

REPRESANTACIÓN DE CONOCIMIENTO TEMPORAL

- Introducción
- Especialista temporal de Kahn y Gorry
- Modelo de Allen
- Álgebra de puntos temporales

REPRESENTACIÓN DE CONOCIMIENTO TEMPORAL

■ Problemática

- La inclusión de la variable tiempo incrementa la dificultad asociada al tratamiento de problemas del dominio.
- La inteligencia artificial contempla el problema temporal desde dos puntos de vista diferentes:
 - La representación computacional de la información dependiente del tiempo. Esto incluye:
 - Cómo representar las especificaciones temporales
 - Cómo organizar sus relaciones para facilitar el análisis posterior
 - El razonamiento basado en información temporal

REPRESENTACIÓN DE CONOCIMIENTO TEMPORAL

■ Problemática

– La no utilización de información temporal impide:

- Identificar contextos temporales
- Comparar datos pasados entre sí
- Realizar predicciones

– Ejemplos:

- “Si ha sufrido una operación recientemente, entonces ...”
- “Si las elecciones han tenido lugar hace menos de 7 días, entonces ...”

REPRESENTACIÓN DE CONOCIMIENTO TEMPORAL

■ Representación de la información temporal:

- de forma sintáctica: utilizando asociaciones etiqueta-evento o grafos de evolución

```
- HIPOTENSION_SEVERA  FECHA: 03/09/94 HORA: 17:15  
- SHOCK_HIPOVOLEMICO FECHA: 03/09/94 HORA: 17:45
```

```
HIPOTENSION_SEVERA → SHOCK_HIPOVOLEMICO
```

- de forma semántica: el tiempo se emplea normalmente como contexto y suele estar implícito

```
ENFRIAMIENTO → GRIPE  “Tuvo un enfriamiento que luego se convirtió en gripe”
```

La relación causal no se cumple si en enfriamiento fue un año antes que la gripe, la información de cercanía temporal está implícita.

REPRESANTACIÓN DE CONOCIMIENTO TEMPORAL

■ Razonamiento basado en información temporal: Relaciones Causales

- La consideración del tiempo permite el establecimiento de relaciones causales
- Son el resultado de considerar conjuntamente los hallazgos efectuados durante el proceso inferencial y la cronología de tales hallazgos
- Permiten aumentar las capacidades predictivas del sistema

REPRESENTACIÓN DE CONOCIMIENTO TEMPORAL

■ Problemas clave

– Representación del eje temporal

- Puntos: Considera que el eje temporal está constituido por una secuencia de puntos discretos de forma que los eventos suceden en instantes concretos de dicho eje.
- Intervalos: El eje temporal es una secuencia continua de intervalos, de forma que los eventos suceden en alguno de tales segmentos temporales.

REPRESENTACIÓN DE CONOCIMIENTO TEMPORAL

■ Problemas clave

– Ajuste de la granularidad

- Es importante que la representación sea capaz de contemplar intervalos de tiempo más o menos largos dependiendo del contexto (para medir la altura de una persona utilizamos centímetros y para medir el diámetro terrestre kilómetros)

– Además es necesario un modelo que sea capaz de manejar la información temporal

REPRESENTACIÓN DE CONOCIMIENTO TEMPORAL

■ El Especialista Temporal de KAHN y GORRY

- Características
- Representación de las especificaciones temporales
- Organización de las especificaciones temporales
- Razonamiento basado en información temporal:
preguntas al especialista temporal

REPRESENTACIÓN DE CONOCIMIENTO TEMPORAL

■ Características

- Uno de los primeros trabajos que abordan la problemática de la representación temporal (1977)
- El conocimiento temporal se incluye, en gran parte, en un conjunto de rutinas a las que se refieren colectivamente como el “especialista temporal”.
- Dicho especialista temporal estará al servicio de un programa de resolución de problemas para tratar aquellas cuestiones temporales que aparezcan en el dominio.
- El especialista temporal se alimenta con una serie de sentencias que hacen referencia a cuestiones temporales.
- El programa de resolución de problemas puede preguntar al especialista que haga deducciones, y que responda a una serie de preguntas sobre dichas sentencias temporales.

REPRESENTACIÓN DE CONOCIMIENTO TEMPORAL

Usuario: Nací el 25 de Enero de 1952. Cuando sólo tenía semanas me operaron. Empecé la educación primaria a los 5 años y terminé en Junio de 1965. Fui a Inglaterra dos años después. Estuve allí 8 ó 9 semanas.

Usuario: ¿Qué edad tenía cuando fui a Inglaterra?

Sistema: 15.5 años con un margen de error de 1.6 meses.

Usuario: Explica tu respuesta.

Sistema: La fecha del final del viaje a Inglaterra es 17-Ago-1967 con un margen de error de 1.6 meses y la fecha de nacimiento es 25-Ene-1952, viernes.

Usuario: ¿Cuánto tiempo hace que fui a Inglaterra?

Sistema: Entre 8 y 8.3 años.

Usuario: ¿Qué pasó antes de que cumpliera 10 años?

Sistema: El comienzo de la educación primaria, la operación y el nacimiento.

Usuario: Nací el 5 de Mayo de 1955.

Sistema: Pensaba que la fecha de nacimiento era el 25-Ene-1952, no 5-May-1955. ¿Se refiere al mismo nacimiento?

Usuario: Sí

Sistema: ¿Es correcto 5-May-1955?

Usuario: Sí

Sistema: Anteriormente se me preguntó que edad tenía la persona al final del viaje a Inglaterra y respondí que 15.5 años con un margen de 1.6 meses. Sin embargo, mi razonamiento estaba basado en el hecho de que el nacimiento era el 25-Ene-1952, que ahora dice que es incorrecto. Puedo olvidarlo o puedo contestar la pregunta otra vez. ¿Vuelvo a hacer los cálculos?

Usuario: Sí.

Sistema: La respuesta ahora es 12.3 años con un margen de 1.6 meses.

REPRESENTACIÓN DE CONOCIMIENTO TEMPORAL

- Representación de las especificaciones temporales
 - Una referencia o especificación temporal es una sentencia que parcialmente establece la relación temporal entre dos eventos, cada uno de los cuales puede ser considerado un punto de tiempo
 - Las especificaciones temporales que referencian más de dos eventos pueden ser descompuestas en sentencias más sencillas que sólo involucren dos eventos temporales.
 - Uno de los eventos de la especificación suele actuar como evento de referencia.

REPRESENTACIÓN DE CONOCIMIENTO TEMPORAL

■ Representación de las especificaciones temporales

– Ejemplos de especificaciones temporales:

■ Juan tuvo un resfriado hace tres semanas

– Referencia = momento actual

■ Juan nació el 6 de Junio de 1966

– Referencia = “punto cero” del calendario

■ Dos o tres años después de graduarse Juan regresó a su casa

– Referencia = graduación

REPRESENTACIÓN DE CONOCIMIENTO TEMPORAL

■ Representación de las especificaciones temporales

- Al usar puntos de tiempo, las referencias temporales que involucran intervalos temporales deben ser divididas en dos eventos separados que corresponden al inicio y al final de la ocurrencia.

■ Expresión inicial:

- “Juan iba hacia el colegio cuando se cayó de la bicicleta”

■ Expresión introducida en el especialista temporal:

- “Juan se cayó de la bicicleta después de salir hacia el colegio y antes de llegar al colegio”.

REPRESENTACIÓN DE CONOCIMIENTO TEMPORAL

■ Organización de las especificaciones temporales

- El modo de organizar las especificaciones temporales tiene mucha influencia en la eficiencia con que se responde a las distintas cuestiones.
- El especialista temporal presenta tres formas distintas de organizar las especificaciones temporales:
 - Fechas
 - Eventos de referencia
 - Cadenas antes/después

REPRESENTACIÓN DE CONOCIMIENTO TEMPORAL

■ Organización de las especificaciones temporales

– Fechas:

- Inserta los eventos en una línea temporal según su fecha. Admite expresiones difusas permitiendo incluir sus límites superior e inferior.

