



03063
UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO

U.A.C.P. y P. del C.C.H.
I.I.M.A.S.

UN SISTEMA PARA EL CONTROL DE LA
COOPERACIÓN ENTRE FACILITADORES

T E S I S

Que para obtener el Grado de

MAESTRO EN CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN

presenta

LUIS ZAMORA CORTINA

México, D. F

Mayo de 1996

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AGRADECIMIENTO

Al Laboratorio Nacional de Informática Avanzada (LANIA):

Por ser un polo de desarrollo dentro de las Ciencias de la Computación, del cual también me he beneficiado. Agradezco sinceramente todas las facilidades, tanto materiales como intelectuales que me fueron concedidas para el desarrollo del presente trabajo.

A mi Director de Tesis:

Dr. Christian Lemaire León

Por haberme brindado sus conocimientos, su experiencia, su tiempo y la dirección precisa para lograr mi objetivo. Por permitirme compartir algunos de sus logros académicos. Gracias por haber sido tan singular Maestro.

A mis Sinodales:

Dr. Horacio Carvajal

Dr. Victor Germán Sanchez

Dr. Sergio Marcellin

Dra. Hanna Oktaba

Por el tiempo concedido para la revisión de mi trabajo, y por los comentarios siempre atinados que permitieron mejorarlo sustancialmente.

DEDICATORIA

A mis Padres: Manuelita (q.e.p.d) y Antonio:

Con admiración y cariño. A quien les debo todo lo positivo que he logrado en mi vida. Con la certeza de saber que, aunque lo inevitable ha llegado, los tendré siempre junto a mí.

A Laura del Carmen, Ana Luisa y Margarita:

Mis mas grandes motivos de orgullo y esperanza.

A María del Carmen:

Que más bien podría ser coautora del presente trabajo, por haberme dado su amor, paciencia y apoyo; por haber sabido dirigir nuestro hogar en mi ausencia. Mi compañera de siempre: hemos alcanzado una meta más en nuestra vida.

UN SISTEMA PARA EL CONTROL DE LA COOPERACION ENTRE FACILITADORES

CONTENIDO

INTRODUCCION	3
I ANTECEDENTES	12
2 ARQUITECTURA DEL FACILITADOR	21
2.1 La Metáfora de la Oficina	21
2.2 Modelo Computacional de la Red de Cooperación	24
2.3 Facilitador	26
3 PROPUESTA	31
4 ACTOS DE HABLA	36
4.1 Clases de Actos de Habla	36
4.2 Determinación de los Actos de Habla	37
4.3 Aspecto Social	39
4.4 Actos de Habla Considerados	41
5 ATNs: UN FORMALISMO PARA EL CONTROL DE LA COOPERACION	49
5.1 Definiciones	49
5.2 ATNs empleadas	56
6 RED COOPERATIVA PARA LA ASIGNACION DE CREDITOS	73
6.1 Descripción de la Red	73

6.2 Descripción de la Implantación	79
6.3 Extensión de la Red de Cooperación	82
6.4 Ejemplo de una Corrida	83
7 CONCLUSIONES	85
8 REFERENCIAS	89
APENDICE	92

Ejemplo de una Corrida

INTRODUCCION

Un subcampo de la Inteligencia Artificial que se está desarrollando actualmente es la *Inteligencia Artificial Distribuida* (IAD), que en general trata sobre la concurrencia en procesos computacionales a muchos niveles. De acuerdo a Bond y Gasser (3), una de las áreas principales de la IAD es la que llaman *Sistemas Multiagentes*, que se ocupa de coordinar la conducta inteligente de una colección de, posiblemente preexistentes, agentes inteligentes autónomos (intuitivamente un agente es un proceso computacional con un solo sitio de control y/o "intención"), y de como éstos pueden coordinar su conocimiento, metas, habilidades y planes conjuntamente para ejecutar alguna acción o para resolver algún problema. Los agentes pueden estar trabajando hacia una sola meta global, o hacia metas individuales separadas que interactúan. Los agentes en un sistema multiagente deben compartir el conocimiento acerca de los problemas y sus soluciones, pero también deben razonar acerca de los procesos de coordinación y cooperación entre los agentes.

Respecto a lo anterior, existen dos tendencias bajo las cuales se desarrollan los trabajos en sistemas multiagente:

- 1) Concebir un sistema desde su inicio para trabajar en forma cooperativa, diseñando la arquitectura de los agentes, las estrategias de cooperación y la organización del sistema para trabajar de esta manera.
- 2) Partir de un conjunto de sistemas que funcionan dentro de una misma empresa, creados para trabajar en forma aislada, pero que se quiere que cooperen entre sí para resolver problemas más complejos fuera de las capacidades aisladas de cada

uno de ellos.

La corriente predominante de investigación en IAD hasta hace algunos años, se relacionaba con la primera de las tendencias, y partía de la necesidad de diseñar ambientes de desarrollo de sistemas cooperativos; permitiendo en un inicio centrar la atención en los aspectos básicos del campo, como son: las estrategias de cooperación, la dinámica de los diálogos entre los agentes, la arquitectura de los agentes, etc. Conforme se ha avanzado en estos temas, y se ha experimentado con diferentes entornos de programación de sistemas cooperativos (12, 17), diferentes grupos de investigación emprendieron la tarea de integrar estos agentes cooperativos a sistemas mas grandes que aseguran la interoperatividad de sistemas informáticos heterogéneos, como es el caso de los sistemas Carnot y Archon (6, 2). La necesidad de incorporar estas tecnologías a las problemáticas concretas de las empresas ha implicado un redireccionamiento de los temas de investigación en IAD, en donde si bien se sigue trabajando en los aspectos básicos mencionados antes, se están solucionando nuevos problemas, procedentes de la situación que prevalece en los sistemas actualmente en operación en el ambiente de la industria y los servicios. Cabe mencionar dos conceptos fundamentales en este sentido: la *heterogeneidad* y la *integración*. Heterogeneidad de las representaciones del conocimiento, de las bases de datos, de los sistemas de aplicación, de los lenguajes en que éstos están programados, de los servicios de comunicación, de los sistemas operativos y de las propias computadoras. Integración, por su parte, es el concepto complementario que asegura que el conjunto de aplicaciones, sistemas y servicios pueda funcionar armónicamente.

A partir de 1990 con un trabajo desarrollado por Michael Hulms (12), se ha comenzado a solucionar el problema de comunicar sistemas expertos ya existentes, a través del diseño de una red de comunicación que permite que dichos sistemas se

comuniquen y cooperen entre sí para solucionar problemas de mayor alcance del que individualmente podrían tener. La justificación a tales esfuerzos se debe a que conforme se han multiplicado en las empresas los sistemas expertos, surge la posibilidad de crear con ellos grupos de trabajo. Pero los sistemas expertos tradicionales se desarrollan en forma independiente entre sí, en ambientes de programación y lenguajes diferentes, lo que dificulta su posible comunicación. Es difícil entonces, que una empresa en estas condiciones realice el esfuerzo adicional de reprogramar todos sus sistemas expertos en un ambiente de programación nuevo para agentes cooperativos. La posibilidad de incorporar los sistemas expertos ya existentes a una red de cooperación, de tal forma que con modificaciones mínimas puedan trabajar en grupo, resulta muy atractiva para las empresas.

El propósito del presente trabajo es el de contribuir a diseñar y construir una de tales redes de cooperación, y se sitúa dentro de la segunda de las tendencias mencionadas antes; mediante este paradigma de solución de problemas se puede aprovechar la inversión que representan Sistemas Expertos (SE) ya en funcionamiento, junto con sus bases de conocimientos para las compañías donde están instalados.

En el Laboratorio Nacional de Informática Avanzada se tiene como línea prioritaria de investigación el estudio de *Fundamentos de la Solución Cooperativa de Problemas*. Bajo la segunda de las tendencias mencionada antes y a través de un financiamiento otorgado por CONACYT, se ha desarrollado en LANIA el proyecto: *Red de Solución Cooperativa de Problemas a partir de Sistemas Expertos Tradicionales*. Se ha partido de tres Sistemas Expertos existentes que funcionan dentro del ámbito financiero: un Evaluador de Créditos Bancarios, un Evaluador de Proyectos Financieros, y un Calculador Matemático, con los cuales se integrará una red de cooperación; cumpliendo dos condiciones principales: que

los Sistemas Expertos involucrados se modifiquen lo menos posible y que la interconexión de los Sistemas Expertos sea transparente a los usuarios. El trabajo que aquí se presenta forma parte del mencionado proyecto.

Una *red para la solución cooperativa de problemas* puede definirse como una red distribuída y desacoplada de agentes semiautónomos que juntos trabajan para resolver problemas que están mas allá de sus capacidades individuales. Por agente se entiende una entidad con capacidad de resolver problemas, que existe en un ambiente al cual puede observar y/o modificar; sus principales atributos son poseer conocimiento almacenado e inferido, la capacidad de percibir su medio ambiente, actuar de acuerdo a las observaciones de dicho medio, y la capacidad de comunicarse con otros agentes con fines de cooperación.

El diseño de la red y de cada uno de los agentes deberá contemplar al menos dos tipos de interfaces, una que permita la interconexión de los diferentes equipos de cómputo donde residirán los agentes, y otra, que permitirá la expresión clara y coherente de los diferentes protocolos de cooperación entre agentes. El primer tipo de interfaz está muy ligado a los protocolos y la arquitectura de redes de comunicación de datos utilizadas en la implantación, mientras que el segundo tipo está relacionado con las diferentes estrategias de cooperación que son utilizadas en la solución cooperativa de problemas.

El presente planteamiento, como se mencionó antes, se inscribe dentro de esta última problemática y está concebido como parte de un mecanismo a partir del cual podrá desarrollarse una herramienta que permita subsanar el problema de colaboración y comunicación de esos sistema expertos tradicionales. El mecanismo propuesto que permite la colaboración entre los sistemas expertos es el *facilitador*. A cada sistema experto se le asocia un facilitador, para poder construir a partir de

éstos las redes de comunicación y cooperación que permitan que los sistemas expertos considerados puedan solucionar de manera cooperativa un problema. El término facilitador ha sido empleado en contextos un poco diferentes, ya sea como facilitadores de la comunicación en el caso de Finin (11), o como *facilitadores de apoyo al trabajo cooperativo* en el caso de Cuenca (9). El concepto manejado por Cuenca se aproxima más al aquí propuesto. Las partes principales de un facilitador son cuatro interfaces (del usuario, del sistema experto, de comunicación y del sistema de información) y dos módulos, el de *control de la cooperación*, y el de control del diálogo (14). A nivel de la red de cooperación se deben proporcionar las herramientas necesarias para definir y manejar el metaconocimiento propio del dominio de aplicación, así como la estrategia de cooperación utilizada, y el significado de los mensajes intercambiados.

Recientemente Christian Lemaitre y sus colaboradores (14) presentaron las redes cooperativas de facilitadores basadas en la metáfora de la oficina, que consiste en concebir las oficinas como un *conjunto estratificado de distintas redes de procesamiento de la información*.

En los niveles más bajos se encuentran las redes de transporte de la información (redes de cómputo, de teléfono, fax, etc.). En el siguiente nivel se encuentra la *red de secretarías*, que asegura la transmisión de mensajes entre las distintas oficinas conectadas a la red, y resuelve los problemas de coordinación necesarios para asegurar el apoyo a la red superior formada por la *red de jefes de oficina*. Desde este punto de vista, los jefes son los agentes principales de la estructura, son los clientes de las redes de comunicación y de secretarías. Cada jefe, para poder cooperar con sus iguales, debe delegar en su secretaria gran parte de la labor de comunicación, coordinación y búsqueda de información. Puede verse a cada secretaria como un agente cooperativo experto en comunicarse con los agentes

apropiados para tratar un determinado asunto, en negociar la solución de problemas de coordinación con otros agentes de la misma red, y desde luego en comunicarse con su jefe directo, es decir el agente al cual sirve.

La metáfora de la oficina ha permitido plantear el problema de las redes de cooperación en términos computacionales a través del diseño de una red cooperativa de agentes que corresponde totalmente a la red de secretarías de la metáfora. En el modelo computacional los agentes que corresponden a las secretarías son los facilitadores, los servidores de éstos (los jefes) pueden ser en principio cualquier agente, humano o informático, como un manejador de base de datos, o un sistema experto o cualquier otro sistema.

La metáfora de la oficina permite plantear también el *aspecto social* intrínseco a las redes cooperativas. Dado un conjunto de oficinas que trabajan entre sí, se define lo que puede llamarse una *microsociedad*, que funciona bajo reglas sociales bien establecidas que definen el uso del lenguaje, las normas y los procedimientos compartidos por todos, y que permiten que la actividad cooperativa pueda desarrollarse. Haciendo el traslado al modelo computacional, todo facilitador que entra a la red de cooperación debe poseer un conocimiento acerca del tipo de comportamientos permitidos en esta microsociedad y que son comunes a todos los demás facilitadores, comportamientos que deben definirse dentro de un conjunto de normas de *conducta*.

El presente trabajo está relacionado con el conjunto de conductas que aseguran la cooperación de los diferentes facilitadores, éstos organizan sus conductas como secuencias de tres tipos de acciones: emisión de *actos de habla*, recepción de actos de habla y ejecución de *acciones privadas*. De manera concreta, el presente trabajo comprende los siguientes tres aspectos:

1.- Proponer un esquema de representación de conductas cooperativas. Tal esquema deberá permitir representar tanto la conducta de cada agente en particular, como de la conducta cooperativa formada por las conductas de los agentes que forman la red de cooperación. El formalismo que se presenta capaz de manipular este tipo de conductas está basado en las *redes de transición aumentada* (ATN); para poder manejar las conductas se ha redefinido la semántica de las etiquetas de las transiciones de las ATNs. Al establecer la jerarquía acción, conducta, plan; y al definir que una transición terminal de una ATN corresponde a la ejecución directa de una acción bajo un contexto definido por las pruebas asociadas a esa transición, se logra tener tal *formalismo de representación y control* de las normas generales de conducta cooperativa.

2.- Un *mecanismo de interpretación y ejecución* de las conductas específicas de cada agente. Una ATN, dentro del conjunto de las mismas que definen el módulo del control de la cooperación, se encarga de interpretar las diferentes acciones de cada conducta y de acuerdo al contexto indicado arriba, ejecuta en consecuencia dicha conducta. Este doble papel (representación de conductas; y su interpretación y ejecución) proporciona a este formalismo gran poder y flexibilidad, constituyendo la parte organizativa del módulo del facilitador que controla los aspectos de cooperación. La actividad de cada facilitador está dirigida por un *plan*, el cual está compuesto por conductas, la forma empleada para manipular las conductas, ejecutando las acciones que las constituyen, se ha conseguido empleando *agendas*.

3.- Ejemplificación de los dos aspectos anteriores. El dominio de aplicación escogido para ejemplificar dicho formalismo es el desarrollo de un primer prototipo de *red cooperativa para sistemas expertos del ambiente bancario*, más

específicamente el problema de la asignación de créditos bancarios, red cooperativa que se encuentra en ejecución bajo ambiente UNIX.

De esta manera con la metáfora de oficina se plantea un esquema conceptual, formado fundamentalmente por dos elementos: un jefe que posee un conocimiento específico, y una secretaria, que satisface la necesidad de cooperación de su jefe con otras oficinas; este esquema da origen a una red computacional en la que las secretarías son facilitadores y los jefes son sistemas basados en conocimiento. Finalmente, con la red cooperativa de crédito se obtuvo un prototipo de facilitador que permite que un conjunto de sistemas expertos dentro del ámbito financiero se comuniquen y cooperen entre sí.

El facilitador está formado por los siguientes módulos: el de interfaces, el de Control del Diálogo y el de Control de la Cooperación. Los módulos de interfaces permiten la interacción con el usuario humano, con las bases de datos de la empresa, y con el sistema basado en conocimiento; el módulo de Control del Diálogo controla los protocolos de comunicación del facilitador; y el módulo de Control de la Cooperación es el módulo central del facilitador, objeto del estudio del presente trabajo, encargado de seleccionar las estrategias de solución, de formar el grupo de cooperación y seleccionar los protocolos que se seguirán durante la solución del problema por el grupo cooperativo.

El presente trabajo se ha estructurado de la siguiente manera. En el primer capítulo se revisan los artículos de la literatura especializada que han sido antecedentes del trabajo que se presenta. En el capítulo dos se examina la arquitectura del facilitador, el dispositivo clave que permite la realización de la red de cooperación. En el capítulo tres se determina el planteamiento de la propuesta presentada. El capítulo cuatro se ocupa de los actos de habla, elementos que permiten la

comunicación de la red de facilitadores. El capítulo cinco presenta las redes de transición aumentada, por medio de las cuales se define y organiza el control de la cooperación de los facilitadores. El capítulo seis examina el prototipo de red cooperativa que se ha programado, para mostrar la aplicabilidad de la propuesta presentada. El capítulo siete analiza las conclusiones del trabajo y las posibles actividades futuras al respecto. Por último, en el apéndice se muestra una corrida del prototipo programado.

1.- ANTECEDENTES

Para determinar los antecedentes de la presente propuesta, se hará referencia primero a los trabajos que han sido generadores de la idea principal subyacente en dicha propuesta.

Es esencial para definir una red de agentes cooperativos, determinar una apropiada arquitectura de agente. Se toman en consideración algunos trabajos que definen arquitecturas interesantes para el presente desarrollo.

El *intercambio de conocimientos* es probablemente la forma más compleja de comunicación entre agentes; este tipo de comunicación tiene la mayor necesidad de regulación y de formalización. Por otra parte, en la comunicación entre agentes inteligentes, cada tipo de acto comunicativo involucra diferentes presuposiciones y tiene diferentes efectos; esta clase de compartimiento es a lo que se refieren los llamados actos de habla. Se han revisado en la literatura artículos representativos tanto del aspecto de comunicaciones, en el sentido anterior, como acerca de los actos de habla.

