

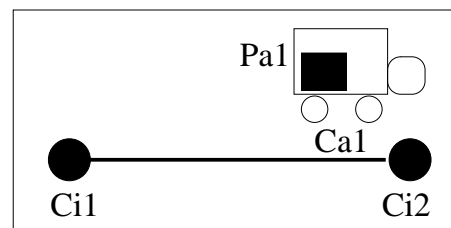
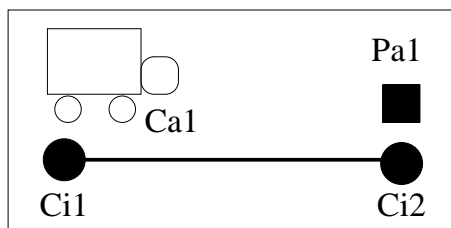
Problema de Aprendizaje basado en explicaciones

Tenemos un dominio en el que un camión traslada paquetes de una ciudad a otra, y disponemos de los siguientes predicados y operadores:

camion(c)	c es un camión
paquete(p)	p es un paquete
ciudad(l)	l es una ciudad
en(o,l)	el objeto o esta en el lugar l
carga(c,p)	el camion c carga el paquete p
conexion(l1,l2)	la ciudad l1 conecta con la ciudad l2

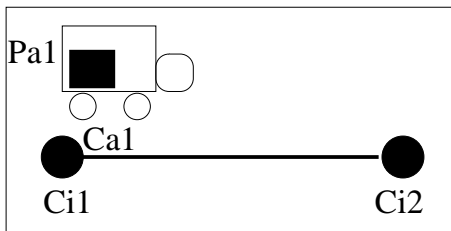
op:	cargar(c,p,l)	op:	descargar(c,p,l)
prec:	camion(c),paquete(p), ciudad(l),en(c,l),en(p,l)	prec:	camion(c),paquete(p),carga(c,p), ciudad(l),en(c,l)
add:	carga(c,p)	add:	en(p,l)
del:	en(p,l)	del:	carga(c,p)
op:	viajar(c,l1,l2)		
prec:	camion(c),ciudad(l1), ciudad(l2),en(c,l1),conecta(l1,l2)		
add:	en(c,l2)		
del:	en(c,l1)		

1. Dados los problemas de las figuras, generar un plan que los resuelva y crear un nuevo operador con la generalización de los planes:

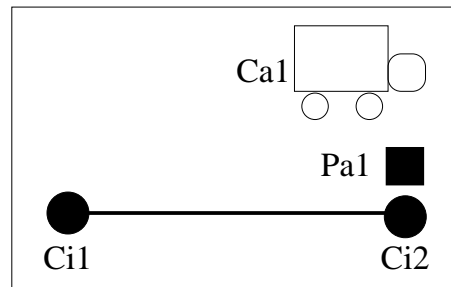


ciudad(ci1),ciudad(ci2),camion(ca1)
paquete(pa1),en(ca1,ci1),en(pa1,ci2)
conecta(ci1,ci2),conecta(ci2,ci1)

en(ca1,ci2),carga(ca1,pa1)



ciudad(ci1),ciudad(c2),camion(ca1)
 paquete(pa1),en(ca1,ci1),carga(ca1,pa1)
 conecta(ci1,ci2),conecta(ci2,ci1)



en(ca1,ci2),en(pa1,ci2)

El plan que resuelve el primer problema es:

viajar(ca1,ci1,ci2) + cargar(ca1,pa1,ci2)

Esta seria la tabla triangular que describe el plan:

camion(ca1) paquete(pa1) ciudad(ci1) ciudad(ci2) en(ca1,ci1) en(pa1,ci2) conecta(ci1,ci2) conecta(ci2,ci1)	viajar(ca1,ci1,ci2)	
camion(ca1) paquete(pa1) ciudad(ci1) ciudad(ci2) en(pa1,ci2) conecta(ci1,ci2) conecta(ci2,ci1)	en(ca1,ci2)	cargar(ca1,pa1,ci2)
camion(ca1) paquete(pa1) ciudad(ci1) ciudad(ci2) conecta(ci1,ci2) conecta(ci2,ci1)	en(ca1,ci2)	carga(ca1,pa1)

En negrita estan los predicados que forman parte de las precondiciones de los operadores. Ahora podemos variabilizar el plan teniendo en cuenta sólo los predicados que necesita el plan:

camion(x1) ciudad(x2) ciudad(x3) en(x4,x5) conecta(x6,x7)	viajar(x13,x14,x15)	
camion(x8) paquete(x9) ciudad(x10) en(x11,x12)	en(x13,x15)	cargar(x16,x17,x18)
		carga(x16,x17)

Ahora unificamos las variables:

El operador viajar necesita que el primer parametro sea el camion, y este en un lugar, por lo tanto $x13=x1=x4$.

