

TRABAJO DE SEIAD2001

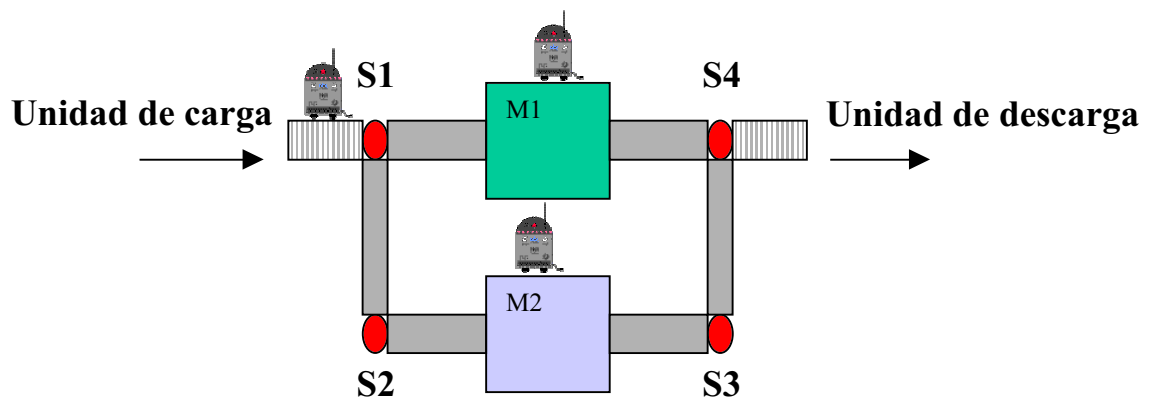
Identificación de agentes en el diseño de sistemas de control de producción

Por Pau Herrero Viñas

Basado en el artículo:

On the Identification of Agents in the Design of Production Control Systems

By Stefan Bussman, Nicholas R. Jennings and Michael Wooldrige



Contenido

1- Introducción

- 1.1- ¿Que es una metodología?
- 1.2- Control de producción

2- Trabajos relacionados

3- Vista previa del método de diseño

- 3.1- Entrada del diseño
- 3.2- Salida del diseño
- 3.3- Pasos del diseño

4- Análisis de la toma de decisiones

- 4.1- Identificación de las *decisiones de efecto inmediato*
- 4.2- Identificación de las dependencias entre decisiones
- 4.3- Clasificación de las dependencias entre decisiones
- 4.4- Salida de la fase de análisis

5- Identificación de los agentes

- 5.1- Completando la red de decisiones
- 5.2- Operaciones en la red de decisiones
- 5.3- Verificación de la conveniencia de un enfoque orientado a agentes
- 5.4- Agrupación de las tareas de decisión
- 5.5- Salida de la fase de identificación de agentes

6- Conclusiones y trabajos futuros

1- Introducción

El software basado en agentes está deviniendo una herramienta clave en aplicaciones de control para grandes series de producción.

Cada vez los ciclos de vida de los productos disminuyen, los tiempos de entrega se reducen y la variedad de productos a fabricar incrementa. Esto nos obliga a disponer de procesos de fabricación flexibles con un alto volumen de modularidad a la vez que mantengan los niveles de calidad y unos costos de producción bajos.

La habilidad de los agentes a adaptar su comportamiento dinámicamente frente a nuevos escenarios, hace de esta tecnología un buen candidato para orientar a las tecnologías de control hacia estos nuevos requerimientos.

Con más de una década de investigaciones, el potencial de las tecnologías basadas en agentes en el contexto de producciones de largas series ha sido demostrado. Todo y esto, aún queda mucho camino por recorrer antes no se pueda hablar de una tecnología consolidada.

Uno de los aspectos importantes a desarrollar es hacer accesible esta tecnología a los ingenieros de producción, con pocos o nulos conocimientos sobre agentes. Con este fin, muchas metodologías han sido desarrolladas pero ninguno de ellas con éxito suficiente con respecto al diseño de agentes para sistemas de control de producciones.

En el presente trabajo se extiende el estado del arte proponiendo una metodología para el diseño de agentes para sistemas de control de producciones, la cual puede ser aplicada con éxito por un ingeniero sin previos conocimientos sobre agentes.

Concretamente, la fase del diseño que se estudia en el presente trabajo se corresponde a la identificación de los agentes de un sistema de control de producción.

