

Aplicación del modelo de emociones a agentes

Estudio de la aplicación de diferentes modelos basados en OCC

Autores: Sergi Albiach Caro & Stéphane Díaz-Alejo León (3C011)

Vídeo: <https://www.youtube.com/watch?v=LOXlm05eZLO&feature=youtu.be>

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	2
2. PLEASURE, AROUSAL & DOMINANCE	3
3. ORTONY, CLORE & COLLINS	6
3.1 OCC REVISADO	9
4. DISTINTAS IMPLEMENTACIONES	12
4.1 Wasabi Affect Simulation for Agents with Believable Interactivity	12
4.2 Emotions, Believes, Desires & Intentions	14
4.3 Disposition, Emotions, Trigger & Tendency	17
5. CONCLUSIONES	18
6. BIBLIOGRAFÍA	19

1. INTRODUCCIÓN

Desde el principio de la Inteligencia Artificial se han desarrollado e investigado distintas técnicas para mejorar la efectividad de ésta. En el mundo de los agentes BDI, una de esas ramas de investigación es la incorporación de emociones a los agentes.

Dos de los modelos más utilizados y conocidos, en los que se basan la mayoría de mejoras posteriores, son OCC [18] y PAD [15].

OCC [18] (Ortony, Clore & Collins) especifica 22 emociones y tres ramas en la jerarquía en base a tres aspectos: eventos, acciones (de agentes) y objetos. Aunque estas ramas son independientes, también pueden cruzarse para formar emociones (e.g. ira, remordimiento, satisfacción). Basándose en este modelo, se propone una revisión del mismo (**OCC revisited**) [3] para dotarlo de una estructura más informática implementando una jerarquía por herencia.

PAD [15] (Pleasure, Arousal & Dominance) es un modelo temperamental propuesto por Mehrabian, que sirve para el análisis de los rasgos de personalidad en base a tres dimensiones: placer-desagrado, excitación-pasividad y dominación-sumisión.

Gracias a estos dos modelos se han podido desarrollar diversas implementaciones de la integración de emociones en agentes. De las cuáles queremos destacar las siguientes:

- **WASABI** [7].
- **DTT** [13].
- **EBDI** [12].

Para concluir, destacar que el objetivo de estos modelos es mejorar el comportamiento de los agentes, incorporando las emociones a la toma de decisiones.

2. PLEASURE, AROUSAL & DOMINANCE

El modelo de estados emocionales “Pleasure, Arousal & Dominance” (PAD) [15] fué diseñado por Albert Mehrabian, profesor de psicología en la Universidad de California, y James A. Russell, psicólogo. Está formado por tres dimensiones casi independientes que son usadas para describir y medir estados emocionales, el temperamento y la personalidad. Éstas forman los siguientes estados emocionales:

- **(P) Placer-desagrado.** Esta dimensión sirve para discernir entre los estados emocionales positivos y los negativos.
- **(A) Excitación-calma.** Esta dimensión se refiere a la combinación de actividad física y el estado de alerta mental.
- **(D) Dominación-sumisión.** Esta dimensión se utiliza para definir un estado de control o de falta de éste.

El "temperamento" se diferencia de los estados emocionales en el sentido de que se refiere a las características emocionales estables o duraderas de un individuo. En concreto, el temperamento es un promedio de los estados emocionales de una persona.

El espacio de temperamento tridimensional es definido por las tres dimensiones casi independientes del modelo PAD [15]. La descripción de varias escalas de personalidad se facilitan dividiendo cada uno de los tres ejes del espacio del temperamento de la siguiente forma:

- +P/-P para placer y desagradable.
- +A/-A para excitación y calma.
- +D/-D para dominación y sumisión.

Con estas divisiones, es posible describir los octantes resultantes del espacio tridimensional:

- **Exuberante** (+P;+A;+D).
- **Aburrido** (-P;-A;-D).
- **Dependiente** (+P;+A;-D).
- **Desdeñoso** (-P;-A;+D).
- **Relajado** (+P;-A;+D).
- **Ansioso** (-P;+A;-D).
- **Dócil** (+P;-A;-D).
- **Hostil** (-P;+A;+D).

Estos octantes se pueden observar como las esquinas de un cubo en cuyo centro parten los tres ejes del modelo (placer, excitación y dominación) con valores entre [-1, 1]:

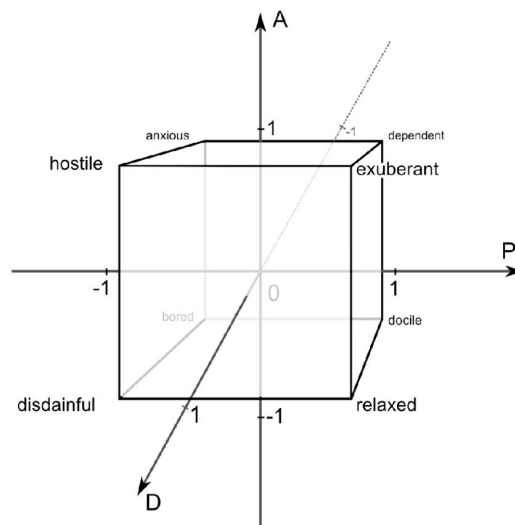


Fig.1: Imagen del espacio tridimensional PAD con los ocho octantes.

Por otra parte, los cinco factores de la personalidad fueron investigados [16] utilizando el modelo de estados emocionales PAD [15] para evaluar la superposición, similitudes y diferencias entre ellos. Éstos factores son los siguientes:

- **Factor O:** apertura a las nuevas experiencias.
- **Factor C:** responsabilidad.
- **Factor E:** extroversión.
- **Factor A:** amabilidad.
- **Factor N:** neuroticismo o inestabilidad emocional.

Con esto, forman las siglas “**OCEAN**”, qué es cómo se conocen más comúnmente. Los resultados mostraron que los extrovertidos eran principalmente dominantes y secundariamente placenteros. La amabilidad mostró dependencia con características agradables, excitables y sumisas, pero implicaba un mayor placer. La responsabilidad incluía grados iguales de cualidades agradables y dominantes. La estabilidad emocional implicaba grados casi iguales de características agradables y desagradables, carentes de la característica dominante importante en este rasgo. La apertura a las nuevas experiencias fue ponderada principalmente por características dominantes y, en segundo lugar, por características excitantes.