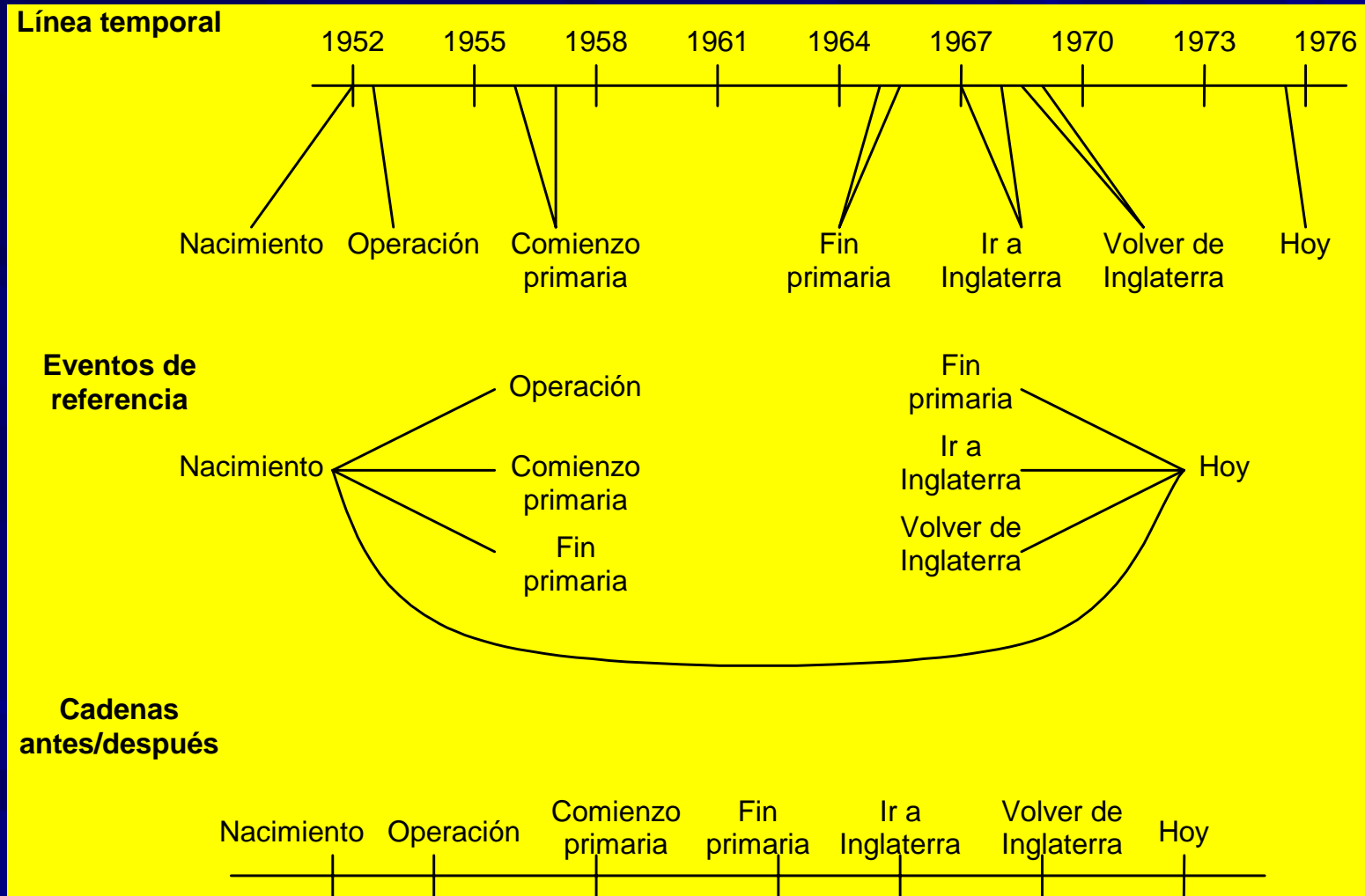
– Eventos de referencia:

- Pueden existir eventos temporales que son usados con frecuencia y cuya fecha se conoce con exactitud. En ese caso pueden usarse dichos eventos para calcular la fecha de otros eventos relacionados con ellos.

– Cadenas antes/después:

- Las cadenas antes/después ocurren cuando los eventos principales forman una secuencia.

REPRESENTACIÓN DE CONOCIMIENTO TEMPORAL



REPRESENTACIÓN DE CONOCIMIENTO TEMPORAL

- Razonamiento basado en información temporal: preguntas al especialista temporal
 - El especialista temporal puede responder tres tipos de preguntas acerca de los hechos almacenados en sus base de datos:
 - (1) ¿Sucedio X en la expresión temporal T?
 - (2) ¿Cuándo sucedió X?
 - (3) ¿Qué sucedió en la expresión temporal T?
 - La capacidad del especialista temporal de responder preguntas reside en un conjunto de programas llamados colectivamente “fetcher” (buscador).

REPRESENTACIÓN DE CONOCIMIENTO TEMPORAL

- Razonamiento basado en información temporal: preguntas al especialista temporal
 - Las tareas del fetcher son:
 - Aceptar un patrón que especifica una pregunta,
 - Interpretar el patrón para determinar el tipo de pregunta
 - Seleccionar los métodos adecuados para responderla.
 - Cada método es un programa independiente diseñado para responder un tipo particular de pregunta haciendo uso de una organización de hechos concreta de la base de datos.

REPRESENTACIÓN DE CONOCIMIENTO TEMPORAL

■ MODELO DE RELACIONES TEMPORALES DE ALLEN

- Representación de las especificaciones temporales: relaciones temporales de Allen:
- Organización de las especificaciones temporales
- Razonamiento basado en información temporal
 - Relaciones de transitividad
 - Algoritmo de propagación de nuevas restricciones
 - Intervalos de referencia
- Lógica temporal de Allen
- Críticas al modelo de Allen

REPRESENTACIÓN DE CONOCIMIENTO TEMPORAL

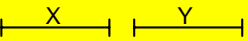
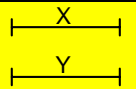

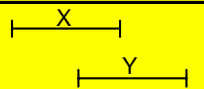
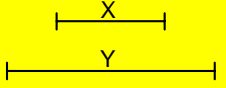
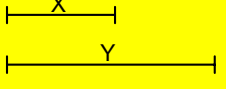
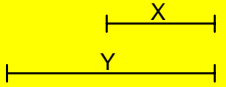
- Se basa en intervalos de tiempo porque:
 - Las referencias temporales son vagas e implícitas:
 - “Encontramos la carta mientras Juan estaba fuera” se representa mejor a través de intervalos.
 - Los eventos teóricamente instantáneos pueden ser descompuestos en nuevos eventos:
 - “encontrar la carta” = “mirar al lugar donde estaba la carta” + “darse cuenta de que la carta está en dicho lugar”
 - Los intervalos de tiempo se pueden descomponer, los puntos no.

