

APLICACIÓN DE UN MODELO DE CONFIANZA COMPUTACIONAL AL CASO DE UN SISTEMA DE RECOMENDACIÓN DE PROVEEDORES, SIGUIENDO UN ENFOQUE DE REPUTACIÓN SITUACIONAL

RAFAEL ALEXANDER RAMÓN FIGUEROA¹

JERSON GUSTAVO GOMEZ PEREZ²

GARETH BARRERA SANABRIA
DIRECTOR

FACULTAD DE INGENIERIA DE SISTEMAS

LÍNEA DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN E INGENIERÍA DEL SOFTWARE

2008

Palabras clave: Metodología PROMETHEUS, Metodología GAI II, Confianza Computacional, Modelos De Confianza Computacional.

Resumen

Este artículo se enfoca en el análisis e implementación de modelos de confianza y reputación, en donde la metodología propuesta es una combinación de sistemas multi-agentes GAIA con la metodología subjetiva prometheus.

1. Introducción

La constante sistematización de los procesos en empresas y organizaciones con el propósito de adquirir un mejor rendimiento y confiabilidad en sus resultados trae consigo simplicidad y comodidad a sus usuarios directos. Esta situación ha puesto en evidencia la necesidad de investigar en nuevas tecnologías que permitan incrementar los niveles de fiabilidad para todos los procedimientos.

Un procedimiento que actualmente se usa frecuentemente para diferentes tareas, es el de recomendación mediante el uso de modelos de confianza y reputación. Este trata de la recolección de datos históricos con el fin de interpretarlos y determinar una medida u elección. A la fecha no se han encontrado evidencias de Aplicaciones de este tipo a nivel nacional y menos en nuestra comunidad universitaria, especialmente en el caso de cadenas de suministros, esto expone la necesidad de realizar un prototipo de sistema de recomendación que cumpla con las expectativas del entorno para así poder conseguir un producto que sea pertinente a las organizaciones nacionales e internacionales que estén afectadas por condiciones semejantes.

Este producto se obtiene a partir de la utilización de criterios de confianza y reputación dados por el modelo FIRE, el cual permite facilidad de adaptación con los nuevos criterios encontrados que en el caso de cadenas de suministros son de utilidad para llegar a la recomendación del mejor proveedor. Muchos de estos criterios nacen a partir de la situaciones emergentes que no están contempladas en el proceso de entrega de pedidos, alguna de estas son fallas técnicas, condiciones ambientales no favorables, hurto del vehículo y fallas a nivel de personal o humano.

Con base en lo anterior y con el propósito de acercarse un poco más a las necesidades del caso de estudio de COOTRACOLTA LTDA, se escogió el modelo de confianza computacional FIRE con un enfoque de reputación

¹ rafael_r40@hotmail.com

² Jgomez13@unab.edu.co

situacional implementado al prototipo de sistema de recomendación. Este sistema de recomendación es evaluado mediante los dos paradigmas existentes; basados en contenido [Balavanovic y Shoham 1997], los cuales exponen diferentes formas de selección de la información, el sistema se definió entonces como basado en contenido debido a que el modelo de confianza computacional escogido determina explícitamente las preguntas acerca de la información que se está buscando, estas preguntas son mostradas en forma de cuestionarios a los usuarios.

2. Metodología PROMETHEUS

Prometheus significa una metodología Pragmática para la Ingeniería de Agentes Inteligentes, creada por Lin Padgham en colaboración con Leon Starling y Michael Winikoff de la Escuela de Ciencias Computacionales e IT (Tecnologías de Información) RMIT, Australia [21]. Prometheus posee las siguientes características; soporta todo el ciclo de vida de un proyecto, tiene una estructura jerárquica con diferentes niveles de abstracción, utiliza etapas iterativas en las que se representan la funcionalidad de los actores y se divide en las siguientes fases:

- **Especificación del sistema:** Identificación de las funcionalidades del sistema.
- **Diseño Arquitectónico:** Determinación de los agentes del sistema, las funcionalidades que se la han asignado y sus interacciones.
- **Diseño Detallado:** Especificación de los atributos de cada agente. Estos atributos están compuestos por los sistemas BDI (Beliefs: Creencias; Desires: Deseos; Intentions: Intenciones), metas, planes y eventos.

3. Metodología GAIA II

Creada por Michael Wooldridge, Franco Zambonelli y Nicholas R. Jennings propone las siguientes fases de Diseño, que permiten modelar la interacción del sistema multiagente como un sistema abierto, dinámico y flexible [27]: Estas fases son:

- **Fase de Requerimientos:** En ésta fase se hace una recolección de todos los requerimientos y funcionalidades que deberá cumplir el sistema.
- **Fase de Análisis:** El propósito de ésta fase es organizar los datos del sistema obtenidos en la fase anterior en los siguientes modelos: modelo ambiental, modelo de roles preliminares y modelo de interacciones, además de un conjunto de reglas organizacionales.
- **Diseño Detallado:** Se especifican los agentes y servicios necesarios para el funcionamiento de los roles y protocolos en el sistema multiagente.
- **Implementación:** En esta fase se lleva a cabo la implementación del sistema.

4. Confianza Computacional

La confianza es un concepto complejo y subjetivo al cual se la han asignado diferentes definiciones de diferentes campos de investigación como la administración, las comunicaciones y la economía, sociología y las ciencias económicas y políticas. McKnight y Chervany describen una tipología conceptual de alto nivel de confianza y desconfianza combinando definiciones de confianza de varias áreas de investigación.

Ellos encontraron cinco tipos de confianza los cuales aportan a nuestro proyecto a ubicarse en una definición de confianza específica. Los cinco tipos definidos por McKnight et al [18]. Son los siguientes:

- **Disposición de confianza:** La confianza depositada en otros.

- **Confianza basada en la institución:** El actor o actores crean confianza alrededor de un lugar.
- **Confianza en creencias:** El actor o actores confían en las características del confiado.
- **Confianza en intenciones:** El actor o actores están dispuestos a depender del confiado.
- **Confianza relacionada al comportamiento:** El actor que está confiando del otro depende directamente de él.