El segundo y tercer parametros son ciudades y han de estar conectadas (el orden en el que instanciamos los predicados es indiferente), por lo tanto $x14=x2=x6$ y $x15=x3=x7$, y ademas el camion ha de estar en la ciudad de origen, asi que $x14=x2=x6=x5$.

El operador cargar necesita que el primer parametro sea un camion y que este en un lugar, por lo que $x8=x13=x16$, como $x13$ ya estaba unificada tenemos que $x8=x13=x16=x1=x4$.

El segundo parametro es un paquete que tambien ha de estar en un lugar, que ha de ser el mismo que el del camion, por lo que $x9=x17=x11$ y tambien $x15=x12$, como $x15$ ya estaba unificada tenemos $x15=x3=x7=x12$.

Y finalmente el tercer parametro es la ciudad donde estan el camion y el paquete, po lo que $x10=x18=x15=x3=x7=x12$

Al final tenemos estos grupos de unificaciones:

$x8=x13=x16=x1=x4$
 $x14=x2=x6=x5$
 $x10=x18=x15=x3=x7=x12$
 $x9=x17=x11$

Esto nos deja con un nuevo operador con 4 parametros que se describira asi:

op:	viajar-cargar(c,p,l1,l2)
prec:	camion(c),paquete(p),ciudad(l1),ciudad(l2), en(c,l1),en(p,l2),conecta(l1,l2)
add:	carga(c,p),en(c,l2)
del:	en(p,l),en(c,l2)

Los predicados de la precondition son la union de todos los predicados de la primera columna. Los que aparecen repetidos (con la misma variable) los eliminamos.

Los predicados a añadir son los que aparecen en la tabla inicial en la ultima fila de todas las columnas menos la primera, los predicados a borrar son las diferencias entre la primera fila de la primera columna y la ultima fila de la ultima columna.

El plan que resuelve el segundo problema es:

viajar(ca1,ci1,ci2) + descargar(ca1,pa1,ci2)

Esta seria la tabla triangular que describe el plan:

camion(ca1) paquete(pa1) ciudad(ci1) ciudad(ci2) en(ca1,ci1) carga(ca1,pa1) conecta(ci1,ci2) conecta(ci2,ci1)	viajar(ca1,ci1,ci2)	
camion(ca1) paquete(pa1) ciudad(ci1) ciudad(ci2) carga(ca1,pa1) conecta(ci1,ci2) conecta(ci2,ci1)	en(ca1,ci2)	descargar(ca1,pa1,ci2)
camion(ca1) paquete(pa1) ciudad(ci1) ciudad(ci2) conecta(ci1,ci2) conecta(ci2,ci1)	en(ca1,ci2)	en(pa1,ci2)

En negrita estan los predicados que forman parte de las precondiciones de los operadores. Ahora podemos variabilizar el plan teniendo en cuenta sólo los predicados que necesita el plan:

camion(x1) ciudad(x2) ciudad(x3) en(x4,x5) conecta(x6,x7)	viajar(x13,x14,x15)	
camion(x8) paquete(x9) ciudad(x10) carga(x11,x12)	en(x13,x15)	descargar(x16,x17,x18)
		en(x17,x18)

Ahora unificamos las variables:

El operador viajar necesita que el primer parametro sea el camion, y este en un lugar, por lo tanto $x13=x1=x4$.

El segundo y tercer parametros son ciudades y han de estar conectadas (el orden en el que instanciamos los predicados es indiferente), por lo tanto $x14=x2=x6$ y $x15=x3=x7$, y ademas el camion ha de estar en la ciudad de origen, asi que $x14=x2=x6=x5$.

El operador descargar necesita que el primer parametro sea un camion, que este en un lugar y que este cargando algo, por lo que $x8=x13=x16=x11$, como $x13$ ya estaba unificada tenemos que $x8=x13=x16=x11=x1=x4$.

El segundo parametro es un paquete que tambien ha de estar cargado en un camion, por lo que $x9=x17=x12$.

