

CAPÍTULO 4

PLANEACIÓN EN EL MODELO DE INTERACCIÓN ENTRE AGENTES

En este capítulo se desarrolla la planeación para los agentes del modelo propuesto en esta tesis. El módulo de planificación elige los papeles con que alcanzan sus propósitos los agentes, en base a sus recursos y los papeles disponibles en el ambiente. Para seleccionar un papel es necesario que sus requisitos se cubran. Una vez que un agente tiene su plan, se ejecutan los papeles de las interacciones tomando en cuenta la disponibilidad de sus recursos y las condiciones del ambiente. El plan que se obtiene para cada agente es particular, esto es que, para dos agentes diferentes, con los mismos propósitos, se generan dos planes distintos debido a sus diferencias en sus recursos o papeles disponibles. Durante la planeación se puede detectar si un agente no alcanzará sus propósitos.

En el modelo, algún agente que no tenga la capacidad para obtener un plan debido a sus recursos puede suceder que, algún evento inesperado los modifique y pueda estar en condiciones de tenerlo. Lo contrario también es posible, esto es, que un agente que cuenta con recursos suficientes, algún evento inesperado se lo impida.

Algunas de las técnicas tradicionales de planeación se basan en el desarrollo de un árbol de búsqueda en donde se examinan las posibles alternativas que pueden dar lugar a un plan, esto tiene una complejidad exponencial. En nuestro caso, en vez de un árbol de búsqueda, se utiliza una gráfica en donde las relaciones de exclusión limitan la generación de opciones que resultan contradictorias y por lo tanto se reduce la complejidad a una exponencial constante.

En este caso el método de planeación obtiene un árbol AND-OR para cada propósito y por lo tanto, un bosque de árboles cuando un agente tiene varios propósitos. Las hojas de los árboles son los papeles y para iniciar la ejecución de cada uno se deben ir cumpliendo los requisitos de cada uno. Cuando un papel que está en arcos AND y no puede ejecutarse ocasiona que los demás tampoco lo hagan. En el caso de arcos OR se pueden ejecutar en paralelo.

Nuestro modelo de planeación no intenta maximizar una función objetivo en donde se involucran todos o algunas de los agentes sino, sólo se intenta generar un plan para cada uno, procurando con el mismo alcanzar los propósitos del agente.

Debido a que existen varios agentes en el modelo, cada uno conteniendo diferentes propósitos la planeación se puede efectuar para cada agente en paralelo al igual que la ejecución de los papeles de los planes, esto significa que mientras uno esté generando su plan otros ya pueden estar ejecutando papeles, al que se está obteniendo su plan se integra al ambiente de ejecución en cuanto lo tiene.

En este capítulo se integra la planeación al modelo de interacción en donde el planificador toma los papeles y los recursos del agente para seleccionar aquellos que les permiten alcanzar sus propósitos.

En el caso del comercio electrónico se tienen agentes que compran, venden, subastan mercancía y la transportan. El proceso de distribución y transporte se propone con una mínima intervención de personas, por ejemplo que solamente le especifique lo que quiere con sus características. Este problema consiste en que dada una localidad y un transporte, la mercancía solicita su carga al transporte para viajar a su destino y una vez que llega pide se descargue. Automatizar la entrega de la mercancía con el uso de transponders o tarjetas inteligentes «smartcards» contribuye a evitar los problemas que se generan por el uso de etiquetas legibles por personas o código de barras que en ocasiones sufren corrupción o daños, lo que trae problemas en el envío de paquetes. En este caso si un agente se integra a la mercancía el planificador le da las acciones que la mercancía seguirá para llegar de su origen a su destino.

4.1 PLANEACIÓN MEDIANTE UNA GRÁFICA POLINOMIAL

El planificador que se describe en este capítulo tiene similitud con la planeación gráfica de Blum [Blum 1995]. Esta se aplica para cada propósito de un agente. Dado que es posible obtener diferentes árboles AND-OR es conveniente un proceso de factorización de la misma, (está línea de trabajo no se siguió en esta tesis). Para buscar la gráfica de planeación se desarrollan n niveles en donde se encuentra un plan o se decide que no existe alguno, es un dato con que se parametriza al planificador.