De particular importancia para el desarrollo de la presente propuesta son los trabajos de Huhns y colaboradores (13) y de Finin (11). En el primero de ellos se propone un *mecanismo de comunicación* que puede acoplarse a un sistema experto existente, habilitándolo para interactuar con los correspondientes mecanismos de otros sistemas expertos y agentes. El segundo de los trabajos presenta un lenguaje y un protocolo para soportar interoperabilidad entre agentes inteligentes en una

aplicación distribuída, motivando la necesidad de un lenguaje estándar para intercambio de información entre agentes.

Huhus y colaboradores especifican una *ayuda de comunicación* diseñada para permitir que un grupo heterogéneo de sistemas expertos se comuniquen.

La propuesta de una ayuda de comunicación que permita a esta clase de sistemas expertos comunicarse entre sí presenta cuatro dificultades principales:

- 1) No existe control sobre los "shells" con que fueron desarrollados los sistemas expertos.
- 2) Los lenguajes con que se construyeron los sistemas expertos son sintácticamente diferentes y en ocasiones aún semánticamente diferentes.
- 3) Se quiere minimizar los cambios necesarios para que los sistemas expertos se comuniquen
- 4) La comunicación puede ocurrir en varios tipos de redes y medios.

Además se desea evitar situaciones de colapso de la red.

La forma de evitar estas dificultades es refinando el concepto de agente computacional. Un agente está compuesto de dos partes, un *razonador* y una *ayuda de comunicación*. El razonador es un sistema basado en conocimiento, y se encarga del proceso de razonamiento. La ayuda maneja todas las comunicaciones entre su razonador y otros agentes.

Para establecer una arquitectura de agente, parten del trabajo de Gasser y colaboradores (12), en el cual un agente es un objeto activo que percibe, razona y actúa. La ayuda está formada por dos procesos principales, uno para recibir mensajes externos y otro para transmitir mensajes externos, mediante los cuales se previene el bloqueo de la red a nivel de la transmisión de los mensajes; éstos son de varios tipos y algunos de ellos se derivan del trabajo realizado sobre teoría de actos del habla.

La comunicación entre un razonador y su ayuda se inicia por el razonador. La

ayuda lee la salida estándar del razonador y escribe a la entrada estándar del razonador. La ayuda y el razonador se comunican de esta forma, de tal manera que no se requiere ningún cambio en el shell del sistema experto en el que corre el razonador. Hay una sintaxis de mensajes estándar entre el razonador y su ayuda, y cualquier mensaje entre los dos puede traducirse a ese estándar.

El artículo no se ocupa de aspectos de cooperación, sino solamente de la especificación e implantación de una red de comunicación.

Finin y sus colaboradores (11) dan una visión general del *Knowledge Query and Manipulation Language* (KQML), que es un lenguaje y un protocolo para soportar la comunicación de alto nivel entre agentes inteligentes.

KQML es un lenguaje y un protocolo. Debe ser definido no sólo como un lenguaje con una sintaxis y una semántica, sino que debe incluir un protocolo que gobierna el uso del lenguaje. Las expresiones de KQML pueden pensarse como consistentes de una expresión de contenido encapsulada en una envoltura de mensaje, la cual a su vez está encapsulada en una envoltura de comunicación. Por tanto se puede pensar que el lenguaje está dividido en tres capas: contenido, mensaje y comunicación. La capa de contenido contiene una expresión en algún lenguaje que codifica el conocimiento que será transportado. La capa de mensaje añade atributos adicionales que describen características de la capa de contenido tales como el lenguaje en que está expresado, la ontología que asume y la clase de acto de habla que representa. La capa de comunicación añade todavía más atributos que describen los parámetros de comunicación de menor nivel, tales como la identidad del emisor y receptor y establecen si la comunicación será síncrona o asíncrona.

SKTP (Simple Knowledge Transfer Protocol) es una instrumentación del protocolo de pila de KQML siguiendo la filosofía de OSI. SKTP tiene también tres capas. La comunicación principal es entre aplicaciones escritas en un lenguaje de aplicación. El intercambio de las expresiones de la aplicación tienen algún significado, el cual

se determina en la capa de contenido. Las expresiones se seleccionan para transmitirse a lugares remotos y están envueltas en mensajes. Ésto es la capa de mensajes. La capa que maneja el ruteo de mensajes es la capa de comunicación, la cual es implantada por un elemento separado: *Facilitador*. El término facilitador se aplica aquí a un ruteador inteligente que tiene labores de comunicación.

Dentro de los trabajos que se han publicado acerca de arquitectura de agentes, se han tomado en cuenta el trabajo de Gasser, Braganza y Herman (12) sobre MACE, y el de Shoham (20) sobre programación orientada a agentes.

MACE (*Multi Agent Computing Environment*) (12) es un sistema experimental de desarrollo para inteligencia artificial distribuida. MACE permite describir agentes, maneja comunicación entre los mismos, y tiene una colección de agentes de sistema con los que se construyen los agentes del usuario, permitiendo su monitoreo, el manejo de errores y el diseño de interfaces de usuario. MACE es un lenguaje, un ambiente y un instrumento de pruebas para experimentar con sistemas inteligentes distribuidos. De acuerdo a MACE un agente es un objeto autocontenido y activo que se comunica usando mensajes, con las siguientes características: contiene conocimiento procedimental y declarativo, percibe su ambiente, y ejecuta acciones. Los agentes tienen atributos, que son los depositarios de sus conocimientos procedimental y declarativo; el conocimiento organizacional y la información para poder interactuar con otros agentes está contenido en un atributo especial llamado "Familiaridades", que es una base de datos asociativa que proporciona modelos explícitos de otros agentes en el mundo. Los agentes perciben su mundo recibiendo mensajes y siendo notificados de eventos internos y eventos a nivel del sistema.

En el artículo de Shoham (20) se presenta un nuevo marco computacional, llamado

Programación Orientada a Agentes, que puede verse como una especialización de la Programación Orientada a Objetos. Se establece el estado de un agente a partir de componentes llamados creencias, elecciones capacidades y compromisos, por lo que al estado del agente se le llama su *estado mental*. El estado mental del agente es determinado por tres bases de datos: creencias, compromisos y capacidades. Estas tres características están asociadas a un tiempo. La conducta de los agentes se gobierna por programas y cada agente tiene su propio programa privado. La *conducta de un agente* se determina por la iteración de los siguientes dos pasos:

- 1) Se lee el mensaje presente y se actualiza su estado mental (incluyendo sus creencias y compromisos).
- 2) Se ejecutan los compromisos para el tiempo presente, posiblemente resultando en un posterior cambio de creencias. Las acciones a las que se comprometen los agentes incluyen acciones comunicativas tales como informar y requerir.

La conducta del agente depende tanto del mensaje de entrada, como de su estado mental presente, de tal forma que ante el mismo mensaje de entrada puede comportarse de manera diferente.

En lo que corresponde a las funcionalidades de los agentes cooperativos se conservan en el presente trabajo, algunas de las propuestas de Gasser y Shoham como son la definición de agente de Gasser, el manejo de los modelos de los interlocutores y del propio agente manejado por ambos autores, así como la idea de estado mental y el control de las conductas del agente de Shoham. A nivel de arquitectura, como se verá más adelante, existen diferencias importantes con estos autores, en la medida que el planteamiento aquí propuesto, implica distinguir claramente la parte de resolución especializada de problemas (el sistema experto) de la parte de cooperación y comunicación (el módulo de cooperación).

Respecto a los lenguajes de comunicación se han considerado principalmente dos trabajos. En un artículo de Campbell y D'Inverno (5), plantean que el *intercambio*

de conocimiento entre agentes depende del contexto en que se efectúa, y que dicho intercambio está gobernado por las metas del agente y de sus planes para realizarlas. En un artículo de Cohen y Perrault (8) plantean el inicio de una teoría que modela formalmente las posibles *intenciones asociadas a un acto de habla*, y por medio de la cual las presuposiciones y efectos subyacentes en un diálogo entre agentes deba poder precisarse.

En Knowledge Interchange Protocols, Campbell y D'Inverno afirman que no existe actualmente un estándar de *protocolos de intercambio de conocimientos*, aunque este tipo de intercambio es probablemente la forma más compleja de comunicación entre agentes, y por tanto la comunicación que tiene la mayor necesidad de regulación y de formalización. Los autores plantean dos hipótesis:

- 1) Cualquier intercambio entre agentes está gobernado por las *metas* de los agentes, y de sus *planes* para realizarlas.
- 2) La estructura de cualquier diálogo entre agentes es una consecuencia de sus *propósitos o intenciones*.

El *contexto* juega un papel importante en el significado de una proposición, el cual depende de dos componentes diferentes: el significado lingüístico o proposicional, y el contexto. Se pueden identificar factores del contexto que afectan el significado: ritmos y tonos, el entorno cognitivo inmediato, la relación entre los dos interlocutores y los prejuicios.

Los "*tonos*" de la comunicación son importantes, para cada uno se deberá inventar un protocolo, de acuerdo al siguiente proceso:

- 1) El agente escoge un protocolo.
- 2) Le comunica al oyente (agente) qué protocolo está usando, estableciendo un encabezado (un nombre asociado, que sería lo primero que enunciaría un agente al iniciar la comunicación) apropiado.
- 3) El agente oyente selecciona el protocolo correspondiente.

4) Se establece la comunicación según lo dicta el protocolo escogido.

Dentro de los tonos o intenciones de un mensaje se pueden tener por ejemplo: informar, instruir, advertir, aconsejar, prometer, intimidar, ofender, etc. Y para representar y manipular variaciones en el tono del diálogo se puede, por ejemplo, usar la lógica como medio para seleccionar el protocolo apropiado cuando un agente inicia una nueva conversación, según lo indican los autores en el artículo.

Entonces, se refieren a Protocolos de Intercambio de Conocimiento, con diferentes protocolos relacionados con diferentes intenciones.

En *Elements of a Plan-Based Theory of Speech Acts*, Cohens y Perrault mencionan que en un diálogo entre agentes inteligentes, además de la información transmitida *proposicionalmente*, hay otro contenido informacional que depende de la *intención* de un agente respecto a su interlocutor. Se debe poder decir para cada *acto de comunicación*, exactamente que *intenciones* están involucradas y bajo que bases el hablante espera e intenta que esas intenciones sean reconocidas. Es necesaria una teoría de la competencia de los actos de comunicación del habla: Una teoría que modele formalmente las posibles intenciones adyacentes en un acto del habla.

Los autores presentan el inicio de esa teoría, tratando las intenciones como planes y mostrando como los planes pueden ligar los actos de habla con comportamiento no lingüístico. Establecen que las personas pueden construir, ejecutar, simular y afinar planes, y además en algunos casos pueden inferir los planes de otros agentes a partir de su comportamiento. Tales planes involucran muchas veces la comunicación de creencias, deseos y estados emocionales, que tienen el propósito de influir los estados mentales y acciones de otros.

Postulan que las personas mantienen como parte de sus modelos del mundo, descripciones simbólicas de los modelos del mundo de los demás; y su propuesta basada en planes considera los actos de habla como operadores, cuyos efectos son

principalmente sobre los modelos que los hablantes y oyentes mantienen unos de los otros.

Plantean que una teoría de actos de habla deberá especificar:

– Un sistema de planeación. Un lenguaje formal para describir estados del mundo, un lenguaje para describir operadores, un conjunto de inferencias para la construcción de planes, una especificación de estructuras de planes legales y una semántica de los lenguajes formales.

– Una definición de los actos de habla como operadores de un sistema de planeación, determinando cuales son sus efectos, donde son aplicables y como pueden realizarse con palabras.

El sistema presentado por Bouron(4), llamado COMMAS, consiste en un *modelo de comunicación para sistemas de agentes múltiples*. Su modelo de comunicación computacional entre agentes cooperativos lo basa en el modelo de actores, de la teoría de actos de habla y los principios cooperativos. Basado en la teoría de actos de habla COMMAS define una comunicación como una acción sobre las metas y las creencias de los agentes. Las creencias son conocimiento temporal del ambiente físico y de las creencias de los agentes y de los estados de las metas. Las interacciones entre un agente y el ambiente físico son acciones físicas y las interacciones entre agentes son *acciones* de comunicación. La ejecución de una acción, incluyendo una comunicación, produce uno o varios *mensajes* donde un mensaje es una relación binaria entre dos agentes. Finalmente un *diálogo* agrupa las comunicaciones que son dependientes entre sí y asegura la continuidad de comunicación en un mismo discurso.

Respecto a estos tres últimos artículos se destacan en general los planteamientos de actos de habla y más generalmente los actos de comunicación. Se toma en particular, del trabajo de Cohen y Perrault, la idea de planes de actos de habla

como forma de control de la conducta de los agentes, y del trabajo de Bouron, la jerarquía de conceptos esbozada por él de mensaje, diálogo y discurso.

2.- ARQUITECTURA DEL FACILITADOR

Se examina brevemente un modelo para conceptualizar la problemática general de los sistemas cooperativos heterogéneos, que se ha denominado la *metáfora de la oficina* (14), a partir de éste se llega al *modelo computacional* de la red de cooperación (14), en el que aparece como elemento fundamental el *facilitador*. A partir de este modelo se establecen las *premisas de diseño* del facilitador, las que a su vez determinan la *arquitectura* del mismo.

2.1.- LA METAFORA DE LA OFICINA

La problemática general de redes de sistemas cooperativos heterogéneos de la cual se desprende como caso particular la red de cooperación para sistemas expertos, puede conceptualizarse con ayuda del siguiente *modelo general de red de cooperación*. Este modelo supone que la oficina es una clase de red cooperativa formada por un grupo de personajes que incluye los *jefes* de oficina y sus respectivas *secretarías* ejecutivas, organizados jerárquicamente en dos niveles. Los servicios de comunicación disponibles para estos personajes son la red telefónica, el servicio de fax, y el servicio de mensajería. En la Figura 1 se muestra el modelo en cuestión.

Tomando en cuenta la filosofía del modelo para la interconexión de sistemas abiertos propuesta por ISO (18), en este modelo se pueden distinguir al menos tres niveles jerárquicos de comunicación, el de los jefes (n), el de las secretarías ($n-1$) y el de los *servicios de comunicación* ($n-2$). Es importante destacar tres tipos de

diálogos distintos que se establecen, los diálogos jefe.n - jefe.n , jefe.n - secretaria.n-1, secretaria.n-1 - secretaria.n-1.

El cliente de esta red es un ente externo a la red que le plantea los problemas comunicándose con un jefe.n a través de su secretaria.n-1, y es él quien da por terminado la actividad de la red en relación a cada uno de los problemas que plantea. Este modelo es sumamente general y da lugar a distintos modelos computacionales, según el tipo de restricciones que se le imponen, las que para el presente caso son las siguientes:

No se contempla el diálogo directo entre los jefes.

Cada jefe sólo se comunica con su secretaria, a través de órdenes, preguntas y aserciones. En un caso real, típicamente una secretaria establece comunicación con otra secretaria; y una vez que están disponibles sus respectivos jefes, se efectúa un diálogo directo entre ellos. La situación presentada aquí, podría ser equivalente al caso particular en que los jefes que quieren comunicarse no tienen lenguajes en común y sus secretarias son bilingües, teniendo un lenguaje común a ellas; por lo que el dialogo de interés para los jefes debe darse a través de sus secretarias. Esta limitación sobre el diálogo entre jefes introduce, por otra parte, orden al esquema: cada secretaria debe ser bilingüe, dominando el idioma de su jefe y un lenguaje que será común a todas las secretarias que intervienen en la red de oficinas.

Los posibles diálogos entre las secretarias abarcan el establecimiento mismo de la comunicación, como la transmisión de solicitudes, preguntas, aserciones y transmisión de documentos.

En un entorno con estas restricciones, cada jefe se concibe como un especialista aislado cuya única conexión con el resto de la oficina es a través de su secretaria, en la cual recae el peso de la cooperación. La secretaria conoce el entorno global, los diferentes interlocutores indirectos de su jefe, domina los protocolos

correspondientes a los distintos asuntos, sabe como interpretar las órdenes de su jefe y descomponerlas en tareas que pueden involucrar a uno o más interlocutores. Podría suponerse que ya que todos los mensajes, tanto del exterior como de la propia oficina destinados al jefe, por el hecho de pasar por su secretaria, podrían ocasionar un cuello de botella, sin embargo, las propias capacidades de comunicación, organización y cooperación de la secretaria invalidan dicha suposición.

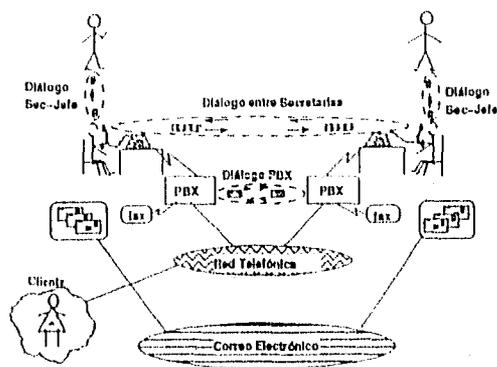


Figura 1.- La metáfora de la Oficina

Desde el punto de vista conceptual global de una red de agentes cooperativos, en el modelo propuesto es necesario considerar como agente a cada pareja (jefe.n, secretaria.n-1), ya que cada uno de ellos por sí solo no abarca todas las funcionalidades necesarias de un agente cooperativo.

2.2.- MODELO COMPUTACIONAL DE LA RED DE COOPERACION

La metáfora de la oficina presentada antes ha permitido plantear el modelo de una red cooperativa de agentes computacionales que corresponden exactamente a la red de secretarías de la metáfora. El problema entonces, es diseñar y construir una red de sistemas que jueguen el papel de las secretarías. A estos sistemas se les denomina facilitadores, ya que tienen la misión de facilitar la cooperación de sus respectivos clientes; éstos pueden ser en principio cualquier agente, humano o informático, como un manejador de bases de datos, una agenda, o algún otro sistema. Para el presente trabajo el cliente considerado es un sistema experto.

Las premisas de las cuales se parte para el diseño del modelo computacional son las siguientes:

Se parte de sistemas expertos ya existentes para los cuales no se cuenta con la información necesaria para tener acceso completo a los programas fuente, por lo tanto, las modificaciones que deben realizarse a cada sistema experto para acoplarlo a la red de cooperación deberán ser mínimas.