La reputación se puede ver como la opinión de alguien acerca de ese algo. Esa reputación de un agente que trabaja dependiendo de la acción en el tiempo.

La reputación y la confianza están literalmente unidas en una sola. El agente del sistema tiende a desconfianza (confianza negativa o baja) hacia otro agente con una mínima reputación aceptada. La reputación puede promover a un vendedor a comportarse bien sabiendo que evitar futuros compradores en un resultado de una reducción de la reputación por su mal comportamiento.

En la actualidad existen varios tipos de modelos de reputación. Cada uno de ellos contienen características propias ellas.

- **Tipo de paradigma:** Esta conformado por dos grandes grupos los cuales son una aproximación cognitiva y una aproximación matemática. Estos sistemas están basados por modelos cognitivos, la confianza está constituida por creencias subyacentes y esta confianza es la función que conforma estas creencias. Los modelos matemáticos utilizan funciones de utilidad, probabilidades y la evaluación de iteraciones pasadas que no se basan en creencias.
- **Fuentes de información:** Son utilizadas en un sistema de reputación para determinar el valor de confianza. Mediante una información propia se puede alcanzar una iteración directa en el cual los terceros pueden ser expertos o simplemente testigos. La otra fuente de información habla sobre los aspectos sociológicos del comportamiento del agente. Esta investigación obtenida del agente depende de sus capacidades sensoriales y del ambiente donde se encuentre.
- **Tipo de visibilidad:** La reputación puede ser una propiedad global donde intervienen todos los observadores o privado mantenidas por cada persona.
- **Granularidad del modelo:** La reputación de un sistema simple se encuentra diseñado para relaciona un único valor de reputación de cada actor sin tener en cuanto su contexto. Al contrario con la reputación de un sistema de multicontexto tiene como mecanismo de manejo diversos contextos al mismo tiempo de actor dependiendo de su contexto.
- **Asunción del comportamiento de los agentes:** Un sistema ideal para los agentes de intercambiar información de reputación y sin hacer fraudes en su valor. Estos sistemas competitivos algunos agentes pueden tratar de engañar al agente para su beneficio propio. así dándose a generar varios comportamientos frente a esta amenaza.
- **Tipo de información intercambiada:** Y por último se puede establecer acuerdos de manera tal que diferentes agentes puedan intercambiar información de reputación. En el primer grupo se encuentra los mecanismos de reputación que utilizan valores booleanos. En el otro grupo se encuentra los que utilizan valores continuos de medición.

5. MODELOS DE CONFIANZA COMPUTACIONAL

Los modelos de confianza computacional y reputación los cuales poseen sus propias características únicas y específicas así como también diferentes soluciones técnicas [21].

- **Modelo de Confianza de S. Marsh:** El modelo de confianza de Marsh fue el primero en formalizar el criterio de confianza. Este modelo posee como característica que tiene en cuenta las interacciones directas entre acciones y diferencia tres tipos de confianza [27].

- **Confianza Básica:** Esta es calculada teniendo en cuenta todas las experiencias acumuladas por un actor. Entre mejores sean las experiencias mejor será la confianza que se tenga de ese actor y viceversa. Marsh usa la siguiente notación T_{xt} para confianza la cual representa la confianza de un actor "x" en un tiempo "t".
- **Confianza General:** Esta es la confianza que tiene un actor del sistema en otro sin tener en cuenta una situación en particular. Esta simplemente representa la confianza en general que se tiene de un actor en particular y esta denotada por $T_{x(y)t}$ que representa la confianza que tiene el actor "x" tiene sobre el actor "y".
- **Confianza situacional:** Esta es la cantidad de confianza que se tenga sobre un actor al a ver interactuado en una situación específica. La formula para encontrar el valor de este tipo de confianza es la siguiente:

$$T_{x(y,\alpha)t} = U_x(\alpha)t \times I_x(\alpha)t \times \widehat{T_{x(y)t}}$$

En donde "x" es el evaluador, "y" el actor que esta siendo evaluado y "α" la situación con en la que ha actuado "y".

- $U_x(\alpha)t$ representa la utilidad que obtiene "x" de la situación "α".
- $I_x(\alpha)t$ es la importancia de la situación para "x".

$\widehat{T_{x(y)t}}$ es la estimación de la confianza general teniendo en cuenta todos los datos relevantes con respecto $T_{x(y,\alpha)}$, es decir a la confianza relacionada con la situación en el pasado. Sin embargo si se tiene en cuenta una evaluación del siguiente tipo $T_{x(y,\alpha)T}$ se puede definir un rango de tiempo $\theta < T < t$ similar al presente en donde "y" haya interactuado.

$\widehat{T_{x(y)t}}$ puede ser encontrada a través de tres métodos estadísticos, el optimista el cual toma el máximo valor de confianza, el pesimista el cual toma el mínimo valor de confianza y el realista que toma los valores intermedios con la siguiente formula.

$$\widehat{T_{x(y)t}} = \frac{1.0 \sum_{\alpha \in A} T_{x(y,\alpha)T}}{|A|}$$

En donde A son las situaciones similares a las ocurridas en el presente "α" disponibles en el rango.

Estos valores de confianza ayudan a los actores del sistema a tomar decisiones acertadas cuando se quiere escoger entre diferentes opciones teniendo en cuenta la situación que se quiera atender, además del riesgo que presenta dicha situación y la competencia que tiene el actor evaluado.

- **Modelo de Confianza de Carter:** La característica principal de este modelo se basa en que la reputación de un actor esta descrita por el grado de cumplimiento de los roles que los demás actores del sistema la han atribuido a el. Cada actor tiene un rol en el sistema, y de acuerdo a este grado de cumplimiento el actor obtendrá o una buena reputación o una mala reputación [21].

Los Autor del Proyecto de este método tienen en cuenta un grupo de roles definidos específicamente para sistemas de intercambio de información y proponen métodos para calcular el grado de satisfacción que se puede obtener de cada rol. Los cinco roles identificados son los siguientes:

- **Proveedor de información social:** Este rol se da cuando los actores aportan nueva información al sistema a través de RECOMENDACIONES. Cada recomendación tiene un peso el cual esta afectado por un factor de decaimiento y la reputación del recomendador. Esta evaluación de la recomendación esta dada por la sumatoria dada por los usuarios del sistema y esta comprendida en [0,1].

