

## LAS REDES SEMANTICAS

Por M. F. Verdejo, Analista del CCUM

### 1-Introduccion

Uno de los temas que más interés despiertan actualmente en el campo de la Inteligencia Artificial, es el estudio de los procesos cognoscitivos y de forma especial los mecanismos de comprensión del lenguaje.

Esta problemática es objeto de estudio en Psicología, Ciencias del Comportamiento y Linguística, pero el planteamiento particular que recibe en Inteligencia Artificial viene determinado por el objetivo que se pretende alcanzar : la construcción de sistemas que acepten y procesen de forma automática textos en lenguaje natural. La finalidad no es desarrollar una teoría psicológica de la memoria humana, pero como ésta constituye una fuente de inspiración, se espera encontrar analogías entre el modelo informático y el proceso humano.

Consideramos el lenguaje como medio de comunicación entre un locutor y un auditor. Para que la transmisión de información se efectue es necesario un proceso de comprensión por parte del auditor. Este proceso exige ciertos conocimientos, esclarecer de qué tipo son, es el paso previo para decidir cómo se pueden representar y de qué forma se organizan en la memoria.

Por una parte necesitamos representar el conocimiento que poseemos acerca del mundo que nos rodea : los objetos, sus propiedades y relaciones, las acciones que les modifican, ect. Al elegir un área concreta de aplicación, esta información constituye el modelo con el que se trabaja.

Los primeros sistemas utilizaron notaciones formales próximas al cálculo de predicados como lenguajes de representación interna de la información. De esta forma se trataba se realizaba mediante procesos deductivos ( validación de una formula ) con técnicas de demostración automática de teoremas.

Para utilizar el lenguaje necesitamos conocer las formas gramaticales y el significado de las palabras (niveles sintáctico y semántico).

La sintaxis se expresa mediante gramáticas. Escoger una representación adecuada para formalizar la semántica, es el problema que nos ocupa. A continuación, veremos una de las más utilizadas actualmente, las redes semánticas.

## 2- Modelo de Quilliam

Las redes semánticas desarrolladas en modelos computacionales son estructuras que permiten representar y organizar el conocimiento necesario para llevar a cabo procesos automáticos de tratamiento del lenguaje natural.

Fueron utilizadas por primera vez por Quilliam (ref.3), en la construcción de un modelo para la memoria semántica. El objetivo final que se planteaba en su estudio era la determinación de lo que debe contener la memoria que una persona utiliza cuando se expresa mediante el lenguaje, es decir desarrollar una teoría de la representación de la memoria semántica y su organización que pudiera implementarse en el ordenador.

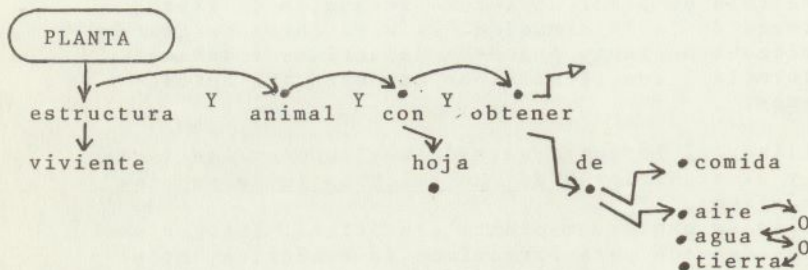
La hipótesis que Quilliam establece en su trabajo es que el hombre cuando utiliza el lenguaje interacciona con la misma memoria en la que sus conocimientos no lingüísticos están almacenados, por tanto la forma de representación debe ser general y flexible para contener cualquier tipo de conocimiento, ya sea lingüístico, perceptivo, ect. La memoria semántica no constituye una parte aislada, no se distingue de la memoria general.

El modelo propuesto, permite representar de forma uniforme todo tipo de información, la memoria se define como un conjunto de nodos conectados entre si por arcos orientados, con diferentes etiquetas.