La incorporación de un sistema experto a una red de cooperación debe ser casi transparente para el usuario humano. Particularmente el lenguaje de interacción humano sistema experto no deberá variar. Esto con el fin de no alterar mayormente la dinámica de uso, evitando la necesidad de periodos de entrenamiento adicional de los usuarios.

La comunicación entre los componentes de la red de cooperación debe estratificarse en niveles siguiendo la misma filosofía que las capas de protocolos

OSI, y deben corresponder a capas superiores de aplicación de este esquema. En particular se deberá mantener la filosofía de que cada capa proporciona los servicios de comunicación básicos a la capa inmediatamente superior (18).

El modelo computacional de una red cooperativa de sistemas expertos está organizado en tres capas. La *red de sistemas expertos*, la *red de facilitadores* y la *red de comunicación* (15). Un esquema del modelo se muestra en la Figura 2. La red de sistemas expertos está compuesta por un conjunto de sistemas expertos, que pueden resolver juntos problemas más complejos que los que pueden resolver por ellos de manera individual. Esta solución cooperativa de problemas es posible gracias a la red de facilitadores.

La red de facilitadores comprende un conjunto de sistemas de cómputo, capaz de definir y coordinar una solución cooperativa a los problemas planteados por los usuarios de la red. La solución al problema se obtiene de manera progresiva a través de una serie de diálogos entre los facilitadores, los usuarios y los sistemas expertos.

La red de comunicación corresponde a la red de computadoras y a la capa de comunicaciones físicas, cuyas principales tareas son: asegurar la interconexión lógica de la red de facilitadores, y asegurar el servicio de transmisión de mensajes.

En términos del esquema de capas en sistemas abiertos, los usuarios de un sistema de facilitadores están situados en la última capa de un sistema cooperativo abierto, o sea la capa n de aplicaciones, mientras que los facilitadores están situados en la penúltima capa, la $n-1$, y por tanto constituyen la capa del servicio de comunicaciones de la capa superior.

2.3.- FACILITADOR

El facilitador es el elemento central de la red de cooperación. De hecho cada agente de la red de cooperación la constituye el binomio sistema experto-facilitador. El sistema experto posee el conocimiento particular que maneja la red, mientras que el facilitador posee la capacidad para lograr que los sistemas expertos se comuniquen y cooperen entre sí. A continuación se presentan las capacidades funcionales que debe tener el facilitador, mismas que se derivan de las premisas mencionadas en el apartado anterior y del modelo general de la red de cooperación.

- Manejo de la interfaz del usuario
 - Manejo de la interfaz con el sistema experto
 - Manejo de la interfaz con las bases de datos de la empresa
 - Manejo de la interfaz con la red
 - Posesión del conocimiento del dominio de la aplicación
 - Posesión del metaconocimiento de cooperación
 - Modelación de los sistemas expertos de la red
 - Manejo de los actos de habla
-
- El facilitador maneja la interfaz con el usuario, no alterando la sintaxis del lenguaje de comunicación del sistema experto original. El objeto de trasladar la interfaz con el usuario final al facilitador, es permitir a éste llevar un control total del diálogo entre el usuario y el sistema experto. Para verlo en términos de la metáfora de la oficina, es más natural comunicarse a una compañía a través de una secretaria que de un jefe.

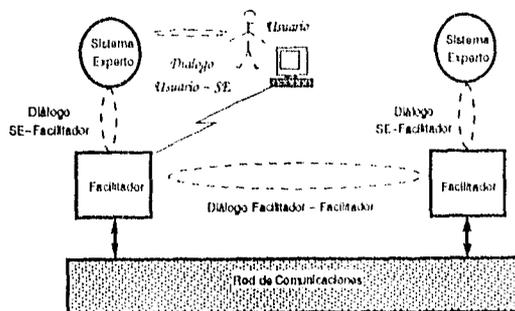


Figura 2.- Modelo Computacional de una Red Cooperativa

- El facilitador maneja la interfaz con el sistema experto, distinguiendo los mensajes que van dirigidos al usuario de aquellos que van a la red.
- El facilitador maneja la interfaz con las bases de datos institucionales accesibles para la red de cooperación. Estos accesos se consideran importantes para asegurar la interoperatividad de todo el sistema, independientemente que cada sistema experto tenga facilidades de acceso a sus bases de datos "personales". Es decir, por medio de los facilitadores, los sistemas expertos podrán tener acceso a las bases de datos de otros agentes, garantizando por este medio la interoperatividad. Los facilitadores deben ser capaces de consultar las bases de datos, pudiendo esta interfaz reconocer dichas consultas. Por cuestiones de seguridad conviene que haya solo consultas y no actualizaciones.
- El facilitador maneja la interfaz con la red, es decir con todos los demás facilitadores. Esta interfaz es de hecho el módulo de comunicación del facilitador,

semejante al propuesto por Hulins y colaboradores.

- El facilitador contiene el conocimiento necesario acerca del dominio de aplicación global de la red que le permite interpretar correctamente las órdenes y requerimientos de su sistema experto en términos de planes de diálogos a seguir con otros facilitadores.

- El facilitador posee el metaconocimiento que le permite asegurar las comunicaciones en toda la red , así como con su sistema experto, y con el usuario humano. Se trata aquí del manejo de los protocolos de alto nivel de comunicación y de cooperación entre los diferentes componentes de la red. Las estrategias de cooperación en este caso están dadas por la organización en la cual se inscriben los sistemas expertos pertenecientes a la red desde su definición misma.

- El facilitador tiene un modelo de su sistema experto así como de los demás agentes (facilitador + sistema experto) de la red. Estos modelos le permiten escoger sus interlocutores dependiendo del problema que se trate, así como contestar preguntas provenientes de la red, sobre si su sistema experto puede resolver un problema en particular.

- Los mensajes que intercambia el facilitador con otros facilitadores, así como los que recibe de su sistema experto, se manejan en términos de actos de habla. Se distinguen en particular tres actos de habla básicos, las preguntas, las órdenes, y las aserciones que constituyen los servicios básicos proporcionados por la red de comunicaciones, o sea la capa n-2 de acuerdo al modelo computacional de la red cooperativa.

Como consecuencia de las funcionalidades del facilitador se desprenden los

principales módulos de su arquitectura, misma que se presenta en la Figura 3

Interfaz usuario: módulo encargado de manejar el diálogo con el usuario de forma tal que emule la interfaz del sistema experto, y lleve algunos controles necesarios.

Interfaz sistema experto: módulo encargado de transmitir y recibir los mensajes del sistema experto. Cuando el sistema experto trabaja independientemente de la red realiza la interacción únicamente con el usuario. Trabajando con la red cooperativa debe distinguir los mensajes que van al usuario de aquellos que debe dirigir al facilitador.

Interfaz sistemas de información: módulo encargado de la comunicación a las bases de datos institucionales y demás sistemas de información que eventualmente sean necesarios para el funcionamiento de la red de cooperación.

Interfaz comunicación: módulo encargado de los servicios de comunicación con los demás facilitadores.

Control del diálogo: módulo encargado de ejecutar y llevar el control de los protocolos de comunicación del facilitador con el usuario, el sistema experto y los demás facilitadores. En caso de problemas no previstos pide instrucciones al control de la cooperación.

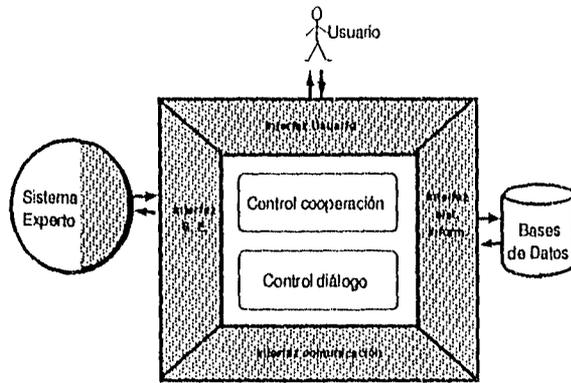


Figura 3.- Arquitectura del facilitador

Control de la cooperación: módulo central del facilitador, encargado de seleccionar las estrategias de solución, construyendo un plan de solución a un nivel alto de abstracción. Selecciona también los especialistas, y los protocolos que han de seguirse. Tiene los modelos del agente del cual forma parte así como de los demás agentes de la red. Maneja conocimiento global del dominio en el que trabaja la red de cooperación.

3.- PROPUESTA

El propósito del presente trabajo se basa en la definición del *Módulo de Control de la Cooperación* (MCC) de un facilitador. El MCC propuesto tiene la facilidad de almacenar el metaconocimiento para que el facilitador pueda trabajar cooperativamente en la resolución de un problema con los demás facilitadores de la red y el conocimiento asociado de acuerdo a su campo de competencia. Tiene cierta capacidad de planeación, eligiendo la estrategia de cooperación que mejor se adapta a la solución de dicho problema. Al ejecutar el plan se monitorea la ejecución de cada una de las acciones que lo constituyen, reaccionando ante un evento inesperado para encontrar otro curso de acción que obtenga una nueva solución al problema. Y desde luego puede comunicarse en el momento preciso con el Módulo de Control del Diálogo (MCD), para la ejecución final de las acciones que conforman el plan que se seguirá.

El MCC se ha organizado principalmente mediante el empleo de dos elementos de diseño: los *Actos de Habla* y las *Redes de Transición Aumentada*.

El empleo de actos de habla permite organizar los mensajes entre los facilitadores de manera eficiente, lo cual permitirá una gran economía entre los diálogos cursados en la red de cooperación. Esto es posible por la existencia de un marco social que engloba los diferentes facilitadores que integran la red de cooperación, lo que hace posible la existencia de un conjunto de normas de conducta que le dan un sentido preciso a los diferentes actos de habla que se intercambian.

Se propone el empleo de Redes de Transición Aumentadas, como el mecanismo

que integra y organiza los elementos básicos mencionados anteriormente: manejo del conocimiento, planeación, ejecución, monitoreo y relación con el MCD.

Un esquema de la organización del MCC se presenta en la Figura 4. A continuación se mencionan las características de cada uno de sus elementos.

CONOCIMIENTO.– Existen diferentes clases de conocimiento que deben considerarse para que el facilitador pueda llevar a cabo sus funciones.

Conocimiento

- **Modelos.**– Se debe tener un modelo de cada uno de los agentes que conforman la red, en particular del SE asociado al propio facilitador y en general de los otros SEs de la red.
- **Hechos.**– Se tendrá también un conjunto de hechos acerca del problema particular que se intenta resolver, que constituye la base de creencias.
- **Conocimiento Cooperativo.**– Debe tenerse el conocimiento cooperativo necesario para que un agente individual participe dentro de cierta estructura de cooperación.

Estrategias de cooperación.– Una estrategia de cooperación es un principio de cooperación en donde los papeles y actividades de los agentes están bien establecidos, así como el proceso de cooperación que se empleará, de la que dispone el facilitador para alcanzar sus metas.

Estructura de cooperación.– Es la estructura de cooperación presente en la cual el facilitador está involucrado.

Papel del agente.– El papel del facilitador en una estructura de cooperación específica.

Papeles de otros agentes.– Los papeles de cooperación de otros agentes en una estructura de cooperación específica.

PLANEACION.— Para efectos del presente trabajo, planeación se entiende como la elección de cierta estrategia de cooperación, de acuerdo a ciertas precondiciones que deben cumplirse con hechos tomados de la base de creencias. Hay dos etapas en este proceso que deben distinguirse. Una se refiere a la elección de cierta estructura de cooperación, para lo que se deberá satisfacer un conjunto de precondiciones consultando los valores que procedan de la base de creencias. Una vez elegida una estructura de cooperación se procederá a su instanciación, es decir, se asignarán agentes específicos para cubrir los diferentes papeles que dicha estructura considera.

En este trabajo, la planificación es un tema colateral, que se toma como un insumo, para ello se parte del concepto de conocimiento compilado de Chandresakaran (7), en el sentido que no hay que hacer referencia a una estructura de cooperación propiamente dicha, con todas sus posibles variantes, y con una gran riqueza de diálogos entre todos sus agentes componentes, sino en la referencia a una estructura mucho menos rica en variaciones, que es producto de una experiencia previa en la solución de un problema totalmente identificado, y cuyo mecanismo de solución es totalmente conocido, de tal forma que puede incorporarse una estructura formada por instrucciones muy específicas que casi con seguridad permitirán alcanzar el resultado deseado. A este esquema de solución se le ha llamado *plan compilado*.

EJECUCION.— La ejecución del plan toma en cuenta el seguimiento de todas las instrucciones de alto nivel que conforman en su conjunto el plan que se ejecuta. Cabe mencionar que cada instrucción de alto nivel puede descomponerse en etapas progresivas, en instrucciones de orden más elemental, de tal forma que se tengan en el nivel más bajo mensajes elementales que serán enviados (o recibidos), por la red de comunicaciones (este tipo de instrucciones serán ejecutadas por el control

del diálogo).

EVALUACION.— Proporciona una manera de verificar el correcto avance del plan que se está ejecutando. En ciertos momentos de la ejecución del plan pueden intercambiarse mensajes entre los diferentes facilitadores; esos mensajes deben ser de cierto tipo y recibirse oportunamente para asegurar que el plan se está desarrollando correctamente, mediante ellos, entonces, es posible evaluar cuando el plan no se desarrolla correctamente, y entonces puede aplicarse una acción correctiva. La replaneación es necesaria cuando surge un evento inesperado, como puede ser la no disponibilidad súbita de algún sistema experto; de esta forma podría ser necesario convocar un nuevo especialista a la red y una vez conseguido, tomar una acción alternativa que permita alcanzar la meta que la acción inicial no permitió conseguir. Esta característica constituye el aspecto reactivo del MCC, ya que al verificarse que existe un error en la ejecución del plan es posible reaccionar en consecuencia, ya sea mediante una acción correctiva que retome el plan abandonado, o bien obteniendo otra estrategia completa de cooperación, del Módulo de Conocimiento, que también solucione el problema inicial presentado a la red.

ORGANIZACION INTERNA DE LOS MODULOS.— El mecanismo que ha permitido agrupar las actividades de los módulos mencionados anteriormente para lograr la funcionalidad del facilitador y para conseguir la comunicación con el MCD, se ha logrado con el empleo de las Redes de Transición Aumentadas (ATN por sus siglas en inglés de Augmented transition Network), a partir de las cuales se ha logrado diseñar e implantar el propio MCC.

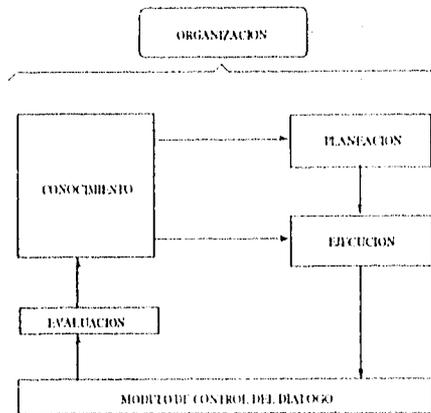


Figura 4.- Organización del MCC

Una ATN es una RTN (Recursive Transition Network) con un conjunto de registros para almacenar información, y un conjunto de pruebas (Tests) asociado a cada arco para indicar como modificar la información almacenada en esos registros cuando ese arco es atravesado. Los elementos no terminales de la red llaman otra ATN. Los elementos terminales son la ejecución de un procedimiento o la interpretación de un acto de habla.

El MCC contiene un conjunto básico de ATNs que permiten la organización de los elementos mencionados antes. Se ha propuesto una extensión a la semántica de las etiquetas de los arcos, de tal manera que las ATNs se convierten en un formalismo para la representación y el control de los planes así como en un mecanismo de interpretación y ejecución de los componentes de alto nivel de los planes.

4.- ACTOS DE HABLA

La teoría de actos de habla es un desarrollo relativamente reciente en la filosofía del lenguaje. Se desarrolló para evitar alguno de los problemas con las teorías de semánticas desarrolladas antes de los sesentas. En ese tiempo la teoría prevaleciente fue que el contenido semántico de una oración era su valor de verdad. Mientras que este punto de vista presentaba un inicio de una teoría para una semántica de las aserciones, no decía nada acerca de requisiciones u otros actos tales como advertir o prometer, que no pueden decirse que sean falsos o verdaderos. En vez de lo anterior, lo que podría decirse es que una requisición o una promesa es sincera o no sincera, o que se realiza con éxito o no.

4.1.- CLASES DE ACTOS DE HABLA

Existen potencialmente varias acciones que se producen cuando una oración se emite. La clase locucionaria de actos incluye los actos de producir un ruido o decir palabras asociados con la ejecución física de la oración. Los actos ilocucionarios, son los actos que el hablante tiene la intención de efectuar al producir la oración (algunos de los verbos que denotan actos ilocucionarios son: enunciar, describir, aseverar, aconsejar, observar, comentar, mandar, ordenar, pedir, criticar, pedir disculpas, censurar, aprobar, dar la bienvenida, prometer, objetar, solicitar,

argumentar) (19). La clase perlocucionaria de actos incluye actos que tienen efectos más allá del control del hablante (persuadir, convencer, asustar, lograr que el interlocutor haga algo, instruir, inspirar, concientizar, etc.). Por ejemplo, cuando en un día particularmente frío, la puerta trasera del salón de clases se encuentra abierta, y el maestro dice "Hace frío en este salón", con esta afirmación intenta persuadir a algunos de los alumnos que cierren la puerta, sin embargo lo único que podría conseguir, es que tomen conciencia de que efectivamente hace frío. En el ejemplo mencionado pueden identificarse las tres clases de actos mencionados; el acto locucionario es la propia emisión de la oración; el acto ilocucionario es la petición subyacente en la afirmación, y el acto perlocucionario es el efecto sobre la audiencia, persuadirlos o concientizarlos, efectos finales que quedan efectivamente fuera del control del hablante. Los actos de habla considerados en el presente trabajo son precisamente los actos ilocucionarios.

4.2.- DETERMINACION DE LOS ACTOS DE HABLA

Como menciona James Allen (1) "Definir actos de habla se reduce entonces a definir las circunstancias apropiadas bajo las cuales ellos se producen. Estas consistirán de condiciones sobre las creencias e intenciones del hablante, junto con el conocimiento de las convenciones del lenguaje". En efecto, identificar que acto de habla se efectúa al emitir una oración es, por lo general, una tarea de razonamiento complejo que depende fuertemente del contexto.