- **Rol interactivo:** Este rol sucede cuando se espera que un actor interactúe con el sistema. El grado de satisfacción para este rol es calculado por el número de operaciones que ha hecho sobre el número de operaciones realizadas en el sistema durante el mismo lapso de tiempo.
- **Contenido del proveedor:** En este rol los actores son calificados de acuerdo a la calidad y pertinencia de la información que contienen o también de la cercanía que tenga este actor del actor que contenga la información pertinente y requerida.
- **Rol de retroalimentación administrativa:** En este rol los actores dan su comentario acerca de diferentes aspectos del sistema como; fácil uso, velocidad, estabilidad y calidad de la información. La satisfacción se adquiere al conseguir esta información.
- **Rol de longevidad:** Para este rol los actores tiene como meta mantener una excelente reputación lo que ayuda a que el sistema tenga mayor longevidad. La satisfacción esta medida por el promedio de reputación del actor en tiempo presente.
- **Modelo de Confianza de Castelfranchi y Falcone:** Este modelo trata sobre el modelo confianza cognitiva y las bases del modelo están relacionadas con la reputación y delegación. La delegación esta basada en la decisión que toma un agente “x” para delegar cierta tarea al agente “y” esta basada en un conjunto de creencias y metas, este conjunto de información es llamado por el Autor del Proyecto por un estado mental de “confianza”. Es decir solo un actor con metas y creencias tiene la habilidad de confiar en otro.

Para construir un estado mental de confianza un actor necesita tener las siguientes creencias:

- Debe creer que “y” puede llevar a cabo la tarea designada.
- Debe creer que designar esta tarea a “y” es mejor que hacerla el mismo.
- No solo debe creer el que “y” puede llevar a cabo la tarea designada sino que “y” llevará a cabo exitosamente la tarea.
- **Modelo FIRE:** Es un modelo integrado de confianza y reputación compuesto de cuatro componentes principales [11].
 - **Confianza de interacción:** Nace de las iteraciones entre dos agentes. Como por ejemplo una transacción comercial donde el agente “a”, compra un producto en particular al agente “b”. El resultado de esta transacción podría consistir en el precio del producto, la calidad del producto y la fecha de entrega.

Dependiendo de cómo sean estos resultados el agente “a” le dará ciertas calificaciones en cuenta a los servicios de “b” en términos de “a”, “b” y “c”. Estas calificaciones son tuplas de la siguiente forma $r = (a, b, i, c, v)$ en donde “a” y “b” son los dos agentes comprometidos en la interacción y “c”, “v” son las calificaciones dadas por “a” sobre el agente “b”.

El termino “c” contempla los servicios provistos por “b”. El termino “v” es un rango entre $[-1, +1]$, donde -1 significa absoluto negativo, +1 absoluto positivo y 0 es un valor neutro o no certero.

Para calcular la IT de experiencias pasadas, el agente necesita llevar un registro de las calificaciones en una base de datos local de calificaciones. Cuando se pretende calcular la IT para el agente “b” respecto al termino “c” el agente “a” tiene que consultar tiene que consultar todas la calificaciones de la forma $r = (a, b, i, c, v)$ y que los términos “i” y “v” se encuentren vacíos. Esto se llama conjunto de calificaciones $R(a, b, c)$. Entonces la IT denotada por “TI” es calculada por medio de la sumatoria de todas las calificaciones en el conjunto:

$$TI(a, b, c) = \sum_{R_i \in R(a, b, c)} w(r_i) \cdot v_i$$

En donde “v_i” es el valor de las calificaciones y “r_i” y “w(r_i)” es el correspondiente a “r_i”.

El peso “w(ri)” para cada calificación es seleccionado teniendo en cuenta que se le dará mas peso a las calificaciones mas recientes con la siguiente restricción

$$\sum_{ri \in R(a,b,c)} w(ri) = 1$$

Esto es para asegurar que el valor de confianza TI(a, b, c) esté entre el rango [-1,+1]. En este modelo cada valor de confianza trae consigo una calificación/tasa de fiabilidad el cual representa con mas certeza la confianza en el modelo y produciendo un valor teniendo en cuenta los datos propuestos.

Este valor es construido por medio de las siguientes medidas: ρN (a, b, c): la medida de fiabilidad en el número de calificaciones tomadas en cuenta TI. Si el número de calificaciones n aumenta así la confianza lo hará el valor de fiabilidad hasta llegar hasta un umbral predefinido (m).

$$\rho N(a, b, c) = \begin{cases} n/m & \text{cuando } n \leq m \\ 1 & \text{cuando } n > m \end{cases}$$

En donde “n” es la cardinalidad del conjunto R(a, b, c). El valor de la función n/m tiene un rango entre 0 y 1 cuando n se encuentra en [0, m]. Por tanto, la fiabilidad ρN (a, b, c) se incrementa entre [0, 1] cuando el número de calificaciones n se incrementa desde 0 hasta m y se conserva en 1 cuando n excede el umbral.

ρD (a, b, c): la tasa de desviación de la fiabilidad, es la mayor variabilidad entre los valores de las calificaciones.

$$\rho D(a, b, c) = \frac{W(ri) \cdot |vi - TI(a, b, c)|}{\epsilon R(a, b, c) \cdot 2}$$

Entonces, la fiabilidad medido por IT (llamada ρTI (a, b, c) está definida por la siguiente fórmula:

$$\rho TI(a, b, c) = \rho N(a, b, c) \cdot \rho D(a, b, c)$$

- **Confianza basada en roles:** Estos modelos resultan de las relaciones basadas en roles entre dos agentes, al no existir métodos computacionales para cuantificar estos modelos, se usan reglas para asignar estos valores.

Las reglas son tuplas de la siguiente forma rul = (rol a, rol b, c, VD , CD) lo que describe que si el “rol a” es del agente “a” y el “rol b” del “b”, entonces el desempeño esperado de “b” es una interacción con “a” es “VD” (VD ∈ [-1, 1]) con respecto al término “c”; CD ∈ [0, 1] es el nivel por defecto de esta regla en el valor resultante en RT. Por ejemplo estas podrían ser unas reglas para la compra de “a” a “b”.

rul 1 = (comprador, vendedor, calidad, -0.2, 0.3).
 rul 2 = (amigo comprador, amigo vendedor, calidad, 0, 0.6), y
 rul 3 = (-, gobierno vendedor, calidad, 0, 0.9).

