

**SIEN:ES UN "SHELL" DE SISTEMAS EXPERTOS MULTIPLES
QUE RECIBE UN TEXTO DE ENTRADA**

**MANUEL GONZALEZ HERNANDEZ
FRANCISCO GALAN JIMENEZ
JESUS GONZALEZ CUEVAS**

**INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
Centro Nacional de Cálculo
Av.IPN, s/n Col. Lindavista CP. 07300
México, D. F. Tel. 586-4711 X 44**

RESUMEN

El artículo trata con el manejo de información de un texto que un usuario del Sistema Experto Nodriz (SIEN) suministra para explicar su problema. De este texto es posible seleccionar una base de conocimientos y clasificar los hechos (si los hay) para distribuirlos en las bases de conocimiento seleccionadas con el fin de que el sistema pueda concluir inmediatamente. La idea principal del trabajo es mostrar los algoritmos para seleccionar una o varias bases de conocimientos a las que se les puede anexar hechos que provienen del texto del usuario para resolver el problema en mano. En sistemas expertos múltiples como SIEN [González, H. M. 1990 h] se requiere la solución de este problema para compartir información entre bases de conocimiento y hacer posible la comunicación de sistemas expertos.

**Palabras clave: Sistemas Expertos/ Sistemas Expertos Múltiples/
Sistemas Basados en Conocimiento/ Bases de Conocimiento.**

INTRODUCCION

El propósito de este artículo es mostrar algunos resultados de los algoritmos para seleccionar una base de conocimiento y clasificar hechos de un texto que un usuario escribe para explicar su problema.

Las nuevas tendencias en Sistemas Expertos (SE) se manifiestan por la investigación en el diseño y construcción de Sistemas Expertos Múltiples (SEM) [Silverman, B. G. 1988a, 1989b], [LeClair, S. R. 1989], [Wolf, W. A. 1989], [González H. M. 1988, 1989, 1990h], en donde se pretende manejar varias bases de conocimiento (BC) y comunicar sus resultados. Básicamente se quiere encontrar soluciones de problemas con una cierta mezcla de información proveniente de diferentes bases de conocimiento, de tal manera que sea posible construir SE con BC pequeñas con algún grado de comunicación. Por otra parte también se requiere que el usuario pueda interactuar con la computadora en una manera semejante al sistema de consulta que se forma entre un experto humano y un cliente. Es decir: la idea es crear un ambiente de programación similar al sistema de consulta. Para lograrlo supondremos que el usuario puede escribir un texto con la información conveniente para la consulta con el sistema, así que el sistema experto múltiple pueda seleccionar una base de conocimiento y además obtener de este texto los datos (hechos) factibles para la solución del problema (si los hay).

En el Sistema Experto Múltiple SIEN [González, H. M. 1990 h], las bases de conocimiento tienen asociado un grafo dirigido llamado el inventario. El inventario es un conjunto de parejas de palabras clave que representan una relación binaria entre los elementos de la base.

El Sistema Experto Nodriza (SIEN) [González, H. M. 1986b, 1987c, 1988d] recibe este nombre por que tiene facilidades de manejar otras BC sin afectar su estructura, por que cuenta con mecanismos de inferencia que interpretan el conocimiento dependiendo del esquema de representación usado y porque la BC insertada puede comunicarse con las ya registradas por SIEN. En la figura 1 se muestra un diagrama de la arquitectura del sistema.

La idea original de la construcción del sistema SIEN fué, que a través de las evidencias del usuario el sistema se pudiera situar en alguna parte de la base de conocimiento en relación a lo que decía el usuario en un texto y desde ahí iniciar la consulta. Esto se logró considerando que la base de conocimiento se podía dividir en partes que se llamarían temas [González H. M. 1989 e, 1989 f]. Una vez dividida la base de conocimiento el problema de colocarse en uno de los temas resultaría más sencillo, para lo cual se propuso que cada tema tuviera asociado un inventario. El inventario constaría de palabras características del tema, por ejemplo, la suspensión de un carro es un tema, que se puede identificar cuando se habla de "los amortiguadores", como palabra clave. Cuando se habla de un tema siempre se introducen palabras características que lo distinguen de otros. Por ejemplo, si se

habla de alguna clase de peces o de alguna parte de la bicicleta, el uso de palabras claves nos ubican en ellos. Se puede pensar entonces en bases de conocimiento genéricas [Chandrasekaran, B. 1984].