Actualmente existe un prototipo basado en la metodología propuesta en una planta manufacturera de *DaimlerChrysler* para fabricar cabezas de cilindros. Dicho prototipo ha permitido verificar la viabilidad industrial y ha mostrado las ventajas competitivas del control basado en agentes.

1.2- ¿Que es una metodología?

Una metodología es una receta que permite a un ingeniero de encontrar una solución a una serie de problemas especificados. Esta debe ser lo suficientemente precisa para permitir a un ingeniero, con conocimientos estándares, aplicar esta receta con éxito a un problema determinado.

Para conseguir este éxito se deberían cumplir los siguientes requerimientos:

- Que los modelos utilizados sean fácilmente relacionados con el problema a tratar.
- Que los métodos propuestos estén claramente especificados paso a paso.

1.3- Control de producción

Los sistemas de producción discretos suelen consistir en procesar componentes, ya sea con máquinas o con estaciones de ensamblaje, las cuales están conectadas con sistemas de transporte formados por cintas de transporte y distribuidores.

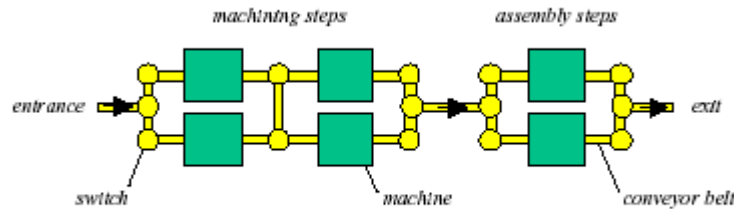


Fig. 1. Example production system.

El enfoque predominante para el control de este tipo de procesos es el de crear una planificación de antemano. Este enfoque funciona correctamente si las acciones son ejecutadas como han sido programadas, pero falla completamente en caso contrario.

En caso de una perturbación en el proceso de producción, el control es incapaz de ejecutar las acciones programadas y tiene que post-ponerlas. Como consecuencia, cualquier modificación respecto a lo planificado produce un efecto en cascada que acaba afectando al rendimiento global del proceso.

Para solucionar esta limitación del enfoque predominante, es necesario de combinar la planificación y la ejecución de una forma flexible. Para conseguir esto hace falta otorgar una cierta autonomía, mediante controladores locales, a las distintas partes del proceso para que puedan escoger la acción correcta en cada caso.

Para conseguir esto, un controlador local debe determinar todas las posibles acciones que puede ejecutar en cada situación (*espacio de decisión*). Luego, debe recoger toda la información relevante (*entrada de decisión*) y finalmente escoger una acción que esté en acorde con una *regla de decisión* con tal de obtener un objetivo predefinido.

Durante este proceso de decisión, el controlador local debe interaccionar con otros controladores en caso que sea necesario (*dependencias*). Una vez la decisión ha sido tomada, el controlador puede iniciar la acción tal y como se hacía en el enfoque original.

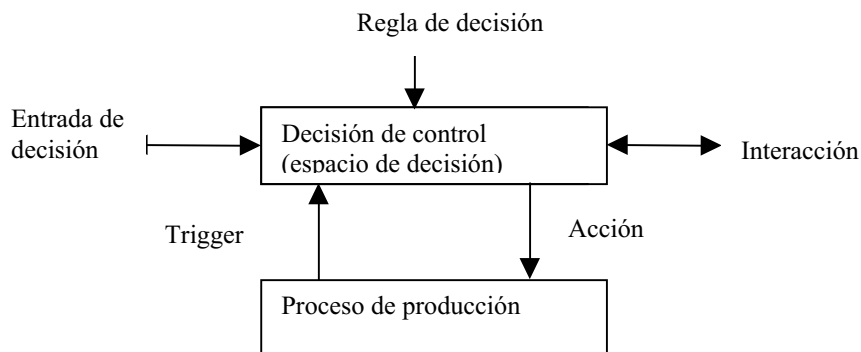


Fig. 2 Modelo abstracto de un control de decisiones

2- Trabajos relacionados

Con el salto desde el laboratorio hacia aplicaciones industriales, numerosas metodologías han sido propuestas con distintos enfoques. Desde los enfoques estrictamente orientados a objetos o al conocimiento, a los cuales se les ha añadido conceptos sobre los agentes, hasta enfoques más modernos puramente orientados a agentes.