La primera regla expresa que un agente cree que el vendedor le vende un producto de menor calidad a lo acordado usualmente, pero la fiabilidad de esta creencia es baja (0,3).

En la regla 2, se tiene la creencia que la amistad entre los agentes garantiza el cumplimiento de los términos acordados en cuanto a la calidad del producto, lo que se da también en la última regla con el gobierno.

Cada agente tiene su propio conjunto de reglas que son almacenadas en la base de datos local de reglas. Para determinar RT para el agente “b”, el agente a se rige por las reglas más relevantes contenidas en BD. Este valor está dado por la siguiente fórmula:

$$TR(a, b, c) = \frac{\sum \text{ruli e rules (a, b, c) CD } i . VD i}{\sum \text{ruli e rules (a, b, c) CD } i}$$

- **Reputación de testigo:** Este componente se construye a partir del comportamiento del agente objetivo "b" por otros agentes testigos. Para poder evaluar la WR "a" necesita encontrar testigos que hayan interactuado con "b" los cuales se encuentran en el sistema de referencia. Cada agente en el sistema, mantiene un listado de conocidos para en caso que se les esté requiriendo alguna referencia, para enviar consultas a sus conocidos. Si este caso no se diera el agente enviaría información acerca de los agentes que si podrían tener esta referencia.

En este modelo cada agente tiene un grado de conocidos que llenan la información para consultas futuras. Esta medida necesita ser especificada por ejemplo en el ambiente de evaluación "el banco de pruebas", los agentes son asumidos como conocedores de los agentes locales.

Cuando un agente a valore el WR de un agente b envía una consulta de calificaciones de la siguiente forma (-, b, - c,-) para aquellos conocidos que tienden a tener calificaciones relevantes acerca del agente "b" y el término "c". Si existe alguna coincidencia en las consultas quiere decir que este agente ha tenido interacciones con "b". Sino existe ninguna coincidencia se retorna una referencia a los conocidos de "a" que pueden haber interactuado en "b" o también los agentes que puedan dar una calificación acerca de "b". Este proceso continúa hasta que "a" encuentre suficientes testigos.

$$TR(a, b, c) = \sum_{ri \in R(a, b, c)} w(ri) * vi$$

En donde RW (a, b, c) es el conjunto de calificaciones de los testigos encontrados por el agente "a", el peso "W(ri)" para cada calificación está definido anteriormente en la confianza de interacción y "ri" es el valor de la calificación para "ri". La medida de la fiabilidad para WR puede ser definida por pTw (a, b, c), o por las calificaciones comprendidas en RW (a, b, c) vistas en confianza por interacción.

- **Reputación certificada:** Esta reputación es presentada por el agente calificado, él provee el rango de calificaciones que se le han ido otorgando a lo largo de las interacciones con los demás agentes, estas calificaciones se convierten en certificaciones y les sirven a los agentes para probar qué tan buena es su reputación. Como un agente "b" puede escoger sus mejores calificaciones para mostrar, un agente racional entonces mostrará las mejores. Se puede afirmar que una reputación certificada sobre estima el comportamiento de un agente, esto quiere decir que en su comportamiento no existen garantías al solo conocer una parte de su pasado. La ventaja de este tipo de reputación consiste en el fácil acceso que puede lograr inclusive si otros componentes han fallado.

El proceso de esta reputación es el siguiente:

Después de cada interacción o transacción, "b" pide una calificación a sus compañeros y la almacena en su base de datos. Cuando "a" contacta "b", para expresar su interés en usar "b", "a" pide referencias de su pasado. El agente "a" recibe calificaciones de "b", recibe un valor de fiabilidad y calculo el valor de confianza "b".

El valor de CR, Tc (a, b, c), y su fiabilidad pTc (a, b, c) son calculados por el componente de reputación de testigo (WR), pero cambian las calificaciones tomadas en cuenta por un conjunto de calificaciones dadas por el mismo "b".

6. APLICACIÓN DEL MODELO FIRE AL CASO DEL SISTEMA DE RECOMENDACIÓN DE COOTRACOLTA LTDA

DETERMINACIÓN DE LAS CALIFICACIONES DE LOS ACTORES

En cuanto a la determinación de cómo van a ser las calificaciones otorgadas por cada uno de los actores del sistema, se vio la necesidad de formular una escala de acuerdo a quienes son los actores que más

interactúan con un proveedor, dándoles un mayor rango de calificaciones, hasta los que menos interactúan dándoles un menor rango de calificaciones. La tabla 1 presenta los rangos de calificación que será utilizadas en los actores son:

Tabla 1. Rango de calificaciones de los actores.

ACTOR	RANGO DE CALIFICACIONES
Gerente Administrativo	- 1,0 – 1,0
Jefe de Departamento de Compras	- 0,8 – 0,8
Jefe de Bodega	- 0,6 – 0,6
Jefe de Almacén	- 0,6 – 0,6
Mercaderista	- 0,4 – 0,4

Fuente: Autor del Proyecto del proyecto.

Las calificaciones propuestas anteriormente se dieron de esa forma con el fin de darle mayor trascendencia a las calificaciones de los agentes más relacionados con los proveedores. También para poder definir correctamente la confianza y reputación, se propone interpretar las calificaciones de la siguiente forma:

En el modelo FIRE se maneja el Rango de calificación así: [-1,1], donde -1 = “malo”, 0=“neutral”, 1= “bueno”. Sin embargo, se realizaron ciertas modificaciones a la escala propuesta en FIRE.