Y finalmente el tercer parametro es la ciudad donde esta el camion, por lo que $x10=x18=x15=x3=x7$

Al final tenemos estos grupos de unificaciones:

$$x8=x13=x16=x11=x1=x4$$

$$x14=x2=x6=x5$$

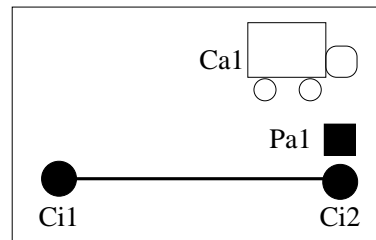
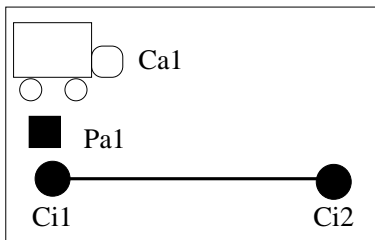
$$x10=x18=x15=x3=x7$$

$$x9=x17=x12$$

Esto nos deja con un nuevo operador con 4 parametros que se describira asi:

op:	viajar-descargar(c,p,l1,l2)
prec:	camion(c), paquete(p), ciudad(l1), ciudad(l2), en(c,l1), carga(c,p), conecta(l1,l2)
add:	en(c,l2), en(p,l2)
del:	carga(c,p), en(c,l2)

2. Dado este nuevo problema, generar un plan que lo resuelva y crear un nuevo operador con la generalización del plan. ¿Observas alguna particularidad en el plan generalizado?



ciudad(ci1),ciudad(c2),camion(ca1) en(ca1,ci2),en(pa1,ci2)
 paquete(pa1),en(ca1,ci1),en(pa1,ci1)
 conecta(ci1,ci2),conecta(ci2,ci1)

El plan que resuelve el problema es:

cargar(ca1,pa1,ci1) + viajar(ca1,ci1,ci2) + descargar(ca1,pa1,ci2)

Esta seria la tabla triangular que describe el plan:

camion(ca1) paquete(pa1) ciudad(ci1) ciudad(ci2) en(ca1,ci1) en(pa1,ci1) conecta(ci1,ci2) conecta(ci2,ci1)	cargar(ca1,pa1,ci1)		
camion(ca1) paquete(pa1) ciudad(ci1) ciudad(ci2) en(ca1,ci1) conecta(ci1,ci2) conecta(ci2,ci1)	carga(ca1,pa1)	viajar(ca1,ci1,ci2)	
camion(ca1) paquete(pa1) ciudad(ci1) ciudad(ci2) conecta(ci1,ci2) conecta(ci2,ci1)	carga(ca1,pa1)	en(ca1,ci2)	descargar(ca1,pa1,ci2)
camion(ca1) paquete(pa1) ciudad(ci1) ciudad(ci2) conecta(ci1,ci2) conecta(ci2,ci1)		en(ca1,ci2)	en(pa1,ci2)

En negrita están los predicados que forman parte de las precondiciones de los operadores. Aquí aparece la particularidad que después nos va a generar un operador ligeramente extraño, el predicado `carga` no es necesario para el operador `viajar`, por lo que lo podemos quitar en esa fila, pero aún nos quedará en la fila del operador `descargar`. Ahora podemos variabilizar el plan teniendo en cuenta sólo los predicados que necesita el plan:

camion(x1) paquete(x2) ciudad(x3) en(x4,x5) en(x6,x7)	cargar(x18,x19,x20)		
camion(x8) ciudad(x9) ciudad(x10) en(x11,x12) conecta(x13,x14)		viajar(x21,x22,x23)	
camion(x15) paquete(x16) ciudad(x17)	carga(x18,x19)	en(x21,x23)	descargar(x24,x25,x26)
			en(x25,x26)

Ahora unificamos las variables:

El operador `cargar` necesita que el primer parámetro sea el camión, y que este esté en algún lugar, por lo que podemos unificar $x1=x18=x4$ (es indiferente cual de los dos predicados `en(x,y)` utilizemos). El segundo parámetro ha de ser un paquete y también ha de estar en algún sitio, por lo que tenemos $x2=x19=x6$. El tercer parámetro es una ciudad y ha de ser en la que estén el camión y el paquete, por lo que $x3=x20=x5=x7$.

El operador `viajar` necesita que el primer parámetro sea un camión y que este esté en un lugar, por lo tanto $x8=x21=x11$. El segundo parámetro es la ciudad en la que está el camión y ha de estar conectada a otra ciudad, por lo que $x9=x22=x13=x12$. El tercer parámetro es otra ciudad conectada con la primera, por lo que $x10=x14=x23$.

El operador `descargar` necesita que el primer parámetro sea un camión, que

este cargando algo y este en una ciudad, por lo que $x_{15}=x_{21}=x_{18}=x_{24}$, como x_{21} y x_{24} ya estaban unificadas tenemos que $x_{15}=x_{21}=x_{18}=x_{24}=x_1=x_4=x_8=x_{11}$.

El segundo parametro es un paquete que esta cargado por el camion, por lo que $x_{16}=x_{19}=x_{25}$, como x_{19} ya estaba unificada tenemos que $x_{16}=x_{19}=x_{25}=x_2=x_6$.