ESQUEMA GENERAL DEL SIEN

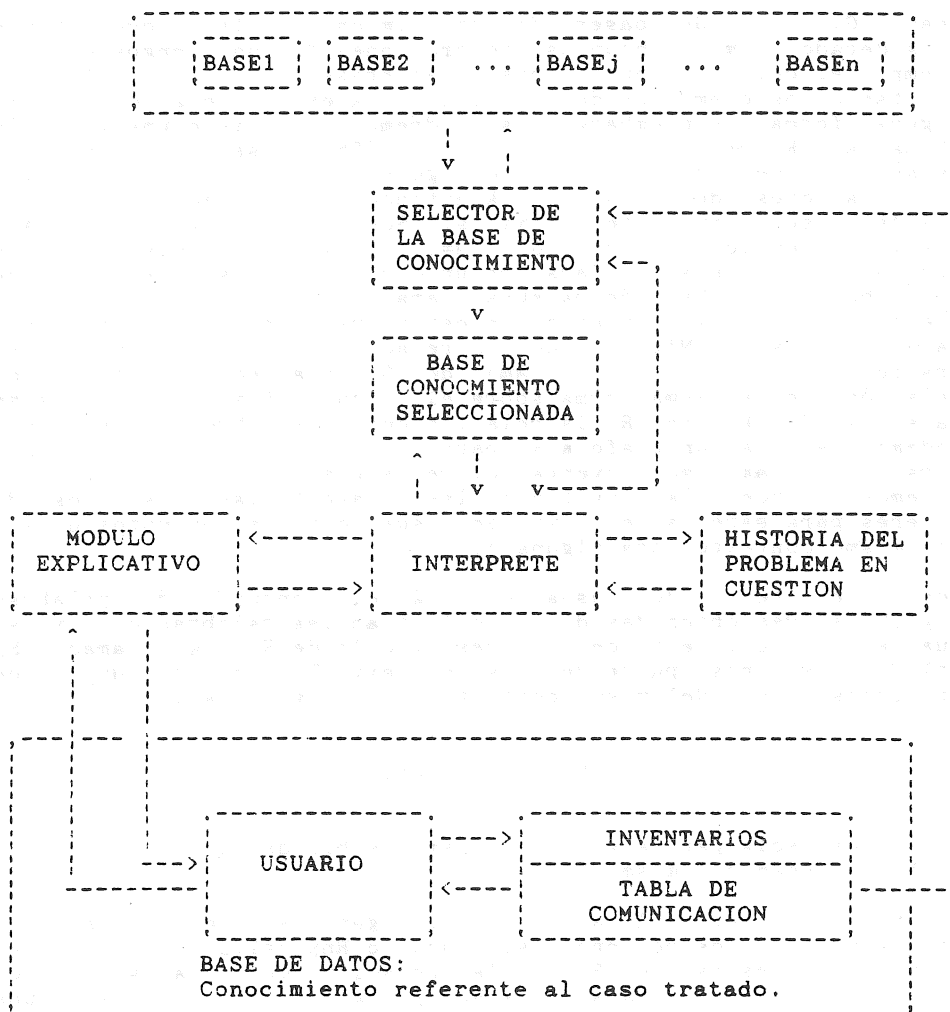


Figura 1.

La primera versión de SIEN [González, H. M. 1988a] fué escrita en MicroProlog [Clark, MacCabe 1984], con un solo esqueleto (modelo de MYCIN) y no puede ejecutar otros intérpretes escritos en otros lenguajes de programación porque la versión de Microprolog usada no es un compilador. Actualmente se cuenta con una versión escrita en lenguaje de programación C [Galán, J. F. 1990], que si puede ejecutar otros sistemas expertos aún escritos en otros lenguajes.