Para el presente caso de estudio, se ha usado una escala entre [-1,1], la cual representa los siguientes aspectos:

1. Una muy buena calificación está dada por el intervalo: [0.5, 1]
2. Una calificación buena se representa por: [0.01, 0.49]
3. Una calificación mala sería: [-0.49,-0.01]
4. Una calificación pésima: [-1,-0.5]
5. Una calificación neutra: [0]

Estas calificaciones se describen de acuerdo al comportamiento y el rendimiento del proveedor con cada uno de los agentes involucrados. Para obtener una muy buena calificación el proveedor tiene que cumplir con los objetivos que se le han impuesto antes y mejor de lo previsto, como por ejemplo: Anticipación del tiempo acordado de entrega de los productos, excelente calidad de los productos y acatamiento con las unidades acordadas.

La segunda calificación se dará en el caso de que el proveedor cumpla obligatoriamente con los objetivos que se le han impuesto cómo por ejemplo: Cumplimiento del tiempo acordado de entrega de los productos, muy buena calidad de los productos y acatamiento con las unidades acordadas.

La tercera calificación se otorgará si el proveedor llegara a incumplir con algunos de los objetivos y la cuarta sucederá en el caso en que se desacate con la mayoría de los objetivos esperados. En cuanto a las calificaciones neutras, estas se concederán a los proveedores que no tienen ningún tipo de pasado con COOTRACOLTA LTDA.

7. CRITERIOS DE CALIFICACIÓN A TENER EN CUENTA PARA EL MODELO DE CONFIANZA COMPUTACIONAL PROPUESTO.

Los criterios a evaluar en el sistema son:

Tabla 2. Criterios a evaluar en el sistema

CRITERIO	DESCRIPCION
Calidad del pedido	<ul style="list-style-type: none">• Esta definido por el estado físico de los productos que vienen en el pedido.
Tiempo de entrega del pedido	<ul style="list-style-type: none">• Es el tiempo total que tomó el pedido en llegar a la bodega.
Autenticidad del pedido	<ul style="list-style-type: none">• Consiste en que el pedido concuerde con los productos pedidos y la cantidad pedida de dicho producto.
Tiempo de respuesta ante eventualidad	<ul style="list-style-type: none">• Este es el tiempo de demora que tiene el proveedor para dar solución a la eventualidad y cumplir con el contrato de pedido.

Fuente: Autor del Proyecto del proyecto.

8. CALIFICACIONES ESPERADAS DE INTERACCIÓN QUE DEBE SEGUIR LOS ACTORES CON EL PROVEEDOR.

Las calificaciones que podrán otorgar los usuarios del sistema de recomendación están definidas entre unos rangos los cuales fueron asignadas con el propósito de darle mas confiabilidad al modelo de confianza, por ejemplo si se asignan un rango muy extenso de calificaciones para el proveedor muy seguramente el escoja las mejores calificaciones para conseguir una buena recomendación. En la tabla 3 a continuación se muestran de qué forma se llevara a cabo la calificación de los proveedores. El modelo de confianza computacional FIRE posee cuatro criterios los cuales utilizarán las calificaciones de cada uno de los actores del sistema, esto se dará en todas las situaciones que pueda afrontar el proveedor.

Tabla 3. Calificaciones de interacción esperadas que deben seguir los actores con el proveedor.

ACTOR	PROVEEDOR																			
	Situación																			
	Paro					Falla técnica					Delito					Problemas Climáticos				
Crterios de Confianza y reputación	CI	CR	WR	RC	CC	CI	CR	WR	RC	CC	CI	CR	WR	RC	CC	CI	CR	WR	RC	CC
Gerente Administrativo	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Departamento de Compras	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Mercaderista	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Jefe de Almacén	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Jefe de Bodega	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Fuente: Autor del Proyecto del proyecto.

CI: Confianza de Interacción.

RC: Reputación certificada.

CR: Confianza basada en roles.

CC: Combinación de los componentes.

WR: Reputación de testigo.

X: Número dentro del rango definido de calificación

9. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA PROPUESTA AL CASO DEL SISTEMA DE RECOMENDACIÓN DE COOTRACOLTA LTDA

○ FASE DE RECOLECCIÓN DE REQUERIMIENTOS

En esta fase se identifican los actores que se encuentran presentes en el Proceso de Existencias de COOTRACOLTA LTDA. Para el caso de estudio escogido los actores están descritos anteriormente en la sección acerca de COOTRACOLTA LTDA.

○ FASE DE ANÁLISIS

En esta fase se llevarán a cabo el análisis de las diferentes actividades, entre las que se encuentran: sub-organizaciones, modelo de roles e modelo de interacciones.

➤ Sub-organizaciones dentro del sistema

En esta etapa se lleva a cabo la subdivisión del sistema de acuerdo a sus objetivos y requerimientos en la organización en COOTRACOLTA LTDA, la cual está a su vez conformada por seis sub-sistemas o sub-organizaciones que facilitarán el seguimiento del sistema. Cada sub-sistema tiene sus propias características y objetivos que los hace diferentes entre ellos pero una o otra forma están relacionados entre sí. Estas sub-organizaciones están conformadas: Gerente Administrativo, Departamento de Compras, Proveedor, Mercaderista, Jefe de Bodega y Jefe de Almacén. A continuación se describirán dichas sub-organizaciones con sus características:

- Sub-organizaciones Gerencia Administrativa: El está encargado de dar visto bueno al Proceso de Pedido al igual de mantener un control sobre el buen funcionamiento y cumplimiento de los cargos en la empresa de modo que no exista ningún problema o demora interna.
- Sub-organizaciones Departamento de Compras: Recibe la información proveniente del mercaderista de cada producto para generar la orden de pedido que será enviada al proveedor. También hace el registro de los nuevos proveedores que quieren pertenecer a la empresa.
- Sub-organizaciones Proveedor: Recibe las correspondientes órdenes de pedidos por las empresas y envía las existencias requeridas por cada una de ellas.
- Sub-organizaciones Mercadeo y Publicidad: Este tiene a cargo una serie de productos de determinada marca, para los cuales debe hacer un inventario teniendo en cuenta la existencias en el almacén y bodega, con el fin de sugerir un número de existencias para el próximo pedido, esta información la envía al Departamento de Compras.
- Sub-organizaciones Jefatura de Bodega: Recibe los pedidos hechos por el Departamento de Compras y hace inventarios constantes de los artículos de la Bodega.
- Sub-organizaciones Jefatura de Almacén: Hace pedidos al Jefe de Bodega para suplir el almacén de acuerdo a las necesidades del cliente y hace inventarios constantes de los artículos del Almacén.

