como consecuencia al comportamiento individual de un agente y del sistema en general.

Hasta ahora nos hemos concentrado en los aspectos cooperativos de un sistema. Tan pronto podamos validar la arquitectura la extenderemos para adecuarla a sistemas donde la cooperación da lugar a la competición y la negociación.

Referencias

1. Imbert, R. Una Arquitectura Cognitiva Multinivel para Agentes con Comportamiento Influído por Características Individuales y Emociones, Propias y de Otros Agentes. Tesis Doctoral. Facultad de Informática, Universidad Politécnica de Madrid (2005)
2. Imbert, R., de Antonio, A. When Emotion Does Not Mean Loss of Control. En: Panayiotopoulos, T., Gratch, J., Aylett, R., Ballin, D., Olivier, P., Rist, T. (eds.) 5th IVA. LNCS, vol. 3661, pp. 152-165. Springer, Kos (2005)
3. Imbert, R., de Antonio, A. An Emotional Architecture for Virtual Characters. En: Subsol, G. (ed.). 3rd ICVS. LNCS, vol. 3805, pp. 63-72. Springer, Strasburg, (2005)
4. Damásio, A.R.: Emotion and the Human Brain. *Annals of the New York Academy of Sciences*. 935, 101-106 (2001)
5. Ledoux, J.: *The emotional brain: the mysterious underpinnings of emotional life*. Touchstone, New York (1996)
6. Nesse, R.M.: Computer emotions and mental software. *Social neuroscience bulletin*, 7, 2, 36-37 (1994)

7. Frijda, N.H., Mesquita, B.: The social roles and functions of emotions. *Emotion and culture: Empirical studies of mutual influence*. En: Kitayama, S., Marcus, H. (ed.), Washington, DC: American Psychological Association, 51-87 (1994)
8. Keltner, D., Kring, A.M.: Emotion, Social Function, and Psychopathology. *Review of General Psychology*, 2, 3, 320-342 (1998)
9. Averill, J.R. A constructivist view of emotion. En: Plutchik, R., Kellerman, H. (eds.), Academic Press, New York, 305-339 (1980)
10. Campos, J., Campos, R.G., Barrett, K.: Emergent themes in the study of emotional development and emotion regulation. *Developmental Psychology*, 25, 394-402 (1989)
11. Ekman, P.: An argument for basic emotions. *Cognition and Emotion*, 6, 169-200 (1992)
12. Lazarus, R.S.: *Emotion and adaptation*. Oxford University Press, New York (1991).
13. Galvão, A.M., Barros, F.A., Neves, A.M., Ramalho, G. *Persona-AIML: An Architecture for Developing Chatterbots with Personality*. 3th AAMAS En: Jennings, N. R. Sierra, C., Sonenberg, L., Tambe, M. (eds.). ACM Press: New York, 1264–1265 (2004)
14. Gratch, J., Marsella, S. *Evaluating a Computational Model of Emotion*. *Journal of AAMAS*, vol. 11, 1, pp. 23-43 Springer, Netherlands (2005)
15. Dimond, S., Lazarus, J.: The problem of vigilance in animal life. *Brain, Behavior and Evolution*, 9, 60–79 (1974)
16. Mooring, M.S., Hart, B.L.: Costs of allogrooming in impala: distraction from vigilance. *Animal Behaviour*, 49, 1414–1416 (1995)
17. Treves, A. Theory and method in studies of vigilance and aggregation. *Animal Behavior*, 60, 6, 711-722 (2000)
18. Bednekoff, P. A.: Coordination of safe, selfish sentinels based on mutual benefits. *Annales Zoologici Fennici*, 38, 5–14 (2001)