En su libro sobre "Actos de Habla", John Searle (19) parte de la Hipótesis de que "Hablar un lenguaje es tomar parte en una forma de conducta gobernada por

reglas". O como él mismo dice "hablar consiste en realizar actos conforme a reglas". La forma que toma esta hipótesis en el desarrollo de su trabajo es que hablar un lenguaje consiste en realizar actos de habla, actos tales como hacer enunciados, dar órdenes, plantear preguntas, etc. Actos de este tipo son actos ilocucionarios, según se vió antes. Las reglas mencionadas son las referidas en tres afirmaciones que se siguen de su planteamiento. 1) Los lenguajes son convencionales. 2) Los actos ilocucionarios están gobernados por reglas. 4) Las convenciones son instancias de una regla.

En la hipótesis planteada no interesan las convenciones particulares invocadas al hablar algún lenguaje, sino las reglas subyacentes que las convenciones manifiestan. Dichas reglas son de dos tipos. Las reglas regulativas regulan una actividad preexistente, una actividad cuya existencia es lógicamente independiente de las reglas. Las reglas constitutivas constituyen (y también regulan) una actividad cuya existencia es lógicamente dependiente de las reglas.

Un acto de habla, entonces, puede tener asociada una intención en el hablante y producir un efecto en el oyente, gracias a que existen ciertas convenciones y reglas dentro del lenguaje y el medio ambiente, compartidas por el hablante y el oyente, que permiten que se den los actos ilocucionarios y perlocucionarios. Es decir, hablante y oyente comparten un conjunto de convenciones, dentro de un contexto dado, que permite que los actos de habla realizados dentro de un lenguaje, tengan asociados ciertas intenciones y ciertos efectos, que pueden ser accedados por otros individuos que compartan dichas convenciones y reglas; estas son las reglas constitutivas a las que se refiere Searle, y que tienen un carácter social al definir microsociedades, en donde existe un espacio de conductas posibles, reguladas por dichas reglas.

La comunicación entre agentes puede realizarse completamente cuando todos siguen el mismo conjunto de reglas constitutivas del lenguaje común. Esto es lo que proporciona una gran economía a los diálogos humanos.

4.3.- ASPECTO SOCIAL

Retomando el modelo computacional de la red cooperativa, una de las cualidades esenciales de los facilitadores es que se puedan comunicar eficientemente entre sí, de ahí que se plantee la necesidad de ver a estos agentes como miembros de una microsociedad que comparten un conjunto de normas de conducta que le dan significado preciso a los distintos actos de habla que intercambian.

Es conveniente recordar que los agentes son miembros de una microsociedad, es decir son agentes sociales, y también que el modelo computacional de la red cooperativa de facilitadores se basa en la metáfora de la oficina. Las oficinas constituyen un microsociedad en la cual están bien definidos los procedimientos que regulan el trabajo de las secretarías. De hecho las actividades de las secretarías en su trabajo pueden describirse como secuencias abigarradas de actos de habla, procesamiento de la información, toma de decisiones y acciones físicas. En otras palabras las actividades de las secretarías pueden verse como conductas que involucran dos tipos de acciones, las acciones comunicativas y las acciones privadas; tal y como lo propone Shoham en su modelo de "Programación Orientada a Agentes"(20). Las primeras son los actos de habla, y las segundas son todas las acciones correlativas al procesamiento de la información, toma de

decisiones y acciones físicas sobre el entorno del agente.

No es importante, para efectos del presente trabajo, diseñar un sistema de información que administre las posibles comunicaciones de usuarios humanos en un cierto entorno. Se desean construir agentes computacionales capaces de comportarse de manera análoga a seres humanos, es decir, que al menos puedan ejecutar actos de habla, procesar información y tomar decisiones. La tarea de dichos agentes deberá liberar en buena medida a los seres humanos de la sobrecarga de trabajo que representa la administración y ejecución de los diálogos que aseguran la coordinación y la cooperación.

Si se extienden los conceptos de Searle sobre las reglas constitutivas más allá del dominio del lenguaje, de modo que abarquen además las acciones privadas (después de todo, los efectos al emitir una oración, en muchos casos tienen consecuencias de tipo físico, que afectan el entorno en el que actúan el hablante y el oyente), se estará en condiciones de plantear un marco teórico unificador que permita hablar de las conductas de los agentes, independientemente de los elementos constitutivos de dichas conductas.

Se desea que los facilitadores sean agentes informáticos cooperativos capaces de actuar a través de acciones comunicativas y de acciones privadas. El objetivo del trabajo es encontrar un formalismo capaz de manejar uniformemente la representación y el control de las conductas de los facilitadores.

En resumen las premisas generales del diseño de los facilitadores son las siguientes:

- 1) Los facilitadores son agentes cooperativos miembros de una microsociedad.

2) Las conductas de estos agentes, son una mezcla de actos de habla, procesamiento de la información y toma de decisiones, y eventualmente, de acciones físicas.

3) Estas conductas, están reguladas por un conjunto de normas de comportamiento, válidas en la microsociedad a la que pertenecen, conocidas y compartidas por todos los agentes cooperativos.

De hecho si se conciben a los facilitadores como sistemas basados en conocimiento expertos en cooperación, su base de conocimientos estará constituida en parte por el conjunto de normas de conducta y en parte por los conocimientos específicos de sus tareas asignadas dentro de la organización.

4.4.- ACTOS DE HABLA CONSIDERADOS

Los actos de habla considerados son tres: preguntar, ordenar y aseverar.

Searle analiza nueve condiciones que deben cumplirse para que los diferentes actos de habla puedan realizarse (19). De seis de esas condiciones determina las siguientes cuatro reglas constitutivas, que establecen las condiciones que deben cumplirse para que los diferentes actos de habla puedan realizarse con éxito:

Regla de contenido proposicional. Establece las restricciones sobre las formas que pueden adoptar las proposiciones usadas por los actos de habla considerados

literalmente.

Regla preparatoria. Establece las condiciones que deben ser verdaderas en el mundo, para que un hablante pueda llevar a cabo el acto de habla.

Regla de sinceridad. Distingue una ejecución sincera del acto de habla de una insincera. En el caso de una petición, el hablante debe querer que el oyente haga una acción; para una promesa, el hablante debe tener la intención de realizar la acción prometida; para una aseveración, el hablante debe creer lo que está aseverando.

Regla esencial. Especifica lo que el oyente está tratando de hacer. Para una petición, el acto es intentar conseguir que el oyente realice una acción.

En lo sucesivo se emplearán las abreviaciones indicadas entre paréntesis para las reglas mencionadas. Regla de contenido proposicional (Rc); Regla preparatoria (Rp); Regla de sinceridad (Rs); Regla esencial (Re). Para el oyente se empleará (O) y para el hablante (H).

Las otras tres condiciones analizadas por Searle, son las que él llama condiciones normales de entrada y salida, y que incluyen condiciones como: el hablante no es mudo, y el oyente no es sordo, ni bromea, ni actúa.

Para los actos de habla considerados en el presente trabajo dichas reglas quedan instanciadas como se menciona a continuación.

PREGUNTAR.

Rc.- Cualquier proposición o función proposicional.

Rp.-

1) H no sabe la 'respuesta', esto es, no sabe si la proposición es verdadera.

2) No es obvio ni para H ni para O que O ha de proporcionar la información en ese

momento sin que se le pida. H desea esta información.

Re.- Cuenta como un intento de obtener esta información de O.

ASEVERAR.

Re.- Cualquier proposición

Rp.-

1) H tiene evidencia para la verdad de P

2) No es obvio ni para H ni para O que O sabe que P.

Regla de sinceridad (Rs).- H cree que P

Re.- Cuenta como la suposición de que P representa un estado de cosas efectivo.

ORDENAR

Re.- Cualquier proposición P

Rp.- H debe estar en posición de autoridad sobre O.

Rs.- H desea que se lleve a cabo P

Re.- H intenta que O lleve a cabo P

Un acto de habla debe realizarse siempre dentro de un lenguaje, el cual es un dispositivo convencional y por tanto sujeto a reglas de los tipos mencionados antes; las reglas son en última instancia un conjunto de creencias que comparten el hablante y el oyente. Entonces, la información crucial para distinguir un acto de habla son las creencias del hablante.

Hay que distinguir entre creencias explícitas (hechos explícitos) y creencias implícitas (derivadas de los hechos explícitos).

La forma más simple de representar las creencias de múltiples agentes consiste en etiquetar cada hecho en la base de conocimientos, con los agentes que creen ese hecho.

En la base de conocimientos que se defina deberán existir los hechos necesarios

para que puedan justificarse las reglas, que permitan determinar los actos de habla considerados. Entonces para los actos de habla considerados en el presente trabajo, se tendrán las siguientes creencias asociadas a las reglas mencionadas antes, dado que los facilitadores se comunican mediante mensajes y que tienen forma de almacenar sus creencias.

PREGUNTAR

Rc.- Es la emisión de un mensaje enviado por un agente y recibido por otro.

Rp.-

1) El mensaje de respuesta, que se espera al emitir una pregunta, traerá como efecto incrementar el conjunto de creencias del agente. Y tal creencia no existe antes de realizar la pregunta.

2) El agente emisor de la pregunta no espera en ningún momento que el agente receptor de la pregunta le envíe espontáneamente un mensaje a partir del cual se derive la respuesta esperada. Por otro lado el agente emisor quiere la respuesta para continuar su procesamiento.

Re.- La intención esperada de la pregunta es obtener cierta información.

ASEVERAR

Rc.- Es un hecho (P) en la base de conocimientos de un agente.

Rp.-

1) Todo hecho en la base de conocimientos de un agente es verdadero.

2) El agente emisor no tiene un hecho del que se derive que el agente receptor tiene P

Rs.- Un agente cree todos los hechos de su base de conocimientos.

Re.- P es un hecho efectivo en la base de conocimientos del agente receptor de la aseveración.

ORDENAR

Rep.- Es un hecho (P) en la base de conocimientos de un agente.

Rp.- Un agente puede enviar una orden a otro, cuando en las creencias de ambos existe un hecho que define una relación jerárquica entre ellos. Por ejemplo, cuando uno de los agentes es coordinador de un grupo de trabajo y el otro es colaborador, y el hecho está en las bases de conocimientos de ambos agentes, el primero puede ordenar al segundo.

Rs.- El agente emisor desea que su orden se lleve a cabo, porque los efectos de la misma son necesarios para proseguir su tarea.

Re.- El agente emisor tiene la intención que su orden afecte el conjunto de creencias del agente receptor, y que eventualmente ejecute alguna acción determinada, cuyos efectos son necesarios para que el primero lleve a cabo su tarea.

Cohen y Perrault (8) plantean que la gente puede construir, ejecutar, simular y depurar planes; y además puede algunas veces inferir los planes de otros agentes a partir de su comportamiento. Tales planes involucran muchas veces la comunicación de creencias, deseos y estados emocionales que tienen el propósito de influir los estados mentales y las acciones de otros. Típicamente, las descripciones formales de planes tratan las acciones como operadores, que se definen en término de condiciones de aplicabilidad, llamadas *precondiciones*; *efectos* que se obtendrán cuando las acciones correspondientes se ejecuten; y *cuerpos* que describen los medios por los cuales los efectos se pueden lograr. Cohen y Perrault proponen la hipótesis que la gente mantiene como parte de sus modelos del mundo, descripciones simbólicas de los modelos del mundo de otra gente. Al respecto consideran los actos de habla como operadores, cuyos efectos son principalmente sobre los modelos que el hablante y los oyentes mantienen unos de otros. Proponen, entonces, una reformulación de las reglas constitutivas de

Searle, considerándolas como pertenecientes a aspectos más generales de la conducta intencional, que a actos de habla en particular, lo que les permite proponer operadores para la manipulación de los actos de habla.

Dichos autores muestran que la condición de sinceridad, que argumentan es un nombre mal empleado, la condición de contenido proposicional, y la condición de "no obviedad" surgen durante el curso de la planeación. Las condiciones restantes, preparatorias y esenciales, serán mapeadas dentro del formalismo como las precondiciones y efectos de los operadores de actos de habla.

De manera concreta, las condiciones preparatorias son plasmadas en las precondiciones llamadas *cando* y *want*.

Precondiciones *cando*. Se denota: CANDO.PR, lo que indica un esquema de proposiciones que cuando son instanciadas con los valores de los parámetros de una instancia de un operador, produce proposiciones que deben ser verdaderas en el modelo del mundo para que la instancia del operador sea aplicable.

Precondiciones *want*. Se denota: WANT.PR, lo que formaliza un principio de conducta intencional, es decir, el agente de una acción debe querer hacer esa acción.

La idea respecto a los dos tipos de precondiciones, es que para que el acto se lleve a cabo, la acción debe ser físicamente posible, y además el agente relevante debe realmente querer hacer la acción.

Después de analizar los efectos laterales de los actos de habla, proponen un "nuevo principio de punto de vista":

"Las precondiciones *cando* y los efectos de los actos de habla deben ser definidos en una forma que no dependan de quien es el hablante de ese acto de habla. Esto es ni CANDO.PR ni EFFECT deben ser establecidos como una proposición que comience con 'HABLANTE CREE'".

Tomando en cuenta lo anterior, proponen operadores para los actos de habla

PEDIR e INFORMAR.

PEDIR(HABLANTE, OYENTE, ACCION)

CANDO.PR PROPOSICION

WANT.PR HABLANTE CREE

HABLANTE QUIERE PEDIR(HABLANTE, OYENTE, ACCION)

EFFECT: OYENTE CREE

HABLANTE CREE HABLANTE QUIERE ACCION.

INFORMAR(HABLANTE, OYENTE, PROPOSICION)

CANDO.PR PROPOSICION

WANT.PR HABLANTE CREE

HABLANTE QUIERE

INFORMAR(HABLANTE, OYENTE, PROPOSICION)

EFFECT OYENTE CREE

HABLANTE CREE PROPOSICION

El requisito es que el hablante crea la proposición que está aseverando, es decir que exista como un hecho en su base de conocimientos, y que crea que quiere informar; y el efecto es que el oyente crea que el hablante cree la proposición. No existe un hecho en la base de conocimientos del hablante del que se derive que el oyente tenga la proposición dentro de su base de creencias, de otro modo el hablante no tendría la intención de informar. Una vez que INFORMAR es hecho, las creencias del oyente son automáticamente cambiadas, ya que no hay lugar para deliberación.

De manera análoga se pueden deducir los operadores para PREGUNTAR y ORDENAR, quedando cubiertos los actos de habla empleados en el presente trabajo.

PREGUNTAR(HABLANTE, OYENTE, PROPOSICION)

CANDO.PR PROPOSICION

WANT.PR HABLANTE CREE

HABLANTE QUIERE

PREGUNTAR(HABLANTE, OYENTE, PROPOSICION)

EFFECT OYENTE CREE

HABLANTE QUIERE

INFORMAR(OYENTE, HABLANTE, PROPOSICION)

El prerequisite es que el hablante tenga una proposición de la cual ignora su veracidad, y que por tanto no puede integrar a su base de conocimientos; y de la cual quiere conocer su veracidad. El efecto es intentar que el oyente le informe al hablante sobre la veracidad de dicha proposición.

ORDENAR(HABLANTE, OYENTE, ACCION)

CANDO.PR OYENTE PUEDE HACER ACCION.

OYENTE SUBORDINADODE HABLANTE

WANT.PR HABLANTE CREE

HABLANTE QUIERE ORDENAR(HABLANTE, OYENTE, ACCION)

EFFECT OYENTE CREE

HABLANTE CREE PROPOSICION,

HABLANTE CREE OYENTE SUBORDINADODE HABLANTE

La situación es similar a ASEVERAR, con el prerequisite adicional de que existe un hecho en las bases de conocimiento del hablante y del oyente, en el que se establece una posición de autoridad del hablante sobre el oyente. El efecto se ve afectado por dicha situación jerárquica, ya que las creencias del oyente se afectan tomando en cuenta esa relación de autoridad.

Los actos de habla mencionados permitirán realizar la comunicación entre los agentes de manera eficiente, y además pueden ser utilizados como las acciones primitivas dentro del proceso de planeación, que como se verá mas adelante es un submódulo importante dentro del módulo de control de la cooperación.

5.- ATNs: UN FORMALISMO PARA EL CONTROL DE LA COOPERACION

5.1.- DEFINICIONES

En lingüística computacional, para examinar la estructura sintáctica de una oración, se han utilizado las gramáticas, que son una especificación formal de las estructuras permitidas en un lenguaje. Las gramáticas mencionadas son las llamadas *gramáticas formales*, las cuales pueden definirse de la siguiente forma (10):

Una gramática formal G es un cuádruplo:

$G(N, T, P, \Sigma)$, en donde:

N es un conjunto finito de símbolos No Terminales

T es un conjunto finito de símbolos Terminales

N y T son disjuntos: $N \cap T = \emptyset$

P es un conjunto finito de producciones

Σ es el símbolo distinguido. $\Sigma \in (N \cup T)$

Cada producción en P es un par ordenado de cadenas (α, β)

$\alpha = \varphi \Lambda \psi$

$\beta = \varphi \omega \psi$

en el que ω , φ y ψ son posiblemente cadenas vacías en $(N \cup T)^*$ y Λ es Σ o un

símbolo no terminal.

Una regla de producción (α, β) usualmente se escribe: $\alpha \rightarrow \beta$.

El formato que presentan las reglas contenidas en P, definen los diferentes tipos de gramáticas: regulares, libres del contexto, dependientes del contexto y sin restricciones.

Para realizar un análisis sintáctico de ciertos lenguajes (los lenguajes de computación de alto nivel, por ejemplo), es suficiente la potencia descriptiva de las gramáticas libres del contexto (sus producciones tienen la forma: $A \rightarrow \omega$). También se han empleado para realizar un análisis sintáctico bastante restringido de oraciones de lenguajes naturales. Frecuentemente se emplea una representación gráfica, más conveniente, para visualizar una gramática libre del contexto, que es una RTN (siglas de la denominación en inglés *Recursive Transition Network*) (1). Un ejemplo de una RTN se ve en la Figura 5.