En este caso un problema de planeación tiene:

- a) Un *conjunto de papeles* con requisitos y efectos positivos y negativos.
- b) Un *conjunto de variables internas de un agente* (similares a predicados) que representan la situación inicial.
- c) Un *conjunto de propósitos* (similares a predicados) que están sin alcanzar y se quiere que se alcancen como consecuencia de la ejecución del plan.

Cada uno de los papeles tiene un conjunto de requisitos en forma de predicados (*variable_valor*, *variable(valor)*) que se deben cumplir para aplicarlo, también un conjunto de efectos positivos y negativos. Los efectos son predicados. Los papeles tienen la estructura mostrada en la figura 4.1. Se diferencian los efectos porque se definen en forma independiente cada uno.

Papel (parámetros)	
Requisitos	{ Predicados }
Efectos positivos	{ Predicados }
Efectos negativos	{ Predicados }

Figura 4.1 Estructura de los papeles, en donde se tienen los requisitos que deben cubrirse para tomar el papel y los efectos que pueden darse al ejecutarlo, estos pueden ser positivos o negativos

Algunas extensiones a la planeación gráfica consideran los requisitos con negaciones [Anderson 1998], en el caso que presentamos únicamente se trata con predicados positivos, aunque es posible

integrar requisitos o efectos con negaciones dada la separación que hacemos en la descripción de los papeles en positivos y negativos.

La técnica de planeación gráfica se realiza por niveles, alternando predicados y papeles instanciados. El nivel inicial de predicados (llamado situación inicial) consta de los recursos del agente. Las papeles no crean ni destruyen objetos y el tiempo se representa de forma discreta.

El algoritmo de la planeación gráfica se muestra en la figura 4.2, el máximo de iteraciones (Máximo) es un parámetro. Los papeles se instancian con los recursos con que cuenta un agente. El plan se encuentra revisando si en los predicados del nivel generado alguno(s) corresponde(n) con la situación esperada (propósito a alcanzar).

```

Planeacion( )
{
  Se coloca el primer nivel de predicados
  Nivel = 0
  Itera hasta encontrar un plan o nivel = Maximo
  {
    Se integran a la gráfica los papeles que se puedan instanciar
    Para cada papel se colocan sus efectos positivos y negativos
    Se registran las relaciones de exclusión en los papeles y predicados
    Se revisa si hay un plan
  }
  Si hay un plan
  se indica
  sino
  se marca falla
}

```

Figura 4.2 Algoritmo de planeación gráfica polinomial (se indican los pasos generales)

El *primer nivel de predicados* se genera utilizando los parámetros de los papeles que se encuentran activos en las interacciones (existentes en el ambiente al momento de hacer planeación), asignándoles su valor de acuerdo con los recursos de un agente. Se seleccionan aquellos donde coinciden los recursos del agente.

Con base en los predicados de un nivel dado se buscan los papeles que los utilizan para revisar si unifican con los recursos del agente, en aquellos en que esto se cumple se utilizan para generar un nuevo nivel de papeles. Aquellos *que unifican sus argumentos se integran a la gráfica*.

Cada papel integrado en la gráfica se utiliza a su vez para generar un nuevo nivel de predicados empleando los argumentos de entrada para *asignar valores en sus efectos positivos y negativos*. Los efectos positivos son los que se utilizan como el nuevo nivel de predicados.

En los papeles y predicados generados se *revisan sus relaciones de exclusiones*, registrándolas en la gráfica. Los diferentes tipos de exclusiones se utilizan para generar un árbol más compacto al eliminar aquellos papeles que juntos es imposible su ejecución al generar un plan.