➤ Modelo de Roles Preliminares

En esta etapa se llevará a cabo las diferentes actividades dentro del Proceso de Control de Pedidos de COOTRACOLTA LTDA. A continuación se visualizará los protocolos, actividades, escenarios, responsabilidades y comportamientos en cada uno de los procesos.

○ COMPONENTES DE FIRE APLICADO AL CASO DE ESTUDIO

Los componentes de FIRE para el caso de estudio fueron propuestos de forma general ya que cada uno de los actores que se encuentra dentro del sistema de pedidos tiene que calificar los mismos criterios.

➤ **Confianza de Interacción (IT)**

Las siguientes son las reglas que tienen la forma:

$$r = (a, b, i, c, v)$$

1. $r = (\text{Actor}, \text{proveedor}, \text{calidad del pedido}, \text{pedido}, _v__)$
2. $r = (\text{Actor}, \text{proveedor}, \text{tiempo de entrega del pedido}, \text{pedido}, _v__)$
3. $r = (\text{Actor}, \text{proveedor}, \text{autenticidad del pedido}, \text{pedido}, _v__)$
4. $r = (\text{Actor}, \text{proveedor}, \text{tiempo de respuesta ante eventualidad}, \text{pedido}, _v__)$

Se utilizan las siguientes fórmulas estudiadas en la Sección del Marco Teórico

$$IT(a,b,c) = \sum_{ri \in R(a, b, c)} w(ri) * vi \quad (1)$$

$$Pn(a, b, c) = \begin{cases} n/m & \text{cuando } n \leq m \\ 1 & \text{cuando } n > m \end{cases} \quad (2)$$

$$Pd(a,b,c) = 1 - \frac{\sum w(ri) * |vi - IT(a,b,c)|}{2} \quad (3)$$

$$ri \in R(a, b, c) \text{ pIT}(a, b, c) = Pn(a, b, c) * Pd(a, b, c) \quad (4)$$

➤ **Confianza Basada en Roles (RT)**

Las reglas tienen la siguiente forma:

$$\text{Regla: } (rol\ a, rol\ b, c, vD, eD)$$

Se ha definido a vD con los valores determinados en los rangos de cada uno de los actores del sistema. Teniendo en cuenta los rangos definidos anteriormente, la suma de entre las mismas reglas debe ser igual 1 y están de la siguiente manera:

- Calidad del pedido

$$r = (\text{Actor}, \text{proveedor}, \text{calidad del pedido}, \text{pedido}, _, _)$$

- Tiempo de entrega del pedido

$$r = (\text{Actor}, \text{proveedor}, \text{tiempo de entrega del pedido}, \text{pedido}, _, _)$$

- Autenticidad del pedido

$$r = (\text{Actor}, \text{proveedor}, \text{autenticidad del pedido}, \text{pedido}, _, _)$$

- Tiempo de respuesta ante eventualidad

$$r = (\text{Actor}, \text{proveedor}, \text{tiempo de respuesta ante eventualidad}, \text{pedido}, _, _)$$

Las fórmulas utilizadas son:

$$RT(a,b,c) = \frac{\sum_{regla i \in Reglas(a,b,c)} vDi * eDi}{\sum_{regla i \in Reglas(a,b,c)} eDi} \quad (5)$$

Para medir la confianza en los datos obtenidos en RT es necesario aplicar las fórmulas 2, 3 y 4.

Las reglas que se utilizan en este componente son iguales a las del componente de confianza de iteración, sin embargo el rango de calificaciones va estar por los conocidos del proveedor, las reglas tienen la siguiente forma:

$$r = (a, b, i, c, v)$$

$$r1 = (\text{conocido}, \text{proveedor}, \text{calidad del pedido}, \text{pedido}, _v___)$$

$$r2 = (\text{conocido}, \text{proveedor}, \text{tiempo de entrega del pedido}, \text{pedido}, _v___)$$

$$r3 = (\text{conocido}, \text{proveedor}, \text{autenticidad del pedido}, \text{pedido}, _v___)$$

$$r4 = (\text{conocido}, \text{proveedor}, \text{tiempo de respuesta ante eventualidad}, \text{pedido}, _v___)$$

Se utilizan las siguientes fórmulas estudiadas en la Sección del Marco Teórico

$$IT(a,b,c) = \sum_{ri \in CR(a, b, c)} w(ri) * vi \quad (1)$$

$$Pn(a, b, c) = \begin{cases} n/m & \text{cuando } n \leq m \\ 1 & \text{cuando } n > m \end{cases} \quad (2)$$

$$Pd(a,b,c) = 1 - \sum_{ri \in CR(a, b, c)} \frac{w(ri) * |vi - IT(a,b,c)|}{2} \quad (3)$$

$$pIT(a, b, c) = Pn(a, b, c) * Pd(a, b, c) \quad (4)$$

➤ **Reputación de Testigos (WR)**

Las reglas que se utilizan en este componente son iguales a las del componente de confianza de iteración, sin embargo el rango de calificaciones va estar por los conocidos del proveedor, las reglas tienen la siguiente forma:

$$r = (a, b, i, c, v)$$

$$r1 = (\text{conocido}, \text{proveedor}, \text{calidad del pedido}, \text{pedido}, _v___)$$

$$r2 = (\text{conocido}, \text{proveedor}, \text{tiempo de entrega del pedido}, \text{pedido}, _v___)$$

$$r3 = (\text{conocido}, \text{proveedor}, \text{autenticidad del pedido}, \text{pedido}, _v___)$$

$$r4 = (\text{conocido}, \text{proveedor}, \text{tiempo de respuesta ante eventualidad}, \text{pedido}, _v___)$$

Se utilizan las siguientes fórmulas estudiadas en la Sección del Marco Teórico

$$IT(a,b,c) = \sum_{ri \in CR(a, b, c)} w(ri) * vi \quad (1)$$

$$Pn(a, b, c) = \begin{cases} n/m & \text{cuando } n \leq m \\ 1 & \text{cuando } n > m \end{cases} \quad (2)$$

$$Pd(a,b,c) = 1 - \sum_{ri \in CR(a, b, c)} \frac{w(ri) * |vi - IT(a,b,c)|}{2} \quad (3)$$

$$pIT(a, b, c) = Pn(a, b, c) * Pd(a, b, c) \quad (4)$$

➤ **Reputación de Certificados (CR)**

Las reglas son de la siguiente forma:

$$Tc(a,b,c,___) \quad \text{y} \quad pTc(a,b,c,___)$$

➤ **Criterios ajustados al componente.**

- Regla1= (*Actor, proveedor, calidad del pedido, _____*).
- Regla2= (*Actor, proveedor, tiempo de entrega del pedido, , _____*).
- Regla3= (*Actor, proveedor, autenticidad del pedido, _____*).
- Regla4= (*Actor, proveedor, tiempo de respuesta ante eventualidad , _____*).