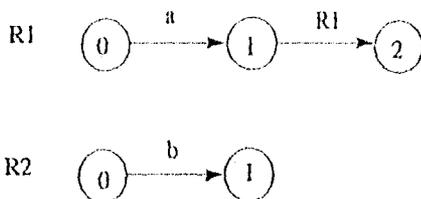


Figura 5.- Ejemplo de una RTN

Se puede apreciar que algunas transiciones están etiquetadas con símbolos no terminales, que representan a su vez otra RTN, permitiendo así la recursividad. Las etiquetas pueden ser de diferentes clases, dando origen a los siguientes tipos

de arcos:

Tipo de arco	Condición de la transición
CAT	La palabra examinada es de la categoría indicada por la etiqueta
WRD	La palabra examinada es idéntica a la etiqueta
PUSH	La red indicada en la etiqueta es exitosamente atravesada
JUMP	La transición se realiza siempre
POP	La transición se realiza y señala la finalización exitosa de la red

Este tipo de redes, como se mencionó, resultan inadecuadas para el tratamiento más amplio del lenguaje natural, debido principalmente a que están limitadas para caracterizar ciertas formas de dependencia entre los componentes de una oración, tales como correspondencia entre el sujeto y el verbo, o el manejo del género y número, entre otros aspectos. Entonces se buscó extender o aumentar los formalismos gramaticales para poder cubrir los aspectos mencionados, surgiendo las ATNs (*Augmented Transition Networks*) como una extensión de las RTNs (1).

Las ATNs extienden el poder de la recursividad de las RTN, añadiendo la creación de registros locales a cada red y permitiendo la ejecución de pruebas asociadas a cada arco, sobre los contenidos de los registros, y la ejecución de acciones que eventualmente los modifican conforme se avanza en el recorrido de la red.

Una prueba (test) es simplemente una función que tiene éxito si regresa un valor no

vacío, y falla si regresa el conjunto vacío o nil (la lista vacía). Si un test falla, su arco no es atravesado. Estas pruebas se intentan solamente después que el arco se atravesase exitosamente (suponiendo que la prueba no existiera). En otras palabras, las pruebas se aplican después de encontrar que la palabra de entrada fue idéntica a la etiqueta del arco, o de que dicha palabra estuvo en la categoría correcta indicada por la etiqueta, o después que la llamada recursiva se efectuó, habiendo atravesado el arco PUSH con éxito. En sistemas reales que utilizan ATNs, se dan facilidades para realizar las pruebas antes de efectuar las llamadas recursivas, por razones de eficiencia.

Una RTN al analizar una oración para saber si pertenece o no a un lenguaje, trata de crear una determinada estructura (un árbol de derivación, generalmente) a partir de esa oración, si la estructura puede ser construída, la oración pertenece a ese lenguaje. Tal estructura puede ser creada también mediante una ATN, permitiendo además que cada red tenga asociado un conjunto de registros, los cuales son locales a cada red. Por tanto, cada vez que una nueva red es invocada, un nuevo conjunto de registros se crea. Cuando la red es recorrida en su totalidad, los registros desaparecen. Los registros pueden adquirir valores, y los valores pueden recuperarse de los registros. Los valores de los registros son determinados por acciones, que pueden especificarse en las transiciones de la red. Cuando se produce una transición, las acciones asociadas con ella se ejecutan. La acción más común involucra asignar a un registro un valor determinado. Cuando una transición se ha efectuado, con todos los registros formados en la red correspondiente se construye una estructura, consistente del nombre de la red, seguido por una lista de los registros con sus valores.

Un tipo de ATN empleada en el reconocimiento del lenguaje natural, se muestra en la Figura 6.

ATN = RTN + Registros + Tests

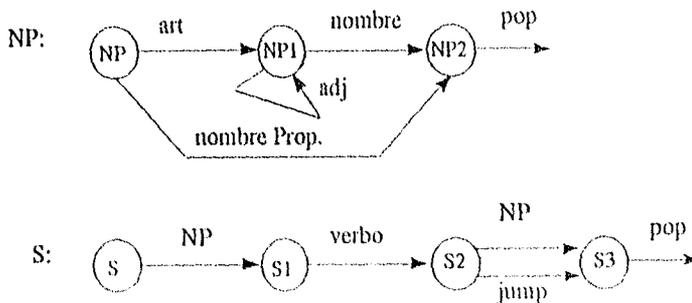


Figura 6.- Ejemplo de una ATN

Las ATNs han sido utilizadas para el análisis y la generación del lenguaje natural, así como para manejar gramáticas del discurso. Estas últimas aplicaciones son particularmente interesantes ya que demuestran que el Formalismo de las ATNs es suficientemente flexible y poderoso para manejar las múltiples situaciones asociadas a la generación o la comprensión de un discurso, convirtiéndose así en una alternativa a los mecanismos de planificación de discursos (1).

Desde el punto de vista planteado aquí, las ATNs pueden concebirse como un medio para representar y controlar las conductas de los agentes cooperativos en general, y de los facilitadores en particular.

Para poder manejar estas conductas es necesario extender el ámbito de aplicación de las ATNs. Esta extensión consiste en redefinir la semántica de las etiquetas de

las transiciones de las ATNs, que involucran símbolos no terminales y terminales, mediante las siguientes definiciones.

- 1) Un *plan* es una sucesión de conductas
- 2) Una *conducta* se define recursivamente en términos de sucesiones de otras conductas, y en última instancia, una conducta es una sucesión de acciones del agente
- 3) Las *acciones* de los agentes son acciones de *comunicación* o acciones *privadas*
- 4) Las acciones de comunicación incluyen las emisiones y recepciones de mensajes. Esto es, la generación de *actos de habla* y la interpretación de actos de habla de otros agentes
- 5) Las acciones privadas que contemplaremos son acciones de escritura, lectura y modificación de registros internos del agente así como el llamado a otros procedimientos y tomas de decisiones
- 6) Una ATN es una máquina que ejecuta y controla las conductas y acciones bajo un conjunto de normas "socialmente" definidas y aceptadas
- 7) Una transición No Terminal de una ATN representa la llamada de una ATN
- 8) Una Transición Terminal de un ATN implica la ejecución directa de una acción bajo un contexto definido por las pruebas, sobre el contenido del registro local de esa ATN, asociadas a dicha transición.

Con estas extensiones las ATNs se convierten en un *formalismo de representación y de control* de las normas generales de conductas cooperativas, además de ser las máquinas de interpretación y ejecución de las conductas específicas de cada agente. Este doble papel proporciona a este formalismo gran poder y flexibilidad. Los registros locales a cada ATN permiten manejar los contextos precisos en los cuales son llamadas las redes, de modo que se pueden tener conductas genéricas que se pueden particularizar al contexto de cada llamada. El conjunto de ATNs representa de hecho una gramática de conductas cooperativas socialmente aceptables.

Todos los facilitadores contarán con este conocimiento común, pero utilizarán la parte que les corresponde en función del papel que desempeñan dentro del grupo de cooperación. Es decir, todos tienen el mismo conjunto de ATNs y la asignación de un papel. Su actuación consistirá en interpretar las ATNs en función de dicho papel.

Por ejemplo, si en la resolución de un problema se distingue a un agente como el jefe del grupo, éste interpretará el papel del jefe y los otros interpretarán los papeles de subordinados, utilizando para tales fines el mismo conjunto de ATNs, pero las transitarán de diferente manera y emplearán diferentes tipos de pruebas, afectando de manera diferente los registros correspondientes.

Naturalmente que esta distribución de papeles puede ser dinámica. Si se piensa en la metáfora de la oficina, el papel de varias secreturías ejecutivas de directivos de empresas que tienen el mismo rango, en una actividad como puede ser el de concretar lugar, fecha y hora de una cita de los jefes, el papel de coordinador de la actividad puede recaer indistintamente en cualquiera de las secretarías, dependiendo de cual de los jefes tuvo la iniciativa para concertar la cita.

5.2 ATNs EMPLEADAS

Más adelante, en las figuras 7 a 10 se presentan las principales ATNs que controlan las conductas de los facilitadores. El planteamiento de las ATNs como mecanismo de control y definición de las conductas de los facilitadores, ya ha sido reportado (16). Cada transición de estas redes tiene asociada una serie de reglas de producción tales que si se cumplen las condiciones o pruebas se desencadena una serie de modificaciones de los valores de los atributos, así como la ejecución de alguna de las tres posibles acciones contempladas: emisión de un acto de habla, recepción de un acto de habla o ejecución de una acción privada.

Un problema planteado a un facilitador para ser resuelto por la red de cooperación, se denomina "*tarea*". Para poder resolver el problema se debe elegir un plan, el cual al ejecutar las acciones de las conductas que lo forman, permite obtener la solución a ese problema. El esquema de solución esbozado lo controlan las cuatro ATNs mencionadas. La primera de ellas plantea la tarea, la segunda permite elegir el plan, la tercera ejecuta las conductas del plan, y la cuarta ejecuta las acciones de cada conducta. De hecho, puede establecerse una analogía entre la jerarquía de conceptos esbozada por Bouron de mensaje, diálogo y discurso; y la jerarquía de acción, conducta y plan, que definen y controlan las ATNs.

Las ATNs consideradas contienen dos tipos de registros: *genéricos* para todo tipo de diálogos y *específicos* que dependen del dominio de aplicación. Cada registro está formado por una serie de atributos; las pruebas o condiciones asociadas a las transiciones hacen referencia a los valores de esos atributos, en los cuales se determina el grado de avance en la resolución del

problema. Inicialmente la mayoría de los atributos está sin determinar; conforme las diferentes conductas del plan se ejecutan van adquiriendo un valor, el cual cambia de acuerdo a la forma en que la ATN es transitada. Es decir, los valores que se adquieren son persistentes hasta que son modificados explícitamente en alguna transición. De hecho el contexto de ejecución de la red queda definido por los valores de los atributos considerados.

A continuación se describen los atributos genéricos considerados:

acto_de_habla_emitido.— Especifica la clase de acto de habla que el facilitador presente emite (preguntar, ordenar, aseverar).

acto_de_habla_esperado.— Al emitir un acto de habla o ejecutar una acción puede esperarse recibir un acto de habla. Por ejemplo al emitir cierta aseveración, se espera recibir una orden.

acción privada.— Especifica la acción privada que se ejecuta, como puede ser leer un registro de una base de datos.

tarea.— Una tarea es el problema que la red cooperativa intenta resolver.

contenido.— Indica el contenido del mensaje que se ha recibido.

emisor.— Identifica el emisor del mensaje que se ha recibido.

yo.— Identifica el facilitador presente.

receptor.— Identifica el receptor de un mensaje.

papel_en_el_grupo.— Especifica cual es el papel del facilitador actual dentro del grupo de cooperación.

papel_relativo_al_interlocutor.— Indica la relación del facilitador presente con respecto a sus interlocutores.

acto_de_habla_recibido.— Especifica la clase de acto de habla que se ha recibido.

tiempo_acción.— Indica el tiempo de inicio de realización de la acción presente o de la emisión o recepción de un mensaje.

acepta_rechaza.— Indica si se acepta o rechaza una petición de participación en un

grupo de trabajo.

ocupado.- Indica si el facilitador presente está ocupado en la realización de una tarea.

esclavos.- En el grupo de cooperación indica que facilitador es esclavo de los demás.

plan.- Indica la lista de conductas que constituyen el plan presente.

conducta.- Indica la conducta actual que se está ejecutando.

modelo.- Para cada sistema experto, incluye su nombre, su ubicación y una lista con sus capacidades (una lista con las preguntas que es capaz de responder).

Ejemplos de estos atributos son los siguientes, obtenidos después de haber finalizado su tarea dos facilitadores, uno en la modalidad de coordinador de un grupo de trabajo y otro en la modalidad de participante.

Atributos asociados a una ATN para el papel de coordinador:

```
acto_de_habla_emitido: {orden}
actu_de_habla_esperada: {nada}
accion_privada: {nada}
tarea: {Evaluacion_de_credito}
contenido: {'FINAL'}
emisor: {self}
yo: {fa1}
receptor: {fa1}
papel_en_el_grupo: {coordinador}
papel_relativo_al_interlocutor: 1[{{fa1,fa2,fa3},{par,jefe,jefe}}]
acto_de_habla_recibido: {nada}
tiempo_accion: {797647906}
acepta_rechaza: {acepta}
ocupado: {si}
esclavos: 1[{{fa2,fa1},{fa3,fa2},{fa3,fa1}}]
plan: 1[formaGrupo, responde]
conducta: 1[[]]
```

Atributos asociados a una ATN para el papel de participante:

acto_de_habla_emitido: {orden}
acto_de_habla_esperado: {nada}
accion_privada: {nada}
contenido: {'FINAL'}
emisor: {fa1}
yo: {fa2}
receptor: {fa2}
papel_en_el_grupo: {miembro}
papel_relativo_al_interlocutor: {{{fa1},{subordinado}}}
acto_de_habla_recibido: {orden}
tiempo_accion: {797647909}
acepta_rechaza: {acepta}
tarea: {Evaluación_de_proyecto}
ocupado: {si}
esclavos: {}
plan: {obedece}
conducta: {}

Además de estos atributos *genéricos* para todo tipo de diálogo, existe otro grupo de atributos *específicos* del dominio de aplicación, que viene a jugar el papel de resumen ejecutivo en donde se almacena los datos más relevantes del expediente, y en particular los resultados de los trabajos solicitados a los diferentes sistemas expertos de la red. Para el caso del facilitador coordinador, algunos de estos atributos son los siguientes:

disponibilidad_bancaria: {10000}
cmt_sol: {150000}
tipo_persona: {moral}
monto_hipotecas: {12000}
tipo_empresa: {administracion}

Las reglas de producción que permiten la modificación de los registros tienen el siguiente formato:

si condición

ejecuta

operación

en donde *condición* es una expresión booleana (o conjunto de expresiones) formada con los valores de los atributos del registro; *operación* es una acción (o conjunto de acciones) que afectan los valores de los atributos. Estas acciones son de dos tipos: actualización de algunos de los atributos, o ejecución de algún procedimiento.

A continuación se presentan algunos ejemplos de reglas de producción asociadas a distintas transiciones de las ATNs de las figuras 7 a 10, para el caso específico del Facilitador 1 como jefe y el Facilitador 2 como subordinado.

El primer conjunto de ejemplos se refiere a la ATN TAREA. Esta red controla el comportamiento general de cada facilitador cuando ejecuta alguna tarea.

La transición *ah:se-f* es recorrida cuando se recibe un acto de habla proveniente del sistema experto local, es decir, del sistema experto asociado al facilitador que recibe el mensaje. El contenido del mensaje es almacenado y se definen el emisor y el receptor del mismo.

transición: ah:se-f

si el acto de habla recibido proviene del sistema experto

ejecuta:

copia el mensaje en "contenido";

actualiza "emisor" con "SE1";

actualiza "receptor" con "Fac1";

lanza el procedimiento de creación de los atributos específicos del dominio.

La transición *ah:f-f* se transita cuando se recibe un acto de habla proveniente de

la red de cooperación, es decir de algún otro facilitador. Además de las acciones realizadas en el ejemplo anterior, se toma nota del acto de habla recibido.

transición: ah: f-f

si el acto de habla recibido proviene de otro facilitador

ejecuta:

copia el mensaje en "comenido";

actualiza "emisor" con "Fac-i";

actualiza "receptor" con "Yo";

actualiza "acto de habla recibido"

lanza el procedimiento de creación de los atributos específicos del dominio.

En la transición **interpretación**, dado que el mensaje proviene del sistema experto, y que el facilitador no se encuentra ocupado, se considera que aquel ha planteado un problema a la red. De esta manera el FacI adquiere el papel de coordinador, sus interlocutores (los otros facilitadores) serán subordinados del FacI.

transición: interpretación

si emisor: SE;

ocupado: no

ejecuta:

actualiza "papel en el grupo" con "coordinador"

actualiza "papel relativo al interlocutor" con "jefe"

lanza el procedimiento de interpretación del mensaje y con los resultados

actualiza "acto de habla recibido" con pregunta

actualiza "tiempo-acción"

actualiza "acepta_rechaza" con acepta

actualiza "ocupado" con "si"

En este caso el facilitador rechaza algún tipo de participación adicional, solicitada por su propio sistema experto, ya que en el momento de recibir un mensaje se encuentra ya ocupado.

transición: interpretación

si emisor: SE;

ocupado: si

ejecuta:
actualiza "acepta-rechaza" con "rechaza"

En este ejemplo el mensaje es recibido por otro facilitador y como no se encuentra ocupado, se da por hecho que el facilitador emisor del mensaje es un coordinador de una tarea y el facilitador presente, será un miembro del grupo de trabajo.

transición: interpretación
si emisor: Fac_ \neq Yo
ocupado: no
ejecuta:
actualiza "papel en el grupo" con "miembro"
actualiza "papel relativo al interlocutor" con "subordinado"
lanza el procedimiento de interpretación del mensaje y con los resultados
actualiza "acto de habla recibido"
actualiza "tiempo-acción"
actualiza "acepta_rechaza" con acepta
actualiza "ocupado" con "si"

En el ejemplo siguiente el facilitador rechaza una petición para participar como colaborador, proveniente de algún otro facilitador, por encontrarse ocupado.

transición: interpretación
si emisor: Fac_ \neq Yo
ocupado: si
ejecuta:
actualiza "acepta-rechaza" con "rechaza"

Para el caso siguiente se transita por el arco `no_colaboración`, dado que previamente se ha tomado la decisión de no aceptar la invitación para realizar una tarea.

transición: no-colaboración
si "acepta-rechaza": "rechaza"
ejecuta:
ejecuta procedimiento de rechazo de colaboración

El último ejemplo se refiere a la red DESARROLLO DE COLABORACION, y a la transición selección plan. Si no existe ya un plan previo y si el papel del facilitador en cuestión es coordinador, mediante el análisis de los datos del expediente, se obtiene bajo que modalidad se construirá el grupo de trabajo, se selecciona un plan y se actualiza el atributo plan con la lista de conductas que definen el plan.

transición: selección de plan
 si "plan": nil;
 "papel en el grupo" : coordinador
 ejecuta:
 analiza datos del expediente
 obtiene la modalidad del grupo de trabajo
 lanza el procedimiento de selección de plan,
 y con el resultado actualiza "plan" .