REPRESENTACIÓN DE CONOCIMIENTO TEMPORAL

- Los puntos de tiempo pueden conducir a situaciones problemáticas
 - Tenemos un intervalo de tiempo en el cual una lámpara está apagada seguido por otro en el cual está encendida. Si consideramos puntos temporales ¿qué sucede con el punto de unión de ambos intervalos?
- Los puntos definen mal a los intervalos temporales
 - Un intervalo se representa mediante dos puntos temporales (uno representa el inicio y otro el final).
 - Es una solución poco conveniente porque no facilita estructurar el conocimiento de una manera adecuada para la realización de tareas típicas de razonamiento temporal. Recordemos la expresión: “Juan iba hacia el colegio cuando se cayó de la bicicleta”

REPRESENTACIÓN DE CONOCIMIENTO TEMPORAL

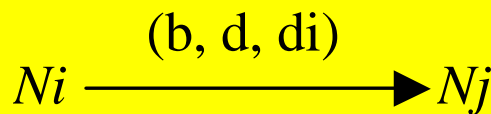
Relaciones temporales de Allen:

Relación	Símbolo	Símbolo para la inversa	Ejemplo gráfico
X antes Y (before)	b ó <	bi ó >	
X igual Y (equal)	eq ó =	no tiene inversa	
X seguido de Y (meets)	m	mi	
X superpuesto a Y (overlaps)	o	oi	
X durante Y (during)	d	di	
X comienza Y (starts)	s	si	
X finaliza Y (finishes)	f	fi	

REPRESENTACIÓN DE CONOCIMIENTO TEMPORAL

■ Organización de las especificaciones temporales:

- Las relaciones entre intervalos se representan en una red en donde los nodos son intervalos individuales y los arcos entre dichos nodos con etiquetas que indican las posibles relaciones existentes entre ellos.
- Si existe incertidumbre sobre la relación que debe existir en un determinado arco, la solución propuesta es poner todos los casos posibles en el arco. De esta forma los arcos son etiquetados con vectores de relaciones, que indican que dicho arco puede llevar cualquiera de las condiciones que aparecen en el vector.
- Por ejemplo, *i* durante *j* ó *i* antes *j* ó *j* durante *i*, se representaría como:



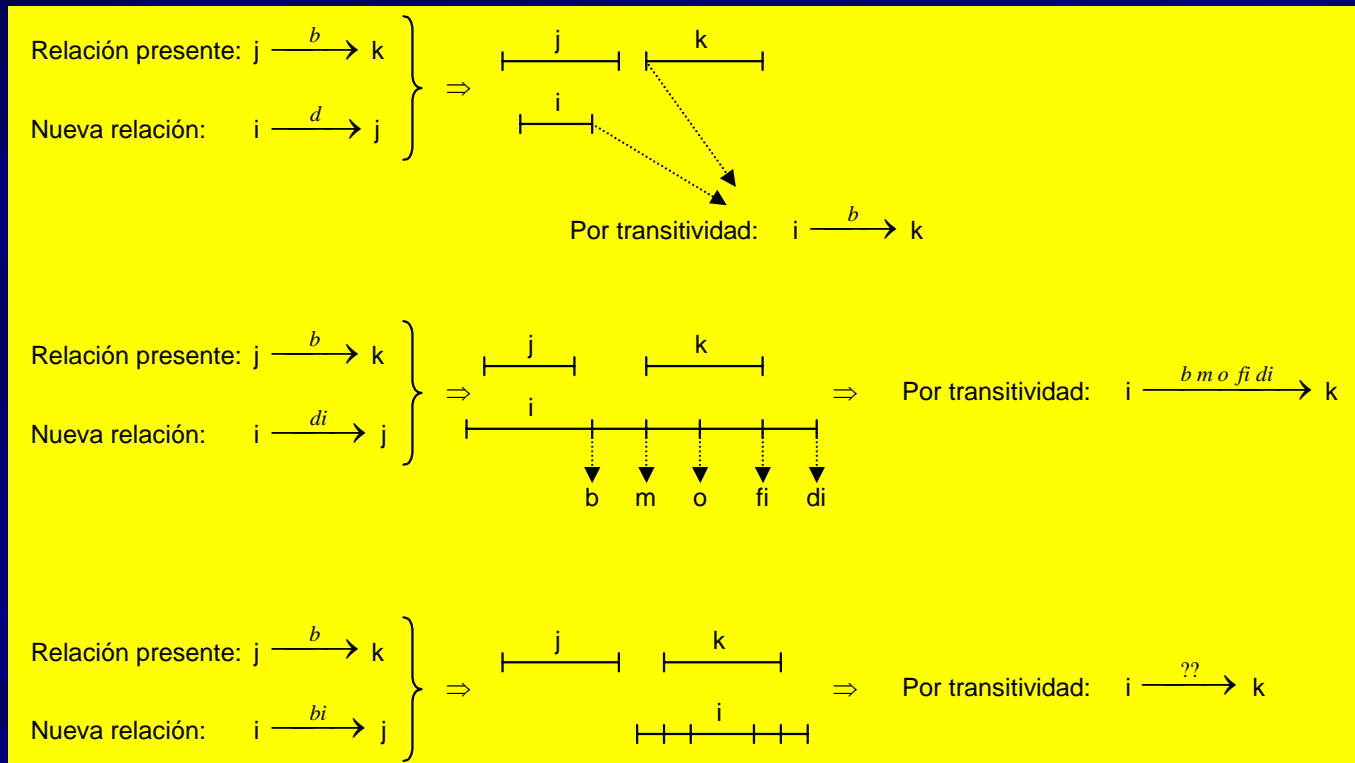
REPRESENTACIÓN DE CONOCIMIENTO TEMPORAL

Razonamiento basado en información temporal:

- La red siempre mantiene una información completa sobre los intervalos.
- Cuando se introduce una nueva relación se deben calcular todas las consecuencias que conlleva esta introducción. Esto se hace calculando el cierre transitivo de las relaciones temporales de la siguiente manera:
 - El nuevo hecho añade una restricción sobre como sus dos intervalos deberían ser relacionados, lo que podría, sucesivamente, introducir nuevas restricciones entre nuevos intervalos a través de las reglas de transitividad que gobiernan las relaciones temporales.
- Por ejemplo, si añadimos el hecho de que i sucede durante j y ya teníamos en la red que j está antes que k , entonces podemos inferir que i debe estar antes que k . Este nuevo hecho se añade a la red y posiblemente introduzca nuevas restricciones entre las relaciones de nuevos intervalos.

REPRESENTACIÓN DE CONOCIMIENTO TEMPORAL

■ Relaciones de transitividad (ejemplos):



REPRESENTACIÓN DE CONOCIMIENTO TEMPORAL

■ Tabla de transitividad (Relación entre A y C omitiendo =):

A r l B \ B r 2 C	b	bi	d	di	o	oi	m	mi	s	si	f	fi
"antes" b	b	??	b o m d s	b	b	b o m d s	b	b o m d s	b	b	b o m d s	b
"después" bi	??	bi	bi oi mi d f	bi	bi oi mi d f	bi	bi oi mi d f	bi	bi oi mi d f	bi	bi	bi
"durante" d	b	bi	d	??	b o m d s	bi oi mi d f	b	bi	d	bi oi mi d f	d	b o m d s
"contiene" di	b o m di fi	bi oi di mi si	eq d di o oi s si f fi	di	o di fi	oi di si	o di fi	oi di si	di fi o	di	di si oi	di
"superpuesto a" o	b	bi oi di mi si	o d s	b o m di fi	b o m	eq d di o oi s si f fi	b	oi di si	o	di fi o	d s o	b o m
"superpone a" oi	b o m di fi	bi	oi d f	bi oi mi di si	eq d di o oi s si f fi	bi oi mi	o di fi	bi	oi d f	oi bi mi	oi	oi di si
"seguido de" m	b	bi oi mi di si	o d s	b	b	o d s	b	f fi eq	m	m	d s o	b
"sigue a" mi	b o m di fi	bi	oi d f	bi	oi d f	bi	s si eq	bi	d f oi	bi	mi	mi
"comienza" s	b	bi	d	b o m di fi	b o m	oi d f	b	mi	s	s si eq	d	b m o
"comenzado por" si	b o m di fi	bi	oi d f	di	o di fi	oi	o di fi	mi	s si eq	si	oi	di
"finaliza" f	b	bi	d	bi oi mi di si	o d s	bi oi mi	m	bi	d	bi oi mi	f	f fi eq
"finalizado por" fi	b	bi oi mi di si	o d s	di	o	oi di si	m	si oi di	o	di	f fi eq	fi

REPRESENTACIÓN DE CONOCIMIENTO TEMPORAL

■ Intervalos de referencia

- Se usan para reducir los requisitos de espacio de la representación sin afectar de forma importante a los mecanismos inferenciales.
- Un intervalo de referencia es un intervalo temporal cualquiera pero con la característica añadida de que agrupa intervalos.
- Las restricciones temporales entre cada par de intervalos incluidos en un intervalo de referencia están calculadas de antemano. Cada intervalo se relaciona con el resto de intervalos del sistema únicamente a través del intervalo de referencia.