SELECCION DE BASES DE CONOCIMIENTO

Sean $G_1, G_2, \dots, G_k$ bases de conocimiento, las que hemos considerado como conjuntos de oraciones de un lenguaje, por ejemplo el cálculo proposicional [Van Frassen G., M., 1971]. Por lo tanto los elementos de G_j $j=1, 2, \dots, k$ están relacionados en alguna forma, sin embargo, supondremos que existe una relación (binaria) [Kolman, B. & Busby, R. C. 1986 y Ross, K. A. 1990] de estas oraciones (posiblemente de algunas), es decir, que si A y B son oraciones de G_j $j=1, 2, \dots, k$ entonces A se relaciona con B a través de sus componentes atómicos. Sean, $A_{1j}, A_{2j}, \dots, A_{mj}$ oraciones en los conjuntos G_j , $j=1, 2, \dots, k$, (que distinguen a cada G_j de las demás). Cada conjunto de oraciones $\{A_{mk}\}$ contiene un subconjunto $\{P_{sj}\}$ de palabras características de cada G_j que pueden definir su contexto, a estas palabras les llamaremos palabras clave. Nótese que la relación (binaria) entre las oraciones $A_{1j}, A_{2j}, \dots, A_{mj}$ de G_j para cada j induce una relación de la misma forma sobre el conjunto $K_j = \{P_{sj}\}$ con $s \leq m$ para $j=1, 2, \dots, k$. Sea R_j la relación definida sobre K_j , así que podemos asociar un grafo a R_j para $j=1, 2, \dots, k$. A este conjunto (grafo) le llamaremos inventario. De la gráfica de R_j $j=1, 2, \dots, k$ podemos conocer la longitud de las trayectorias, esto es de interés para saber si el texto del usuario y los conjuntos G_j son del mismo contexto para alguna j .

Sea T el texto del usuario y Q el conjunto de palabras significativas obtenidas de T (se filtran las palabras de T y se guardan en Q), entonces la restricción de R_j a Q llamada S_j $j=1, 2, \dots, k$, nos puede decir si el texto T y los conjuntos de oraciones G_j son del mismo contexto. ($\wedge$, significa intersección)

$$S_j = R_j \wedge (Q \times Q)$$

Si S_j es vacía para alguna j no hay posibilidad de que para esa j , T y G_j sean del mismo contexto.

Si S_j es distinto del vacío se investigan sus elementos para ver si alguno de ellos pertenece al conjunto R_{nj} $j=1, 2, \dots, k$ donde R_{nj} (potencia n -ésima de R_j) es la relación definida sobre los conjuntos K_j para cada j . $x R_{nj}$ y significa que existe una trayectoria de longitud n de x a y en R_j $j=1, 2, \dots, k$. También se puede pedir que los elementos pertenezcan al conjunto R_{ooj} , donde R_{ooj} es una relación definida sobre los conjuntos K_j para cada j . $x R_{ooj}$ y significa que existe alguna trayectoria en R_j $j=1, 2, \dots, k$ de x a y . En este caso excluimos todas las

trayectorias de longitud uno ya que no serian muy significativas para saber si T y G_j son del mismo contexto, (Nótese que Roo_j = R_{1j} U R_{2j} U ... U R_{nj}).

De esta forma seleccionamos cuales de las G_j son factibles para el tratamiento del problema planteado por el usuario en el texto.

Una vez determinadas todas las G_j factibles para la solución del problema se jerarquizan de acuerdo a las longitudes de las trayectorias, ésto se hace contando los elementos de S_j en Roo_j, (se pueden jerarquizar de alguna otra manera). Así, se forma una lista de bases de conocimiento G_j para algunas j's (posiblemente todas o ninguna) y se elige la primera (en el caso de que la lista no sea vacía) para reconfigurar un sistema experto. El sistema SIEN busca el nombre de la base en una tabla de registro para saber que tipo de intérprete le corresponde y que parámetros requiere para reconfigurar un sistema experto relativo a la base de conocimiento G_j. De esta manera, una vez instalado el sistema digamos X₁ toma una regla de la G_j en cuestión y la ejecuta, si su valor es verdad verifica en una tabla de comunicación [González 1989f 1989g] y si la encuentra digamos que es G_m anuncia la comunicación y el usuario decide si cambia de experto o no (con la nueva G_m). Si el caso es afirmativo guarda el estado de X₁ e instala un nuevo X₂ con la G_m comunicada de esta forma se van formado cadenas de expertos, los cuales pueden explicar su línea de razonamiento global o particularmente. Si X₁ se mantiene hasta agotar sus reglas o bien no hay comunicación, SIEN toma el siguiente elemento de la lista de las G's y repite el proceso, sin embargo, X₂ puede llamar a otro experto digamos X_t. Esto depende de como esta construida la tabla de comunicación [González 1989g].