Veamos con un ejemplo, como se representa el significado de las palabras. Supongamos la palabra "planta", si consultamos un diccionario, una de las definiciones, es la siguiente:

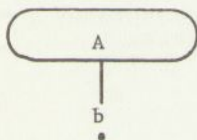
"Una planta es una estructura viviente que no es un animal, frecuentemente con hojas, que se alimenta de aire, agua y tierra".

La representación de esta información mediante la red, es :



Los nodos son de dos tipos distintos, los enmarcados se llaman "patriarcas", los otros son referencias a otros nodos de la red que son a su vez patriarcas. En el ejemplo PLANTA es el nodo patriarca, al que se accede para conocer el significado de esa palabra, los nodos unidos al patriarca son diferentes propiedades. Los arcos llevan etiquetas asociadas, de cinco tipos.

El primero, expresa la relación entre un nodo patriarca y un nodo referencia que le especifica.



en el ejemplo, planta es una estructura

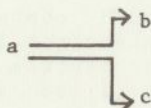
Cuando los dos nodos son referencias, el que se encuentra en posición inferior, modifica al superior.



en el ejemplo, viviente modifica a estructura.

Los arcos en curva, con las etiquetas Y, O, expresan la conjunción y la disyunción respectivamente.

La notación



expresa que b y c son el sujeto y el objeto, en la relación a.

La palabra "planta" tiene otros significados, cada uno de ellos se representaría de forma similar. Los diferentes significados van unidos mediante etiquetas O, al nodo patriarca.



FACULTAD DE INFORMÁTICA  
BIBLIOTECA



Se define un CONCEPTO como el conjunto de nodos que pueden alcanzarse a partir de un determinado PATRIARCA, junto con todas las relaciones expresadas por las etiquetas de los arcos que los unen.

Un aspecto muy importante del proceso de comprensión, es la capacidad de inferir nueva información a partir de la que ya existe. Este modelo de memoria, permite realizar fácilmente esta operación.

El sistema recibe como input dos palabras cualesquiera, y debe compararlas para indicar la similitud o el contraste de sus significados. Así por ejemplo, con las palabras :

PLANTA-VIDA

Se obtiene como output :

- 1) Una planta es una estructura viviente
- 2) Una planta es una estructura que obtiene alimento del aire. Este alimento es lo que el ser toma para mantenerse en vida.

La primera frase es el resultado de la búsqueda en memoria de la definición de PLANTA. Inmediatamente se encuentra un nodo referencia a vida.

La segunda supone un comportamiento inferencial, para relacionar nodos que no lo están explícitamente. Esto muestra que la red además de almacenar información es un modelo de comportamiento asociativo.

En un trabajo posterior, Quilliam (ref.4) incluye un programa TLC, que acepta nueva información. El proceso de comprensión se realiza mediante el análisis de la frase, guiado por los conocimientos adquiridos anteriormente y que se encuentran almacenados en la memoria. Se trata de extraer el significado del nuevo concepto para representarlo mediante un conjunto de nodos conectados por las relaciones semánticas reflejadas en la estructura lingüística.

Así por ejemplo, supongamos que en la memoria se encuentra representado el concepto CLIENTE de la forma :

"Un cliente es una persona que emplea a profesionales".

Del mismo modo ABOGADO está definido como :

"Un abogado es un profesional que representa o aconseja a una persona en materia legal"

El programa recibe como nuevo input : " el cliente del abogado".

Mediante la localización en memoria de los nodos patriarcales CLIENTE y ABOGADO, y con la información sintáctica, se crea una red en memoria, significado de la frase recibida, que es la siguiente :

"Estamos hablando de un cliente que emplea a un abogado"

Es interesante resaltar que por primera vez, la sintaxis pasa a un segundo plano y es la información semántica la que guía el proceso. La aceptación de información se hace en continua interacción con la memoria.

