



INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática

Ing. Mg. Rolando A. Maguiña Pérez

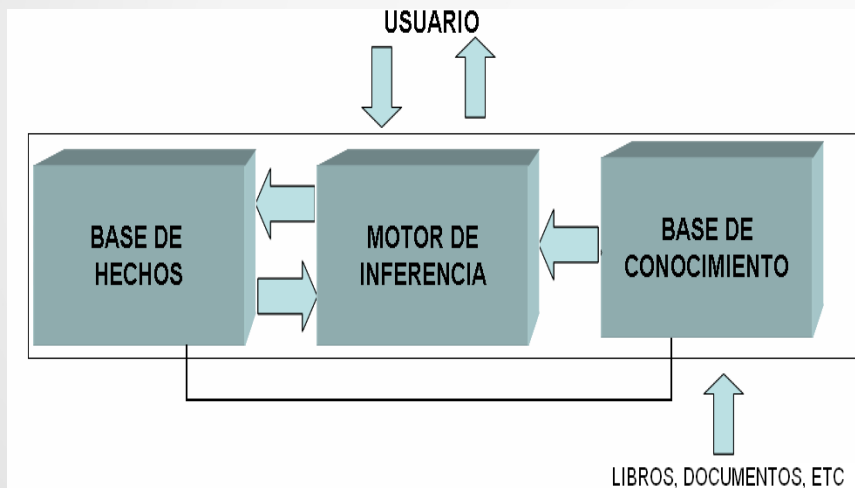
Agenda

- ❖ Sistemas Expertos
 - ❖ Definición
 - ❖ Arquitectura, módulos
 - ❖ Lenguajes, herramientas
- ❖ Base de conocimiento
 - ❖ Conceptos, Reglas
- ❖ Mecanismo de inferencia
 - ❖ Encadenamiento: conceptos, tipos
- ❖ Encadenamiento Progresivo
 - ❖ Fundamentos, algoritmo
 - ❖ Estrategias de resolución de conflictos

Ing. Mg. Rolando A. Maguiña Pérez

Sists Basados en el Conocimiento

SBC: resolver determinados problemas radica en un "saber" o conocimiento específico sobre el tipo de problemas mas que en capacidades intelectivas grales



El término Sistema Experto se reserva para los programas cuyo conocimiento proviene de un experto humano

Sists Basados en el Conocimiento

Sistemas Expertos son un subconjunto de los Sistemas Basados en Conocimientos

Sistemas de IA

Heurísticos, procesamiento simbólico

SBC

Conocimiento, arquitectura

SE

Aplicaciones a dominios en los que la resolución de problemas requiere experiencia especial

SE - Conceptos

Definición

- ❖ Son sistemas de computación que emulan la habilidad de tomar decisiones de un especialista humano en un dominio restringido. (Giarratano/Riley 1998)
- ❖ Son programas que contienen tanto conocimiento declarativo (hechos acerca de objetos, eventos y situaciones) como conocimiento de control (información acerca de los cursos de una acción), para emular el proceso de razonamiento de los humanos en un dominio en particular o área de experticia (McGraw 1989)

SE - Conceptos

Definición

- ❖ Un SE es un programa de computación inteligente que usa el conocimiento y los procedimientos de inferencia para resolver problemas que son lo suficientemente difíciles de resolver para requerir significativa experiencia humana para su solución (Edward Feigenbaum).
- ❖ Son sistemas informáticos (hw&sw) que simulan a los expertos humanos en un área de especialización dada. Usa el conocimiento del experto y procedimiento de inferencias para resolver problemas de la IA.

SE - Conceptos

Arquitectura de los Sistemas de Producción **SP: (BH, BR, EC)**

Base de Hechos

Memoria de Trabajo
Representa
conocimientos
sobre el problema

Base de Reglas o de Conocimiento

Memoria de Producción
Representa conocimientos
sobre la solución del
problema

Estrategia de Control

Mecanismo de
Inferencias
Máquina deductiva
Razona con el
conocimiento del
problema y sobre su
solución

SE - Conceptos

Características

- ❖ Uso de conocimiento en vez de datos para resolver problemas
- ❖ Separación del conocimiento de los componentes de inferencia
- ❖ Uso de representación simbólica del conocimiento
- ❖ Uso de inferencias simbólicas vs algoritmos numéricos
- ❖ Capacidad de explicar su proceso de razonamiento y justificar sus conclusiones
- ❖ Pueden operar con pocas reglas y con información incompleta

SE - Conceptos

Antecedentes

DENDRAL. Universidad de Stanford, 1965

Ledeberg y Feigenbaum. Química Orgánica.