Resumiendo los pasos del algoritmo tenemos,

- 1.- Se da un texto y se construye el conjunto Q.
- 2.- Se construye una relación R_j inducida por la relación de los elementos de G_j para j=1,2,...,k
- 3.- Se obtiene el conjunto S_j=R_j ^ (QxQ)
- 4.- Si S_j=vacío para toda j no hay selección de las G_j's, el proceso para y se regresa al paso 1
- 5.- Si S_j distinta del vacío, se construye L_j=S_j ^ (Roo_j-R_j)
- 6.- Se encuentra la longitud de los elementos L_j.
- 7.- Si los elementos de L_j son de longitud menor que el Max{Roo_j}, el contexto es débil.
long
- 8.- Si los elementos de L_j son de longitud igual a Max{Roo_j} el contexto es fuerte. long
- 9.- Se construye la lista de los G_j de acuerdo al contexto débil o fuerte para jerarquizar.

El cálculo de Roo se puede hacer, a través del algoritmo Warshall, que se muestra a continuación.

Supóngase que R es una relación en un conjunto A . Una trayectoria de longitud n de a a b es una sucesión finita

$p = a, x_1, x_2, \dots, x_{n-1}, b$, que se inicia con a y termina con b ,

tal que

$$a R x_1, x_1 R x_2, \dots, x_{n-1} R b$$

Obsérvese que una trayectoria de extensión n involucra a $n + 1$ elementos, aunque no necesariamente distintos.

Una trayectoria se puede visualizar fácilmente con ayuda del grafo dirigido de la relación. Esta aparece como una "trayectoria" geométrica o una sucesión de aristas en el grafo dirigido, donde las direcciones indicadas en las aristas se siguen y de hecho una trayectoria lleva ese nombre por esta representación. Por consiguiente, la longitud de una trayectoria es el número de aristas en la trayectoria, donde no es necesario que todos los vértices sean distintos.

Es claro que las trayectorias de longitud 1 pueden identificarse con los pares ordenados (x, y) que pertenezcan a R . Las trayectorias en una relación pueden usarse para definir nuevas trayectorias las cuales son muy útiles. Si n es un entero positivo fijo se define una relación R^n en A como sigue: $x R^n y$ significa que existe una trayectoria de longitud n de x a y en R . También se puede definir una relación R_{oo} en A , haciendo que $x R_{oo} y$ signifique que existe alguna trayectoria en R de x a y . La longitud de esta trayectoria dependerá, en general, de x , y de y . A R_{oo} se le llama algunas veces relación de conectividad de R .

Sea R una relación en un conjunto finito $A = \{a_1, \dots, a_n\}$, y sea $M_R = [m_{ij}]$ la matriz de $n \times n$ de R . Entonces $m_{ij} = 1$ si y sólo si $a_i R a_j$.

Teorema 1 Para $n \geq 1$, y R una relación en un conjunto finito A , se tiene

$$M_R^n = M_R \cdot M_R \cdot \dots \cdot M_R \quad (n \text{ factores})$$

Teorema 2 Sea A un conjunto con n elementos, y sea R una relación en A . Entonces, $R_{oo} = R \cup R^2 \cup \dots \cup R^n$

Las matrices asociadas a $R, R^2, \dots, R^n$, son las potencias de M_R ,

Del teorema anterior encontramos que las potencias de R mayores que n no son necesarias para calcular R_{00} . Esto implica calcular las potencias de M para encontrar R_{00} . Sin embargo, esto se puede evitar si aplicamos el algoritmo de Warshall.

ALGORITMO DE WARSHALL

Sea R una relación en un conjunto $A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$.

Se introduce una sucesión de matrices $W_0, W_1, \dots, W_n$ tal que

$W_0 = M$ y $W_k = M \circ W_{k-1}$, y cada matriz se calcula fácilmente a partir de la anterior.