A su vez, Mehrabian y Russell también compararon sus tres dimensiones del modelo PAD con los tres factores usados por Osgood [19] [20], evaluación, actividad y potencia. La relación que establecieron fue la siguiente:

- Placer = Evaluación.
- Excitación = Actividad.
- Dominación = Potencia.

Finalmente, cabe remarcar la utilidad de este modelo dentro del mundo de los agentes inteligentes. Debido a su peculiar estructura tridimensional, es relativamente fácil crear una equivalente a nivel informático, estableciendo distintas emociones como puntos concretos dentro del espacio. A su vez, los distintos eventos que se efectúen pueden repercutir sumando una cierta cantidad en cada uno de los ejes, transicionando de una emoción a otra.

3. ORTONY, CLORE & COLLINS

Ortony, Clore y Collins (1988) [18] desarrollaron su modelo teórico con el objetivo de implementarlo en un ordenador. Su teoría supone que las emociones se desarrollan como consecuencia de ciertas cogniciones e interpretaciones.

Los autores postulan que tres aspectos determinan estas cogniciones: eventos, agentes y objetos. Las emociones, por lo tanto, representan reacciones a estas percepciones del mundo. Uno puede estar satisfecho con las consecuencias de un evento o no (satisfecho / disgustado); uno puede respaldar o rechazar las acciones de un agente (aprobar / rechazar) o le pueden gustar o no los aspectos de un objeto (me gusta / me desagrada).

Otra diferenciación consiste en el hecho de que los eventos pueden tener consecuencias para otros o para uno mismo y que un agente en funciones puede ser otro o uno mismo. Las consecuencias de un evento para otro pueden dividirse en deseables e indeseables; Las consecuencias para uno mismo, como expectativas relevantes o irrelevantes. Las expectativas relevantes para uno mismo finalmente se pueden diferenciar nuevamente de acuerdo a si realmente ocurren o no (confirmado / no confirmado).

Esta diferenciación conduce a la siguiente estructura de tipos de emoción:

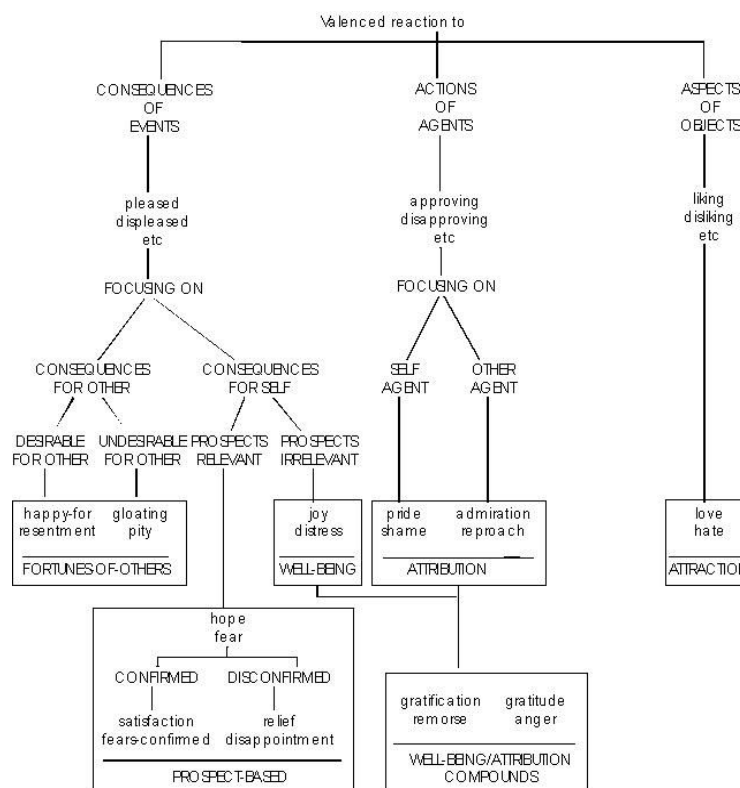


Fig. 2: Estructura de emociones según la teoría de OCC [18].

La intensidad de un sentimiento emocional está determinada predominantemente por tres variables de intensidad central: la deseabilidad está vinculada con la reacción a los eventos y se evalúa con respecto a los objetivos. El elogio está relacionado con la reacción a las acciones de los agentes y se evalúa con respecto a los estándares. El atractivo está relacionado con la reacción a los objetos y se evalúa con respecto a las actitudes.

Los autores definen además un conjunto de variables de intensidad global y local. Las cuatro variables globales que son utilizadas en las tres categorías de emoción son: el sentido de la realidad, la proximidad, lo inesperado y la excitación. Las variables locales, a las que también pertenecen las variables de intensidad central mencionadas anteriormente, son:

EVENTOS	AGENTES	OBJETOS
deseabilidad	elogio	atractivo
deseabilidad para otros	fuerza de la unidad cognitiva	familiaridad
merecimiento	desviación de expectativas	
gusto		
probabilidad		
esfuerzo		
realización		

Tabla 1: Variables locales de la teoría del OCC [18].

A cada una de estas variables se le asigna un valor y un peso. Además, hay un valor umbral para cada emoción, debajo del cual una emoción no se siente subjetivamente.

Sobre la base de este modelo, la aparición de una emoción se puede describir en un lenguaje formal: Sea $D(p, e, t)$ la conveniencia (D) de un evento (e) para una persona (p) en un momento determinado (t). Esta función posee un valor positivo para un evento deseable, un valor negativo para un evento no deseable. Además, dejemos que $I_g(p, e, t)$ sea una combinación de variables de intensidad global y $P_j(p, e, t)$ el potencial para un estado de alegría.

Si se excede el valor umbral, una regla produce una emoción; de lo contrario, proporciona el valor "cero", es decir, ningún sentimiento emocional. Dependiendo de la intensidad de la emoción, se usan diferentes tokens para su descripción. Tales fichas son palabras que describen esa emoción.