Determinación de la estructura de compuestos químicos
(reconocimiento de moléculas orgánicas)

Rendimiento superior al de un experto humano.

MACSYMA. MIT

Integración numérica y Cálculo Simbólico.

Rendimiento a nivel de experto

Notables sucesores: MAPLE, MATHEMATICA™, THEORIST

SE - Conceptos

Antecedentes

MYCIN. Universidad de Stanford, 1972

Diagnóstico de enfermedades bacterianas y meningíticas

Utiliza redes inferenciales (400 reglas)

Rendimiento a nivel de experto.

Dio origen a otros SEs tales como EMYCIN, TEIRESIAS

PROSPECTOR. Universidad de Stanford

Estudios geológicos para la búsqueda de yacimientos de minerales. Basado en modelos estocásticos bayesianos (probabilidad "a priori") y en una red semántico-inferencial.

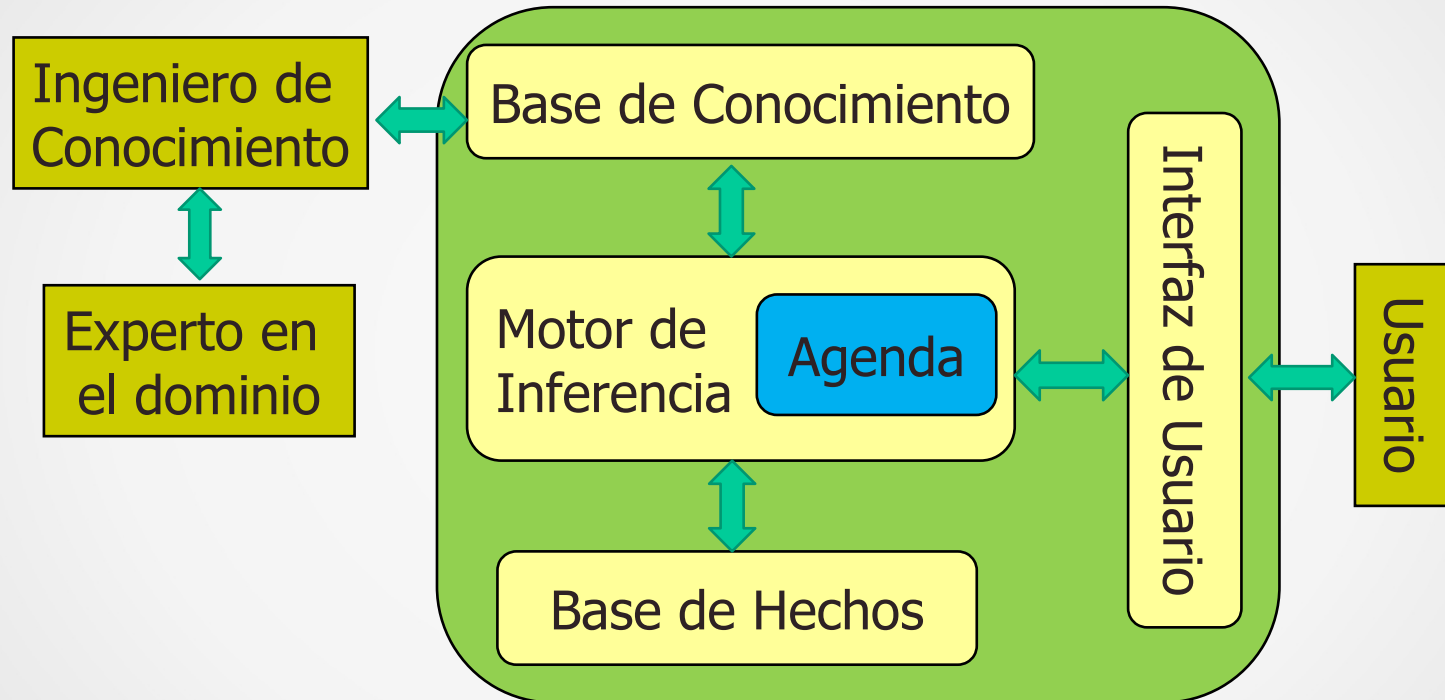
¡Funciona! (ha descubierto 100.000.000 \$ de molibdeno desapercibido por humanos)