Cada vez que se genera un nivel de papeles y efectos, se examina la gráfica generada para determinar si se *encuentra un plan* con n pasos, mismos que son los que se han desarrollado hasta ese momento. Si se encuentra un plan, mediante el encadenamiento hacia atrás de los nodos de la gráfica

que lo forma, se indica esto. En caso contrario, se revisa si aun pueden desarrollarse más niveles en la gráfica para generar otro nivel de papeles y efectos.

Si se va a generar un nuevo nivel de papeles, se propagan los recursos del nivel actual mediante un papel llamado 'Nulo', útil solamente para esto y el cual implica que en ese nivel no se realizan acciones.

4.1.1 RELACIONES DE EXCLUSIÓN

Las relaciones de exclusión se dan cuando en un cierto nivel, un plan válido no puede contener a dos papeles al mismo tiempo. En un nivel de proposiciones, las exclusiones se dan cuando dos proposiciones en un mismo nivel, un plan válido no las puede generar como un efecto positivo el mismo predicado que es un requisito al mismo tiempo. Las relaciones de exclusión sirven para ayudar a generar un plan válido.

Una gráfica de planeación guarda las relaciones de exclusión mutua propagándolas a través de la gráfica usando reglas simples. Esas reglas no garantizan encontrar todas las relaciones de exclusión mutua, pero usualmente se encuentran un gran número de ellas. Algunas de las formas en las cuales dos papeles A y B en un nivel de acción se marcan como exclusivo uno de otro son:

- a) Si un papel A tiene un efecto negativo de una proposición p que es requisito o efecto positivo de otro papel B. Se dice que A y B son exclusivas por interferencia (figura 4.3).

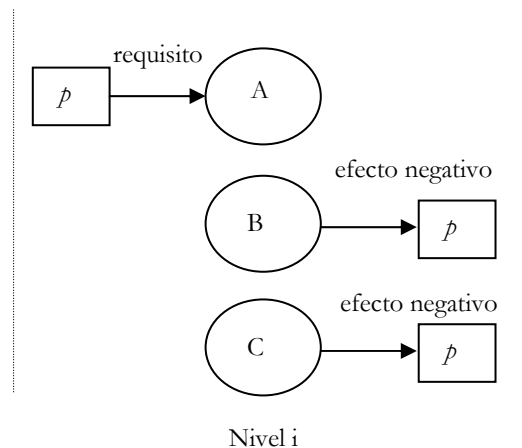


Figura 4.3 Exclusión por Interferencia. A es exclusivo de B porque p en B es requisito de A en el mismo nivel i . A es exclusivo de C porque p en C es requisito de A en el mismo nivel i

- b) Si hay una requisito p de la acción A y un requisito q de la acción B que están marcadas como mutuamente exclusivas una de la otra en el nivel de proposiciones anterior ($i - 1$), entonces A y B son exclusivas por necesidades competitivas en el nivel actual (i) (figura 4.4).

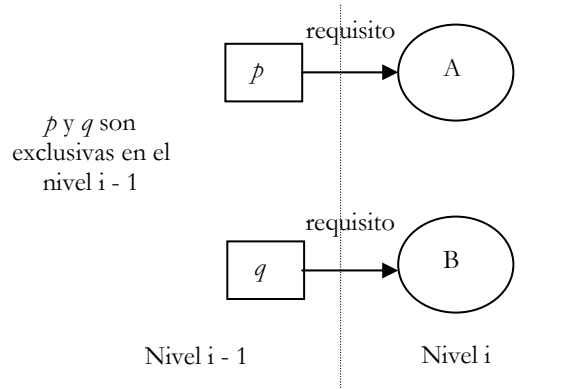


Figura 4.4 Exclusión por Necesidades Competitivas. Dado que p y q son exclusivas en el nivel $i - 1$, entonces en el nivel i las acciones A y B son exclusivas

- c) Dos proposiciones p y q en un nivel de proposiciones se marcan como exclusivas si todas las formas de crear la proposición p son exclusivas de todas las formas de crear la proposición q . Es decir, si los papeles A y B son exclusivos y la acción A genera a p con un efecto positivo y la acción B genera a q con efecto positivo, p y q son exclusivas por propagación (figura 4.5).