Estas son distintas de las potencias de M , y esta diferencia resulta de gran ayuda en el cálculo. En una trayectoria $x_1, x_2, \dots, x_n$, cualquier vértice excepto el primero y el último (en este caso $x_1, x_2, \dots, x_{n-1}$) se llama

vértice interior. Para cualquier entero fijo k entre 1 y n , se define W_k como la matriz que tiene un 1 en la posición i, j si y sólo si existe una trayectoria en R de a_i a a_j cuyos vértices interiores, si existen, vienen del conjunto $\{a_1, a_2, \dots, a_k\}$.

En otras palabras, los vértices interiores no pueden tener subíndices mayores que k . Se define W_k como $M \circ W_{k-1}$. Se ve que $W_k = M \circ W_{k-1}$ ya que cualquier trayectoria deberá tener vértices interiores que vengan de $\{a_1, a_2, \dots, a_k\} = A$. Ahora se mostrará cómo se

calcula cada W_k a partir de las matrices $W_0, W_1, \dots, W_{k-1}$. Sea $W_k = [w_{ij}^{(k)}]$, esto es, $w_{ij}^{(k)}$ es el componente en la posición i, j de la matriz W_k . Entonces se tiene el siguiente resultado.

Teorema 3 Para cualquier i, j, k $0 \leq i, j, k \leq n$.

$$w_{ij}^{(k)} = w_{ij}^{(k-1)} \vee (w_{ik}^{(k-1)} \wedge w_{kj}^{(k-1)})$$

EJEMPLO

Como un ejemplo se consideraron dos bases de conocimiento, un conjunto de palabras clave para cada una de ellas, su grafo correspondiente según la relación que existe por dichas palabras en cada base y un texto fabricado exprofeso para ilustrar el algoritmo.

Observése que la selección de las palabras clave es arbitrario y que son sugeridas por el experto humano en la construcción de la base, así como las ligas que existen entre reglas en función de estas palabras.

En la determinación de la relación entre reglas se considera, aunque no es única, que los átomos consecuentes que contengan palabras clave serán inicio de una flecha en el grafo y su destino aquella regla cuyo átomo contiene una palabra clave que se encuentre como parte del antecedente.

Sean G_1 y G_2 dos bases de conocimientos dadas en la siguiente forma,

$G_1 = \{r_1, r_2, r_3, r_4, r_5, r_6\}$ y

$G_2 = \{q_1, q_2, q_3, q_4, q_5, q_6, q_7\}$ en donde,

r_1 : IF $A_1(a, u, f)$ THEN $C_1(d)$
 r_2 : IF $A_1(a, u, f)$ THEN $C_2(h)$
 r_3 : IF $A_1(a, u, f) \wedge C_1(d)$ THEN $C_3(e)$
 r_4 : IF $A_3(i, j)$ THEN $Co(d, e)$
 r_5 : IF $A_2(b, c) \wedge C_1(d)$ THEN $C_4(c, f)$
 r_6 : IF $A_1(a, u, f) \wedge C_4(c, f)$ THEN $C_5(h, d)$

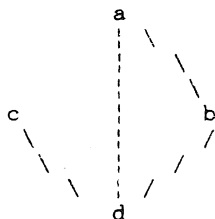
Cuyas palabras clave son

$\{a, b, c, d\}$

Por la relación que existe entre las reglas obtenemos el siguiente grafo que será considerado como el inventario de G_1 .

Oraciones relacionadas de acuerdo a las palabras clave: $\{(r_1, r_3), (r_1, r_5), (r_5, r_6)\}$ y la relación de las palabras clave para formar su grafo es,

$R_1 = \{(d, a), (d, c), (d, b), (b, a)\}$



El conjunto G_2 contiene las palabras clave $\{1, 3, 5, 7\}$ y las siguientes oraciones,

```

q1: IF B1(6,2) THEN D1(3)
q2: IF B2(6,7) THEN D2(4)
q3: IF B1(6,2) /\ D1(3) /\ D8(1) THEN D3(5)
q4: IF B2(6,7) /\ D3(5) THEN D4(6)
q5: IF D4(6) /\ B1(6,2) THEN D6(7)
q6: IF B3(3,5) /\ D1(3) THEN D7(3)
q7: IF B2(6,7) /\ D4(6) THEN D8(1)

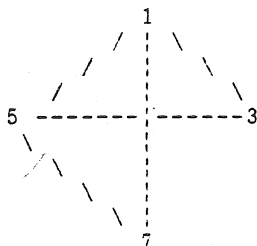
```