SE en funcionamiento

Otros SE:

<http://smi-web.stanford.edu/projects/history.html>

SE - Arquitectura





Ing. Mg. Rolando A. Maguiña Pérez

SE - Conceptos

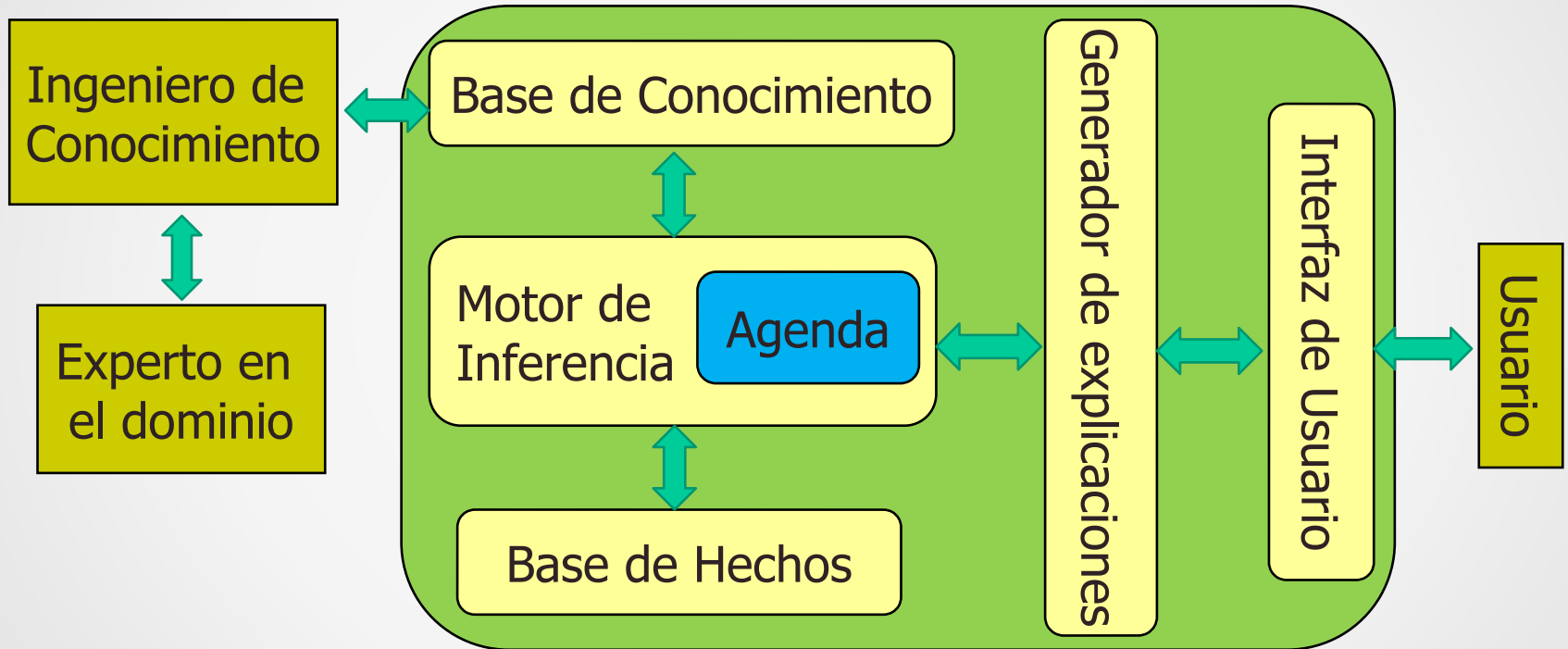
Analogía con el experto humano

El experto observa unos síntomas del mundo real (en el SE a través de la BH), extrae de su conocimiento lo que sabe acerca de estos síntomas (en el SE se usa la BR) y finalmente relaciona los hechos observados con su experiencia (en el SE eso lo hace el Mecanismo de Inferencias) para hacer una serie de conjeturas que le pueden llevar a una explicación de las razones o causas por las que esos síntomas (hechos) están presentes