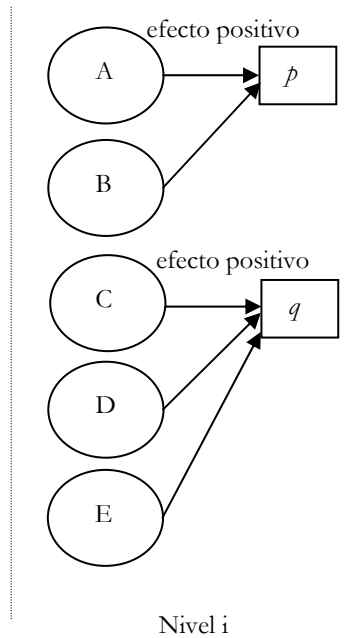


Figura 4.5 Exclusión por Propagación. Si A es exclusivo de C , D y E además de que B es exclusivo de C , D y E , entonces p y q son exclusivos por propagación

Una vez que se han marcado las relaciones de exclusión, la búsqueda de un plan válido usa una estrategia de encadenamiento hacia atrás utilizando un enfoque de nivel por nivel para hacer un mejor uso de las restricciones de exclusión mutua. En particular dado un conjunto de propósitos al tiempo t , se intenta encontrar un conjunto de papeles (incluidos los 'Nulo') en el tiempo $t - 1$ que tenga esas metas como efectos positivos. Los requisitos a esas acciones forman un conjunto de submetas en el tiempo $t - 1$ teniendo la propiedad de que si esas metas pueden alcanzarse en $t - 1$ pasos, entonces los propósitos originales pueden lograrse en t pasos. Si el conjunto de propósitos en el tiempo $t - 1$ resulta sin solución, entonces se intenta encontrar un conjunto diferente de papeles, continuando hasta que tiene éxito o se prueba que el conjunto de propósitos no es soluble en el tiempo t .

Para implementar esta estrategia se usa el siguiente método recursivo. Para cada propósito en el tiempo t , en cualquier orden arbitrario, se selecciona una acción en el tiempo $t - 1$ logrando que la meta no sea exclusiva de algunas acciones para las cuales ha sido seleccionada. Continúa recursivamente con el siguiente propósito en el tiempo t . (por supuesto, si por fortuna una meta ya se alcanzó por una acción seleccionada previamente, no se requiere seleccionar un papel nuevo) si nuestra llamada recursiva regresa "falla", entonces se intenta una acción diferente para lograr el propósito actual, y así sucesivamente. Una vez que se termina con todas las metas en el tiempo t , los requisitos de las acciones seleccionadas constituyen un nuevo conjunto de propósitos en el tiempo $t - 1$. Continúa este procedimiento en el paso $t - 1$. El resultado es un conjunto de papeles que forman el plan del agente.

4.2 EJEMPLO

Consideremos problema de transportar un pedido de un lugar a otro, por ejemplo, de Veracruz a Puebla. El camión para transportarlos y los artículos A y B se encuentran en el lugar de origen, el propósito es que los artículos lleguen a Puebla, lo cual se expresa como:

$$\text{En}(A, \text{Puebla}), \text{En}(B, \text{Puebla})$$

lo cual significa que se quieren las cargas A y B en Puebla.

La situación inicial está formada por los predicados:

$$\text{En}(\text{Camión Veracruz}), \text{En}(A \text{ Veracruz}), \text{En}(B \text{ Veracruz}), \text{Combustible}(\text{Camión})$$

significando que las cargas A y B se encuentran en Veracruz junto con el camión y este tiene combustible, el resultado que se quiere es que A y B se encuentren descargadas en Puebla.