El modelo OCC [18] describe una jerarquía que clasifica 22 tipos de emoción. Se dan especificaciones para cada uno de los 22 tipos de emoción. Estas especificaciones tienen tres elementos:

1. La especificación de tipo proporciona, en una oración concisa, las condiciones que provocan la emoción en cuestión.
2. Se proporciona una lista de tokens, que muestra qué palabras de emoción se pueden clasificar como pertenecientes a la emoción en cuestión.
3. Para cada tipo de emoción, se proporciona una lista de variables que afectan la intensidad. Estas son las variables locales que hemos visto con anterioridad.

Alegría	(Contento con) un evento deseable.
Angustia	(Disgustado con) un evento indeseable.
Feliz por	(Contento con) un evento presumiblemente deseable para otra persona.
Lástima	(Disgustado por) un evento que se presume que no es deseable para otra persona.
Regodeo	(Complacido por) un evento que se supone que no es deseable para otra persona.
Resentimiento	(Disgustado por) un evento que se presume que es deseable para otra persona.
Esperanza	(Contento) con la perspectiva de un evento deseable.
Miedo	(Disgustado por) la posibilidad de un evento no deseado.
Satisfacción	(Satisfecho por) la confirmación de la posibilidad de un evento deseable.
Temores confirmados	(Disgustado por) la confirmación de la posibilidad de un evento indeseable.
Alivio	(Satisfecho por) la desconfirmación de la perspectiva de un evento indeseable.
Decepción	(Disgustado por) la desconfirmación de la perspectiva de un evento deseable.
Orgullo	(Aprobando) la propia acción digna de elogio.
Vergüenza	(Desaprobando) la propia acción digna de culpa.
Admiración	(Aprobando) la acción digna de elogio de otra persona.
Reproche	(Desaprobando) la acción censurable de otra persona.
Gratificación	(Aprobando) la propia acción digna de elogio y (complacido) del evento deseable relacionado.
Remordimiento	(Desaprobando) la propia acción digna de culpa y (estar disgustado por) el evento indeseable relacionado.
Gratitud	(Aprobando) la acción digna de elogio de otra persona y (estar complacido por) el evento deseable relacionado.
Ira	(Desaprobando) la acción censurable de otra persona y (estar disgustado por) el evento indeseable relacionado.
Amor	(Gustar) un objeto atractivo
Odio	(Desagradar) un objeto poco atractivo

Tabla 2: Especificaciones de cada tipo de emoción del modelo teórico OCC [18].

3.1 OCC REVISADO

La estructura que presenta el modelo teórico de OCC [18], facilita su implementación mediante un diagrama de herencia, i.e., cada emoción es igual a su padre más una especialización. A pesar de que esta estructura encaja casi a la perfección, conlleva una serie de problemas, y es que al utilizarla, las ambigüedades propias del lenguaje aparecen:

- La frase "evento deseable" se usa muchas veces a lo largo del trabajo de Ortony, Clore y Collins [18]. Sin embargo, los eventos en realidad siempre se evalúan con respecto a sus consecuencias. Es por esto que el sentido de esta frase debería ser cambiado por algo como "consecuencia deseable de un evento". Además, el término "prospecto" es ambiguo ya que es usado para referirse a eventos que ocurrirán o que no está claro si lo harán.
- Una de las tres ramas utiliza un conjunto de palabras emocionales, lo que provoca que estos tipos de emoción sean los más indiferenciados. Cuando se utiliza una estructura jerárquica de herencia, estos tipos de emoción se convierten en tipos de emociones generalizadas, de donde se derivan todos los tipos de emoción debajo de ellos.
- La "alegría" se clasifica como un tipo de emoción que surge de evaluar positivamente las consecuencias de un evento donde el foco está en las consecuencias para nosotros mismos y las perspectivas son irrelevantes. Sin embargo, la especificación de tipo de "alegría" viene dada como "(satisfecho por) un evento deseable", sin mencionar lo anterior, por lo que la especificación supone implícitamente un enfoque en uno mismo y un desprecio por las perspectivas. Sin embargo, una desventaja de asumir valores predeterminados es que la especificación de tipo de "alegría" se combina con "contento", teniendo solo una diferenciación implícita.
- La "alegría" se especifica como "(satisfecho por) un evento deseable" y "angustia" se especifica como "(disgustado por) un evento no deseado", pero también puede suceder el caso contrario, uno podría estar satisfecho por un evento indeseable y viceversa. Todas las emociones opuestas contienen una positividad o negatividad duplicada, lo que introduce cierta ambigüedad.
- Los seis tipos de emoción basados en eventos se agrupan en una estructura enmarcada con una jerarquía interna que técnicamente representa una estructura lógica de emociones, no temporal. Esto implicaría que la satisfacción, los temores confirmados, alivio y desilusión no son tipos especiales de esperanza o miedo, sino más bien continuaciones. En otras palabras, estos cuatro tipos son emociones en respuesta a las consecuencias reales de eventos, en concreto, consecuencias que señalan la confirmación o la desconfirmación de la consecuencia de un evento.
- Para que exista la emoción de "feliz por", la consecuencia que es deseable para el otro también debe ser deseable para uno mismo hasta cierto punto. Pero si una consecuencia de un evento se evalúa como deseable para uno mismo, las condiciones para "alegría" están también satisfechas, por lo que "feliz por/regodearse" implica alegría, y "resentimiento/lástima" implica angustia. Si las especificaciones de alegría y angustia son subconjuntos de contento, resentimiento, regodeo y lástima, entonces la alegría y la angustia son generalizaciones de éstas y, por lo tanto, deberían ser sus padres en la jerarquía.
- La estructura de las emociones contiene las frases "enfocado en" y "eventos relevantes o irrelevantes" varias veces. Esta terminología debilita la estructura lógica, o al menos la

estructura de herencia, ya que existen relaciones entre tipos de emoción en la estructura que no se capturan presentándola de esta manera.

- Finalmente, en la rama de las emociones basadas en la atracción no hay condiciones para distinguir el amor del odio, o de su generalización, gusto con disgusto.