REPRESENTACIÓN DE CONOCIMIENTO TEMPORAL

■ Intervalos de referencia

– Necesitamos redefinir el predicado Comparable:

■ Sea N un nodo, y $\text{Referencia}(N)$ su intervalo de referencia. Para cualesquiera dos nodos K y J , $\text{Comparable}(K, J)$ es cierto si:

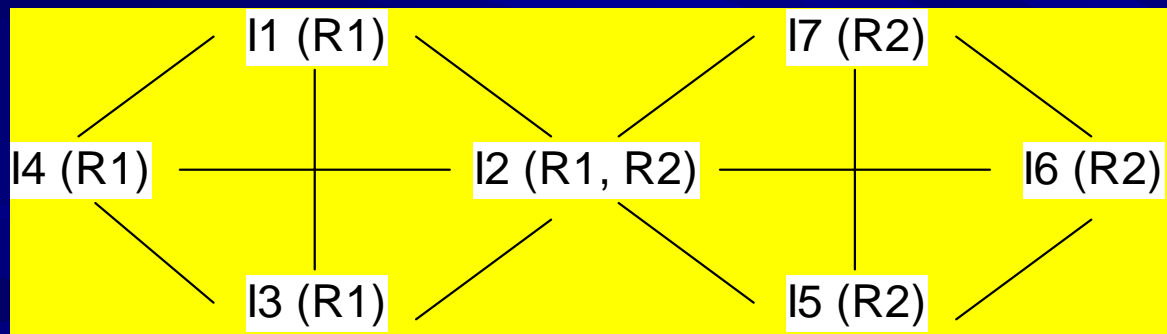
- (1) $\text{Referencia}(K) \cap \text{Referencia}(J)$ no es vacía, es decir, comparten un intervalo de referencia; o
- (2) $K \in \text{Referencia}(J)$; o
- (3) $J \in \text{Referencia}(K)$.

– Como los intervalos de referencia tienen el mismo comportamiento que los intervalos temporales, pueden tener así mismo intervalos de referencia definiendo de esta manera, una jerarquía de grupos representable gráficamente mediante un árbol.

REPRESENTACIÓN DE CONOCIMIENTO TEMPORAL

■ Intervalos de referencia: Ejemplo

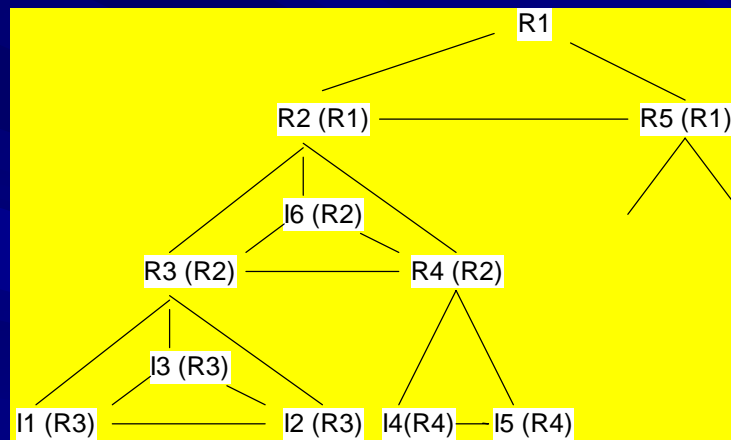
- I representa intervalos temporales y R intervalos de referencia
- Red con dos intervalos de referencia R1 y R2 y siete intervalos temporales



REPRESENTACIÓN DE CONOCIMIENTO TEMPORAL

■ Intervalos de referencia: Ejemplo

- Jerarquía en árbol basada en intervalos de referencia



- Si no hay una relación directa entre dos intervalos de la red, esta se obtendrá buscando uno o más caminos entre dichos intervalos a lo largo de la red utilizando los de referencia (aplicando la transitividad a lo largo del camino)

REPRESENTACIÓN DE CONOCIMIENTO TEMPORAL

■ Lógica Temporal de Allen

- Allen establece una lógica temporal que, básicamente, consiste en una extensión temporal de la lógica de predicados de primer orden.
- Tres tipos básicos de términos:
 - Términos del tipo INTERVALO DE TIEMPO que, evidentemente, representan intervalos de tiempo.
 - Términos del tipo PROPIEDAD, que se refieren a proposiciones que pueden ser ciertas o no durante un determinado intervalo de tiempo.
 - Términos que corresponden a objetos en el dominio.
- Ejemplo predicado:
 - Uno de los predicados más importantes es $SE_MANTIENE(p,t)$: la propiedad p se cumple durante todo el intervalo t .

REPRESENTACIÓN DE CONOCIMIENTO TEMPORAL

■ Primitivas básicas:

- DURANTE(t1,t2): t1 está totalmente contenido en t2
- COMIENZA(t1,t2): empiezan juntos pero acaba antes t1
- FINALIZA(t1,t2):acaban juntos pero empieza antes t2
- ANTES(t1,t2): t1 es antes de t2 y no se tocan
- SUPERPUESTO(t1,t2): t1 empieza antes que t2, y se solapan
- SEGUIDO(t1,t2): t1 está justo antes que t2
- IGUAL(t1,t2): son el mismo intervalo

■ Axiomas adicionales

- ANTES (t1, t2) \wedge ANTES (t2, t3) \Rightarrow ANTES (t1, t3)
- SEGUIDO (t1, t2) \wedge DURANTE (t2, t3) \Rightarrow SUPERPUESTO (t1, t3) \vee DURANTE(t1, t3) \vee SEGUIDO (t1, t3)

REPRESANTACIÓN DE CONOCIMIENTO TEMPORAL

■ Nuevos predicados:

- $EN(t1, t2) \Leftrightarrow (DURANTE(t1, t2) \vee COMIENZA(t1, t2) \vee FINALIZA(t1, t2))$

■ Definición de SE_MANTIENE:

- $SE_MANTIENE(p, T) \Leftrightarrow (\forall t. EN(t, T) \Rightarrow SE_MANTIENE(p, t))$

■ Expresiones lógicas con cuantificadores:

- $SE_MANTIENE(\neg p, T) \Leftrightarrow (\forall t. EN(t, T) \Rightarrow \neg SE_MANTIENE(p, t))$
- $\neg SE_MANTIENE(p, T) \Leftrightarrow \neg (\forall t. EN(t, T) \Rightarrow SE_MANTIENE(p, t))$

■ Ventajas del Modelo de Allen

- Le da a la variable temporal una representación formal
- Su implementación es sencilla al estar basado en la lógica de predicados de primer orden.

REPRESENTACIÓN DE CONOCIMIENTO TEMPORAL

■ Críticas al modelo de Allen

- Según Galton el modelo de Allen no es adecuado para representar hechos que están en movimiento continuo.
 - El movimiento continuo implica que un objeto cualquiera no puede estar en una posición en un intervalo de tiempo, ya que eso significaría que durante ese intervalo el objeto estuvo parado. Un objeto estaría en una posición diferente en cada instante de tiempo.
- Galton (1990) propone una revisión al modelo de Allen en el que se incluyan instantes temporales además de intervalos. De esta forma podrían incluirse dos nuevos predicados:
 - DentroDe(I, T) \Rightarrow El instante I cae en el intervalo T.
 - Limita(I, T) \Rightarrow El instante I limita al intervalo T.