Ing. Mg. Rolando A. Maguiña Pérez

SE - Arquitectura



Sistemas Basados en Reglas

Módulos

- ❖ Base de Conocimiento: contiene el conocimiento del dominio debidamente formalizado y estructurado. Representación generalmente mediante reglas
(reglas que explotan los hechos)
- ❖ Base de Hechos: contiene los hechos iniciales, los datos de entrada y las conclusiones intermedias que se generan en el proceso de razonamiento
(hechos iniciales más los deducidos)
- ❖ Mecanismo de inferencia: módulo encargado de las operaciones de búsqueda y selección de las reglas a utilizar en el proceso de razonamiento
(aplica las reglas a los hechos)

Sistemas Basados en Reglas

Módulos

- ❖ Interfaz de usuario: módulo que permite la comunicación entre el usuario y el SE
- ❖ Generador de explicaciones: módulo que explica al usuario la estrategia de solución encontrada y el por qué de las decisiones tomadas
- ❖ Adquisición de conocimiento: subsistema para la inclusión y actualización de conocimiento

Sistemas Basados en Reglas

Lenguajes para implementación

- ❖ Lenguajes orientados a la IA: Prolog, Lisp
- ❖ Lenguajes imperativos: C, Java
- ❖ Lenguajes orientados a los SBCs: CLIPS, JESS
- ❖ Shells: EMYCIN, OPS5

Sistemas Basados en Reglas

Partes

- ❖ Parte declarativa
- ❖ Parte algorítmica/imperativa

Sistemas Basados en Reglas

Parte declarativa

Hechos: conocimiento declarativo (información) sobre el mundo real

Reglas: conocimiento declarativo de la gestión de la

BH ➤ En lógica *monótona* : únicamente se permiten añadir hechos.

➤ En lógica *no-monótona* : inserciones, modificaciones y eliminación de hechos

Meta-reglas: conocimiento declarativo sobre el empleo de las reglas

Sistemas Basados en Reglas

te algorítmica/imperativa

Mecanismo de inferencias: Algoritmo que efectúa los razonamientos sobre el conocimiento declarativo disponible

- Aplica las reglas de la memoria de producción a los hechos en memoria de trabajo
- Se basa en uno o varios esquemas de razonamiento (ejm: deducción)
- Se puede consultar la traza del proceso de razonamiento
 - Durante las fases de diseño y depuración
 - Para obtener explicaciones sobre la solución

Inferencia clásica

e inferencia de lógica clásica

Modus Ponens

SI x es A ENTONCES y es B

x es A

y es B

Si estudio en la FISI seré un buen ingeniero

Estudio en la FISI

Seré un buen ingeniero

Modus Tollens

SI x es A ENTONCES y es B

not y es B

not x es A

Si selección gana aumenta la chance de clasificar

No aumenta la chance de clasificar

La selección no gana

Reglas de inferencia

Modus Ponens

Inferencias sin variables :

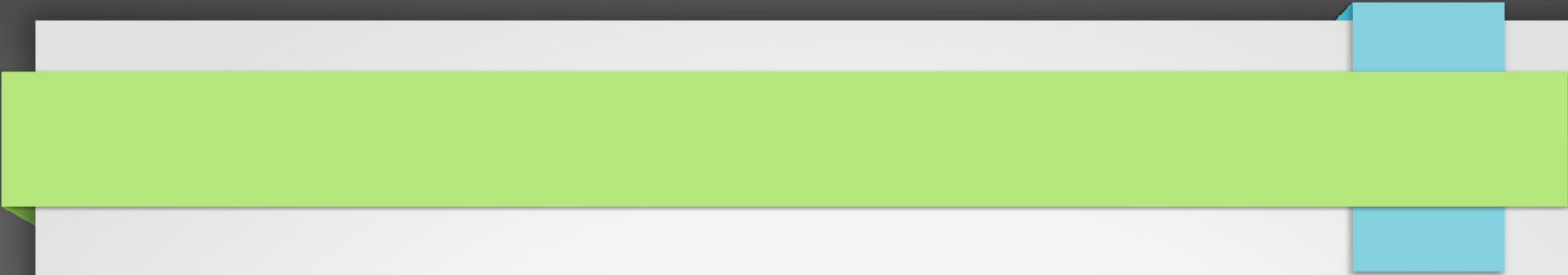
(hombre Sócrates) es cierto
(hombre Sócrates) \rightarrow (mortal Sócrates)

(mortal Sócrates) es cierto

Inferencias con variables :

(hombre Sócrates) es cierto
(hombre ?x) \rightarrow (mortal ?x)