Para hacer frente a estas ambigüedades y proponer una implementación completamente lógica, los autores Bas R. Steunebrink, Mehdi Dastani, y John-Jules Ch. Meyer [3] propusieron toda una serie de soluciones y/o cambios, con lo que lograron alcanzar la siguiente estructura:

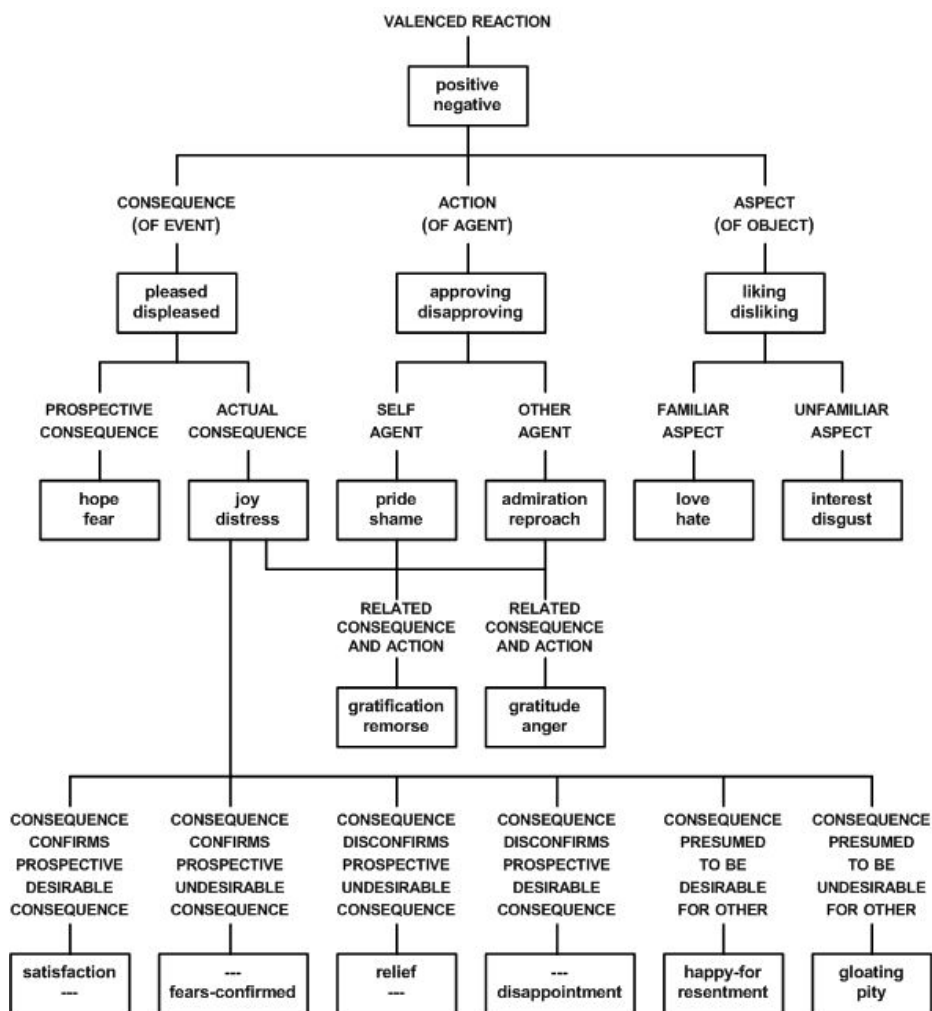


Fig. 3: Estructura del OCC revisado [3].

A su vez, con los cambios propuestos, las emociones pueden definirse con especificaciones mucho más concisas y claras, generando la siguiente tabla:

Complacido	Actitud positiva sobre una consecuencia (de un evento) disgustado es negativo sobre una consecuencia (de un evento).
Disgustado	Actitud negativa sobre una consecuencia (de un evento).
Esperanza	Estar contento con una posible consecuencia (de un evento).
Miedo	Desagradarse por una consecuencia potencial (de un evento).
Alegría	Alegrarse por una consecuencia real (de un evento).
Angustia	Desagradarse por una consecuencia real (de un evento).
Satisfacción	Alegría por la confirmación de una posible consecuencia deseable.
Temores confirmados	Angustia por la confirmación de una posible consecuencia indeseable.
Alivio	Alegría por la desconfirmación de una posible consecuencia indeseable.
Desilusión	Angustia por la desconfirmación de una posible consecuencia deseable.
Feliz por	Alegría por una consecuencia (de un evento) se presume que es deseable para otra persona.
Resentimiento	Angustia por una consecuencia (de un evento) se presume que es deseable por otra persona.
Regodearse	Alegría por una consecuencia (de un evento) presumido ser indeseable para otra persona.
Lástima	Angustia por una consecuencia (de un evento) que se presume que no es deseable para otra persona.
Aprobar	Actitud positiva sobre una acción (de un agente).
Desaprobar	Actitud negativa sobre una acción (de un agente).
Orgullo	Aprueba la acción de uno mismo.
Vergüenza	Desaprueba la acción de uno mismo.
Admiración	Aprueba la acción de otra persona.
Reproche	Desaprueba la acción de otra persona.
Gratificación	Admiración por una acción y alegría por una consecuencia relacionada.
Remordimiento	Vergüenza por una acción y angustia por una consecuencia relacionada.
Gratitud	Admiración por una acción y alegría por una consecuencia relacionada.
Enfado	Reproche por una acción y la angustia por una consecuencia relacionada.
Gustar	Ser positivo acerca de un aspecto (de un objeto).
Amor	Gustarle un aspecto familiar (de un objeto).
Odio	Le disgusta un aspecto familiar (de un objeto).
Interés	Gustarle un aspecto desconocido (de un objeto).
Asco	Le disgusta un aspecto desconocido (de un objeto).

Tabla 3: Especificaciones de cada tipo de emoción del modelo teórico OCC revisado [3].