REPRESANTACIÓN DE CONOCIMIENTO TEMPORAL

■ Críticas a la exactitud y complejidad de los cálculos:

- Vilain y Kautz (1986) y van Beek (1992, 1996) reconocen en el modelo de Allen su sencillez y su fácil implantación, sin embargo indican que el álgebra de intervalos en la que se basa el modelo de Allen requiere gran cantidad de recursos computacionales.
- Existen dos operaciones que se consideran fundamentales dentro del razonamiento temporal:
 - Búsqueda de todas las relaciones posibles entre pares de intervalos (o puntos). Se hace mediante un razonamiento deductivo atendiendo a las relaciones transitivas entre intervalos temporales.
 - Búsqueda de un escenario consistente con la información suministrada. Lo que significa encontrar una subred de la red actual en la que cada nodo se etiquete con una sólo relación y que exista una instanciación consistente de dicha subred. Si no existe dicha instanciación significa que la red es inconsistente.

REPRESENTACIÓN DE CONOCIMIENTO TEMPORAL

■ Álgebra de Puntos Temporales

- Relaciones básicas
- Operaciones básicas
- Tabla de transitividad
- Puntos vs. Intervalos

REPRESENTACIÓN DE CONOCIMIENTO TEMPORAL

■ Relaciones básicas:

Relación	Símbolo	Ejemplo gráfico
X precede Y (precedes)	<	X Y ● ●
X igual Y (same)	=	X ● Y ●
X sigue Y (follows)	>	Y X ● ●

REPRESENTACIÓN DE CONOCIMIENTO TEMPORAL

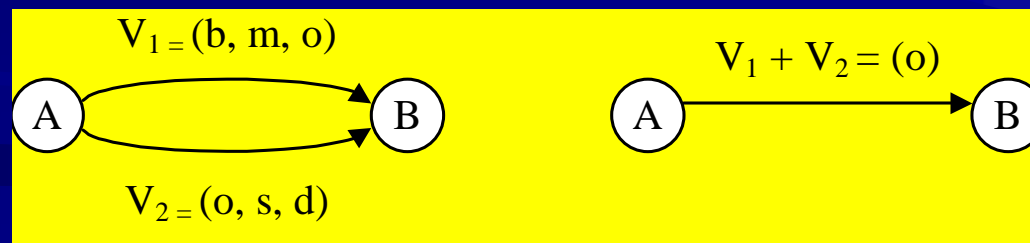
■ Operaciones básicas (ej. con intervalos)

■ Adición:

- Representa la intersección entre dos vectores que definen una relación entre intervalos (o puntos) para devolver aquel vector que representa la relación menos restrictiva permitida.

- Ejemplo:

- V_1 = (Antes, Seguido de, Superpuesto a)
- V_2 = (Superpuesto a, Comienza, Durante)
- $V_1 + V_2$ = (Superpuesto a)



REPRESENTACIÓN DE CONOCIMIENTO TEMPORAL

■ Multiplicación:

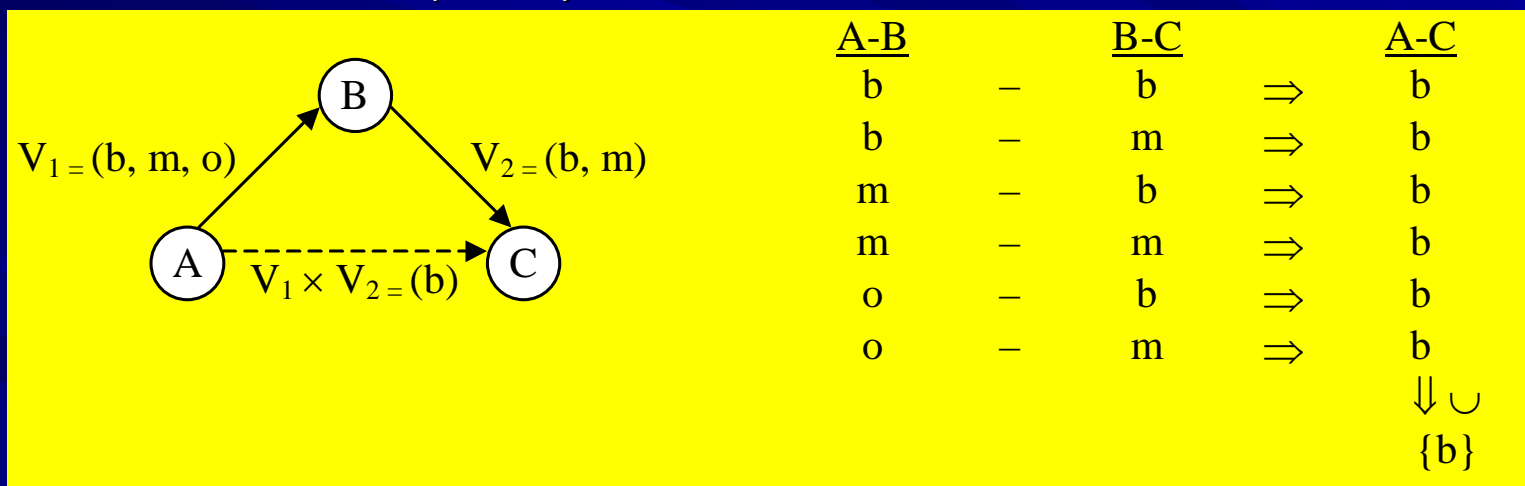
– Es la operación que Allen denominaba Restricciones y que dados tres intervalos (A, B y C) y un vector V_1 que relaciona A y B, y un vector V_2 que relaciona B y C, permite obtener el vector menos restrictivo que relaciona A con C.

– Ejemplo:

■ V_1 = (Antes, Seguido de, Superpuesto a)

■ V_2 = (Antes, Seguido de)

■ $V_1 \times V_2 =$ (Antes)



REPRESENTACIÓN DE CONOCIMIENTO TEMPORAL

■ Símbolos para las posibles relaciones

- Número de posibles relaciones entre intervalos $\Rightarrow 2^3 = 8$
- \emptyset es $()$, vector nulo indica una contradicción
- $>$ es (PRECEDE).
- \leq es (PRECEDE, IGUAL).
- $>$ es (SIGUE).
- \geq es (IGUAL, SIGUE).
- $=$ es (IGUAL).
- \neq es (PRECEDE, SIGUE).
- $?$ es (PRECEDE, IGUAL, SIGUE)
vector que indica un desconocimiento total

REPRESENTACIÓN DE CONOCIMIENTO TEMPORAL

Operación de Adición

+	<	≤	>	≥	=	≈	?
<	<	<	∅	∅	∅	<	<
≤	<	≤	∅	=	=	<	≤
>	∅	∅	>	>	∅	>	>
≥	∅	=	>	≥	=	>	≥
=	∅	=	∅	=	=	∅	=
≈	<	<	>	>	∅	≠	≠
?	<	≤	>	≥	=	≠	?

Operación de Multiplicación

×	<	≤	>	≥	=	≠	?
<	<	<	?	?	<	?	?
≤	<	≤	?	?	≤	?	?
>	?	?	>	>	>	?	?
≥	?	?	>	≥	≥	?	?
=	<	≤	>	≥	=	≠	?
≠	?	?	?	?	≠	?	?
?	?	?	?	?	?	?	?

REPRESENTACIÓN DE CONOCIMIENTO TEMPORAL

■ Tabla de transitividad

$A \text{ r1 } B$	$B \text{ r2 } C$	$<$	$=$	$>$
$<$	$<$	$<$	$<$	$?$
$=$	$<$	$<$	$=$	$>$
$>$	$?$	$>$	$>$	$>$

REPRESENTACIÓN DE CONOCIMIENTO TEMPORAL

■ Puntos vs Intervalos

– Representación de la información

- Los puntos de tiempo son inadecuados para representar, por sí mismos, toda la semántica del lenguaje natural.
- Además presenta muchos inconvenientes para modelizar muchos de los eventos y acciones del mundo real.
- En estos casos, la representación temporal basada en intervalos es mejor.