Nos encontramos que ninguno de las metodologías propuestas hasta ahora se adapta a los requerimientos que deben cumplir los sistemas de control de producción discretos.

En primer lugar, la mayoría de estas metodologías proporcionan un modelo de análisis que es inadecuado para representar el problema que luego nos permitirá controlar el sistema de producción.

En segundo lugar, la mayoría de las metodologías propuestas, proporcionan criterios para la identificación de agentes que son inapropiados en sistemas de control de producción discretos.

Se hace necesario extender los métodos existentes para crear una metodología de diseño que permita capturar la toma de decisiones en su modelo y que proporcione una lista comprensiva de criterios para la identificación de los agentes.

3- Vista previa del método de diseño

El objetivo del sistema de diseño propuesto es el de identificar los agentes necesarios para controlar un proceso de producción dado.

El método de diseño propuesto consiste en dos pasos principales: un análisis y una identificación.

El análisis consiste en crear un modelo de decisiones que contenga todas las decisiones que permitan controlar el proceso de producción.

La identificación consiste en verificar si el enfoque orientado a agentes es apropiado con el problema y identificar los agentes que permitan controlar el sistema.

El resultado de este método es una lista de agentes con sus responsabilidades de decisión asociadas.

3.1- Entrada del método de diseño

La entrada del método de diseño consiste en una lista de especificaciones del problema de control de producción. Esta debe constar de:

- 1- Una descripción de los sistemas físicos de producción a controlar. Esto incluye su descripción mecánica, su comportamiento, su situación en la planta y opcionalmente su interfaz de control.

Ejemplo: A través de este artículo, el siguiente sistema de producción será utilizado para ilustrar el método de diseño. Este simple sistema de producción consiste de una unidad de carga, varios distribuidores de transporte (S1, S2, S3, S4), dos estaciones flexibles de fabricación (M1, M2), una unidad de descarga y varias cintas de transporte. Las dos máquinas son capaces de producir gran número de productos distintos de los cuales algunos se solapan y algunos no.

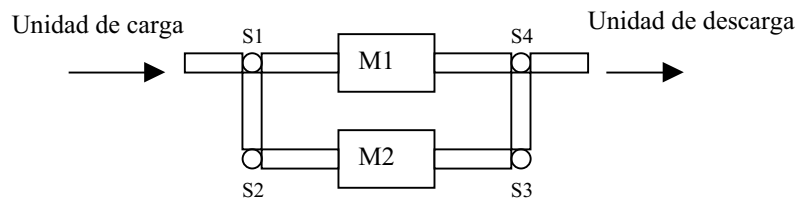


Fig. 3 Ejemplo de sistema de producción discreto

- 2- La segunda parte de las especificaciones del problema define las condiciones y objetivos del proceso de producción. Las condiciones de operación especifican el orden del flujo de componentes así como el espectro de posibles cambios y perturbaciones en la producción. Las especificaciones de los objetivos de producción describen el comportamiento esperado del sistema de producción, como por ejemplo: coste mínimo de inversión, flexibilidad frente a los cambios, robustez frente a perturbaciones...

Ejemplo: La entrada del ejemplo de sistema de producción es una mezcla arbitraria de distintos productos a producir. Cambios en el proceso de producción no son previstos y las únicas perturbaciones posibles son las paradas por fallo de las máquinas. El objetivo es maximizar la salida y hacer el sistema robusto frente a fallos de las máquinas.

3.2- Salida del método de diseño

La salida del método de diseño es una lista de agentes necesaria para controlar el sistema de producción especificado. Cada agente es definido para cumplir una tarea de decisión de la cual será responsable. Además, el método especifica cualquier dependencia entre cualquier otra tarea de decisión de los distintos agentes.

La lista de agentes define la estructura global del sistema de control basado en agentes. Este sirve de base para los futuros diseños especificando las interacciones o el razonamiento de los agentes (Este paso no es tratado en el presente trabajo).

3.3- Pasos en el diseño

El método de diseño prescribe los pasos a seguir con tal de ir de la entrada hasta la salida del método de diseño.