4. DISTINTAS IMPLEMENTACIONES

4.1 Wasabi Affect Simulation for Agents with Believable Interactivity

El modelo WASABI fue propuesto en 2009 por Christian Becker-Asano y Ipke Wachsmuth [7]. Este modelo se basa en la simulación de emociones dinámicas para el humano virtual MAX [5], limitado a la simulación de emociones primarias, sin embargo este modelo combina la representación del significado de las **3 emociones secundarias** (hope, relief y fears-confirmed) en el sistema tridimensional PAD junto con la materialización de las **9 emociones primarias** (Tabla 4) en expresiones faciales (Fig. 4), de esta manera se consiguen representar no solo emociones primarias más infantiles, sino también emociones adultas más elaboradas, como las emociones secundarias que el agente puede llegar a expresar su percepción de las mismas a través del lenguaje verbal.

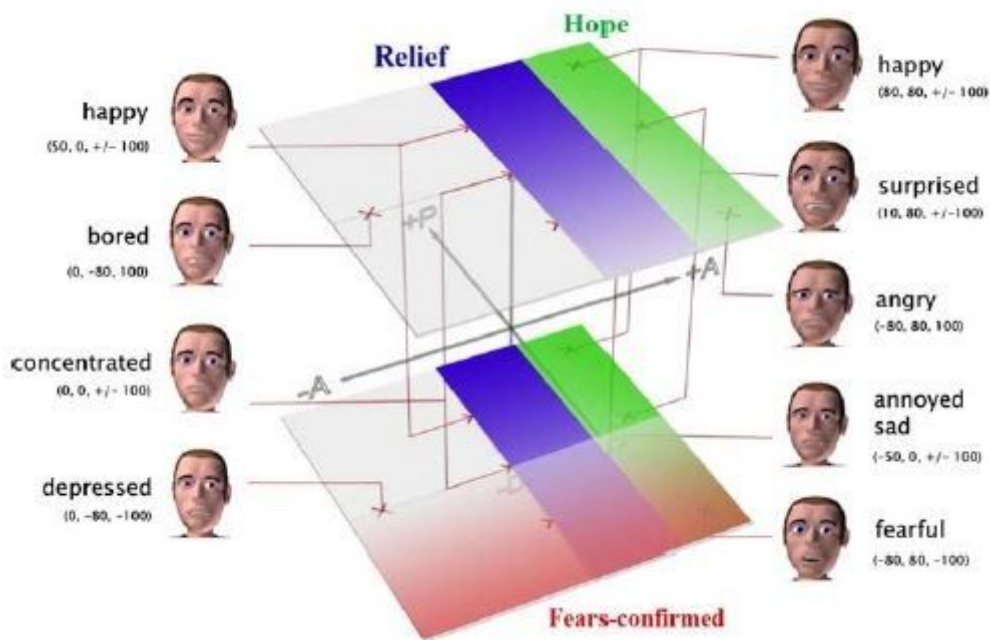


Fig. 4: Siete expresiones faciales correspondientes a las 8 emociones primarias más “concentrado”, extendido con las tres emociones secundarias en el espacio PAD.

	Emoción Primaria	Expresión Facial	Valores PAD	Intensidad Base
1	Enfado (Angry)	Enfado (Anger)	(80,80,100)	0.75
2	Molesto (Annoyed)	Tristeza (Sad)	(-50, 0 100)	0.75
3	Aburrido (Bored)	Aburrido (Bored)	(0,-80,100)	0.75
4	Concentrado (Concentrated)	Neutral	(0,0,+100)	0.75
5	Deprimido (Depressed)	Triste (Sad)	(0,-80,-100)	0.75

6	Miedoso (Fearful)	Miedo (Fear)	(-80,80,100)	0.75
7	Feliz (Happy)	Feliz (Happy)	(80,80,+100)	0.75
			(50,0+-100)	0.75
8	Triste (Sad)	Triste (Sad)	(-50,0,-100)	0.75
9	Sorprendido (Surprised)	Sorprendido (Surprised)	(10,80,+100)	0.0

Tabla 4: Emociones primarias en el espacio PAD

De las seis emociones “basadas en expectativas” propuestas en el modelo OCC [18], WASABI elige tres para formar parte de las emociones secundarias en su arquitectura. Estas también tienen sus valores en el espacio PAD según su dominio, alto o bajo.

Por otra parte, el estado de ánimo, se mantiene como un sentimiento de fono del que el agente no es consciente a menos que se concentre en él. Como Becker-Asano sostiene en su tesis [6], el estado de ánimo cambia mucho más rápido que las emociones, tiende hacia la neutralidad, deriva de la sensación de bienestar general del agente y afecta en gran medida a la dinámica de las emociones para apoyar la credibilidad del comportamiento del agente a largo plazo.

Como vemos en la figura 5, para conectar emociones y pensamientos partimos de la interconexión de dos módulos de cognición y de emoción.

El módulo de cognición está dividido en dos capas, la de razonamiento, donde surgen las emociones secundarias a través de la introspección y la evaluación de aspectos del pasado y del futuro haciendo uso de la memoria, también presente en esta capa. Por otra parte también tenemos la capa reactiva, la capa donde surgen las emociones primarias de forma inconsciente como reacciones predeterminadas en respuesta a patrones que se reciben de la información percibida y que a su vez desencadenan comportamientos reactivos no conscientes como comportamientos de acercamiento o evasión.

El módulo de la emoción recibe la valencia de las emociones generadas, se reflejarán las diferentes emociones en el espacio PAD y se obtendrá la probabilidad de conciencia de estas mediante la ecuación 1. Esta probabilidad de conciencia se pasa al módulo de la cognición como retroalimentación y se eligen las emociones de las que el agente es consciente.