REPRESENTACIÓN DE CONOCIMIENTO TEMPORAL

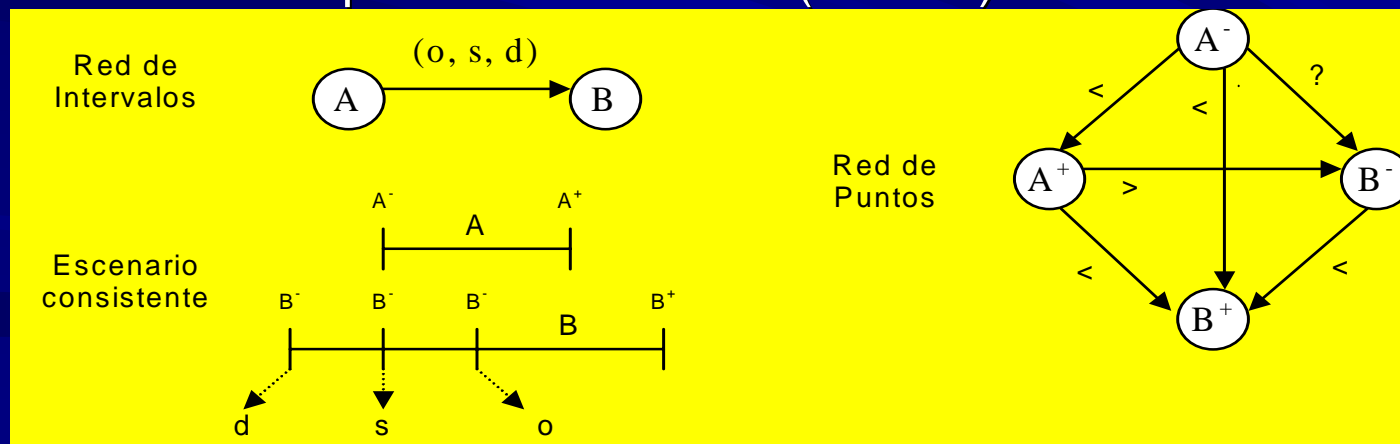
■ Conversión Intervalos → Puntos

- La mayoría de las relaciones basadas en intervalos tienen una traducción directa en álgebra de puntos.
- Se puede considerar que un intervalo queda delimitado por sus puntos extremos (inicial y final), traduciendo las relaciones existentes entre intervalos a relaciones entre los puntos extremos de dichos intervalos.
- Los puntos se denotan con el nombre del intervalo y un superíndice que indica si es el punto inicial (-) o el punto final (+)

REPRESENTACIÓN DE CONOCIMIENTO TEMPORAL

■ Conversión Intervalos → Puntos

- Relación entre intervalos A (o, s, d) B
- Conversión a una red de puntos:
 - Relaciones entre puntos que son siempre ciertas: ($A^- < A^+$) y ($B^- < B^+$)
 - Relaciones que se conocen: ($A^+ > B^-$), ($A^+ < B^+$) y ($A^- < B^+$)
 - Relación que NO se conoce: ($A^- ? B^-$)



Puntos vs. Intervalos

■ Ejemplo #2: Conversión Intervalos \rightarrow Puntos

– Relación entre intervalos A (b, bi) B

– Conversión a una red de puntos:

■ Relaciones entre puntos que son siempre ciertas: $(A^- < A^+)$ y $(B^- < B^+)$

■ Las otras relaciones entre puntos se expresan a través de una disyunción:

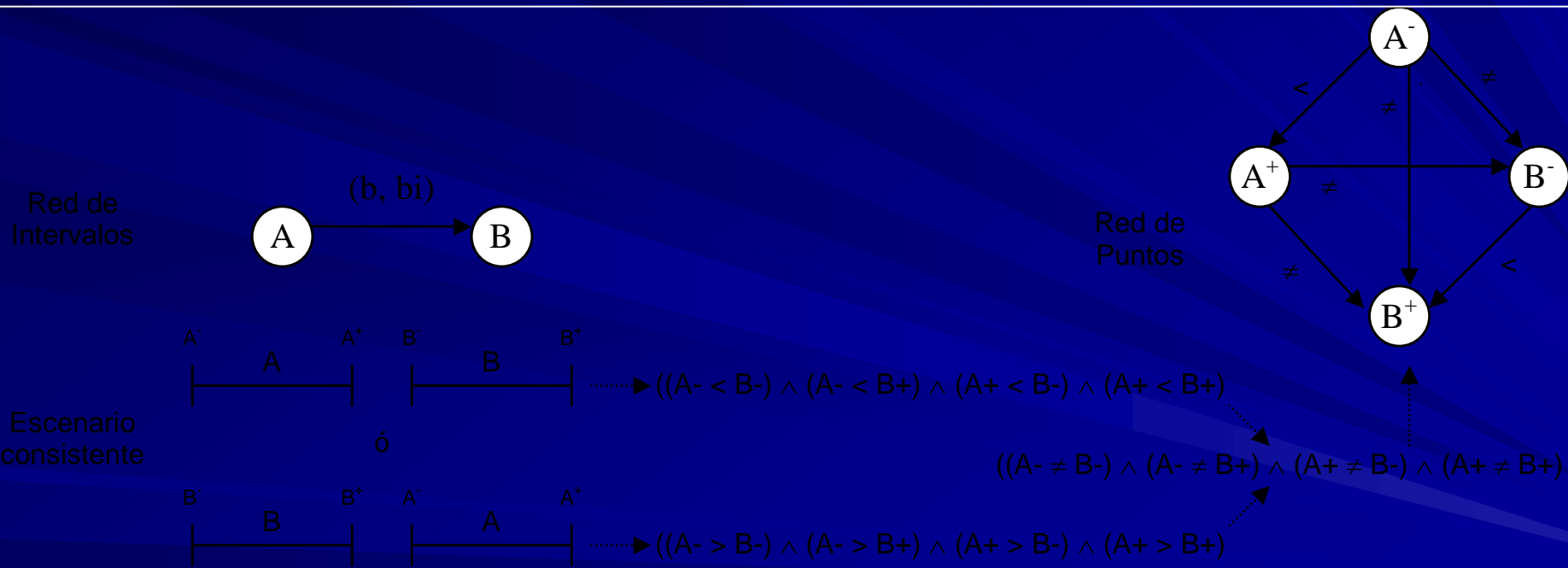
$$\begin{aligned} & ((A^- < B^-) \wedge (A^- < B^+) \wedge (A^+ < B^-) \wedge (A^+ < B^+) \vee \\ & (A^- > B^-) \wedge (A^- > B^+) \wedge (A^+ > B^-) \wedge (A^+ > B^+)) \end{aligned}$$

■ Esta expresión utilizando solo conjunciones sería:

$$(A^- \neq B^-) \wedge (A^- \neq B^+) \wedge (A^+ \neq B^-) \wedge (A^+ \neq B^+)$$

Puntos vs. Intervalos

■ Ejemplo #2: Conversión Intervalos → Puntos



Puntos vs. Intervalos

■ Ejemplo #2: Conversión Intervalos \rightarrow Puntos

– Pérdida de información

- Si convertimos la red de puntos en una red de intervalos debemos desechar aquellas relaciones en la que los instantes iniciales o finales coinciden.
- Nos quedamos con las relaciones (b, bi, o, oi, d, di).
- Aparecen relaciones que no estaban en la red original: (o, oi, d, di).
- Ahora se permite que los intervalos se solapen, cosa que no aparecía en la relación original \Rightarrow hay más incertidumbre y, por lo tanto, menos información.