Las teorías de Quilliam, sobre el modelo de memoria y el papel que esta juega en la comprensión del lenguaje, tuvieron gran influencia no solo en el campo de la Inteligencia Artificial, sino también en Psicología (ref. 5), lingüística y Ciencias del comportamiento .

### 3-Modelos Actuales

La idea de una estructura cognoscitiva única, ha sido desarrollada en numerosos trabajos posteriores. Las diferencias que existen entre las diferentes representaciones dependen del nivel de abstracción que se tome al construir el modelo.

A un nivel semántico, Simmons (ref.7), desarrolla las redes como estructuras de representación del significado de las frases, en las que los nodos son conceptos (significado de las palabras ), y los arcos son las relaciones semánticas que especifica la teoría lingüística de Fillmore (ref.2). Así como las relaciones de clasificación, modificación, etc que unen los conceptos.

Este modelo resuelve las paráfrasis sintácticas, así por ejemplo, las frases :

Juan rompió la ventana con el martillo

La ventana fué rota por Juan con un martillo

Tienen la misma representación interna, mientras que por ejemplo las frases :

Juan compró el barco a Maria

Maria vendió el barco a Juan

que describen el mismo hecho, aunque con diferentes palabras, se representan de forma diferente. Al no existir una forma canónica para cada significado, es necesaria la existencia de operaciones que determinen, a partir de las conexiones entre las palabras ( en el ejemplo, comprar y vender ), si las dos representaciones son equivalentes.

A un nivel más profundo, frases que expresen el mismo hecho se representan por la misma estructura. Es la representación desarrollada por Schank (ref.6),

Es una notación, independiente del lenguaje, a un nivel conceptual, basada en unas unidades básicas formadas por las primitivas siguientes .

PP - Categoría que representa a los objetos del mundo real

ACT- Categoría que representa las acciones ( algo que se hace sobre el objeto, modificando su estado )

PA y AA, categorías que representan atributos de los objetos y de las acciones respectivamente.

Estas unidades conceptuales, pueden relacionarse entre si, por una serie de reglas de dependencia, que son las siguientes :

PP  $\longleftrightarrow$  ACT

Un sujeto realiza una acción

PP  $\longleftrightarrow$  PA

Especificación del atributo de un objeto.

ACT  $\xleftarrow{O}$  PP

Indicación del objeto de una acción.

ACT  $\xrightarrow{R}$  PP

ACT  $\xleftarrow{R}$  PP

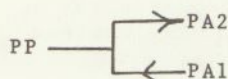
Relación entre el receptor y el donante de la acción.

ACT  $\xrightarrow{D}$  PP

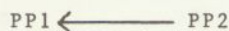
ACT  $\xleftarrow{D}$  PP

Dirección de desplazamiento de un objeto.





Cambio de estado de un objeto.

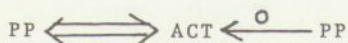


Indica posesion

Estas reglas, pueden tener modificadores, como por ejemplo valores temporales, de negación, condicionales, ect.

Cada frase en lenguaje natural, expresa al menos una conceptualización, su significado se representa por un conjunto de nodos ( de las categorías primitivas ), relacionados por las reglas de dependencia adecuadas.

Por ejemplo, la frase : "Juan golpea a Pedro", se representa por :



La categoría más importante es la ACT. Está formada por un conjunto de catorce primitivas, mediante las cuáles pueden expresarse cualquier tipo de acción.