(mortal Sócrates) es cierto



Sistemas Expertos: Base de Conocimiento

Ing. Mg. Rolando A. Maguiña Pérez

Sistemas Basados en Reglas

Base de Conocimiento

- ❖ Es una estructura de datos que contiene el conjunto de conocimiento especializado introducido por el experto del dominio (área del saber)
- ❖ Se le conoce también como memoria de producción
- ❖ La Base de Conocimiento está constituida por:
 - Objetos y sus relaciones
 - Situaciones particulares (meta – conocimiento)
 - Estrategias de resolución y sus condiciones

Sistemas Basados en Reglas

Base de Conocimiento

❖ Representa conocimientos sobre la solución del problema

Si Condiciones Entonces Acciones

❖ EJMs:

- Si la edad del paciente es inferior a 10 años, tiene manchas rojas y fiebre, entonces tiene varicela.
- El costo del envío se incrementa en 100 soles si se recibe en el mismo día
- Si el dólar baja, entonces hay que comprar dólares

Sistemas Basados en Reglas

EJM. Reglas para acompañar con vino las comidas

CONDICION o ANTECEDENTE o LADO-IZQUIERDO

ACCION o CONSECUENTE o LADO-DERECHO

SI el plato principal es a base de carne roja ENTONCES servir vino tinto.

SI el plato principal es a base de carne de ave, y ésta es pavo ENTONCES servir vino tinto.

SI el plato principal es a base de carne de ave, y ésta no es pavo ENTONCES servir vino blanco.

SI el plato principal es a base de pescado ENTONCES servir vino blanco.

Se conocen como reglas de producción y forman la BASE DE CONOCIMIENTO (BC)

Ing. Mg. Rolando A. Maguiña Pérez

Sistemas Basados en Reglas

Reglas

- ❖ Una regla es una afirmación lógica que relaciona dos o más objetos e incluye dos partes, la premisa (LI, antecedentes) y la conclusión (LD, consecuentes).
- ❖ Cada una de estas partes consiste en una expresión lógica con una o más afirmaciones objeto-valor conectadas mediante operadores lógicos:

y	AND	\wedge
o	OR	\vee
no	NOT	\neg

En gral, tanto la premisa como la conclusión de una regla, pueden contener afirmaciones múltiples objeto-valor.

Sistemas Basados en Reglas

Tabla. Triplas objetos-atributo-valor para ejm

Objetos	Atributos	Valores
Plato principal	tipo-de-carne	pollo, rez, pescado, alpaca, avestruz, cordero
Carne	tipo-de	roja, ave, pescado
	carne-roja	rez, cordero, alpaca
	ave	pollo, pavo, pato, avestruz
	pescado	bonito, corvina, lenguado, mero, perico, pejerrey, tramboyo
Vino	tipo-de	tinto, blanco

Sistemas Basados en Reglas

Reglas

- ❖ Una expresión lógica que contiene sólo una afirmación objeto-valor se denomina **expresión lógica simple**; cc, se le llama **expresión lógica compuesta**.
- ❖ Los elementos de condición (LI, premisa, antecedentes) están formados por patrones (constantes o por variables).
- ❖ Las conclusiones (LD, consecuentes) están formadas por acciones o afirmaciones.

Sistemas Basados en Reglas

Reglas

- ❖ Cuando la parte derecha (LD) o conclusión de una regla especifica nuevas afirmaciones el sistema basado en reglas se denomina **sistema deductivo**.
- ❖ Cuando la parte derecha (LD) o conclusión de una regla especifica acciones el sistema basado en reglas se denomina **sistema de reacción**.



Sistemas Expertos: Métodos de Encadenamiento

Ing. Mg. Rolando A. Maguiña Pérez

Sistemas Basados en Reglas

El proceso de razonamiento

- ❖ Es una progresión desde un conjunto de datos hacia una solución, respuesta o conclusión.
- ❖ Razonamiento dirigido por los **datos** o encadenamiento **progresivo**
 - Comienza con todos los datos conocidos y progresa hasta la conclusión
- ❖ Razonamiento dirigido por los **objetivos** o encadenamiento **regresivo**
 - Selecciona una conclusión posible e intenta probar su validez buscando evidencias que la soporten.

Sistemas Basados en Reglas

Mecanismo de Inferencia

- ❖ Es el componente principal del SE cuya misión es obtener conclusiones mediante la aplicación del conocimiento abstracto (métodos) sobre el conocimiento concreto (BC) basado en los hechos presentados (BH).