En este problema se tienen 3 papeles aplicables a la situación inicial para llegar a la situación esperada, el conjunto de papeles en este caso son Carga, Descarga y Mueve, cada uno de ellos tienen requisitos que deben satisfacerse para que se apliquen y entonces sus efectos positivos se señalan en la situación nueva y los efectos negativos se eliminan de la situación de donde se aplican los mismos:

<pre> Carga(movil lugar carga) Requisitos { En(movil, lugar), En(carga, lugar) } Efectos positivos{ Dentro(carga, movil) } Efectos negativos{ En(carga, lugar) } </pre>	<pre> Descarga(movil lugar carga) Requisitos { En(movil, lugar), Dentro(carga movil) } Efectos positivos { En(carga, lugar) } Efectos negativos { Dentro(carga, movil) } </pre>	<pre> Mover(movil origen llegar) Requisitos { En(movil, origen), Combustible(movil) Destino(llegar) } Efectos positivos { En(movil, destino) } Efectos negativos { En(movil, origen), Combustible(movil) } </pre>
<p>Carga se realiza a un <i>movil</i> en un <i>lugar</i> determinado, después de subir la <i>carga</i> al movil, esta ya no se encuentra en el origen</p>	<p>Descarga se aplica para descargar de un <i>movil</i> ubicado en un <i>lugar</i> determinado una <i>carga</i></p>	<p>Mover se aplica cuando se cambia de lugar un <i>movil</i>, esto es de <i>origen</i> a <i>llegar</i>, durante el movimiento se consume combustible</p>

Como se estableció en el algoritmo de la figura 4.2 inicialmente se genera el primer nivel de predicados describiendo la situación actual:

Nivel	Situación Inicial
I	1 En(Camión Veracruz) 2 En(A Veracruz) 3 En(B Veracruz) 4 Combustible(Camión) 5 Destino(Puebla)

Utilizando los hechos de la situación inicial, estos se unifican con las acciones existentes (carga, descarga, mueve), obteniendo la activación de los papeles siguientes (los números indican el predicado y la letra Número indica un papel a incluir en el plan):

Nivel	Situación	Papeles
I	1 En(Camion Veracruz) 2 En(A Veracruz) 3 En(B Veracruz) 4 Combustible(Camion) 5 Destino(Pueblall)	1 2 a1 Carga(Camion Veracruz A) 1 3 a2 Carga(Camion Veracruz B) [a2] 1 4 5 a3 Mueve(Camion Veracruz Puebla)

De los papeles que unificaron se desarrollan sus efectos positivos y negativos, obteniendo de esta forma dos columnas de predicados adicionales. La columna de efectos positivos es en este caso la que se considera como situación inicial para la unificación con papeles en el nivel siguiente:

Nivel	Situación	Papeles	Positivos	Negativos
I	1 En(Camion Veracruz)	1 2		
	2 En(A Veracruz)	a1 Carga(Camion Veracruz A)	6 Dentro(A Camion)	2 En(A Veracruz)
	3 En(B Veracruz)			
	4 Combustible(Camion)	1 3		
	5 Destino(Puebla)	a2 Carga(Camion Veracruz B)	7 Dentro(B Camion)	3 En(B Veracruz)
	EXCLUSIONES	1 4 5		
	Acciones:	a3 Mueve(Camion Veracruz Puebla)	8 En(Camión Puebla)	4 Combustible(Camión) 1 En(Camión Veracruz)
	a3 con a1 y a2 por interferencia con el predicado 1			

Una vez aplicados los papeles se busca en los efectos positivos los predicados esperados para determinar si se ha generado el estado final (En(A, Puebla), En(B, Puebla)), como no es el caso, se procede a propagar los predicados de la situación inicial hacia los efectos positivos (que dan lugar a la siguiente situación inicial) mediante el papel 'Nulo'.

Después de hacer la propagación se identifican las relaciones de exclusión, en este caso, la acción a3 tiene el efecto negativo 1 que es un requisito para las acciones a1 y a2. Por lo tanto, las acciones a1 y a2 son exclusivas con la acción a3; esto significa que, en este nivel solamente se puede realizar a3 o en forma exclusiva a1 y a2: entre a1 y a2 no hay exclusión.