Las fórmulas utilizadas son:

$$CT(a,b,c) = \sum_{ri \in R(a, b, c)} w(ri) * vi \quad (8)$$

➤ **Combinando los Componentes.**

En esta etapa se describe el jefe de departamento de compra cuando esta generando las órdenes de pedidos pasados. Él revisa en su base de datos las órdenes de pedidos generados anteriormente con el proveedor para así dar las calificaciones. Luego se hallan las formulas de confianza, se califica el proveedor después de las interacciones y se presentan los resultados alcanzados de la confianza. Para resumir, solo se van a tener en cuenta las interacciones de fin de la solicitud de órdenes pedidos. A continuación se presentara tres diferentes momentos en que se van a realizar las interacciones para observar el comportamiento de los datos de la confianza.

10. Conclusiones

El estudio que se realizó a lo largo de este trabajo se enfocó en el análisis e implementación de los conceptos de modelos de confianza y reputación situacional en sistemas de recomendación específicamente en el caso de cadenas de suministros, en donde se ve la necesidad de implementar un sistema que ayuda a diferentes organizaciones a decidir entre una gran variedad de proveedores. Una organización que cumple con las condiciones estipuladas para el proyecto es COOTRACOLTA LTDA en la cual se estudiaron a los proveedores de su línea de productos familiares de aseo.

La Metodología GAIA II fue escogida de acuerdo a su generalidad y fácil adaptabilidad a los nuevos requerimientos encontrados en el diseño y análisis de los Sistemas de Recomendación con un enfoque Reputación Situacional; sin embargo, esta metodología presento debilidades como la no contemplación de aspectos sociales como metas, tareas, leyes etc. El Modelo del ambiente es implícito, ya que no existe una fuente que permita cambios posteriores. No permite un cambio frecuente en los requerimientos y no cubre un ciclo de vida completo para un proyecto.

En consecuencia en la fase de análisis del proyecto se tuvo la necesidad de desarrollar una metodología que fuera capaz de extraer la información acerca de las situaciones que aquejan el funcionamiento de la organización, esta información es necesaria para las siguientes fases de desarrollo. La metodología propuesta es una combinación de la metodología de desarrollo de sistemas multi-agentes GAIA con la metodología subjetiva Prometheus ya que la Metodología Prometheus ofrece la posibilidad de contemplar diferentes escenarios en vez de un solo ambiente lo cual es muy pertinente al Diseño Metodológico del proyecto debido a que una vez se obtengan las situaciones específicas que se den un Sistema de Proveedores se podrán modelar y relacionar con los demás modelos propuestos por GAIA II.. La metodología propuesta es de gran ayuda para el desarrollo de este proyecto, sin embargo, existen otros conceptos en la Metodología Prometheus que pueden muy pertinentes para un proyecto de este tipo, así como por ejemplo la implementación de los concepto de metas y goles para los agentes, lo cual haría aún mas claro la noción del buen desempeño de un agente dentro del sistema y por ende hacer más su recomendación.

Una de las dificultades más sobresalientes en el caso de estudio surge cuando se pretende tener en cuenta las situaciones que pueden atentar contra el buen funcionamiento del proceso de pedidos, esto se debe a que en un ambiente como en el de COOTRACOLTA LTDA pueden aparecer un sin número de nuevos eventos que no están contemplados en el modelo de confianza computacional FIRE. Sin embargo esto puede ser solucionado hasta cierto punto haciendo un estudio exhaustivo del historial de pedidos con cada proveedor.

Una solución a la problemática anterior puede ser también el uso de agentes adaptativos los cuales tenga la habilidad para agregar y adaptar los nuevos criterios para generar RECOMENDACIÓN es mas certeras y confiables, esto sería muy pertinente sobre todo para los actores recomendador y verificador.

10. Trabajos Futuros

La recomendación de Proveedores de COOTRACOLTA LTDA consiste en una serie de tareas que afectan a diferentes entornos. Se considera que los sistemas multi-agentes pueden proporcionar todas las técnicas y aspectos necesarios para tratar adecuadamente el carácter dinámico de los sistemas de recomendación. Esto se debe a dos causas generales, la primera es que proporcionan la realización de sistemas distribuidos capaces de realizar tareas complejas a través de cooperación e interacción y, por otro lado, la segunda es que permiten el análisis teórico y experimental de mecanismos de autoorganización y adaptación que tienen lugar cuando las entidades autónomas interactúan.

Así también se debe considerar como trabajo futuro la utilización de los agentes adaptativos, esta cualidad le permitirá flexibilidad necesaria para aprender del comportamiento del entorno incrementando su funcionalidad en el tiempo con la personalización del sistema a un entorno nuevo.

11. Referencias

[1] ABDUL-RAHMAN A, HAILES, 2000, Supporting trust in virtual communities, En Proceedings of the Hawaii's International conference on Systems Sciences, Maui Hawaii.

[2] BARRERA SANABRIA, Gareth. Aplicación de una metodología orientada a agentes en la implantación de un sistema de reserva automática de vuelos. Tesis de Maestría en Ciencias Computacionales. UNAB-ITESM. (En desarrollo)

[3] BOTTI NAVARRO, Vicente J, GIRET BOGGINO Adriana, 2003, Aplicaciones Industriales de los Sistemas Multiagentes.