El tercer parametro es una ciudad, y es donde se encuentra el camion, por lo que $x_{17}=x_{23}=x_{26}$, como x_{23} estaba unificada tenemos que $x_{17}=x_{23}=x_{26}=x_{10}=x_{14}$.

Al final tenemos estos grupos de unificaciones:

$$x_{15}=x_{21}=x_{18}=x_{24}=x_1=x_4=x_8=x_{11}$$

$$x_{16}=x_{19}=x_{25}=x_2=x_6$$

$$x_3=x_{20}=x_5=x_7$$

$$x_9=x_{22}=x_{13}=x_{12}$$

$$x_{17}=x_{23}=x_{26}=x_{10}=x_{14}$$

Esto nos deja con un nuevo operador con 5 parametros que se describira asi:

op:	cargar-viajar-descargar(c,p,l1,l2,l3)
prec:	camion(c), paquete(p), ciudad(l1), ciudad(l2), ciudad(l3), en(c,l1), en(c,l2), en(p,l1), conecta(l2,l3)
add:	en(c,l3), en(p,l3)
del:	en(p,l1), en(c,l1)

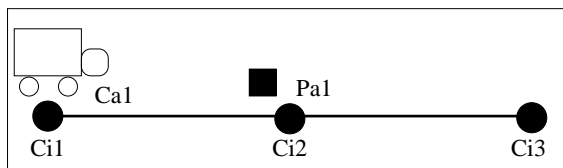
Esto era lo curioso de este macrooperador, nada aparece en las precondiciones que los operadores que exija que la ciudad de la que salga el camion sea la misma que en la que carga el paquete.

¿Por que pasa esto? En este dominio faltan cosas de sentido comun que no parece que necesiten estar en los macrooperadores, pero que son restricciones que tiene el dominio.

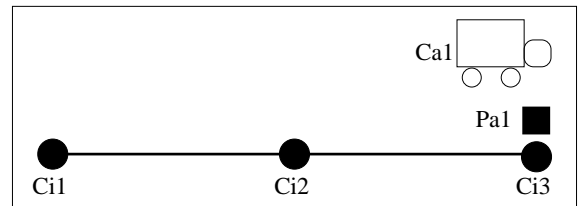
En principio STRIPS permite tener formulas de primer orden que describan cierto tipo de restricciones que se cumplen en el dominio, como por ejemplo que la carga de un camion esta en la misma ciudad que el camion y por lo tanto se traslada con el camion.

Otro axioma razonable es que un objeto no puede estar en dos sitios diferentes a la vez, que es lo que permite el operador que se ha obtenido. En buena logica la ciudad l1 y la ciudad l2 han de ser la misma ciudad.

3. Resuelve este nuevo plan con los operadores originales, con los operadores aprendidos en el primer apartado y con el operador aprendido en el segundo apartado. Compara los tres planes obtenidos. Comenta la generalidad y utilidad de los operadores aprendidos.



ciudad(ci1),ciudad(ci2),ciudad(ci3)
 camion(ca1),paquete(pa1)
 en(ca1,ci1),en(pa1,ci1)
 conecta(ci1,ci2),conecta(ci2,ci1)
 conecta(ci2,ci3),conecta(ci3,ci2)



en(ca1,ci3),en(pa1,ci3)

Si resolvemos el problema con los operadores primitivos tenemos el plan:

viajar(ca1,ci1,ci2) + cargar(ca1,pa1,ci2) +
 viajar(ca1,ci2,ci3) + descargar(ca1,pa1,ci3)

Se comprueban 20 precondiciones (5 por cada operador), se usan 4 operadores

Si resolvemos el problema con los operadores del primer apartado tenemos el plan:

viajar-cargar(ca1,pa1,ci1,ci2) + viajar-descargar(ca1,pa1,ci1,ci2)

Se comprueban 14 precondiciones (7 por cada operador), se usan 2 operadores

Si resolvemos el problema con el operador del segundo apartado tenemos el plan:

viajar(ca1,ci1,ci2) + cargar-viajar-descargar(ca1,pa1,ci2,ci2,ci3)

Se comprueban 14 precondiciones (5 del primero y 9 del segundo), se usan 2 operadores

Dado el dominio que tenemos, en el que el operador viajar puede encadenarse indefinidamente, parece que el operador del segundo apartado no es muy prometedor, solo permite trasladar un paquete a la ciudad siguiente, circunstancia que puede no ser muy habitual.

Los operadores del primer apartado podrían ser útiles ya que permitirían hacer una cadena de viajes con la carga o la descarga en alguno de los puntos por los que pase el camión. El ahorro en número de precondiciones a comprobar podría hacer rentables estos operadores.

De todas formas este dominio particular no parece adecuado para crear macro-operadores.