Los predicados 6 y 8 son exclusivos entre ellos porque todas las formas de generarlos son exclusivas. Lo mismo ocurre para los predicados 7 y 8; en forma gráfica esto es:

Nivel	Situación	Papeles	Positivos	Negativos
I	1 En(Camion Veracruz)	1 2		
	2 En(A Veracruz)	a1 Carga(Camion Veracruz A)_____	6 Dentro(A Camion)	2 En(A Veracruz)
	3 En(B Veracruz)			
	4 Combustible(Camion)	1 3		
	5 Destino(Puebla)	a2 Carga(Camion Veracruz B)_____	7 Dentro(B Camion)	3 En(B Veracruz)
		1 4 5		
		a3 Mueve(Camion Veracruz Puebla)_	8 En(Camion Puebla)	4 Combustible(Camion) 1 En(Camion Veracruz)
		1		
		a4 Nulo _ _ _ _ _	1 En(Camion Veracruz)	
		2		
	a5 Nulo _ _ _ _ _	2 En(A Veracruz)		
	EXCLUSIONES			
	Acciones:	3		
	a3-a1 a3-a2	a6 Nulo _ _ _ _ _	3 En(B Veracruz)	
	Predicados:	4		
	6 y 8, 7 y 8	a7 Nulo _ _ _ _ _	4 Combustible(Camion)	
		5		
		a8 Nulo _ _ _ _ _	5 Destino(Puebla)	

En la tabla la línea continua señala los predicados de los efectos positivos y negativos generados a partir de un papel, mientras que las líneas punteadas señalan a los efectos positivos generados como efecto de propagación a partir de la situación inicial en el actual nivel.

En el nivel I no se generaron los predicados, en los efectos positivos, que permitan alcanzar los propósitos deseados, los predicados de la columna “positivos” se consideran ahora como la situación inicial para el nivel II.

En el nivel II se obtienen los papeles que unifican con los predicados de su situación inicial (Situación), obteniéndose lo siguiente:

Nivel	Situación	Papeles	Positivos	Negativos
II	1 En(Camion Veracruz)	1 2		
	2 En(A Veracruz)	b1 Carga(Camion Veracruz A)_____	5 Dentro(A Camion)	2 En(A Veracruz)
	3 En(B Veracruz)			
	4 Combustible(Camion)	1 3		
	5 Destino(Puebla)	b2 Carga(Camion Veracruz B)_____	6 Dentro (B Camion)	3 En(B Veracruz)
	6 Dentro(A Camion)			
	7 Dentro(B Camion)	6 8		
	8 En(Camion Puebla)	b3 Descarga(Camion Puebla A)_____	9 En(A Puebla)	6 Dentro(A Camion)
		7 8		
		b4 Descarga(Camion Puebla B)_____	10 En(B Puebla)	7 Dentro(B Camion)
		1 4 5		
		b5 Mueve(Camion Veracruz Puebla)_	8 En(Camion Puebla)	4 Combustible(Camion) 1 En(Camion Veracruz)
		1		
EXCLUSIONES	b6 Nulo_ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _	1 En(Camion Veracruz)		
Acciones:				
b5 con b3 y b4 por interferencia con el predicado 8	2			
b5 con b1 y b2 por interferencia con el predicado 1	b7 Nulo_ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _	2 En(A Veracruz)		
	3			
	b8 Nulo_ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _	3 En(B Veracruz)		
Predicados:				
9 y 10 con 8 por propagación	4			
5 y 6 con 8 por propagación	b9 Nulo_ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _	4 Combustible(Camion)		
	5			
	b10 Nulo_ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _	5 Destino(Puebla)		
	6			
	b11 Nulo_ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _	6 Dentro(A Camion)		
	7			
	b12 Nulo_ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _	7 Dentro(B Camion)		
	8			
	b13 Nulo_ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _	8 En(Camion Puebla)		