A continuación se revisará el funcionamiento de cada una de las cuatro ATNs, que controlan el Módulo del Control de la Cooperación.

TAREA:

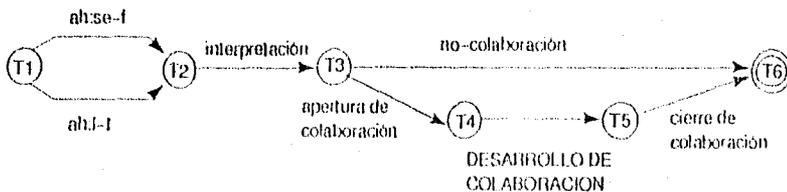


Figura 7.- ATN TAREA

ATN : TAREA

En la figura 7 se presenta esta red que controla el comportamiento global de cada facilitador a lo largo de la ejecución de una tarea. Como se indicó antes, se define una tarea cuando se plantea un problema para ser resuelto por un facilitador. Un facilitador puede ser activado para participar en una tarea, de dos formas distintas: 1) como *coordinador* del grupo, y 2) como *miembro* del grupo. El coordinador en el ejemplo considerado (la red de sistemas expertos bancarios) es el facilitador asociado al sistema experto que plantea el problema. Es decir, al plantear el sistema experto un problema a su facilitador, lo habilita como coordinador del grupo de trabajo que necesita formarse para resolver de manera cooperativa ese problema. Por otra parte los otros facilitadores que son invitados, por medio de la red, a participar en el grupo de trabajo adquieren el papel de participantes.

Las dos transiciones T1/T2 corresponden a la recepción de actos de habla, del sistema experto, o del facilitador coordinador del grupo. En ambos casos la siguiente acción consiste en interpretar el mensaje recibido y rechazarlo en caso de que el facilitador esté ocupado. Este rechazo se efectuará recorriendo la transición *no-colaboración*. En caso de que el facilitador esté ocupado, la acción asociada a la transición T3/T6 será regresar un mensaje al facilitador solicitante, negándose a participar en el grupo de trabajo. El atributo *acepta_rechaza* tomará el valor "rechaza".

La transición T3/T4 corresponde a la ejecución del procedimiento que prepara el recorrido de la red Desarrollo de Colaboración, en el caso en que sí esté disponible el facilitador.

La transición T5/T6 permite a cada facilitador terminar su compromiso con el grupo de trabajo y quedar libre para otra tarea. Esta transición se considera como correspondiente a una acción terminal, es decir una acción privada, a pesar que

puede involucrar algunos intercambios de mensajes entre los facilitadores. Esto es posible porque los intercambios involucrados están organizados en procedimientos bien definidos que son ejecutados por el módulo de control de diálogos, encargado de interpretar y ejecutar las acciones terminales del módulo de control de cooperación. Tratándose del coordinador, se enviarán mensajes a los demás facilitadores que intervinieron en el grupo de trabajo, para dar por terminado su compromiso. Por su parte cada participante envía un mensaje a su sistema experto liberándolo a su vez del compromiso contraído.

DESARROLLO DE COLABORACION:



Figura 8.-- ATN DESARROLLO DE COLABORACION

ATN: DESARROLLO DE COLABORACION

En la figura 8 se presenta esta red que controla el comportamiento de los facilitadores en cualquiera de sus posibles papeles, ya sea coordinador o miembro de un grupo. En ambos casos los facilitadores deben seleccionar el plan de acción más conveniente. El Plan está constituido por una serie de Conductas. Cada Conducta es a su vez una secuencia de acciones (actos de habla y acciones privadas), que resuelven un objetivo concreto del plan.

El procedimiento asociado a la transición D1/D2 puede ser bastante complejo. En su caso más general, todo un módulo de planeación desarrolla su trabajo en esta transición. Tomando en cuenta las acciones primitivas, definidas como un servicio del Módulo del Control del Diálogo, y las diferentes metas que permiten la solución del problema planteado a la red, se obtendrán tantos conjuntos de instrucciones como metas haya. De tal forma que al ejecutar cada conjunto de instrucciones se alcance la meta correspondiente. De esta manera se obtienen las diferentes conductas del plan, es decir, cada conjunto de instrucciones corresponde a una conducta. El proceso de planeación puede verse desde dos niveles de abstracción. En el nivel más abstracto se obtiene primero un plan a nivel de conductas abstractas, formadas por acciones de carácter muy general, definidas a nivel del Módulo de Control de la Cooperación. En el nivel más concreto, las instrucciones de carácter general dan origen a su vez, a otro proceso de planeación, cuyo propósito es obtener para cada instrucción abstracta, un conjunto de instrucciones primitivas equivalente.

En el ejemplo que se ha implantado, los facilitadores utilizan *planes compilados*, y no tienen asociado, por lo pronto, ningún módulo de planificación. No obstante, de acuerdo a los datos tomados del expediente, se forman diferentes grupos de trabajo. Y desde luego, el plan seguido por los participantes es mucho más simple que el plan del coordinador.

La transición D1/D2 permite seleccionar un plan de solución. De acuerdo al tipo de problema planteado y a los datos del expediente, se selecciona uno de los planes compilados a los que tiene acceso cada facilitador. Una vez hecha la selección se procede a ejecutar los procedimientos que permitirán cargar un plan para su ejecución. De hecho lo que se carga es la primera conducta del plan. En el caso del facilitador coordinador del grupo esta primera conducta consiste en crear el grupo

de trabajo con el que va a resolver la Tarea planteada por su Sistema Experto.

La transición D3/D4 DESARROLLO DE COLABORACION corresponde a una llamada recursiva que se ejecuta cuando se ha presentado un problema en la ejecución del plan pero existen otros planes alternativos que pueden probarse. En caso de que no exista ningún plan alternativo la transición que se ejecutará será D3/D4 cierre-fracaso. Si el plan se ejecutó satisfactoriamente, la transición que se ejecutará será D3/D4 cierre-éxito.

EJECUCION PLAN

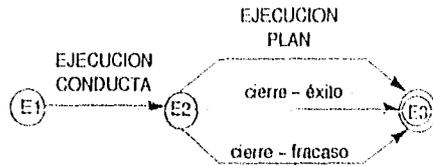


Figura 9.- ATN EJECUCION PLAN

ATN: EJECUCION PLAN

En la figura 9 se presenta esta red, que es la encargada de ejecutar cada una de las conductas que componen el plan seleccionado. El hecho de considerar a un plan como una sucesión de conductas, permite encapsular comportamientos por objetivos y da la posibilidad de reaccionar en caso de que haya problemas con la ejecución de una conducta y buscar un plan alternativo que sustituya la conducta con problemas con otra conducta con el mismo objetivo. En la versión reportada,

se recuerda que todos los planes y conductas están compiladas de antemano.

La transición E2/E3 EJECUCION PLAN, corresponde a la llamada recursiva que permite ejecutar la siguiente conducta del plan.

La transición E2/E3 cierre-éxito se cruza cuando la última conducta del plan se ha ejecutado con éxito, lo que indica que todo el plan ha concluido, a su vez, exitosamente.

La transición E2/E3 cierre-fracaso se cruza cuando alguna conducta no ha terminado satisfactoriamente y no se ha encontrado forma de sustituirla, lo cual indica que el plan no ha terminado con éxito.

EJECUCION CONDUCTA

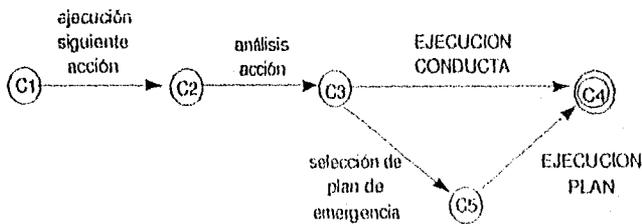


Figura 10.- ATN EJECUCION CONDUCTA

ATN: EJECUCION CONDUCTA

En la figura 10 se presenta esta red que equivale a una máquina de ejecución de acciones. Cada conducta está constituida por una sucesión de acciones, cada una de las cuales está definida en términos clásicos de planificación por una lista de

precondiciones, el tipo de acción y la lista de cambios a efectuar.

La transición C1/C2 ejecución siguiente acción, corresponde a la ejecución de cada una de las acciones contemplados en las conductas de los facilitadores, en sus tres tipos: emisión de un acto de habla, recepción de un acto de habla y ejecución de una acción privada. En esta transición se maneja el atributo *tiempo-acción* con el fin de marcar el tiempo en que se ejecutó la acción, y tener forma de saber si, por ejemplo, ya pasó demasiado tiempo desde que se envió un mensaje a otro facilitador y éste no ha contestado para que entonces el facilitador emisor tome la acción pertinente según el caso y no se quede esperando indefinidamente la respuesta.

La transición C2/C3 corresponde a la fase de análisis y ejecución de los cambios pertinentes dependiendo de la acción ejecutada. Por ejemplo, si se emitió un acto de habla entonces actualizará las expectativas de respuestas que deberá recibir el facilitador; si la acción fue recibir un acto de habla, entonces se deberá interpretar dicho acto y se actualizarán los atributos correspondientes; si la acción consistió en ejecutar una acción privada, se actualizarán eventualmente algunos atributos o se transitará sin hacer nada.

La transición C3/C4 es una llamada recursiva que se recorre si el plan se desarrolla normalmente. La transición C3/C5 corresponde al caso en que la última acción no se ejecuta conforme a lo esperado. En este caso se lanza un procedimiento que selecciona un plan alternativo. La transición C5/C4 corresponde a la ejecución de la red EJECUCION PLAN que ejecuta el plan de emergencia recién escogido. En este último par de transiciones, se encuentra la capacidad reactiva del sistema de ATNs. En efecto, la falla en alguna acción no implica la falla del plan, ya que justamente el plan seleccionado y ejecutado en ese par de transiciones, tiene como

propósito, encontrar otra acción que sustituya a la acción que falló, para de esta manera resarcir la conducta que había presentado la falla en una de sus acciones.

La capacidad de reacción puede tenerse también en el nivel superior, es decir, a nivel de conducta. En la ATN EJECUCION PLAN, pueden tenerse dos transiciones adicionales: E2/E4 selección de plan emergente, y E4/E3 EJECUTA PLAN, cuyo propósito sería conseguir un plan alternativo que pudiera sustituir a la última conducta, que tuvo una falla, y ejecutarlo, para sustituir el efecto de la mencionada conducta, para de esta manera resarcir el plan original, que hubiera presentado la falla en una de sus conductas. Como se recordará, a nivel de plan existe la posibilidad de reacción, que se da en la transición D3/D4 DESARROLLO DE COLABORACION, que permite recursivamente seleccionar y ejecutar otro plan alternativo, en caso de falla del plan que se estaba ejecutando.

Es interesante en este momento mostrar la correspondencia entre los módulos de la figura 4 y las ATNs anteriormente mencionadas.

MODULOS	ATNs
Conocimiento	
Modelos	Atributo Modelos
Hechos	Expediente del Caso
Conocimiento Cooperativo	
Estrategias	Procedimiento asociado a transición D2/D3
Estructura	Atributo Esclavos
Papel Propio	Atributo Papel_en_el_grupo
Papel Otros	Atributo Papel_relativo_al_interlocutor
Planeación	Procedimiento asociado a transición D1/D2
Ejecución	ATN EJECUCION PLAN
Evaluación	Subred de la ATN EJECUCION CONDUCTA, formada por los nodos C2, C3, C4, C5

Es posible incluir la *negociación* como un proceso en las ATNs que controlan las conductas de los facilitadores. Su incorporación puede tener diferentes niveles de

complejidad. Se puede considerar su incorporación en la formación de un grupo de trabajo, evaluando de alguna forma los agentes componentes o, a un mayor nivel de cobertura, incluso puede considerarse negociación para la misma elaboración del plan. En la presente implantación se considera planeación centralizada (bajo la modalidad de planes compilados), y se ha contemplado la posibilidad de incorporar negociación en la formación del grupo de trabajo. Para ésto será necesario contar con ciertos servicios de soporte para poder implantarla, como contar con un servicio de manejo de grupos a un nivel bajo, que tenga facilidades tales como enviar mensajes con acuse de recibo, manejo del tiempo cuando se espera recibir una respuesta, posibilidad de difundir mensajes a toda la red, añadir y eliminar elementos a un grupo, etc. Así como también contar con criterios para evaluar los agentes (disponibilidad, asociación del agente a una estación de trabajo rápida, caracterización de sus habilidades, etc.). Con estas ayudas se podrá incluir la negociación bajo la modalidad indicada antes, como un primer paso en su incorporación a las ATNs.

Aunque el propósito principal del presente trabajo se centra en el MCC, en la implantación realizada se desarrolló un prototipo de facilitador, en donde sus otros componentes fueron simulados. La correspondencia entre esos módulos del facilitador (mostrados en la figura 3) y el sistema de ATNs se presenta a continuación.

FACILITADOR	ATNs
Interfaz Usuario	La comunicación con el usuario se realiza en el procedimiento asociado a la transición T1/T2 (ah:se-f) y durante la ejecución de alguna de las acciones que son activadas en la transición C1/C2.
Interfaz Sistema Experto	Se elaboró un módulo especial para manejar la comunicación con los sistemas expertos empleados. El módulo se activa también en la transición T1/T2 (ah:se-f) y en alguna de las acciones

ejecutadas en la transición C1/C2.

- Interfaz Comunicación** Se elaboró módulo especial, formado por rutinas en C que emplean Sockets, para simular esta interfaz; la comunicación con los otros facilitadores se lleva a cabo en un procedimiento para seleccionar el grupo de trabajo, asociado a la transición D1/D2; y durante el desarrollo del plan, también en alguna de las acciones ejecutadas en la transición T1/T2.
- Interfaz Sistemas de Información** Esta función se realiza al leer el expediente del caso, cuando se activa el conjunto de procedimientos asociado a la transición T1/T2 (ah:f-f).
- Control del Diálogo** Esta función está asociada a la comunicación con el usuario y con los otros facilitadores. Incluye el formato de mensajes, la estructura de los actos de habla, la comunicación entre los elementos del facilitador, y la comunicación con los otros facilitadores.

6.- RED COOPERATIVA PARA LA ASIGNACION DE CREDITOS

El caso de estudio sobre el cual se han probado las ideas anteriores está constituido por el sistema RECSE conformado por una red cooperativa de facilitadores cuyos usuarios son sistemas expertos. Estos sistemas expertos juegan el papel de los jefes de oficina mientras que los facilitadores los de las secretarias. El sistema que se desarrolló trata el caso particular de una red de sistemas bancarios que resuelven casos de asignación de créditos (14, 15).

6.1.- DESCRIPCION DE LA RED

En este caso se consideran tres sistemas expertos. Un sistema experto de *otorgamiento de créditos SE1*, un sistema experto *evaluador de proyectos SE2*, y un sistema experto *calculista SE3*.

Las principales características de los tres sistemas expertos son las siguientes.

SE1: Es un sistema experto bancario encargado de otorgar créditos bancarios de diversos tipos. Posee una serie de políticas bancarias que le permiten otorgar créditos con base en ciertos criterios como solvencia, ganancias del Banco por

conceder el crédito solicitado, capacidad directiva de los responsables de la empresa solicitante, viabilidad técnica y económica del proyecto, etc. Este sistema también tiene acceso a una Base de Datos que contiene la información correspondiente a las políticas del Banco, los expedientes de las solicitudes de préstamo, las tasas de interés vigentes, etc.

SE2: Es un sistema experto que evalúa proyectos. Tiene como propósito general analizar y evaluar proyectos de inversión. Tiene a su cargo la decisión de calificar los proyectos que le dan a evaluar en función de la magnitud del proyecto, los costos relevantes, si se utilizan modelos empíricos o cuantitativos, si se evalúa bajo certeza o bajo riesgo e incertidumbre, si se conocen o no todos los datos, si se realizan estudios profundos o superficiales, si se tienen antecedentes de este proyecto, etc. En el grupo de trabajo este sistema será un servidor de SE1, y a su vez será cliente de SE3. Un punto interesante es que, aunque este sistema posee un usuario que conoce su funcionamiento, en este ejemplo únicamente se utilizará como servidor de la red de cooperación.

SE3: Es un sistema experto calculista que sabe aplicar diversos tipos de modelos y realizar cálculos de diferente complejidad, también conoce el comportamiento del mercado y tiene acceso a una base de datos en la que se encuentra toda la información necesaria para sus cálculos. Este sistema se utilizará como servidor tanto de SE1 como de SE2.

En una situación previa a la introducción de la red de cooperación, la cooperación está a cargo de los usuarios de los tres sistemas expertos. Al crear la red de cooperación se incorporará este conocimiento de trabajo cooperativo humano en la red de facilitadores.

Hay una Base de Datos que contiene los datos generales de la empresa, sus

aspectos financieros y los datos referentes al proyecto objeto de la solicitud. Esta es una base de datos que no está asignada a ningún sistema experto pero que es accesible a cualquiera de ellos.

Si bien la red mínima de cooperación la forman dos sistemas expertos con sus respectivos facilitadores, la introducción de un tercer agente a la red, en este caso el sistema calculista y su facilitador, agrega una riqueza de diálogos posibles muy interesante, a un costo pequeño en la complejidad del problema global, ya que el sistema calculista es relativamente simple.

En la figura 11 se presenta un esquema de la red de cooperación para el ejemplo estudiado.

Las solicitudes de crédito llegan a la red a través del experto en otorgamiento de créditos, SE1. Si este sistema no puede resolver la petición por sí sólo le hace una petición de ayuda concreta a su facilitador. Este la interpreta y organiza con otros facilitadores de la red el grupo de trabajo que resolverá el problema planteado.