[4] CARTER, Leyton y GHORBANI, Ali A. Value Centric Trust In Multiagent Systems, Faculty of Computer Science, University of New Brunswick, Fredericton, NB, E3B 5A3, Canada.

[5] CASTELFRANCHI, Cristiano y RINO, Falcone. Principles of Trust for Mas: Cognitive Anatomy, Social Importance, and Quantification, Division of "AI, Cognitive Modelling and Interaction", National Research Council - Institute of Psychology - Roma – Italia.

[6] COLEMAN, Derek. ARNOLD, Patrick. BODOFF, Stephanie. DOLLIN, Chris. GILCHRIST, Helena. HAYES, Fiona. JEREMAES, Paúl. Object-Oriented Development: The fusion Method. Prentice Hall International: Hemel Hempstead, England, 1994.

[6] CORENA, Eduardo Antonio. NIETO PINZÓN, William Antonio y PICO HERNÁNDEZ, Freddy, Prototipo de Aplicación de Comercio Electrónico Utilizando la Metodología GAIA al Desarrollo de Software Orientado a Agentes, Tesis en Ingeniería de Sistemas, Universidad Autónoma de Bucaramanga, 2002.

[7] FOX Mark S., BARBUCEANU Mihai, y TEIGEN Rune. Agent-Oriented Supply Chain Management. The International Journal of Flexible Manufacturing Systems, 12, 2000.

[8] GARCIA, Alonso Daniel. PAVÓN MESTRAS, Juan. Introducción al estándar FIPA, Departamento de sistemas Informáticos y Programación, UCM informe Técnico UCM-DSIP 98-00 Versión 1.0.

- [9] GARCIA OJEDA, Juan Carlos. Buscadores Inteligentes de Información Basados en la Tecnología de Agentes Móviles Tesis en Ingeniería de Sistemas, Universidad Autónoma de Bucaramanga, 2002.
- [10] Guerrero, Fernando. Guía detallada de implementación en .Net. Disponible: <http://www.willydev.net/descargas/Articulos/General/guiaimplementa.aspx>
- [11] HUYNH T., Dong. JENNINGS, Nicholas R. y SHADBOLT, Nigel R. Fire: an Integrated Trust and Reputation Model for Open Multi-Agent Systems, 2003.
- [12] JENNINGS, Nicholas R. HUYNH, Dong y RAMCHURN, Sarvapali. TRUST IN MULTI-AGENT SYSTEM, University of Southampton, UKR.
- [13] JENNINGS, Nicholas R. SARVAPALI, DASH Rajdeep K y RAMCHURN D. Trust-Based Mechanism Design, Universidad de Southampton, UK. 2004.
- [14] JENNINGS, Nicholas. WOOLDRIGE, Michael y KINNY, David. The GAIA Methodology for Agent-Oriented Analysis and Design, Kluwer Academic Publishers, Boston. Manufactured in The Netherlands, 2000.
- [15] MEJÍA SALAZAR, María Helena. Prototipo de Un Sistema Multiagente De Filtrado Cognitivo y Colaborativo Bajo la Metodología GAIA, tesis en Ingeniería de Sistemas, Universidad Autónoma de Bucaramanga, 2004.
- [16] MONTAGU CASTRO, Maria Clemencia y VARGAS MAYORCA, Jorge Leonardo. Aplicación de la Metodología Ingenierías en la Implementación de un Prototipo de Supply Chain Management, Ingeniería de Sistemas, Universidad Autónoma de Bucaramanga, 2004.
- [17] MUI, Lik y PHIL, M. Computational Models of Trust and Reputation: Agents, Evolutionary Games, and Social Networks, 2002.
- [18] NIEK J. E. Wijngaards, HIDDE M. Boonstra AND FRANCES M. T. Razier. The Role of Trust in Distributed Design, Intelligent Interactive Distributed Systems Group, Faculty of Sciences, Vrije Universiteit Amsterdam.
- [19] NWANA, Hyacinth S. Software Agents: An Overview. Knowledge Engineering Review.
- [20] PALAZZO, Luiz Antonio. "Sistemas de RECOMENDACIONES". XXI Jornada de Actualización en Informática Congreso da SBC. UFSC. Florianópolis, JuGlio del 2002.
- [21] PADGHAM, Lin. STERLING, Leon. WINIKOFF, Michael. The Prometheus-Roadmap Methodology, Escuela de Ciencias Computacionales e IT (Tecnologías de Información) RMIT y Escuela de Ciencias Computacionales e Ingeniería del Software de la Universidad de Melbourne, Australia.
- [22] PODBEREZSK, Víctor Daniel, SALVADOR Jorge, Utilización de agentes y reputación en la administración de la cadena de suministros industriales, Buenos Aires, Argentina disponible: www.fi.uba.ar/laboratorios/lsi/JIISIC-2006-reputacion.pdf.
- [23] SABATER, Mir Jordi, 2003. Trust and Reputation for Agent Societies, Tesis Doctoral, Universidad Autónoma de Barcelona.
- [24] SANABRIA ACUÑA, Lizbeth y VILLAMIZAR CABALLERO, Natalia. Aplicación Y Validación De Un Modelo De Confianza Computacional En El Desarrollo De Un Sistema Multi-Agentes. Tesis en Ingeniería de Sistemas, Universidad Autónoma de Bucaramanga, 2005.
- [25] Schafer, J. B., Konstan, J., Riedl, J.: Electronic Commerce Recommendation Applications. Journal of Data Mining and Knowledge Discovery, vol. 5 N 1/2, (2001) pp. 115-152.
- [26] SIERRA, Carles. GODO, Luís. JENNINGS, Nicholas R. y SARVAPALI D, Ramchurn. Devising A Trust Model For Multi-Agent Interactions Using Confidence And Reputation. 2004.
- [27] WOOLDRIGE, Michael. ZAMBONELLI, Franco y JENNINGS, Nicholas R, Developing Multiagent System: The GAIA Methodology, Department Of Computer Science, University Of Liverpool, 2003.

[28] YAN ZHENG, Wei. MOREAU, Luc y JENNINGS, Nicholas R. Market Based Recommender Systems: Learning Users' Interests by Quality Classification and University Of Southampton, UK.