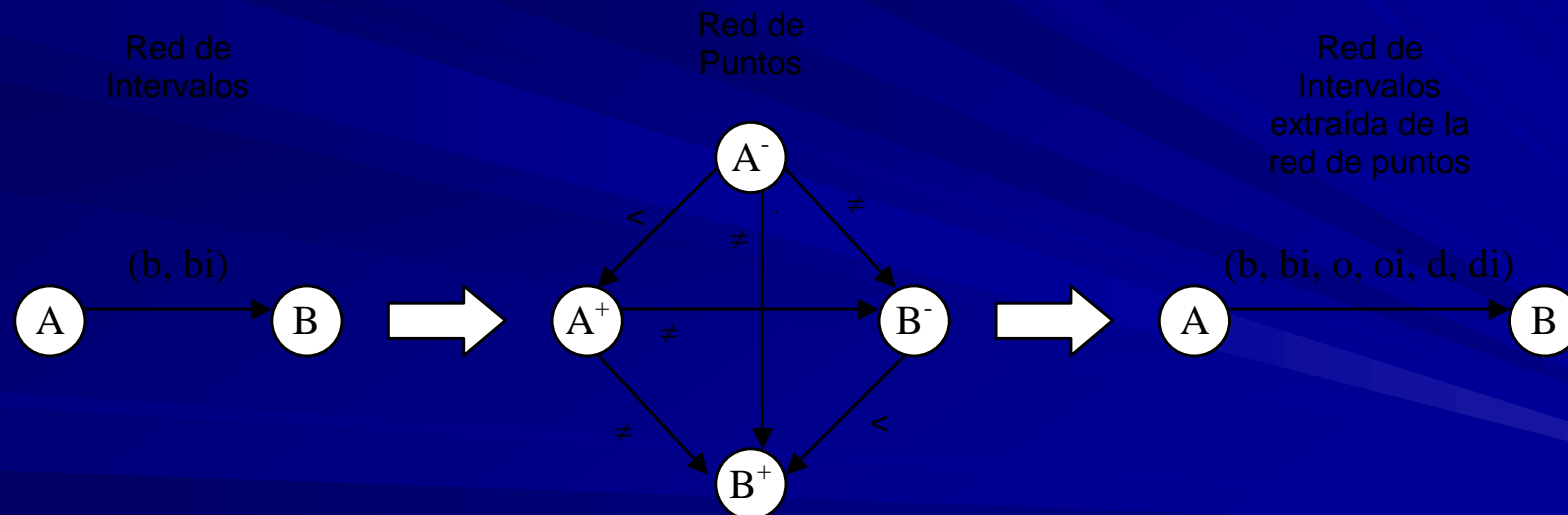
Puntos vs. Intervalos

- Ejemplo #2: Conversión Intervalos → Puntos
 - Pérdida de información

Símbolo	Gráfico	¿Es válido?	Símbolo	Gráfico	¿Es válido?
b		SI	bi		SI
eq		NO	sin inversa		
m		NO	mi		NO
o		SI	oi		SI
d		SI	di		SI
s		NO	si		NO
f		NO	fi		NO

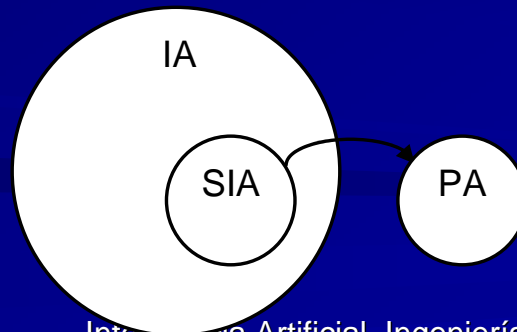
Puntos vs. Intervalos

- Ejemplo #2: Conversión Intervalos \rightarrow Puntos
 - Pérdida de información



Puntos vs. Intervalos

- Conclusiones conversión Intervalos → Puntos
 - No todas las relaciones entre intervalos pueden ser expresadas sin pérdidas como relaciones entre sus puntos inicio y fin.
 - Tipos de redes temporales:
 - Redes IA (Interval Algebra): redes basadas en el álgebra de intervalos
 - Redes PA (Point Algebra): redes basadas en el álgebra de puntos
 - Redes SIA (Simple Interval Algebra): subconjunto de las redes IA que son transformables a redes PA sin pérdida de información.



Puntos vs. Intervalos

- Características de las redes SIA:
 - Incluyen todas las relaciones no ambiguas entre intervalos, es decir, relaciones que pueden ser expresadas usando vectores que contienen sólo un simple constituyente.
 - También incluyen muchas relaciones ambiguas, pero no todas. Se puede representar la ambigüedad en relación de pares de puntos finales, pero no se puede representar en relación a intervalos completos.
 - Las redes SIA solo admiten un pequeño subconjunto de las 2^{13} relaciones permitidas en las redes basadas en intervalos. Sin embargo este subconjunto permite que la mayoría de la redes basadas en intervalos de la bibliografía sean SIA.

Puntos vs. Intervalos

- Relaciones en redes SIA (ver tabla)
 - Las relaciones $A^- < A^+$ y $B^- < B^+$ se consideran siempre ciertas.
 - I representa el conjunto que comprende las 13 relaciones básicas.
- Tendencia actual
 - En la actualidad la investigación también se dirige a desarrollar nuevos algoritmos para el álgebra de intervalos que sean eficientes para la mayoría de situaciones típicas que suelen aparecer en la representación temporal.

Puntos vs. Intervalos

■ Relaciones en redes SIA

	A^-B^-	A^-B^+	A^+B^-	A^+B^+		A^-B^-	A^-B^+	A^+B^-	A^+B^+
{eq}	=	<	>	=	{eq,d,s,f}	≥	<	>	≤
{b}	<	<	<	<	{eq,di,si,fi}	≤	<	>	≥
{bi}	>	>	>	>	{eq,o,s,fi}	≤	<	>	≤
{d}	>	<	>	<	{eq,oi,si,fi}	≥	<	>	≥
{di}	<	<	>	>	{b,o,m,fi}	<	<	?	≤
{o}	<	<	>	<	{bi,oi,mi,fi}	>	?	>	≥
{oi}	>	<	>	>	{b,o,m,s}	≤	<	?	<
{m}	<	<	=	<	{bi,oi,mi,si}	≥	?	>	>
{mi}	>	=	>	>	{d,o,m,s}	?	<	≥	<
{s}	=	<	>	<	{di,oi,mi,si}	?	≤	>	>
{si}	=	<	>	>	{d,oi,mi,fi}	>	≤	>	?
{f}	>	<	>	=	{di,o,m,fi}	<	<	≥	?
{fi}	<	<	>	=	{eq,o,m,s,fi}	≤	<	≥	≤
{eq,f}	≥	<	>	=	{eq,oi,mi,si,fi}	≥	≤	>	≥
{eq,fi}	≤	<	>	=	{b,d,o,m,s}	?	<	?	<
{eq,s}	=	<	>	≤	{bi,di,oi,mi,si}	?	?	>	>
{eq,si}	=	<	>	≥	{b,di,o,m,fi}	<	<	?	?
{b,m}	<	<	≤	<	{bi,d,oi,mi,fi}	>	?	>	?
{bi,mi}	>	≥	>	>	{eq,b,o,m,s,fi}	≤	<	?	≤
{d,f}	>	<	>	≤	{eq,bi,oi,mi,si,fi}	≥	?	>	≥
{di,fi}	<	<	>	≥	{eq,d,o,s,f,fi}	?	<	>	≤
{d,s}	≥	<	>	<	{eq,di,oi,si,f,fi}	?	<	>	≥
{di,si}	≤	<	>	>	{eq,d,oi,s,si,fi}	≥	<	>	?
{o,m}	<	<	≥	<	{eq,di,o,s,si,fi}	≤	<	>	?
{oi,mi}	>	≤	>	>	{eq,d,o,m,s,f,fi}	?	<	≥	≤
{o,s}	≤	<	>	<	{eq,di,oi,mi,si,f,fi}	?	≤	>	≥
{oi,si}	≥	<	>	>	{eq,d,oi,mi,s,si,fi}	≥	≤	>	?
{o,fi}	<	<	>	≤	{eq,di,o,m,s,si,fi}	≤	<	≥	?
{oi,fi}	>	<	>	≥	$I - \{bi,di,oi,mi,si\}$?	<	?	≤
{eq,f,fi}	?	<	>	=	$I - \{b,d,o,m,s\}$?	?	>	≥
{eq,s,si}	=	<	>	?	$I - \{bi,d,oi,mi,fi\}$	≤	<	?	?
{b,o,m}	<	<	?	<	$I - \{b,di,o,m,fi\}$	≥	?	>	?
{bi,oi,mi}	>	?	>	>	$I - \{b,bi,m,mi\}$?	<	>	?
{d,o,s}	?	<	>	<	$I - \{b,bi,mi\}$?	<	≥	?
{di,oi,si}	?	<	>	>	$I - \{b,bi,m\}$?	≤	>	?
{d,oi,fi}	>	<	>	?	$I - \{bi,mi\}$?	<	?	?
{di,o,fi}	<	<	>	?	$I - \{b,m\}$?	?	>	?
{o,m,fi}	<	<	≥	≤	$I - \{b,bi\}$?	≤	≥	?
{oi,mi,fi}	>	≤	>	≥	$I - \{bi\}$?	≤	?	?
{o,m,s}	≤	<	≥	<	$I - \{b\}$?	?	≥	?
{oi,mi,si}	≥	≤	>	>	I	?	?	?	?