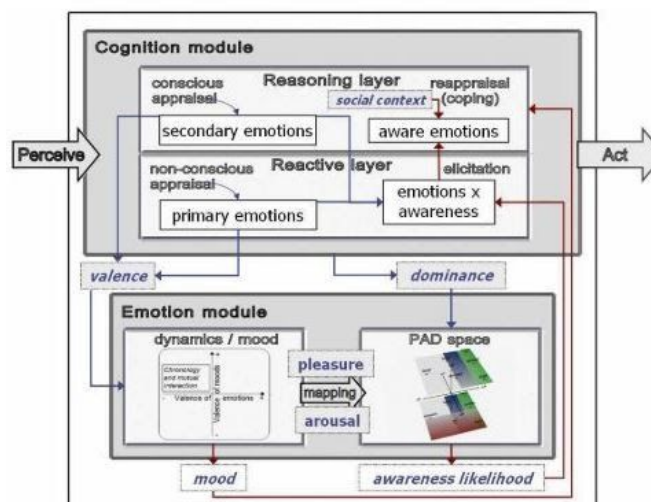


Fig. 5: Interacción entre cognición y emociones.

$$w_{pe} = (1 - \frac{dpe - \Delta pe}{\Phi pe - \Delta pe}) * i_{pe}$$

Ec. 1: Ecuación de la probabilidad de conciencia de las emociones primarias

Finalmente, para convertir la cognición en una manifestación física se pueden seguir diferentes caminos partiendo de la percepción inicial del agente como se ve en la figura 6.

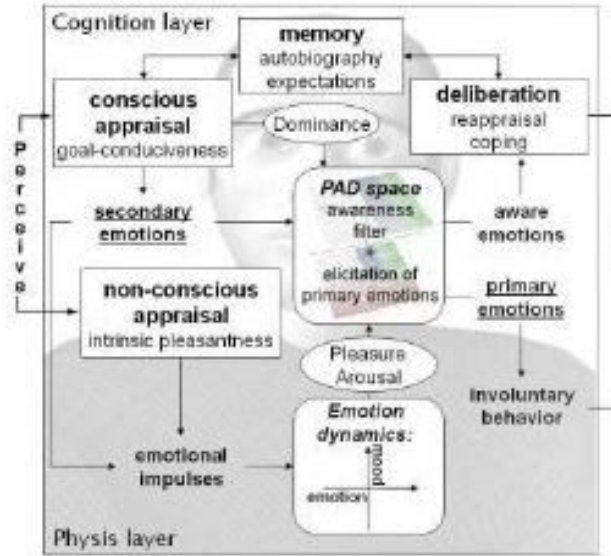


Fig. 6: WASABI architecture

La arquitectura WASABI se ha intentado implementar en MAX como guía de un museo [6] y aunque se reconoce en él una cierta capacidad de socializar, sigue siendo difícil la simulación de emociones por diferentes razones y es por eso que se probó su implementación en el juego de cartas Skip-Bo [6] donde se consiguieron mejores resultados.

Esta arquitectura también se ha utilizado en algunos campos como el metabolismo artificial en robots humanoides [14][9]. En este campo se estudia la interacción de los robots en contextos humanizados, como el cuidado de personas o en escenarios de exploración remota, donde el agente debe ser consciente de su nivel de energía y la integridad de su cuerpo. En estas situaciones, está demostrado por varios estudios, que las emociones poseen un papel relevante en la autonomía biológica del organismo y es por esto que se implementa WASABI.

4.2 Emotions, Believes, Desires & Intentions

Esta arquitectura propuesta por Hong Jiang, Jose M. Vidal y Michael N. Huhns [12] se combinan las respuestas a las 3 preguntas básicas a la hora de incorporar emociones a un agente: (1) Cómo medir las emociones? (2) Cómo las emociones afectan a la toma de decisiones? y (3) Cómo actualizar las emociones?

El proceso se divide en cuatro componentes: **Emociones, Creencias, Deseos e Intenciones.**

Respondiendo a la pregunta 1, las emociones se miden en base al conjunto de emociones previo (E), las intenciones (I) y los deseos (D).

Para responder a la pregunta 3 sobre cómo actualizar emociones, cabe diferenciar dos casos: cuando el tiempo de respuesta es limitado y disponemos solo de emociones primarias y de cuando hay un mayor tiempo de reflexión donde entran en juego las emociones secundarias. Consecuentemente se definen dos funciones (euf1 y euf2) que actualizarán las emociones basándose en emociones primarias o emociones secundarias.

$$euf1 : E \times I \times (Bp \ Bm) \rightarrow E$$

Esta primera función será la encargada de actualizar las emociones cuando el tiempo de respuesta sea limitado, siendo Bp las creencias obtenidas por la Función de Revisión de Creencias por Percepción y Bm las creencias obtenidas por la Función de Revisión de Creencias por Comunicación.

Si el tiempo de respuesta es mayor, será la siguiente función la que actualice las emociones y en base a esta, las creencias, los deseos y las intenciones.

$$euf2 : E \times I \times B \rightarrow E$$

Para responder a segunda pregunta, se definen tres funciones que actualizan los deseos (options), las intenciones (filter) y finalmente las acciones (plan).

$$options : B \times I \rightarrow D \quad filter : E \times B \times D \times I \rightarrow I \quad plan : I \times Ac \rightarrow \pi$$

Existen otros modelos que, basándose en una arquitectura EBDI, la extienden, incorporando por ejemplo emociones esperadas (EE) e inmediatas (IE) como hacen Hanen Lejmi-Riahi, Fahem Kebair, y Lamjed Ben Said [11], ya que algunos autores sostienen que ambas tienen implicaciones especiales a la hora de tomar decisiones. Para ello se definen nuevas funciones:

perceive : $Env \times IE \rightarrow P$ (perceive: captura el estímulo del entorno, influenciado por las emociones inmediatas y genera perceptos)

$$brf : P \times B \times IE \rightarrow B \text{ (belief revision function)}$$

chAnalyzer : $B \times D \times IE \rightarrow O$ (choices analyzer: primer paso del proceso de deliberación, genera opciones candidatas)

filter : $O \times B \times IE \times EE \rightarrow I$ (filter: segundo paso del proceso de deliberación, elige las opciones adecuadas a las que ceñirse)

$$plan : I \times PL \rightarrow \pi$$

$$execute : \pi \rightarrow Env$$

$$isa : B \times I \rightarrow IE \text{ (actualiza las emociones inmediatas en base a las creencias y las intenciones)}$$

$$eo : O \times I \times IE \times EE \rightarrow EE \text{ (actualiza las emociones esperadas)}$$

$$coa : O \times I \times IE \rightarrow EOO \text{ (expected option outcome: evaluación anticipada de una opción candidata)}$$

ai : $EOO \times EE \rightarrow IE$ (anticipatory impact: actualiza las emociones inmediatas en base a las influencias de anticipación)