Por ejemplo , las frases:

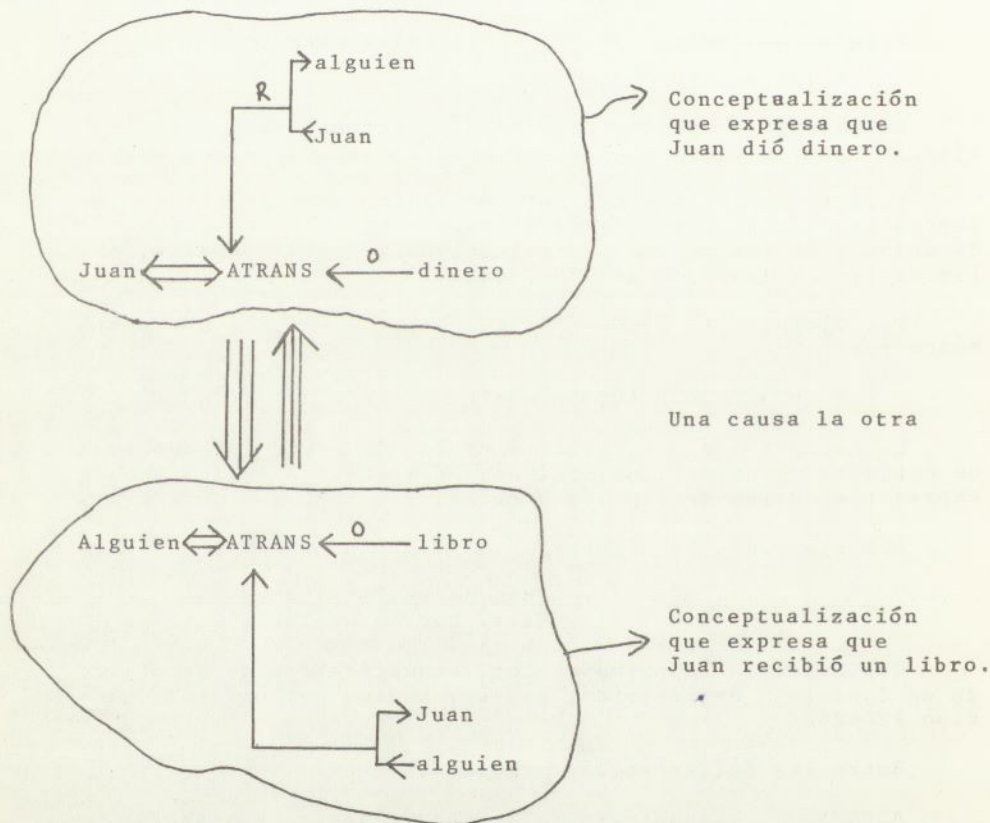
Juan da un libro a Maria  
 Maria recibe un libro de Juan

Que expresan la misma acción, transferencia de un objeto de un donante a un receptor, se representan por una ACT del tipo PTRANS.

Entre las ACT, están las siguientes :

ATRANS	Transferencia de una relación abstracta (posesión, control..)
PTRANS	Transferencia de un objeto
PROPEL	Aplicación de una fuerza física a un objeto
MOVE	Movimiento de una parte de un objeto animado
MTRANS	Transferencia de información mental

La frase "Juan compró un libro", se representa mediante dos acciones, unidas entre sí por la notación  $\uparrow\uparrow\uparrow$  que expresa la causalidad entre las dos conceptualizaciones.



Puesto que la teoría de la representación conceptual es un modelo de comprensión del lenguaje, para su tratamiento automático, veamos cómo es su implementación.

El sistema consta de un analizador, que acepta frases en inglés, y representa su significado mediante una red conceptual. La memoria utiliza la misma representación y además está dotada de mecanismos de inferencia, que permiten relacionar la nueva información con la previamente almacenada, completándola. Además un generador de lenguaje, que realiza el proceso inverso del analizador, produciendo frases en lenguaje natural a partir de la representación conceptual.



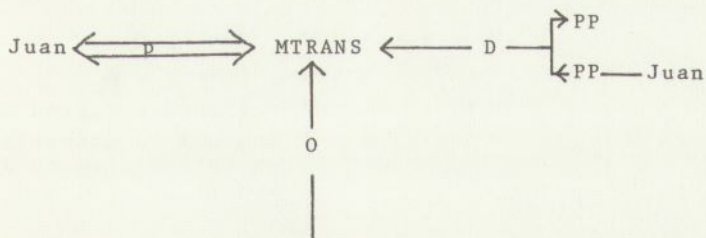
Sigamos con un ejemplo el funcionamiento del analizador.