Oraciones relacionadas de acuerdo a las palabras clave

$\{(q1,q6), (q1,q3), (q3,q4), (q3,q7), (q4,q5), (q4,q7)\}$

La relación de palabras clave para formar el grafo es,

$R2 = \{(3,5), (3,1), (5,1), (5,7), (7,1)\}$



Supongamos ahora que de un texto se obtuvieron las siguientes palabras significativas $Q = \{a, s, d\}$, entonces $Q \times Q = \{(a,a), (a,s), (a,d), (a,1), \dots, (s,a), (s,s), (s,d), (s,1), \dots, (7,a), \dots, (7,7)\}$ entonces siguiendo el algoritmo $S1 = \{(d,a)\}$ y $S2 = \{(3,1)\}$, por lo tanto,

$L1 = S1 \wedge (Roo - R1) = \{(d,a)\}$

$L2 = S2 \wedge (Roo - R2) = \{(3,1)\}$

De esta forma sabemos que según el texto del usuario $G1$ y $G2$ han sido seleccionadas, ya que los elementos de $L1$, $L2$ tienen longitudes mayores que uno. Notamos que a través del texto podemos seleccionar varias bases a la vez. $G1$ y $G2$ se colocan en una lista como los nombres de los archivos que contienen las reglas antes descritas.

Los resultados que se obtuvieron fueron:

BUSQUEDA Y CLASIFICACION DE HECHOS

Supongamos que se tiene un texto T y sean $G1, G2, \dots, Gn$ bases de conocimiento, supongamos también que con el algoritmo de selección [González, H. M. 1990b] se han determinado (Gi, Gj, Gk) BC del texto T . Este algoritmo considera que cada BC tiene asociado un grafo dirigido llamado el inventario de la base,

constituido de palabras características o palabras clave que distingue a una BC de las demás. De esta manera el texto puede distinguir el contexto de la base y el sistema SIEN puede saber de que base se trata. Ahora nos interesa seleccionar las oraciones de T y clasificarlas para saber cuales son consideradas como hechos y cuales no. Estos hechos (si los hay) serán asignados a las BC Gi, Gj, Gk. Esto depende del tipo de esquema de representación del conocimiento empleado para las bases de conocimiento i, j, k. Por lo tanto debemos seleccionar las oraciones e investigar sobre el formato de los hechos de cada base (esto se debe hacer independientemente, es decir, para cada base), por lo que una vez identificada una oración se deberá transformar a hechos al formato del esquema de representación de la base (i, j, k). Esto es, con el fin de que el sistema experto SIEN no pregunte por los hechos que el usuario suministró en su texto de entrada y SIEN los utilice como información para alcanzar alguna meta. Así SIEN sólo preguntará por los datos faltantes sin alternativa.

Para poder establecer la transformación de un formato (lenguaje natural) a otro (esquema de representación de la BC) es necesario mencionar algunos elementos de los esquemas de representación.

REPRESENTACION DEL CONOCIMIENTO

La representación del conocimiento es muy versátil, es decir, existen algunas formas de representar conocimiento, pero no es simple hacer la selección de entre todas las formas de representación. Generalmente la decisión está basada en la propia intuición o en las circunstancias particulares del problema en mano. Esto último tiende por sí mismo a una particular forma de representación. Este tipo de formas se les llama esquemas de representación y son conocidos como: Lógica, Reglas, Redes Semánticas, Marcos de Minsky, Objeto-Atributo-Valor (O-A-V), etc. De cualquier manera uno de los elementos que deben ser representados son los hechos. Los hechos son aseveraciones o afirmaciones de ciertos eventos de un fragmento de la realidad, así que estos elementos deberán ser representados y son precisamente nuestro interés.

Supongamos el esquema (O-A-V), usado en MYCIN [Shortliffe, E. H. 1976].