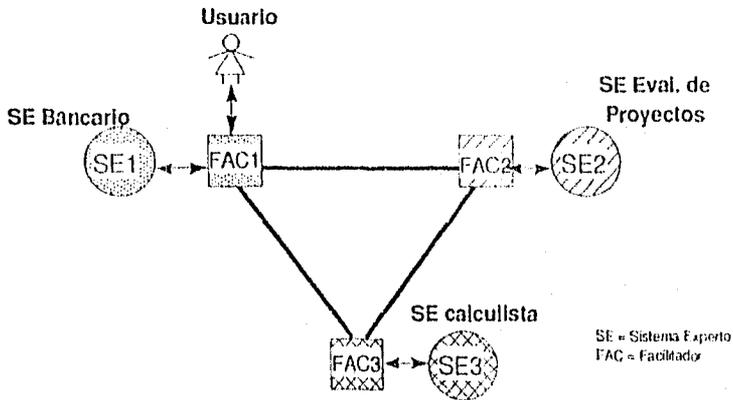


Figura 11.- Red de Cooperación de Otorgamiento de Crédito

A continuación, para hacer más objetiva la explicación del funcionamiento de la red, se intercalarán fragmentos de una corrida del sistema, la cual se presenta completa en el Apéndice. En una situación típica de esta red, el sistema experto evaluador de créditos requiere de ayuda externa para la evaluación de los proyectos objeto de la solicitud de crédito. El sistema experto envía a su facilitador el mensaje:

06ahsefa seI 000001 INICIO

El formato de los mensajes transmitidos tiene cuatro campos: el primero tiene dos subcampos: la longitud del siguiente subcampo, y el tipo de acto de habla transmitido; el segundo es el emisor del mensaje; el tercero un identificador del diálogo; y el cuarto es el texto del mensaje.

La demanda de evaluar el proyecto la lanza a su facilitador. Al interpretar este la demanda de su experto, automáticamente se asigna el papel de coordinador de un futuro grupo de trabajo. Lo primero que hace éste es determinar, de acuerdo a los datos del expediente de trabajo el tipo de problema que se ha presentado. De acuerdo al análisis de éste se determina cuál es el plan que ha de seguir. Esto involucra determinar el tipo de especialistas que deben participar, así como la estrategia de solución que determina el tipo de organización del trabajo que se va a utilizar y las grandes fases o conductas en las que se va a descomponer el plan. El fac1 elige una estrategia, la ES4, que consiste en que fac2 y fac3 serán esclavos de fac1, y a su vez fac3 será esclavo de fac2. Su plan de trabajo está formado por dos conductas:

[formaGrupo, Responde]

mediante la primera fac1 forma el grupo de trabajo, y mediante la segunda responderá adecuadamente a los mensajes que reciba.

Una vez seleccionado el plan se procede a ejecutar la primera conducta, que para el presente caso es establecer el grupo de trabajo con un agente de cada una de las especialidades necesarias. Para ello el facilitador coordinador consulta a los especialistas que necesita que estén libres en ese momento; enviando a cada uno de los facilitadores fac2 y fac3 el siguiente mensaje:

06ahfafa fa1 000000 Quieres Participar

Los facilitadores cuyo sistema experto está libre envían al fac1 su mensaje de aceptación.

El fac2 envía el mensaje: **06ahfafa fa2 000000 acepto**

El fac3 envía el mensaje: **06ahfafa fa3 000000 acepto**

Con lo que ambos quedan comprometidos a participar en el grupo de trabajo, mediante las órdenes enviadas por el fac1 a ambos:

07ejsigac se1 000000 Seras mi Esclavo

ejsigac es la etiqueta que corresponde a la transición C1/C2, al efectuarse esta transición, en el facilitador de los esclavos, se ejecuta una acción que permite recibir el mensaje anterior.

Una vez terminada esta conducta, el facilitador coordinador lanza la ejecución de la segunda conducta consistente en el ejemplo, en contestar adecuadamente los mensajes que pueden llegar al coordinador. Es decir para cada mensaje proveniente de la red o del propio sistema experto asociado al coordinador, se debe identificar el tipo de acto de habla asociado, determinar el emisor y turnar el mensaje al receptor que corresponda, esperando si así se requiere la respuesta correspondiente para turnarla a su vez al receptor apropiado. Así el Fac1 al recibir el mensaje:

08pregunta se2 000000 Es viable el proyecto financiero?

identifica por los modelos que tiene de los sistemas expertos, que la pregunta la debe enviar al fac2. Todas las conductas involucran una serie de diálogos entre los facilitadores, y entre los facilitadores y sus sistemas expertos así como acciones privadas de cada uno de ellos.

Por su parte cada uno de los facilitadores que forman el resto del grupo en calidad de participantes, una vez que se han comprometido a integrarse al grupo de trabajo, establecen también su plan de actividades, si bien mucho más simple que el plan del coordinador. Para el caso del ejemplo, está formada por una sola conducta, que consiste en obedecer los requerimientos provenientes del facilitador coordinador. El facilitador participante, se constituye en esclavo, y satisface los requerimientos de información que se le hacen, consultando a su sistema experto asociado y obteniendo la respuesta correspondiente para enviarla al coordinador. Por ejemplo, cuando el fac2 recibe el mensaje:

08pregunta se2 000000 Valor Actual del Dinero

del se2, identifica por los modelos que tiene que esa pregunta la debe enviar al fac3.

La solución de un problema planteado a la red de cooperación se descompone en términos de una cascada de conductas de los diferentes facilitadores, siguiendo reglas bien definidas.

6.2.- DESCRIPCION DE LA IMPLANTACION

El sistema RECSE ha permitido mostrar la validez de las ideas planteadas en este trabajo, desde aspectos mas generales de la red de cooperación hasta aspectos particulares del propio facilitador. Se han logrado integrar las premisas para el diseño del modelo computacional de una red de cooperación en el prototipo programado; asimismo las premisas de diseño del facilitador han sido la base de la implantación; y el empleo de las ATNs ha permitido organizar en general la estructura del facilitador y en particular la del MCC. El sistema corre actualmente en UNIX y ha sido programado en Prolog y C. Se ha conseguido tener una red de facilitadores que realiza el trabajo cooperativo efectuado antes por el usuario humano.

La red formal de facilitadores tiene varios elementos: módulos e interfaces de complejidad similar a la del Módulo de Cooperación que aquí se ha presentado. Las diferentes interfaces y el MCD deben proporcionar ciertos servicios al MCC, para que pueda realizar efectivamente su trabajo. Algunos de los servicios que son necesarios para tal fin son:

Servicios de comunicación a nivel de la red de cómputo.

Servicios de comunicación a nivel de agentes.

Facilidades para conectarse con bases de datos.

Emulación de interfaces de los sistemas expertos.

Facilidades para comunicación con los sistemas expertos.

Manejo de actos de habla

Utilerías para manejo de grupos

Utilerías para manejo de directorios de agentes y de grupos

Ante la ausencia hasta la fecha de tales elementos se ha tenido que simular su labor, para poder demostrar que el formalismo de las ATNs es suficientemente poderoso para implantar y controlar el MCC.

Se utilizó PROLOG para programar las ATNs. La recursión inherente a estas redes y la naturaleza declarativa de PROLOG hicieron que fuera adecuado el lenguaje para programar la aplicación. En particular se utilizó Siestus Prolog, el cual tiene la ventaja adicional de permitir su enlace con módulos compilados en C. La simulación de la comunicación entre los diferentes agentes se realizó mediante sockets del dominio UNIX, con los que se logró tener diferentes procesos que se comunican entre sí, en una misma estación de trabajo, para simular la intercomunicación entre los agentes.

Tal como se postuló en las premisas de diseño de los facilitadores, se efectuaron modificaciones mínimas a los sistemas expertos, alterándose únicamente las partes correspondientes a la salida y entrada de datos. Los tres sistemas expertos fueron programados en Siestus Prolog y para su manipulación se les asoció un pequeño módulo, al que se llamó "disparador", que permite manipular al sistema experto como un proceso que se comunica con su facilitador a través de sockets, de esta forma estos "disparadores" realizan la simulación de la interfaz del facilitador con el sistema experto. En esos módulos se define una cláusula que permite al sistema experto enviar y recibir datos de su facilitador. De esta forma en el Sistema Experto Evaluador de Créditos, se sustituyeron dos instrucciones de entrada de datos por una invocación de la mencionada cláusula. En el Sistema Experto Evaluador de Proyectos se sustituyeron una instrucción de entrada de datos y seis de salida de datos. Y en el Sistema Experto Calculista se sustituyeron dos

instrucciones de salida de datos.

Un plan es una lista de conductas. La forma en que se ejecuta el plan es ejecutando cada una de las conductas que lo forman. Para esto se emplea una *agenda* en la cual se cargan las instrucciones que constituyen una conducta. Cada instrucción que se ejecuta es retirada de la agenda, de tal forma que al quedar vacía la conducta se considera que ha sido ejecutada con éxito; en ese momento se carga otra conducta del plan en la agenda, retirando dicha conducta de la lista. Cuando la lista queda vacía, el plan puede darse como concluido con éxito. La agenda empleada tiene cuatro campos: Descripción de la acción (DA), Número de ocurrencias (NO), Prioridad (Pr) y Expectativa (Ex). DA es el nombre del proceso asociado a la ejecución de la acción. NO es el número de veces que se replica una acción. Pr indica la prioridad de una acción con respecto a las demás. Ex es el nombre de una acción, tal que cuando DA se ejecuta se establece una expectativa de realización de Ex. La agenda es una estructura de datos dinámica que varía su dimensión de acuerdo a la ejecución de la conducta que contiene; crece cuando la acción que se ejecuta contiene campos NO y Ex diferentes a NIL; y decrece al ejecutarse cada acción. Durante la ejecución de cada conducta, la prioridad inicial de las acciones puede cambiar de acuerdo a los resultados de las acciones que ya han sido ejecutadas de esa conducta.

La implantación de la red cooperativa, soporta todos los posibles esquemas de intercomunicación que pueden surgir de los diferentes datos que se encuentran en el expediente. Bajo la modalidad de tener un coordinador, el facilitador asociado al Sistema Experto Evaluador de Créditos, y uno ó dos participantes, según sea el caso.

6.3.- EXTENSION DE LA RED DE COOPERACION

La red de cooperación empleada surgió de una necesidad derivada de un problema dentro del ambiente bancario: permitir que tres sistemas expertos, con diferentes capacidades, pudieran cooperar. El prototipo construido resuelve el problema original, y su aplicabilidad potencial lo rebasa. Sin embargo es necesario contar con algún ejemplo de experimentación mas complejo para refinar los diferentes elementos del MCC. Una manera de conseguirlo es utilizar un sistema formado con los tres tipos de sistemas expertos empleados hasta ahora, pero con las siguientes suposiciones adicionales:

- 1) Permitir la multiplicación de los diferentes sistemas expertos, empleando diferentes instancias de cada uno de ellos, para permitir que existan recursos de demanda escasos que obliguen a la necesidad de negociar la formación de grupos de trabajo.
- 2) Permitir que existan diferentes organizadores de grupos de trabajo. Es decir que de manera concurrente varios Sistemas Evaluadores de crédito lancen la formación de grupos de trabajo.
- 3) Permitir que la formación de grupos de trabajo no se dé exclusivamente en forma inmediata, sino que también pueda planearse como un esquema de cita múltiple en un tiempo futuro al instante en que algún Sistema Experto Evaluador de Crédito solicite la formación de su grupo de trabajo.
- 4) Poder evaluar el tiempo de ocupación de cada sistema experto en su grupo de trabajo.
- 5) Asociar a cada sistema experto una lista de citas. Cada cita será un tiempo de inicio y uno de terminación.

- 6) Jerarquizar los diferentes organizadores de grupos de trabajo. El experto financiero asociado a la terminal del director, deberá tener prioridad sobre los de sus subordinados, por ejemplo.
- 7) Permitir que citas establecidas de antemano, aunque sin ejecutarse todavía, puedan desorganizarse, con motivo de las prioridades indicadas.

Bajo los anteriores supuestos las posibles interacciones entre los facilitadores relacionados con cada sistema experto aumentan de manera sustancial. La labor de formación de los grupos de trabajo es ahora mucho más complicada. Cuando el tiempo empleado por un sistema experto en un trabajo que se está ejecutando rebasa el tiempo estimado, puede traer como consecuencia la reorganización de otro u otros grupos de trabajo, cuyas citas habían sido ya determinadas. Surge entonces, de manera natural, la necesidad de contar con un servicio de negociación para integrar la formación de grupos de trabajo. Lograr conseguir esta integración llega a ser un problema de considerable magnitud, equivalente por sí solo a otros esquemas de apoyo al trabajo cooperativo auxiliado por computadora, cuyo fin es la consolidación de citas de trabajo.

6.4.- EJEMPLO DE UNA CORRIDA

Un ejemplo de una corrida del sistema se muestra en el Apéndice, en el que pueden verse los mensajes cursados entre los seis elementos en juego: los tres facilitadores

y sus respectivos sistemas expertos. Puede apreciarse también la jerarquía de entidades producidas por el proceso de planeación: plan, conductas, acciones; para el caso del coordinador y de los participantes.

7.- CONCLUSIONES

1) El concepto de facilitador que fue planteado anteriormente (14) ha resultado ser un *elemento de diseño* de gran importancia en sistemas complejos que implican la interoperación de sistemas expertos.

Ha sido posible la interconexión de sistemas expertos existentes empleando facilitadores, para permitir su cooperación. Empleando el conocimiento apropiado en cada facilitador es posible diseñar redes de cooperación para diferentes propósitos. Pueden emplearse diferentes esquemas de cooperación y mecanismos de planeación para encontrar la solución al tipo de problemas que deberá resolver la red en cuestión.

2) En el prototipo de red cooperativa que se diseñó e implantó se desarrolló también la primera versión de un facilitador, en el que, aunque fueron simulados algunos de sus componentes, se mantuvieron vigentes las premisas de diseño (tanto las de carácter general como las que corresponden a aspectos de cooperación) y sus funcionalidades básicas.

Se partió de sistemas expertos previamente construidos, y las modificaciones que se hicieron a los mismos fueron, en efecto, mínimas. De hecho no fue necesario acceder la información técnica acerca del diseño y la programación de esos sistemas expertos.

La imagen que el usuario percibe de la red de cooperación es la misma que presenta el sistema experto evaluador de créditos cuando es utilizado fuera de la red.

Se tomó también en consideración la premisa que establece acceso libre a las bases

de datos. Aunque los sistemas expertos considerados, mas que una base de datos, accesan información referente al expediente del cliente mediante un archivo que contiene cláusulas en PROLOG que puede usar cada sistema experto, tanto para obtener datos de entrada como para proporcionar resultados parciales.

Sin embargo, dadas las características especiales del prototipo implantado, no ha quedado clara la filosofía de diseño basada en las capas de protocolos OSI, respecto a que cada capa proporciona los servicios de comunicación básicos a la capa inmediata superior. Como se ha mencionado, en el momento de implantación del prototipo de red cooperativa, aun no estaban disponibles los servicios de apoyo, las capas inferiores, para poder definir los aspectos de control de la cooperación, como una capa de nivel superior.

3) Las ATNs han resultado ser un mecanismo eficiente para organizar los diferentes elementos del módulo de la cooperación. También han demostrado ser un formalismo de representación y de control de las reglas generales de las conductas específicas de cada agente.

El conocimiento en sus diferentes modalidades queda comprendido dentro de los atributos asociados al sistema de ATNs. La planeación es en última instancia una acción privada (que puede ser bastante complicada, otro sistema de ATNs, por ejemplo), asociada a una determinada transición de una ATN. Los aspectos de evaluación y ejecución son llevados a cabo en algunas de las redes del sistema, como ya se ha visto. De manera general, las conductas quedan comprendidas en alguno de los atributos del sistema; y su ejecución y control se efectúan por otra ATN en particular.

4) Los mecanismos que han sido utilizados en la red de cooperación presentada antes: en general el *facilitador*, y en particular el *Módulo de Control de la Cooperación*, tienen aplicabilidad mas allá de la comunicación de sistemas

expertos existentes. Es posible, por ejemplo, definir mecanismos de control de conductas de facilitadores que permitan la ayuda al trabajo cooperativo.

5) La implantación de la red cooperativa presentada resolvió un problema real, dentro del ambiente bancario, relacionado con sistemas expertos existentes cuya cooperación era deseable automatizar. Las posibles relaciones de intercomunicación entre los tres sistemas expertos, aunque limitadas, permitieron deducir el esquema aquí planteado, cuya aplicación promete atacar esquemas de cooperación más complejos.

Actualmente se encuentran en desarrollo algunos de los elementos del facilitador, que como se ha mencionado tuvieron que ser simulados o reducidos a su mínima expresión funcionable. Dichos elementos son las diversas *interfaces*, los *mecanismos de comunicación* y el *Módulo de Control del Diálogo*. Al tener dichos elementos disponibles será posible concentrar la atención exclusivamente en el MCC y ampliar sus posibilidades.

6) No obstante lo anteriormente dicho, en la implantación presente se incluye ya la posibilidad de afinar las prestaciones existentes del MCC. Aunque actualmente se emplean planes compilados, al estructurar los planes en conductas se facilita la posterior elaboración de planeación jerárquica, ya que al proponer la lista de conductas, se está definiendo el plan en forma abstracta, y al resolver cada conducta en sus acciones primitivas, se tendría el plan detallado. La posibilidad de reacción ya es un elemento de la red, al permitir la recuperación al fallar una acción, una conducta o el plan completo.

7) Es necesario el análisis y estudio de un ejemplo más complejo que permita afinar las diferentes partes del MCC. Para esto es posible seguir trabajando con los

propios sistemas expertos, presentados aquí, aunque permitiendo que varíen en cantidad y permitiendo la formación de grupos de trabajo en paralelo.

8) Contando con los servicios de nivel más bajo, de acuerdo al modelo de la oficina, es posible plantear a su vez la creación de servicios de alto nivel. Puede pensarse en un *servicio para la formación de grupos de trabajo* en donde se incluya *negociación*, como estrategia para la formación de los mismos. Una de las conductas más importantes en todo plan de cooperación es la formación del grupo de trabajo, y el tener un servicio de negociación, que puede ser la *red de contratos*, disponible para la organización de los grupos, permitirá consolidar la definición de la mencionada conducta.