Supongamos la frase : "Juan dijo a Mary que Bill quiere un libro".

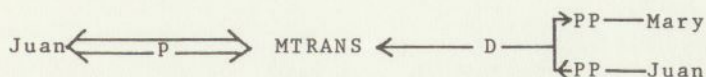
El analizador recorre la frase de izquierda a derecha, consultando para cada palabra la memoria semántica, de donde se extrae la información que permite realizar el análisis.

En el ejemplo, la primera palabra que se encuentra es "Juan", para la que se sabe que representa un objeto animado, posible sujeto de una acción. A continuación, tenemos "dijo", representa una acción del tipo MTRANS, en la que el sujeto del verbo es el sujeto de la acción. Si a continuación se encuentra un objeto animado, éste es el receptor de la acción. Además es una acción en tiempo pasado.

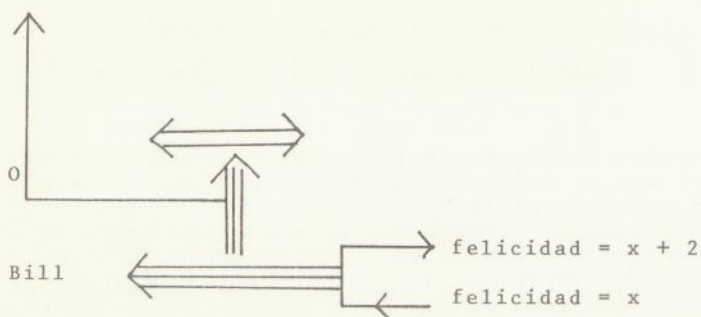
Con esta información, el analizador empieza a construir la primera conceptualización, en la que habrá elementos sin completar, pero que se esperan encontrar a lo largo del análisis.



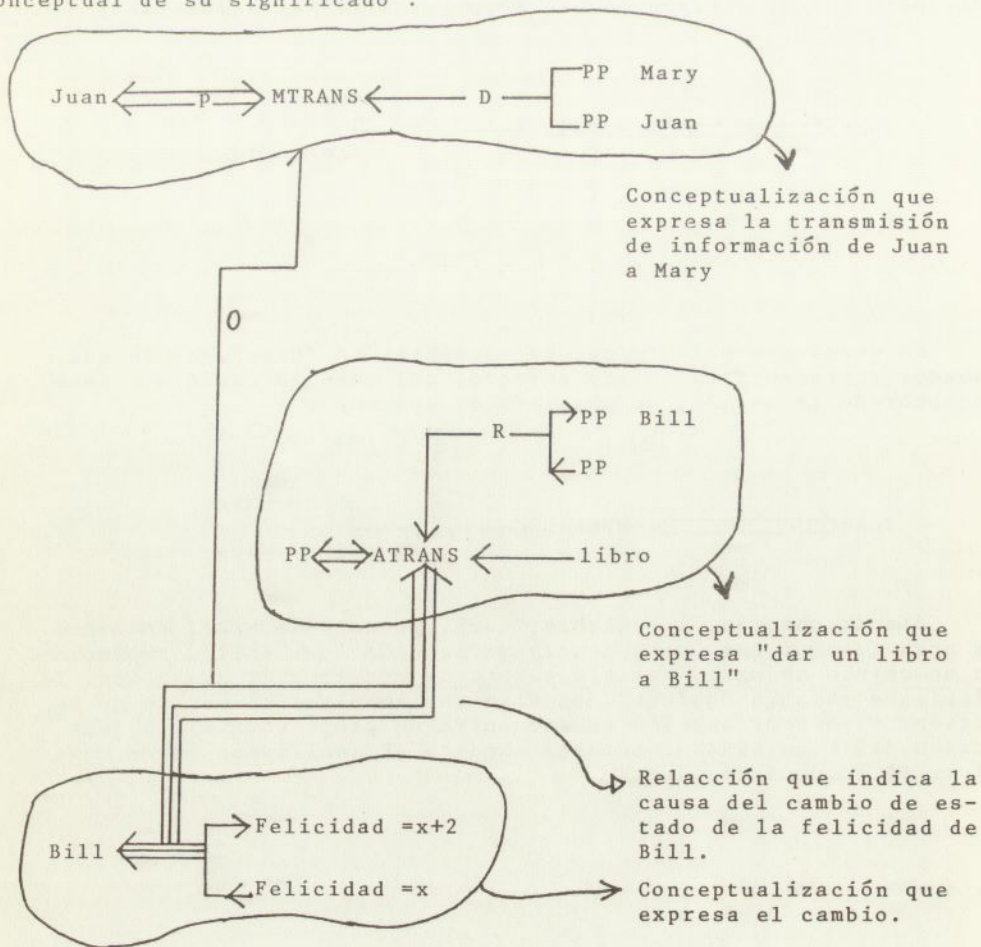
La siguiente palabra que se encuentra es "Mary", de la que sabemos representa un objeto animado, tal como se había previsto receptor de la acción. Se completa el esquema :