Cuando se detecta un nuevo estímulo del entorno, se generan las percepciones (*perceive*). Las creencias se revisan de acuerdo a las nuevas percepciones (*brf*). Se generan las nuevas emociones en base a las creencias, intenciones y emociones inmediatas (*isa*). Posteriormente se empieza el proceso deliberativo, generando las opciones candidatas (*chAnalyzer*) y en base a estas y la influencia de las emociones inmediatas, se genera la valoración anticipativa (*eo*, *coa*). Se actualizan las emociones inmediatas (*ai*) por si la anticipación las hubiera cambiado. Se filtran las opciones y se generan las intenciones adecuadas (*filter*). Por último, después de la deliberación, el agente encuentra el plan de acción apropiado donde nuevas creencias y emociones inmediatas también pueden ser actualizadas. Por otra parte también se definen funciones para ver si las intenciones y los planes están en armonía con las creencias y solo entonces ejecutarlos.

```

1. //Initialization
2. B ← B0
3. D ← D0
4. I ← I0
5. IE ← IE0
6. EE ← EE0
7. PL ← PL0
8. //Process beginning
9. while true do
10.   P ← perceive(Env, IE)
11.   B ← brf(P, B, IE)
12.   IE ← isa(B, I, IE)
13.   O ← chAnalyzer(B, D, I, IE)
14.   EE ← eo(O, I, IE, EE)
15.   EOO ← coa(O, I, IE)
16.   IE ← ai(EE, EOO)
17.   I ← filter(B, O, IE, EE)
18.   Π ← plan(I, PL)
19.   while not (empty(Π) or succeeded(I, B)
20.             or impossible(I, B)) do
21.     a ← head(Π)
22.     execute(a)
23.     P ← perceive(Env, IE)
24.     B ← brf(P, B, IE)
25.     IE ← isa(B, I, IE)
26.     if inconsistent(I, B) then
27.       O ← chAnalyzer(B, D, I, IE)
28.       EE ← eo(O, I, IE, EE)
29.       EOO ← coa(O, I, IE)
30.       IE ← ai(EE, EOO)
31.       I ← filter(O, B, IE, EE)
32.     end if
33.     if not sound(Π, I, B) then
34.       Π ← plan(I, PL)
35.     end if
36.   end while
37. end while

```

Fig. 7: Pseudocódigo del proceso de ejecución

4.3 Disposition, Emotions, Trigger & Tendency

DETT (**D**isposition **E**motions **T**rigger **T**endency) [13] está basado en el modelo de combate basado en agentes MANA [17], que a su vez extienden el modelo EINSTEIN [2], y suscribe las características principales de OCC [18]. Analizando este sistema se encuentran dos limitaciones principales: la nula diversidad entre los miembros de la misma squad y la rápida desaparición y aparición de las emociones.

Para solucionar el primer problema, se añade un módulo “Disposition” (Fig. 8) en el que sus valores son constantes para cada simulación. Este módulo se encarga de modular la evaluación para determinar hasta qué punto una creencia del agente determina la emoción correspondiente.

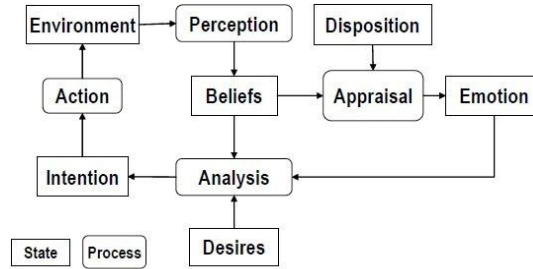


Fig. 8: Incorporación del módulo “Disposition” al modelo BDI + OCC [18]

Por otra parte, los agentes se ven unos a otros mediante hormonas digitales (Fig. 9) que se depositan en el espacio y se disuelven tras un tiempo. Diferentes feromonas suponen una atracción o un alejamiento de un agente en base a sus deseos y esto acabará por traducirse en un acción (Fig. 10).

Cuanto más tiempo esté un agente expuesto a una hormona que determine una emoción, más fuerte será ésta. Cuando la hormona que dispara esta emoción desaparece, esta decae exponencialmente y cuanto más alta sea su disposición, más rápido crece la emoción en presencia de la hormona que lo dispara.

RedAlive	Emitted by a living or dead entity of the appropriate group (Red = enemy, Blue = friendly, Green = neutral)
RedCasualty	
BlueAlive	
BlueCasualty	
GreenAlive	
GreenCasualty	
WeaponsFire	Emitted by a firing weapon
KeySite	Emitted by a site of particular importance to Red
Cover	Emitted by locations that afford cover from fire

Fig. 9: Ejemplos de hormonas

Disposition	Emotion	Trigger	Tendency
Cowardice	Fear	Presence of armed enemy	Less attention to orders
		Incoming attack	Tend to move away from threat
Irritability	Anger	Presence of enemy	More likely to engage in combat
			Tend to move toward threat

Fig. 10: Ejemplo de disposiciones, las acciones que las disparan y la tendencia de acción

5. CONCLUSIONES

En conclusión, podemos afirmar que los modelos teóricos sobre las emociones, desarrollados por psicólogos a lo largo de los años, se pueden adaptar perfectamente para aplicarlos en un entorno informático y mejorar así la eficiencia del software dedicado a agentes.

Las diferentes mejoras que introduce en los agentes la aplicación del modelo de emociones son de distinta naturaleza, pero en general podemos hablar de comportamientos más sociables que hacen que la interacción humano-máquina sea más natural, así como un comportamiento más empático y cooperativo entre los mismos agentes, clave en situaciones críticas. Por ejemplo, la inclusión de emociones secundarias hacen estimar una mayor edad al agente, ya que expresa emociones más maduras. Por otra parte, los modelos probados en juegos, también muestran una mejora sustancial de los resultados cuando se aplican estos modelos.