En este nivel II se encuentran entre los efectos positivos los predicados de la situación esperada (En(A, Puebla), En(B, Puebla)) por lo que se procede a recorrer la gráfica hacia atrás hasta llegar a la situación inicial del nivel I donde se deben cumplir los requisitos de los papeles utilizados en ese nivel. Al hacer esto se nota que al llegar al nivel I no se cumple esta situación por lo que resulta necesario generar un nuevo nivel de papeles con los efectos positivos de la situación II como situación inicial para el nivel III:

Nivel.	Situación	Papeles	Positivos	Negativos
III	1 En(Camion Veracruz)	1 2		
	2 En(A Veracruz)	c1 Carga(Camion Veracruz A)_____	5 Dentro(A Camion)	2 En(A Veracruz)
	3 En(B Veracruz)			
	4 Combustible(Camion)	1 3		
	5 Destino(Puebla)	c2 Carga(Camion Veracruz B)_____	6 Dentro (B Camion)	3 En(B Veracruz)
	6 Dentro(A Camion)			
	7 Dentro(B Camion)	1 6		
	8 En(Camion Puebla)	c3 Descarga(Camion Veracruz A)____	2 En(A Veracruz)	5 Dentro(A Camion)
	9 En(A Puebla)			
	10 En(B Puebla)	1 7		
		c4 Descarga(Camion Veracruz B)_____	3 En(B Veracruz)	6 Dentro(B Camion)
		6 8		
		c5 Descarga(Camion Puebla A)_____	<u>8 En(A Puebla)</u>	5 Dentro(A Camion)
		7 8		
		c6 Descarga(Camion Puebla B)_____	<u>9 En(B Puebla)</u>	6 Dentro(B Camion)
		1 4 5		
	c7 Mueve(Camion Veracruz Puebla)_	1 En(Camion Puebla)	4 Combustible(Camion) 1 En(Camión Veracruz)	
	1			
	c8 Nulo_ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _	1 En(Camion Veracruz)		
	2			
	c9 Nulo_ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _	2 En(A Veracruz)		
	3			
	c10 Nulo_ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _	3 En(B Veracruz)		
	4			
	c11 Nulo_ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _	4 Combustible(Camion)		
	5			
	c12 Nulo_ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _	5 Dentro(A Camion)		
	6			
	c13 Nulo_ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _	6 Dentro(B Camion)		
EXCLUSIONES				
Acciones:				
c7 con c1 y c2 por interferencia con el predicado 1	7			
	c14 Nulo_ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _	7 En(Camion Puebla)		
	8			
	c15 Nulo_ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _	8 En(A Puebla)		
	9			
	c16 Nulo_ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _	9 En(B Puebla)		

En este nivel se observa que se obtienen los predicados de la situación esperada (subrayados) y entonces al satisfacer los requisitos de los predicados con el nivel anterior, esto es posible y así sucesivamente hasta llegar al nivel I donde los requisitos de los papeles que se aplican en ese nivel se satisfacen con los predicados de la situación inicial. Por lo tanto los papeles que se involucran en este recorrido hacia atrás forman el plan del agente, estos se organizan en forma de un árbol AND-OR como se muestra en la figura 4.6. Algunos papeles de esta es posible ejecutarlos en paralelo por lo que al aplicar factorización sobre el árbol (o árboles generados cuando se tienen árboles para

multipropósitos) se obtiene el resultado mostrado en la figura 4.7 que corresponde con una gráfica acíclica.