A continuación, la palabra "que", puede señalar el comienzo de otra frase ( una nueva conceptualización ) . "Bill", representa un objeto animado, posible sujeto de una acción; Avanzando, la siguiente palabra "quiere", es algo que complace al sujeto de la acción, si a continuación se encuentra un grupo nominal, es una acción del tipo ATRANS. En este momento el analizador puede construir el esquema siguiente .

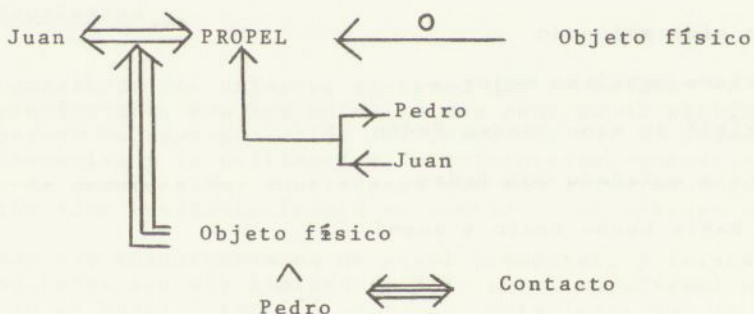


La palabra siguiente "un" indica posible grupo nominal, definitivamente la acción es del tipo ATRANS, y el análisis completo de la frase produce la siguiente estructura, representación conceptual de su significado :



Es importante resaltar, que el análisis es un proceso altamente predictivo, guiado por las informaciones semánticas, el analizador también utiliza información sintáctica, pero ésta no juega un papel primordial.

Durante el análisis, hay una interacción constante con la memoria; la red conceptual, representación del significado de la frase, se completa mediante los mecanismos de inferencia, que actúan para resolver referencias, especificar información implícita, etc. Así por ejemplo, dada la frase: "Juan golpeó a Pedro" que se representa por la red:



Con una inferencia de tipo lingüística, se añade que el objeto físico de la acción PROPEL, es la mano.

Las inferencias añaden información que en un contexto normal es probablemente cierta, en este caso concreto, sino se indica lo contrario, se entiende que le golpeó con la mano.

Otras inferencias añadirían que Juan lo hizo porque estaba enfadado con Pedro, que para que la acción se llevara a cabo ambos existen y estaban en el mismo sitio a la misma hora, etc.

Estas inferencias constituyen el mecanismo básico de predicción, ya que al expandir la red se introducen nuevos elementos que se irán compitiendo con la llegada de nuevas frases.