Al basarse estos modelos en estudios sobre el funcionamiento del comportamiento humano, del que todavía desconocemos muchos aspectos y en los cuales se sigue investigando, es natural suponer que con la tecnología vigente hoy en día y los estudios que saldrán a la luz en los años próximos, tendremos nueva teoría sobre la que basar futuros modelos de emociones en agentes.

Además, con la implementación de nuevas técnicas en los años recientes en el campo de la Inteligencia Artificial, que aún es relativamente nuevo, esperamos ver sustanciales mejoras en la aplicación de estos modelos, así como nuevos hallazgos y avances que, basándose en los modelos teóricos ya propuestos y adoptando nuevas técnicas, aporten nuevos modelos actualizados para el mundo del siglo XXI.

6. BIBLIOGRAFÍA

- [1] A General & Powerful System for Assessing Temperament & Personality (<http://www.kaaj.com/psych/scales/temp.html>)
- [2] A. Ilachinski. Artificial War: Multiagent-based Simulation of Combat. Singapore, World Scientific, 2004. (<https://books.google.es/books>)
- [3] Bas R. Steunebrink, Mehdi Dastani, and John-Jules Ch. Meyer. *The OCC Model Revisited*. Department of Information and Computing Sciences, Utrecht University, The Netherlands. KI'09. 2009. (http://www.idsia.ch/~steunebrink/Publications/KI09_OCC_revisited.pdf)
- [4] Bakker, I., van der Voordt, T., Vink, P. *et al.* Pleasure, Arousal, Dominance: Mehrabian and Russell revisited. *Curr Psychol* **33**, 405–421 (2014). (<https://doi.org/10.1007/s12144-014-9219-4>)
- [5] Becker, C., Kopp, S., & Wachsmuth, I. (2004). Simulating the emotion dynamics of a multimodal conversational agent. In *Affective Dialogue Systems* (pp. 154–165). Springer, LNAI 3068. (https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-540-24842-2_15)
- [6] C. Becker-Asano (2008) *WASABI: Affect Simulation for Agents with Believable Interactivity*. Technischen Fakultät an der Universität Bielefeld (https://becker-asano.de/Becker-Asano_WASABI_Thesis.pdf)
- [7] C. Becker-Asano, and I. Wachsmuth. *Affective computing with primary and secondary emotions in a virtual human*. Auton. Agent Multi-Agent Systems Journal (2010) 20: 32-49. (<https://pub.uni-bielefeld.de/download/1588933/2645606>)
- [8] C. Becker-Asano, and I. Wachsmuth. *Affective computing with primary and secondary emotions in a virtual human*. Full paper. (<https://www.yumpu.com/en/document/read/8872254/wasabi-architecture-becker-asanode>)
- [9] C. Becker-Asano (2011) *Affective Computing Combined with Android Science*. KI - Künstliche Intelligenz. (<https://www.springerprofessional.de/en/affective-computing-combined-with-android-science/>)
- [10] General Tests of Emotion or Affect for Evaluating Consumer Reactions to Products and Services, Including User Interface. (<http://www.kaaj.com/psych/scales/emotion.html#definition>)
- [11] Hanen Lejmi-Riahi, Fahem Kebair, y Lamjed Ben Said (2014) *Agent Decision-Making under Uncertainty: Towards a New E-BDI Agent Architecture Based on Immediate and Expected Emotions*. International Journal of Computer Theory and Engineering, Vol. 6, No. 3. <https://pdfs.semanticscholar.org/c684/c5c7600585949dc1ca96c3f7d218a8cd92e5.pdf>

- [12] Hong Jiang, José M. Vidal and Michael N. Huhns. *EBDI: An Architecture for Emotional Agents*. Computer Science and Engineering. University of South Carolina. Columbia, SC 29208. February 6, 2007. (<http://ftp.cse.sc.edu/reports/drafts/2007-002-ebdi.pdf>)
- [13] H. Van Dyke Parunak, Robert Bisson, Sven Brueckner, Robert Matthews, John Sauter. *A model of emotions for situated agents*. AAMAS '06 Proceedings of the fifth international joint conference on Autonomous agents and multiagent systems. Pages 993-995 ACM New York, NY, USA©2006 (<http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1160810>)
- [14] Kiril Kiryazov, Robert Lowe, Christian Becker-Asano, Alberto Montebelli, Tom Ziemke. (2011) *From the Virtual to the Robotic: Bringing Emoting and Appraising Agents into Reality*. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050911006429>)
- [15] Mehrabian, A., & Russell, J. A. (1974). *An approach to environmental psychology*. The MIT Press. (<https://psycnet.apa.org/record/1974-22049-000>)
- [16] Mehrabian, A. (1996). Pleasure-arousal-dominance: A general framework for describing and measuring individual differences in temperament. *Current Psychology*, vol. 14, pp. 261-292. (<https://link.springer.com/article/10.1007/BF02686918>)
- [17] M. K. Lauren and R. T. Stephen. Map-Aware Non-uniform Automata (MANA)—A New Zealand Approach to Scenario Modelling. *Journal of Battlefield Technology*, 5(1(March)):27ff, 2002. (<https://pdfs.semanticscholar.org/1e16/8c5e9c3d2748d5648166ba7fa40228f1d01c.pdf>)
- [18] Ortony, A., Clore, G. L., & Collins, A. (1990). *The cognitive structure of emotions*. Cambridge university press. (<https://books.google.es/books>)
- [19] Osgood, Ch., Suci, G. J., & Tannenbaum, P. H. (1957). *The measurement of meaning*, University of Illinois Press, Urbana, Chicago and London, 36, 38, 62, 63, 149, 185, 186, 325. (<https://books.google.es/books>)
- [20] Osgood, C. E. (1963). Part four, psychological approaches, semantic differential technique in the comparative study of cultures. *American Anthropologist*, 66(3), 171–200. (<https://anthrosource.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1525/aa.1964.66.3.02a00880>)
- [21] Theoretical foundations (<http://www.ruebenstrunk.de/emeocomp/4e.HTM>)