Cada hecho puede considerarse como una cadena de caracteres, por ejemplo:

ACERO-DUREZA-60=0.95

que se refiere a la oración o afirmación " El acero de grado 60 tiene una dureza de 0.95 "

La representación de este hecho en el esquema <O A V> se escribe como,

<ACERO> <DUREZA-60> <0.95>

Este esquema es el que utiliza el Sistema Experto MYCIN [Buchanan, G. B. and Shortliffe, H. E. 1985].

De la misma manera podríamos escribir, por ejemplo, oraciones tales como:

"Es posible arrancar el carro" que transformada al esquema quedaría,

<CARRO> <ARRANCA> <POSIBLE>

Si la BC estructurada en reglas tiene un esquema de representación <O A V>, entonces, una regla general sería,

$$\text{IF } \bigwedge_{j=1}^n \langle O A V \rangle_{j,j} \text{ THEN } \langle O A V \rangle_{i,k} \quad \text{para } i < k$$

entonces, en una red de inferencias las tripletas <O A V> corresponden a los nodos internos o nodos hojas (estos últimos son las ramas terminales de una red). En general los nodos hoja son nodos preguntables y por lo tanto estas tripletas se convertirán en hechos en el momento en el que el usuario los confirme. Estos hechos una vez confirmados pasarán a formar parte de la base de hechos.

Nuestra propuesta es, que de un texto que el usuario usa para explicar su problema, podamos extraer los hechos y usarlos en la consulta con el sistema experto formado [González, H. M. 1988a, 1989a].

Para lograr nuestro propósito damos un texto en donde cada oración es separada con un carácter /. Se toma oración por oración y se transforma en tripletas <O A V>. Se comparan con aquellas obtenidas de las oraciones establecidas en cada nodo preguntable de la red de inferencias. En este punto se está considerando las negaciones. Sin embargo, no se cuantifica la tripleta <O A V> con algún factor de certeza o alguna probabilidad. Lo cual podría resultar fácil ya que se le pediría al usuario que cuantificara cada oración con la probabilidad o el factor de certeza, encerrándolo entre paréntesis.

El siguiente procedimiento se ilustra con un ejemplo de una base ficticia de conocimiento relativa al desperfecto de autos.

El procedimiento se desarrolló de la siguiente manera:

- a) Lectura de las palabras-objetos y, en su caso, de los sinónimos asociados a éstas.
- b) Lectura de las palabras-atributos y también, en caso de existir, de sus sinónimos.
- c) Lectura de las palabras-valores y sus sinónimos.
- d) Lectura de las palabras-negaciones y sus sinónimos.
- e) Ordenamiento alfabético del vocabulario leído.
- f) Lectura de la base de conocimientos, seleccionando solamente las oraciones o nodos de nivel más bajo (es decir, las oraciones preguntables).
- g) Conversión de las oraciones seleccionadas en (f) al esquema <O A V>. Para este propósito se llevó a cabo un barrido de cada oración buscando en el vocabulario todas las palabras significativas, al mismo tiempo que se sustituyeron por los sinónimos de mayor valor semántico.
- h) Lectura del texto del usuario en lenguaje natural, identificando las oraciones por sus separadores ("/")
- i) Conversión de las oraciones del texto a tripletas <O A V>. La conversión se realiza mediante un algoritmo semejante al usado en (g).
- j) Detección de la intersección de los esquemas obtenidos en (g) y en (i).

RESULTADOS

Lo siguiente es un fragmento de una salida de la ejecución de uno de los algoritmos (el que clasifica los hechos).