Puntos vs. Intervalos

■ Relaciones en redes SIA (continuación)

	A ⁻ B ⁻	A ⁻ B ⁺	A ⁺ B ⁻	A ⁺ B ⁺		A ⁻ B ⁻	A ⁻ B ⁺	A ⁺ B ⁻	A ⁺ B ⁺
{b,o}	<	<	≠	<	{bi,d,di,o,oi,m}	≠	≠	≥	≠
{bi,oi}	>	≠	>	>	{bi,d,oi,mi,s,si}	≥	?	>	≠
{d,oi}	≠	<	>	<	{bi,di,oi,mi,f,fi}	≠	?	>	≥
{di,o}	>	<	>	≠	{d,di,o,oi,f,fi}	≠	<	>	?
{di,oi}	<	<	>	≠	{d,di,o,oi,m,mi}	≠	≤	≥	≠
{s,si}	=	<	>	≠	{d,di,o,oi,s,si}	?	<	>	≠
{f,fi}	≠	<	>	=	{b,bi,d,di,o,oi,mi}	≠	?	≠	≠
{b,d,o}	≠	<	≠	<	{b,bi,d,di,o,oi,m}	≠	≠	?	≠
{b,di,o}	<	<	≠	≠	{b,d,di,o,oi,f,fi}	≠	<	≠	?
{b,o,s}	≤	<	≠	<	{b,d,di,o,oi,m,mi}	≠	≤	?	≠
{b,o,fi}	<	<	≠	≤	{b,d,di,o,oi,s,si}	?	<	≠	≠
{bi,d,oi}	>	≠	>	≠	{bi,d,di,o,oi,f,fi}	≠	≠	>	?
{bi,di,oi}	≠	≠	>	>	{bi,d,di,o,oi,m,mi}	≠	?	≥	≠
{bi,oi,f}	>	≠	>	>	{bi,d,di,o,oi,s,si}	?	≠	>	≠
{bi,oi,si}	≥	≠	>	>	{d,di,o,oi,m,f,fi}	≠	<	≥	?
{d,o,m}	≠	<	≥	<	{d,di,o,oi,m,s,si}	?	<	≥	≠
{d,oi,mi}	>	≤	>	≠	{d,di,o,oi,mi,f,fi}	≠	≤	>	?
{di,o,m}	<	<	≥	≠	{d,di,o,oi,mi,s,si}	?	≤	>	≠
{di,oi,mi}	≠	<	>	>	{eq,b,d,o,s,f,fi}	?	<	≠	≤
{b,d,o,m}	≠	<	?	<	{eq,b,di,o,s,si,fi}	≤	<	≠	?
{b,d,o,s}	?	<	≠	<	{eq,bi,d,oi,s,si,f}	≥	≠	>	?
{b,di,o,fi}	<	<	≠	?	{eq,bi,di,oi,si,f,fi}	?	≠	>	≥
{b,di,o,m}	<	<	?	≠	I - {eq,m,mi,s,si}	≠	≠	≠	?
{bi,d,oi,f}	>	≠	>	?	I - {eq,s,si,f,fi}	≠	?	?	≠
{bi,d,oi,mi}	>	?	>	≠	I - {eq,m,mi,f,fi}	?	≠	≠	≠
{bi,di,oi,mi}	≠	?	>	>	I - {eq,bi,mi,s,si}	≠	<	?	?
{bi,di,oi,si}	?	≠	>	>	I - {eq,bi,mi,f,fi}	?	<	?	≠
{d,di,o,oi}	≠	<	>	≠	I - {eq,bi,m,s,si}	≠	≤	≠	?
{d,o,f,fi}	≠	<	>	≤	I - {eq,bi,m,f,fi}	?	≤	≠	≠
{d,oi,s,si}	≥	<	>	≠	I - {eq,b,mi,s,si}	≠	≠	≥	?
{di,o,s,si}	≤	<	>	≠	I - {eq,b,mi,f,fi}	?	≠	≥	≠
{di,oi,f,fi}	≠	<	>	≥	I - {eq,b,m,s,si}	≠	?	>	?
{b,d,di,o,oi}	≠	<	≠	≠	I - {eq,b,m,f,fi}	?	?	>	≠
{b,d,o,f,fi}	≠	<	≠	≤	I - {eq,b,bi,s,si}	≠	≤	≥	?
{b,di,o,s,si}	≤	<	≠	≠	I - {eq,b,bi,f,fi}	?	≤	≥	≠
{bi,d,di,o,oi}	≠	≠	>	≠	I - {eq,mi,s,si}	≠	≠	?	?
{bi,d,oi,s,si}	≥	≠	>	≠	I - {eq,mi,f,fi}	?	≠	?	≠
{bi,di,oi,f,fi}	≠	≠	>	≥	I - {eq,m,s,si}	≠	?	≠	?
{d,di,o,oi,mi}	≠	≤	>	≠	I - {eq,m,f,fi}	?	?	≠	≠
{d,di,o,oi,m}	≠	<	≥	≠	I - {eq,bi,s,si}	≠	≤	?	?
{d,o,m,f,fi}	≠	<	≥	≤	I - {eq,bi,f,fi}	?	≤	?	≠
{d,oi,mi,s,si}	≥	≤	>	≠	I - {eq,b,s,si}	≠	?	≥	?
{di,o,m,s,si}	≤	<	≥	≠	I - {eq,b,f,fi}	?	?	≥	≠
{di,oi,mi,f,fi}	≠	≤	>	≥	I - {eq,s,si}	≠	?	?	?
{eq,b,o,s,fi}	≤	<	≠	≤	I - {eq,f,fi}	?	?	?	≠
{eq,bi,oi,si,f}	≥	≠	>	≥	I - {bi,m,mi}	?	<	≠	?
{b,bi,d,di,o,oi}	≠	≠	≠	≠	I - {b,m,mi}	?	≠	>	?
{b,d,di,o,oi,mi}	≠	≤	≠	≠	I - {m,mi}	?	≠	≠	?
{b,d,di,o,oi,m}	≠	<	?	≠	I - {bi,m}	?	≤	≠	?
{b,d,o,m,f,fi}	≠	<	?	≤	I - {b,mi}	?	≠	≥	?
{b,di,o,m,s,si}	≤	<	?	≠	I - {mi}	?	≠	?	?
{bi,d,di,o,oi,mi}	≠	?	>	≠	I - {m}	?	?	≠	?