Métodos de Encadenamiento: Encadenamiento Progresivo

Ing. Mg. Rolando A. Maguiña Pérez

Sistemas Basados en Reglas

Encadenamiento Progresivo

- ❖ Los elementos del Lado Izquierdo constituyen elementos de condición: elementos a ser verificados
- ❖ Enfoque: los elementos del LI son patrones (ctes o vars) que deben ser satisfechos para que la regla se active.

Se dice que una regla se activa, si todos los antecedentes de dicha regla se verifican

Sistemas Basados en Reglas

Encadenamiento Progresivo

En cada ciclo de funcionamiento del SE, se pueden activar varias reglas pero sólo una se “disparará”

❖ ¿Qué sucede cuando hay más de una regla aplicable?

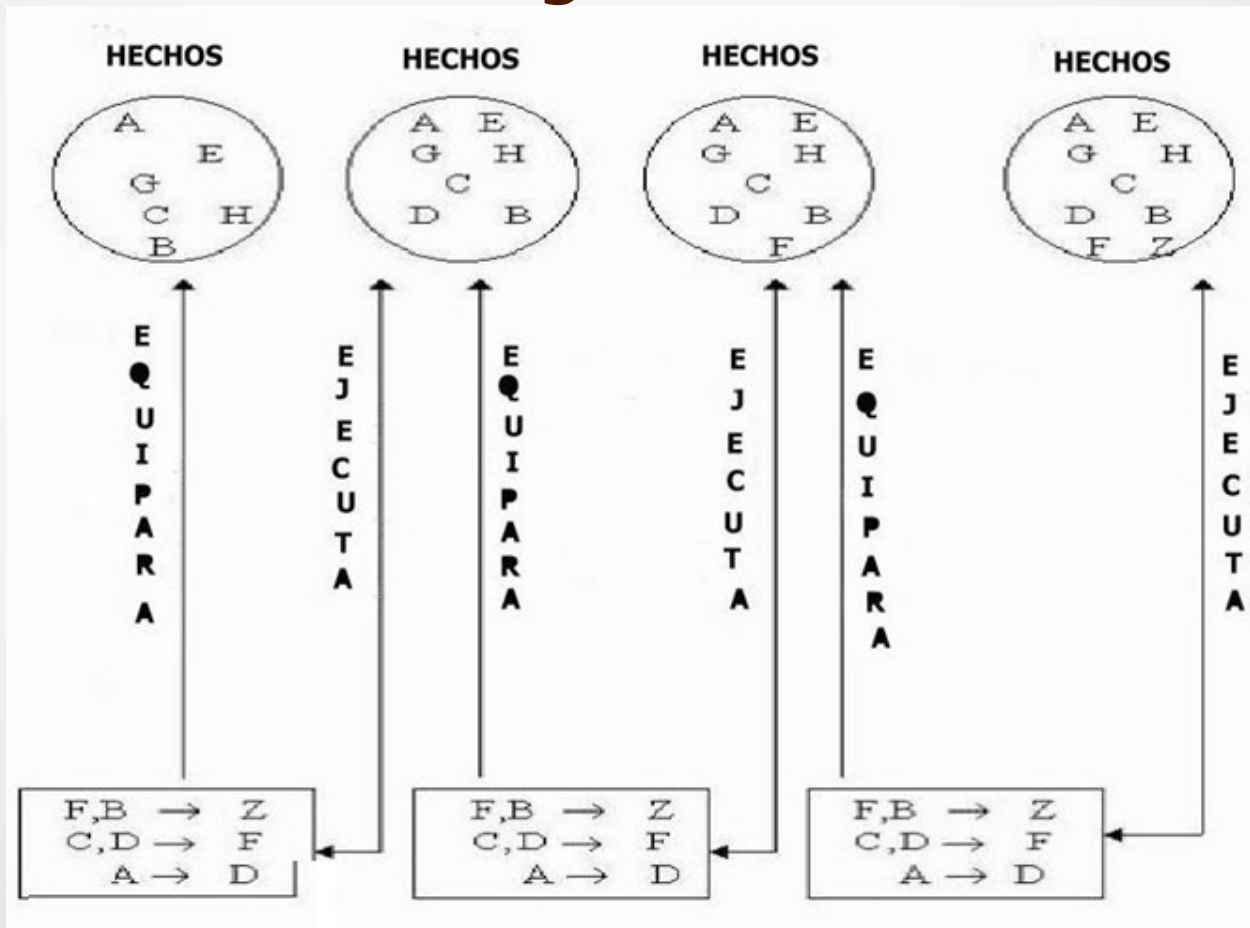
Se debe establecer un orden de aplicación de las reglas