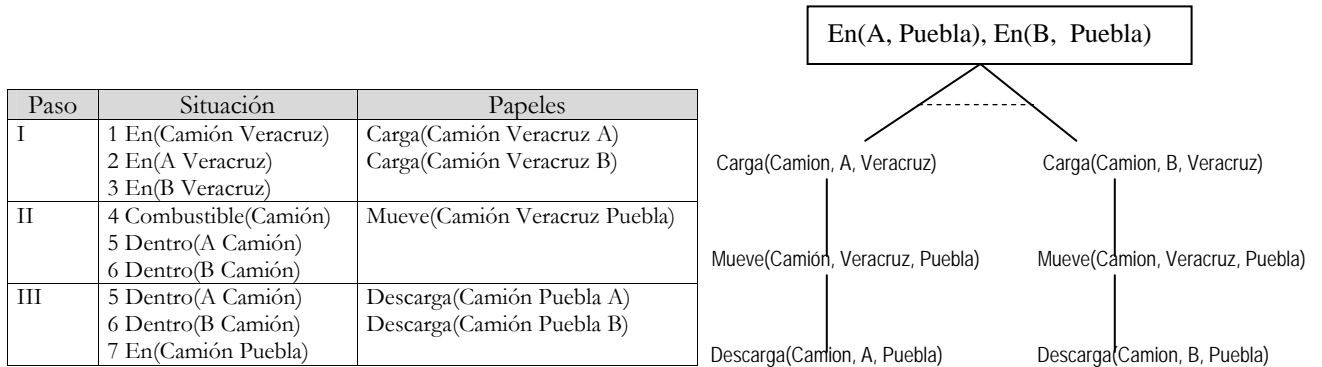


Figura 4.6 Resultado de la planeación en el problema de transporte (árbol AND-OR)

En la gráfica 4.7 para ejecutar los papeles primeramente se colocan en la cola de ejecución aquellos del nivel más superior y conforme se van ejecutando (considerando su relación AND-OR) entonces se van insertando a ejecución aquellos que de niveles más profundos. En caso que algunos de los papeles de arco AND falle entonces se considera que el arco completo ha fallado y esa rama si es que pertenece a su vez a una rama OR falló y se espera si alguno de los arcos OR da un resultado satisfactorio, si no hay opciones (OR) entonces se considera que el plan para alcanzar el propósito fallo.

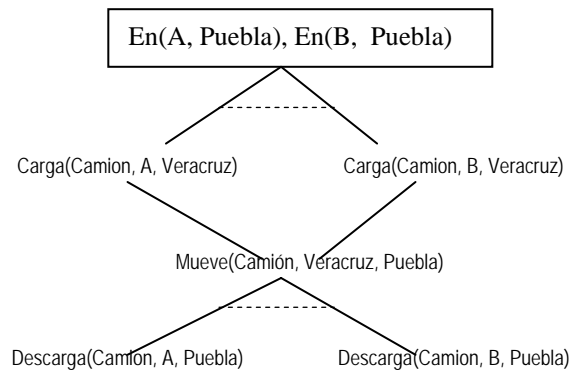


Figura 4.7 Gráfica (AND-OR) acíclica de los papeles a ejecutarse

4.3 CONCLUSIONES DE PLANEACIÓN

La planeación permite a los sistemas multiagente (con agentes multipropósito), establecer la secuencia de acciones para lograr sus propósitos. En nuestro caso, nuestra aportación consiste en aplicar la planeación para un agente multipropósitos en función de los recursos que posee y los que accede de su ambiente.

La intención de esta forma de planificar es hacerlo para cada agente considerando únicamente la utilidad individual de cada uno. La consideración de obtener un plan adicionando la utilidad global de los agentes participantes es motivo de otra línea de investigación. Hasta el momento la planeación permite integrar los elementos del modelo (MIA) para elegir los papeles de un agente que le lleva de una situación inicial (propósitos sin alcanzar) a otra en donde alcanzan sus propósitos con un grado de satisfacción.

Es posible que para cada agente se obtengan varios árboles con los papeles para diferentes propósitos, en ese caso proponemos el uso de la factorización del árbol aunque habrá que verificar la pertinencia en algunos casos, dado que la factorización debe considerar el nivel del árbol en que esto se hace. La ventaja es que se evita la ejecución duplicada en algunas ramas de papeles que ejecuta un mismo agente para alcanzar varios propósitos, por ejemplo si para alcanzar dos propósitos diferentes el agente tiene que hacer un retiro de un banco entonces el papel clienteBanco para hacer el retiro se puede hacer una sola vez.