Cuando el analizador pasa el control a la memoria, ésta aplica otras reglas de inferencia, que son fundamentalmente predicciones sobre el resultado de las acciones, así como sobre las causas que pudieran provocarlas. Unas veces se modificarán los valores de verdad de lo que se conoce, otras se construirán los lazos de unión de la nueva red, con otra información.

Hasta el momento, el sistema acepta frases y produce respuestas que muestran los diferentes niveles de comprensión, según la información inferida. Por ejemplo, con el input :

"Juan golpeó a Pedro"

Se obtiene como output :

Pedro ha sido golpeado

Pedro quiere sentirse mejor

Juan dirigió su mano contra Pedro

Juan estaba enfadado con Pedro

¿Qué le había hecho Pedro a Juan?

#### 4- Perspectivas

Las inferencias, que juegan un papel fundamental en el proceso de comprensión, incorporan un aspecto nuevo, el contextual, que podemos situar a un nivel pragmático.

El principio de cooperación (1) establece unas normas generales de comportamiento que son necesarias para que un acto verbal pueda llevarse a cabo. Estas normas versan sobre la cantidad, claridad, forma, ect. de la información que se transmite, para que se realice una comunicación. Cuando estas normas no son respetadas por el locutor, provocan en el auditor un proceso inferencial, (las implicaturas conversacionales), que ayudan en cada caso a encontrar la interpretación adecuada.

Las máximas del principio de cooperación, junto con las implicaturas que se aplican a la trasgresión de alguna de ellas, permiten desarrollar una estrategia que sirve como modelo de los mecanismos de comprensión que desarrolla el auditor.

En una aplicación específica, se trata de formalizar esta estrategia, incorporando toda la información que se asume como probablemente cierta en un determinado contexto y que por tanto se da por entendida cuando se establece un diálogo.

Los trabajos actualmente en curso, atacan el estudio de estructuras que permitan representar esta información. Son los que aparecen en la literatura con los nombres de "frames", "escenarios" o "prototipos".

Para resolver la gran complejidad en los volúmenes de información y su manejo, se están creando nuevos lenguajes que permiten procesar de forma eficiente estas estructuras (ref 8).

### Conclusion

Comparando los primeros sistemas que se basaban en analizadores sintácticos, con los actuales que centran el problema en los aspectos de representación del conocimiento, el razonamiento por inferencias y la utilización de información contextual en el proceso de comprensión, constatamos que ~~han habido~~ no solo una evolución sino fundamentalmente un cambio en el enfoque del problema.

Aun nos encontramos en un nivel elemental, y forzosamente los resultados son muy limitados, pero permiten afirmar que se avanza en la buena dirección hacia esa meta final que es un sistema capaz de comportarse inteligentemente.



Referencias

- 1- Grice            Logic and Conversation. En P.Cole&Morgan edit.  
Studies in Syntax.Vol3, Seminar Press 1975
- 2- Fillmore        The case for case. En Bach&Harms edit.  
Universals in linguistic theory.Chicago.Holt 1968
- 3- Quilliam        Semantic Memory. En M.Minsky edit.  
Semantic Information Processing.Cambridge .Mass  
MIT Press 1968.
- 4- Quilliam        The Teachable language comprehender.  
CACM 1969,Vol 12, pg. 459-475.
- 5-Rumelhart        A process model for long term memory. En E.Tulving  
Lindsay            Donallson edot.  
Norman            Organization of memory.N.York.Academic Press 1972.
- 6-Schank            Conceptual Information Processing.  
Amsterdam North Hoolland. 1975.
- 7-Simmons         Semantic Networks, their computation and use for  
understanding english sentences. En Schank&Colby edt,  
Computers Models of thought and language.  
S. Fco Freeman 1973.
- 8-Winograd        An overview of KRL, a Knowledge Representation Lan-  
Bowrow            guage.
- 9-Woods            Foundation for semantic Networks.Bobrow&Collins edit.  
Representation & Understanding, pg.35-81.  
Academic Press 1975.