Se usan estrategias de resolución de conflictos

Sistemas Basados en Reglas

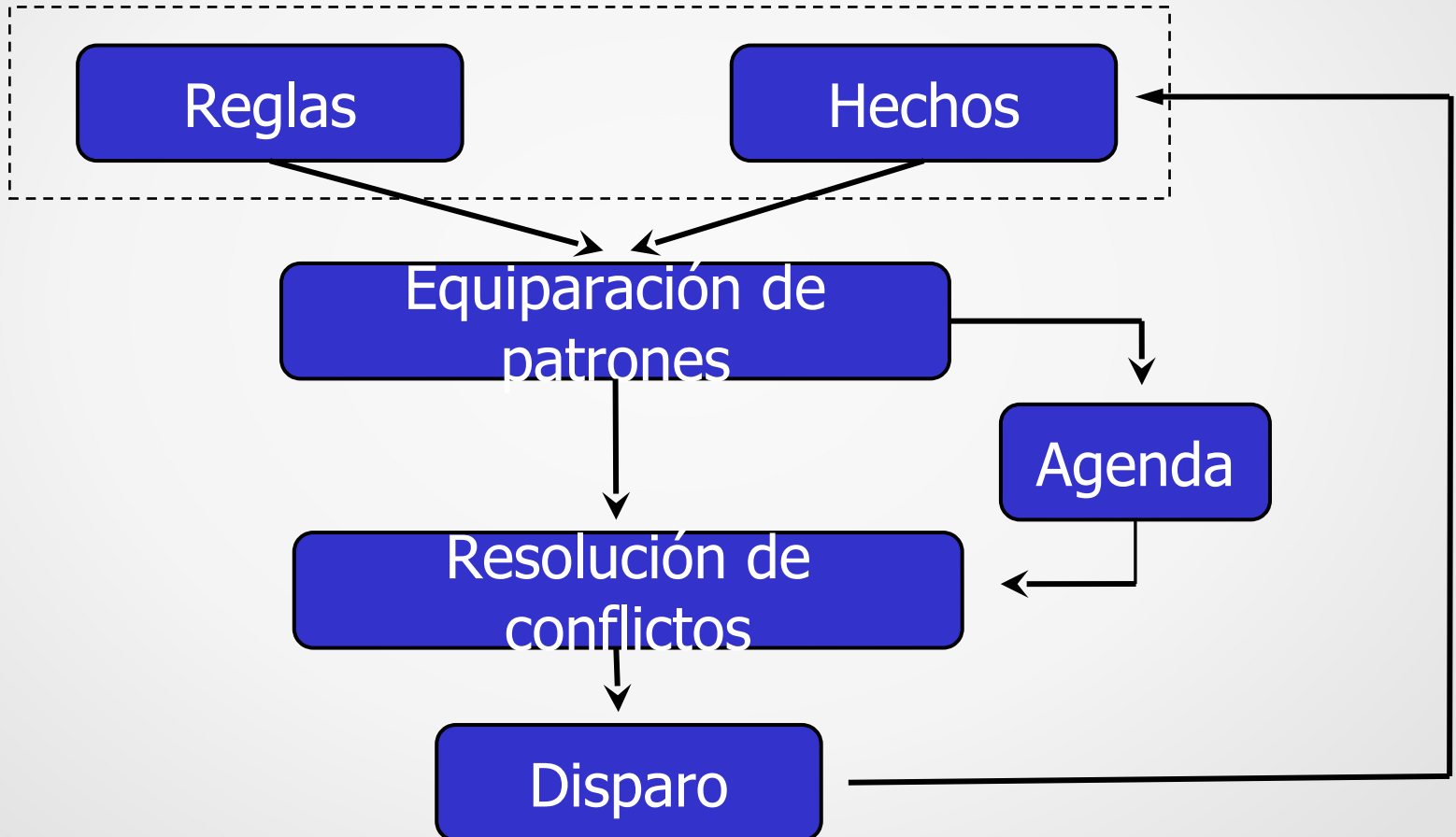
Encadenamiento Progresivo

Esquema de funcionamiento



Sistemas Basados en Reglas

Encadenamiento Progresivo



Sistemas Basados en Reglas

Encadenamiento Progresivo

Algoritmo del mecanismo de inferencia

1. Lee el conocimiento de control (BH, BC) para ver qué instrucciones de alto nivel hay definidas.
2. Si se inicia un proceso de inferencia:
 - 2.1. Determina las reglas aplicables
 - 2.2. Si hay más de una regla aplicable,
resuelve el conflicto, y selecciona una
 - 2.3. Aplica la regla (pudiendo tener que actualizar la BC, aplicar métodos,...).
 - 2.4. Vuelve al paso 2.1 hasta que no haya reglas por ejecutar