9) Otro servicio interesante es el de *planeación*. Al contar con los servicios de apoyo, será posible pensar en acciones primitivas, con sus precondiciones y efectos, que permitan la elaboración completa de un plan de trabajo, con lo que los facilitadores tendrán un mayor poder y flexibilidad.

10) Sin embargo, es necesario determinar claramente la función de los actos de habla en la presente propuesta. Al considerar los actos de habla como operadores, se deben establecer las precondiciones para cada uno de ellos; tomando éstas directamente de los atributos que contienen el conocimiento del ambiente de operación del facilitador. De igual forma, todos los mensajes cursados dentro de la red cooperativa deben estar en función de actos de habla. Situaciones que en la presente implantación no quedaron claramente incluidas, debido también a la carencia de los servicios de apoyo mencionados antes.

8.- REFERENCIAS

- [1] (1987) Allen, J.; "Natural Language Understanding", Benjamin/Cummings Pub. Co., California, 1987.
- [2] (1989). "Architecture for Co-operative Heterogeneous Online Systems (ARCHON)", Esprit-Project 2256 por European Strategic Programme for Research and Development in Information Technologies.
- [3] (1988) Bond, Alan H.; Gasser Les. "An Analysis of Problems and Research in DAI" , en Readings in Distributed Artificial Intelligence, Bond,Alan H.; Gasser, Les (Eds), Morgan Kaufmann Publishers, Inc.
- [4] (1991) Boutron, Thierry. "What architecture for communications among computational agents?", en Proceedings of the Workshop on Cooperation Among Heterogeneous Agents, AAAI.
- [5] (1990) Campbell, John A.; D'Inverno, Mark P." Knowledge Interchange Protocols", en Decentralized A.I. Demazeau, Yves; Müller, Jean-Pierre (Eds.) Elsevier Science Publishers.
- [6] (1990) Caunata, Philip. " MCC Carnot Project: Project Description", Microelectronics and Computer Technology Corporation, 1990.
- [7] (1982) Chandresakaran, B.; Mittal, S.; "Deep versus Compiled Knowledge Approaches to Diagnostic Problem-Solving". En Proceedings of the National Conference on Artificial Intelligence. Ago. 18-20, 1982.
- [8] (1985) Cohen, Philip R.; Perrault, C. Raymond . " Elements of Plan-Based Theory of Speech Acts", en Readings in Distributed Artificial Intelligence, Bond,Alan H.; Gasser, Les (Eds), Morgan Kaufmann Publishers, Inc.
- [9] (1992) Cuena, José; Serrano, Ana García.. "Sistemas Basados en el

Conocimiento de trabajo Cooperativo", en 3er. Congreso Iberoamericano de Inteligencia Artificial en La Habana, Cuba.

- [10] (1978) Denning, P. J.; Dennis J. B.; Quality, J. E. "Machines, Languages and Computation". Ed. Prentice Hall, 1978.
- [11] (1992) Finin, Tim; McKay, Don; Fritzon, Rich. "An Overview of KQLM: A Knowledge Query and Manipulation Language ", DRAFT.
- [12] (1990) Gasser, Les; Braganza, C.; Herman, N." MACE: A flexible testbed for distributed AI research", en: Distributed Artificial Intelligence, Huhns, Michael N. (Ed.) Morgan Kaufmann Publishers.
- [13] (1990) Huhns, Michael N.; Bridgeland, David Murray; Arni, Natraj Vidur. "A DAI Communications Aide", En: Distributed Artificial Intelligence, Huhns, Michael N. (Ed.) Morgan Kaufmann Publishers.
- [14] (1993) Lemaître, Christian; Sánchez, Victor G.; Excelente, Cora B.; Zamora, Luis; "Red de Cooperación para Sistemas Expertos". En Memorias de la IX Reunión de Inteligencia Artificial, México, D.F. 1993.
- [15] (1994) Lemaître, Christian; Sánchez, Victor Germán; Loyo, Cristina; "Cooperative Open Systems Architecture". En M.F. Verdejo (ed), "Collaborative Dialogue Technologies in Distance Learning" de la serie "NATO meetings/ASI Series, de Springer Verlag, 1994.
- [16] (1994) Lemaître, C.; Zamora L.; Control de la Cooperación de una Red de Agentes. En Memorias: 4o Congreso Iberoamericano de Inteligencia Artificial, IBERAMIA 94, Caracas Venezuela, Mc Graw Hill, 1994.
- [17] (1983) Lesser, Victor R.; Corkill, Daniel D. (Fall 1983). "The distributed vehicle monitoring testbed: A Tool for investigating distributed problem solving networks", en AI Magazine 4(3).
- [18] (1979). "Reference Model of Open Systems Interconnection ISO/TC97/SC16", ISO International Organization for Standardization.

- [19] (1980) Searle, John; Actos de Habla: ensayo de filosofía del lenguaje. Edición Catedra, Madrid, 1980.
- [20] (1990) Shoham, Yoah. "Agent-Oriented Programming", Technical Report, STAN-CS-1335-90, Robotics Laboratory, Computer Science Department, Stanford University.

APENDICE

A continuación se muestran los mensajes cursados entre los tres facilitadores y sus respectivos sistemas expertos, durante una corrida real. Puede apreciarse que el inicio de las actividades es producida por el sistema experto 1, el evaluador de créditos, con lo que su facilitador asociado toma el papel de coordinador del grupo de trabajo. El plan de trabajo del coordinador es mas complicado que los planes respectivos de los colaboradores; en tanto que el coordinador debe formar el grupo de trabajo los colaboradores se concretan a turnar a la red o a al sistema experto los mensajes que reciben. Puede apreciarse también la jerarquía de entidades producidas por el proceso de planeación: plan, conductas, acciones; para el caso del coordinador y de los participantes. En letras mas pequeñas se han intercalado comentarios para hacer mas clara la corrida. Cada comentario precede al mensaje correspondiente.

MENSAJES DEL SE1:

1?- inicio.

CREDITO -- Un sistema que otorga créditos bancarios

Es el mensaje que el sistema experto envía a la red de cooperación y que permite al facilitador iniciar la actividad cooperativa

ENVIE A: fa1 EL MENSAJE: 06ahsefase1000001INICIO

Envío: 06ahsefase1000001INICIO a fa1

Pregunta que en ausencia de la red se dirija antes al usuario humano

ENVIE A: fa1 EL MENSAJE: 08Preguntase1000000Es viable el proyecto financiero?

La respuesta que el se2 proporciona

El proyecto tiene Viabilidad económica? si

Dame el monto de lo que en un futuro valdrán 150000 a una tasa de interes 1.8 en 5 años

Segunda consulta del se1

ENVIE A: fa1 EL MENSAJE: 08Preguntase1000000valorActualDinero 6908.390000000011

Resultado final del se1

Los resultados finales son :otorga_credito

Fin de ejecución

Mensaje final para terminar el trabajo de la red

ENVIE A: fa1 EL MENSAJE: 06ahsefase1000000final

Envio: 06ahsefase1000000final a fa1

yes

! ?-

MENSAJES DEL SE2:

! ?- inicio.

SOY EL SISTEMA EXPERTO 2. EVALUO PROYECTOS FINANCIEROS

Estoy esperando que fa2 me llame

Consulta al Se2

MENS: 08Preguntafa2000001Es viable el proyecto financiero?

EVALUADOR DE PROYECTOS FINANCIEROS

El se2 consulta a su facilitador. En ausencia de la red antes se consultaba al usuario humano

ENVIE A: fa2 EL MENSAJE: 08Preguntase2000000valorActualDinero

EN LUGAR DEL PROMPT, VR: 6908.3900000000011

Respuesta conseguida por el fa2

EL PROYECTO ES VIABLE FINANCIERAMENTE BAJO VAL

Final de Ejecución

Respuesta final del se2

ENVIE A: fa2 EL MENSAJE: 09Respuestase2000001si

SOY EL SISTEMA EXPERTO 2. EVALUO PROYECTOS FINANCIEROS

Estoy esperando que fa2 me llame

Mensaje recibido por el se2 desde su facilitador para terminar su trabajo

MENS: 06ahfasefa2000000final

TERMINO MI TRABAJO

yes

! ?-

MENSAJES DEL SE3:

17- inicio.

SOY EL SISTEMA EXPERTO 3. HAGO CALCULOS MATEMATICOS

Estoy esperando que fa3 me llame

Fac3 consulta n1 se3

MENS: 08Preguntafa3000001valorActualDinero

SISTEMA EXPERTO CALCULISTA

Respuesta del fac3

El resultado de la TASA de DESCUENTO es 5514.73

El resultado VALOR DEL DINERO HOY: 6908.39

Final de Ejecución

ENVIE A: fa3 EL MENSAJE: 09Respuestase30000016908.39

ValAcDi: 6908.39

SOY EL SISTEMA EXPERTO 3. HAGO CALCULOS MATEMATICOS

Estoy esperando que fa3 me llame

Segunda consulta del facilitador al se3

MENS: 08Preguntafa3000002valorActualDinero

SISTEMA EXPERTO CALCULISTA

El resultado de la TASA de DESCUENTO es 5514.73

El resultado VALOR DEL DINERO HOY: 6908.39

Final de Ejecución

ENVIE A: fa3 EL MENSAJE: 09Respuestase30000026908.39

ValAcDi: 6908.39

SOY EL SISTEMA EXPERTO 3. HAGO CALCULOS MATEMATICOS

Estoy esperando que fa3 me llame

MENS: 06ahfasefa3000000final

TERMINO MI TRABAJO

yes

! ?--

MENSAJES DEL FA1

! ?- test2.

Teclea el nombre del socket: fa1.

Creo Strf 3

Creo Sf 4

Mensaje que inicia las actividades del Facl como coordinador

YO fa1 RECIBÍ: 06ahsefase1000001INICIO

Apertura de Colaboracion

Facl elige la estrategia 4

ES4

El plan está formado por las dos conductas indicadas

Selección Plan del Coordinador

[formaGrupo, responde]

Será ejecutada la primera conducta

Carga una conducta: formaGrupo

Las siguientes cuatro acciones forman la primera conducta. La prioridad de la acción será

6, las acciones esperadas son 2, y dichas acciones serán respuestas

accion(envio_a_agente('06ahfafafa1000000Quieres Participar'), 2, 6, reciboRes).

accion(revisarLiRe, 0, 5, false).

accion(reseteo, 0, 4, false).

accion(envio_a_agente('07ejsigacse1000000Seras mi Esclavo'), 2, 3, false).

EJECUTO ACCION: envio_a_agente('06ahfafafa1000000Quieres Participar')

fa1 envía solicitud de participación a fa2

Envío 06ahfafafa1000000Quieres Participar a fa2

ENVIE A: fa2 EL MENSAJE: 06ahfafafa1000000Quieres Participar

EJECUTO ACCION: reciboRes

Se recibe respuesta de aceptación

YO fa1 RECIBÍ: 06ahfafafa2000000Acepto

EJECUTO ACCION: envio_a_agente('06ahfafafa1000000Quieres Participar')

Envío 06ahfafafa1000000Quieres Participar a fa3

ENVIE A: fa3 EL MENSAJE: 06ahfafafa1000000Quieres Participar

EJECUTO ACCION: reciboRes

YO fa1 RECIBÍ: 06ahfafafa3000000Acepto

Se revisa la lista con las respuestas recibidas

EJECUTO ACCION: revisarLiRe

EJECUTO ACCION: reseteo

EJECUTO ACCION: envio_a_agente('07ejsigacse1000000Seras mi Esclavo')

Confirmación al Fac2 de participar en el grupo de trabajo como esclavo

Envio 07ejsigacse1000000Seras mi Esclavo a fa2

ENVIE A: fa2 EL MENSAJE: 07ejsigacse1000000Seras mi Esclavo

EJECUTO ACCION: envio_a_agente('07ejsigacse1000000Seras mi Esclavo')

Envio 07ejsigacse1000000Seras mi Esclavo a fa3

ENVIE A: fa3 EL MENSAJE: 07ejsigacse1000000Seras mi Esclavo

El facilitador ejecuta la siguiente conducta, por la cual responde adecuadamente a cada pregunta que recibe

Cargo una conducta: responde

accion(recibof, 2, 3, false).

EJECUTO ACCION: recibof

YO fa1 RECIBÍ: 08Preguntase1000000Es viable el proyecto financiero?

ENVIE A: fa2 EL MENSAJE: 08Preguntafa1000001Es viable el proyecto financiero?

EJECUTO ACCION: recibof

YO fa1 RECIBÍ: 09Respuestafa2000001si

ENVIE A: se1 EL MENSAJE: 09Respuestafa1000001si

EJECUTO ACCION: recibof

YO fa1 RECIBÍ: 08Preguntase1000000valorActualDinero

ENVIE A: fa3 EL MENSAJE: 08Preguntafa1000002valorActualDinero

EJECUTO ACCION: recibof

YO fa1 RECIBÍ: 09Respuestafa30000026908.39
ENVIE A: se1 EL MENSAJE: 09Respuestafa10000026908.39
EJECUTO ACCION: recibof

El facilitador recibe indicación del se1 de término de las acciones
YO fa1 RECIBÍ: 06ahsefase1000000final
Entro a red descol

Se envía mensaje para terminar las actividades a fa2 y fa3
Envio 06ahsefase1000000final a fa2
ENVIE A: fa2 EL MENSAJE: 06ahsefase1000000final
Envio 06ahsefase1000000final a fa3
ENVIE A: fa3 EL MENSAJE: 06ahsefase1000000final
Fin de colaboracion con el Grupo de Trabajo

yes
! ?-

MENSAJES DEL FA2:

yes
! ?- test2.
Tecllea el nombre del socket: fa2.
Creo Srf 3
Creo Sf 4
YO fa2 RECIBÍ: 06ahfafafa1000000Quieres Participar

Apertura de Colaboracion

El plan del fac2 consiste en contestar adecuadamente las preguntas que recibe

Selección Plan de participante:

[obedece]

Cargo una conducta: obedece

accion(envio_a_maestro('06ahfafafa2000000Acepto'), 0, 6, false).

accion(reciboOrden, 0, 5, false).

accion(recibof, 7, 4, false).

EJECUTO ACCION: envio_a_maestro('06ahfafafa2000000Acepto')

Envía mensaje de aceptación al coordinador fac1

ENVIE A: fa1 EL MENSAJE: 06ahfafafa2000000Acepto

EJECUTO ACCION: reciboOrden

YO fa2 RECIBÍ: 07ejsgaese1000000Seras mi esclavo

He recibido RESPUESTA

EJECUTO ACCION: recibof

YO fa2 RECIBÍ: 08Preguntafa1000001Es viable el proyecto financiero?

ENVIE A: se2 EL MENSAJE: 08Preguntafa2000001Es viable el proyecto financiero?

EJECUTO ACCION: recibof

La pregunta del se2 se turnará al se3, vía su fac3

YO fa2 RECIBÍ: 08Preguntase2000000valorActualDinero

ENVIE A: fa3 EL MENSAJE: 08Preguntafa2000001valorActualDinero

EJECUTO ACCION: recibof

El fa2 recibe respuesta de la red y la turnará al se2 que hizo la solicitud

YO fa2 RECIBÍ: 09Respuestafa30000016908.39

ENVIE A: se2 EL MENSAJE: 09Respuestafa20000016908.39

EJECUTO ACCION: recibof

YO fa2 RECIBÍ: 09Respuestase2000001si

ENVIE A: fa1 EL MENSAJE: 09Respuestafa2000001si

EJECUTO ACCION: recibof

Se recibe mensaje para finalizar las operaciones

YO fa2 RECIBÍ: 06ahsefase1000000final

Entro a red descol

ENVIE A: se2 EL MENSAJE: 06ahfasefa2000000final

Termino mi labor como esclavo

yes

!?-

MENSAJES DEL FA3:

yes

!?- test2.

Teclea el nombre del socket: fa3.

Creo Strf 3

Creo Sf 4

YO fa3 RECIBÍ: 06ahfafafa1000000Quieres Participar

Apertura de Colaboracion

El plan del fac3 consiste en contestar adecuadamente las preguntas que se le hagan, pues al igual que el fac2 ambos son subordinados

Selección Plan de participante:

[obedece]

Cargo una conducta: obedece

accion(envio_a_maestro('06ahfafafa3000000Acepto'), 0, 6, false).

accion(reciboOrden, 0, 5, false).

accion(recibof, ?, 4, false).

El fac3 acepta participar, posteriormente recibirá un mensaje del coordinador de acatar el papel de esclavo

EJECUTO ACCION: envio_a_maestro('06ahfafafa3000000Acepto')

ENVIE A: fa1 EL MENSAJE: 06ahfafafa3000000Acepto

EJECUTO ACCION: reciboOrden

YO fa3 RECIBÍ: 07ejsigacse1000000Seras mi Esclavo

He recibido RESPUESTA

EJECUTO ACCION: recibof

Primera consulta que hace la red

YO fa3 RECIBÍ: 08Preguntafa2000001valorActualDinero

ENVIE A: se3 EL MENSAJE: 08Preguntafa3000001valorActualDinero

EJECUTO ACCION: recibof

YO fa3 RECIBÍ: 09Respuestase30000016908.39

Respuesta a la red (al fac2)

ENVIE A: fa2 EL MENSAJE: 09Respuestafa30000016908.39

EJECUTO ACCION: recibof

YO fa3 RECIBÍ: 08Preguntafa1000002valorActualDinero

Segunda consulta que hace la red

ENVIE A: se3 EL MENSAJE: 08Preguntafa3000002valorActualDinero

EJECUTO ACCION: recibof

YO fa3 RECIBÍ: 09Respuestase30000026908.39

Respuesta a la red (al fac1)

ENVIE A: fa1 EL MENSAJE: 09Respuestafa30000026908.39

EJECUTO ACCION: recibof

Se recibe mensaje para finalizar las operaciones

YO fa3 RECIBÍ: 06ahsefase1000000final

Éntro a red descol

ENVIE A: se3 EL MENSAJE: 06ahsefasefa3000000final

Termino mi labor como esclavo

yes

!?-