A>caracas2

Introduzca el texto. Separe las oraciones con / y termine con @

Es difícil de arrancar el carro/ Le falta potencia / Y la máquina se sobre calienta/@

Las oraciones del texto:

0 Es difícil de arrancar el carro

1 Le falta potencia

2 Y la máquina se sobrecalienta

Los predicados O-A-V del texto son:

0	16 5 0 29	carro arranca difícil
1	0 61 0 38	potencia falta
2	53 67 0 69	máquina se sobrecalienta

Las oraciones preguntables de la base, ya confirmadas son:

1	16 5 0 29	carro arranca difícil
4	53 67 0 69	máquina se sobrecalienta

4. CONCLUSIONES

Se puede observar que los algoritmos nos ofrecen dos alternativas, la selección de la bases de conocimientos a través un texto que el usuario utiliza para explicar su problema y extraer hechos (si los hay). Esto es de beneficio, ya que se presentan otras alternativas en la investigación de sistemas expertos múltiples, sobre todo en aquellas aplicaciones, en donde el sistema experto recibe un mensaje o más específicamente en aquellos sistemas expertos de monitoreo.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fué apoyado económicamente por el Sistema Nacional de Investigadores, la Comisión de Operación y Fomento de Actividades Académicas del I.P.N. (COFAA), la Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias y el Banco de México. También agradecemos el apoyo secretarial de la Srita. Patricia Rodríguez.

REFERENCIAS

Buchanan, G. B. and Shortliffe, H. E. (1985): Rule-Base Expert Systems, The MYCIN Experiments of Stanford Heuristic Programming Project, Addison-Wesley Publishing Company, USA.

Chandrasekaran, B., (1984): Expert systems: matching techniques to tasks. In W. Reitman (ed) Artificial Intelligence Applications for Business. Norwood, Nj: Ablex.

Clark, McCabe., (1984): micro-PROLOG Programming in Logic, Prentice Hall International, N.J., USA.

Galán, J. F. (1990): SIEN es un "shell" de Sistemas Expertos Múltiples, Tesis de Maestría, Centro Nacional de Cálculo Instituto Politécnico Nacional, México D. F.

González, H., M., (1988 a): SIEN: Prototipo de un sistema experto en Microprolog. Congreso Nacional de Computación. Pasado Presente y Futuro de la Computación en México. UNAM.

González, H., M., (1986 b): Skeleton for an expert system with knowledge base stratified in themes, Congreso Internacional del IEEE sección México, MEXICON 86, MEX040.

González, H., M., (1987 c): Estructura Básica de Un Sistema Experto de Multiesqueleto. Congreso Internacional del IEEE, sección México MEXICON87, MEX026.

González, H., M., (1988 d): Diseño de un Sistema Experto de Multiesqueleto. V Reunión Nacional de Inteligencia Artificial, Mérida Yuc. México. pp 207-220.

González, H., M., (1989 e): División de una Base de Conocimientos en Temas, VI Reunión Nacional de la Sociedad Mexicana de Inteligencia Artificial, Querétaro Qro. México, pp 431-451.

González, H., M., (1989 f): Extensión del Conocimiento Usando Sistemas Expertos de Multiesqueleto, Congreso Internacional del IEEE sección México, MEXICON89, MEX030.

González, H., M., (1989 g): SIEN: Es un Sistema Super Experto, Primer Congreso Nacional de Informática para la Ingeniería, Asociación Mexicana de Informática para la Ingeniería, Cuernavaca, Morelos.

González, H. M., (1990 h): Sistemas Expertos Múltiples, Segundo Congreso Iberoamericano de Inteligencia Artificial IBERAMIA 90, Morelia Mich. México.

Kolman, B. & Busby, R. C. (1986): Estructuras de Matemáticas Discretas para la Computación, Prentice Hall Hispanoamericana.

Roos, K. A. & Write C. R. B. (1990): Matemáticas Discretas, Segunda Edición, 1990 de la Primera en Español, Prentice Hall Hispanoamericana

Silverman, B., G., Hexmoor, H., H., Rastogi, R. and Chang, J., (1988): Distributed Expert Systems: FACILITY ADVISOR, Expert System Applications to Telecommunications, Ed. Jay Liebowitz, Wiley Series in Telecommunications.

Silverman, B., G., Wening, G., R., and Wu, T. (1989): COPEing With Ongoing Knowledge Acquisition From Collaborating Hierarchies, SIGART Newsletter, April 1989, Number 108, Knowledge Acquisition Special Issue, pp 170-171.

Van Frassen G., M., (1971): Formal Semantics and Logic, Macmillan, New York.

Wolf, W., A., (1989): Knowledge Acquisition from Multiple Experts, SIGART Newsletter, April 1989, Number 108, Knowledge Acquisition Special, Issue, pp 138-140.