Sistemas Basados en Reglas

Base de Conocimiento (BC)

La BC esta conformado por un cjto de reglas, donde algunos antecedentes pueden ser consecuentes de otras reglas. Además, sólo existe interés de identificar determinados consecuentes, los cuales son llamados consecuentes terminales EJM.

R1: Si $A, B \rightarrow C$

R2: Si $A, C \rightarrow E$

R3: Si $A, D, C \rightarrow G, F$

R4: Si $C, G, K \rightarrow H$

R5: Si $A, B, C \rightarrow J$

R6: Si $A, B \rightarrow D$

LCT = (G, H) Lista de Consecuentes Terminales

Sistemas Basados en Reglas

Encadenamiento Progresivo

Algoritmo del mecanismo de inferencia

- ❖ El signo de interrogación indicado en las reglas significa que se trata de una variable, es decir, puede asumir cualquier valor.
- ❖ Al aplicar la MT respecto de la MP se dice que se instancian las reglas.
- ❖ El mecanismo de inferencia deberá determinar que reglas se activan, cuál es la que se dispara y en qué momento debe parar el proceso.

Encadenamiento Progresivo

- ❖ En cada ciclo de funcionamiento el sistema verifica los patrones del lado izquierdo, determina cuáles son las reglas que se activan y cuál es la que se dispara
- ❖ En cada ciclo se pueden activar una o varias reglas; en el segundo de los casos, dichas reglas forman el llamado conjunto conflicto o agenda del sistema
- ❖ Se requiere resolver cuál regla de las reglas que se activaron se deberá ejecutar →
estrategias de resolución de conflictos

Encadenamiento Progresivo

Resolución del Conjunto Conflicto

Selección de la regla a a ser ejecutada en la fase de ejecución

Estrategias de selección

Orden lineal, prioridad, refracción, regla más específica, regla más general, edad

Se pueden combinar

Encadenamiento Progresivo

Estrategias de resolución de conflictos

1) Orden lineal

Se selecciona la primera regla que equipara

2) Prioridad más alta

- Se selecciona la regla de prioridad más alta; ésta se establece en función del problema que se modeliza
- La prioridad la da el experto del dominio

3) Principio de Refracción

Seleccionar una regla cuya activación no haya ocurrido previamente.

Encadenamiento Progresivo

Estrategias de resolución de conflictos

4) Regla más específica

Si las instanciaciones de las reglas tienen elementos de condición iguales se selecciona la regla que tenga más elementos de condición EJM.

Ri: Si (Paciente \$x) y (Fiebre \$x) Entonces (Enfermo \$x)

Rj: Si (Paciente \$x) y (Fiebre \$x) y (Manchas Rojas \$x) Entonces (Varicela \$x)

En este caso se selecciona Rj

Encadenamiento Progresivo

Estrategias de resolución de conflictos

5) Regla más general

Si las instanciaciones de las reglas tienen elementos de condición iguales se selecciona la regla que tenga menos elementos de condición EJM.

Ri: Si (Paciente \$x) y (Fiebre \$x) Entonces (Enfermo \$x)

Rj: Si (Paciente \$x) y (Fiebre \$x) y (Manchas Rojas \$x) Entonces (Varicela \$x)

En este caso se selecciona Ri

Encadenamiento Progresivo

Estrategias de resolución de conflictos

6) Edad del elemento

- Cada elemento de la MT tiene asociado un Time-Tag (señal temporal) del momento en que fue creado
- Se usa un contador (por ciclos/acciones), el cual va siendo incrementando en una unidad al ejecutar los ciclos/acciones
- Antigüedad del elemento se calcula en base a al Time-tag y al contador

Encadenamiento Progresivo

Estrategias de resolución de conflictos

7) Arbitrariedad

Se escoge arbitrariamente una de las reglas de la BR

Combinación de estrategias

Es posible usar una combinación de las estrategias mencionadas