- 1- **Análisis de la toma de decisiones:** Las decisiones necesarias durante el proceso de control son identificadas y analizadas. El resultado de este proceso especifica las restricciones que cualquier sistema de control, dispuesto a conseguir sus objetivos de producción, debe satisfacer.
- 2- **Identificación de los agentes:** La estructura del sistema basado en agentes es diseñada. En particular, este paso identifica los agentes del sistema, las decisiones de las cuales son responsables y la necesidad de interacción entre los agentes.

4- Análisis de la toma de decisiones

El objetivo de la fase de análisis es de desarrollar un modelo del control de tareas que pueda ser usado para la identificación de los agentes de control. Para conseguir esto, se debe modelar la toma de decisiones del proceso de control.

El análisis consiste en los tres siguientes pasos:

Primero, todas las *decisiones de efecto inmediato* de cada uno de los sistemas de control son recogidas. Estas decisiones se llaman de efecto inmediato porque son inmediatamente ejecutadas por los actuadores. (Existen las llamadas *decisiones preparatorias* porqué no son ejecutadas directamente por los actuadores)

Segundo, se identifican todas las posibles dependencias entre las decisiones de control recogidas y se modela un *diagrama de dependencias*.

Tercero, las dependencias de decisiones son clasificadas con respecto a su importancia según los objetivos de producción y su intensidad durante la ejecución.

4.1- Identificación de las decisiones de efecto inmediato

Para identificar una decisión de efecto inmediato en un determinado componente hace falta mirar si su comportamiento tiene distintas alternativas de actuación.

Ejemplo: El distribuidor de piezas S1 tiene dos posibilidades para cada una de las piezas que le llegan; mover la pieza de trabajo hacia la máquina M1 o bien hacia el distribuidor de piezas S2.

Cada decisión identificada es caracterizada con la siguiente tabla:

Slot	Descripción
Identificador	Identificador único
Parámetros	Sujeto y objeto de la decisión
Trigger	Situación que dispara la decisión
Espacio de decisiones	Espacio de decisiones

Donde:

- El *identificador* permite referenciar de forma unívoca cada una de las decisiones.
- Los *parámetros* caracterizan el sujeto y el objeto de la decisión. En otras palabras, quien realiza la acción y quien es afectado por la misma.
- El *trigger* especifica la situación en la cual la decisión deviene necesaria.
- El *espacio de decisión* representa las distintas posibilidades que un componente tiene en una determinada situación.

Ejemplo: En el caso del distribuidor S1, una decisión es requerida cada vez que una pieza llega al distribuidor. El distribuidor debe elegir entre dos posibilidades (izquierda o derecha). La decisión tiene de ser llevada a término al llegar la pieza al interruptor con tal de no bloquear la entrada del mismo. La tabla correspondiente a dicha decisión es la siguiente.

Slot	Descripción
Identificador	#2
Parámetros	Interruptor S2, Pieza de trabajo
Disparador	Pieza de trabajo a la entrada
Espacio de decisiones	{izquierda, derecha}

El conjunto de decisiones identificadas puede ser representado con un diagrama de disparo (*trigger diagram*) donde las flechas indican la secuencia temporal de las decisiones y sus relaciones entre ellas.

Ejemplo: Las decisiones tomadas por el distribuidor S1 sobre como procesar una pieza en una de las sucesivas máquinas son representadas por dos flechas que unen dicho distribuidor con las maquinas M1 i M2.

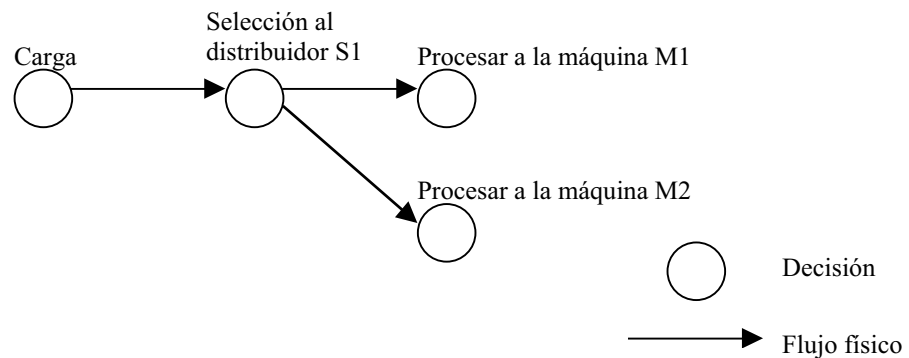


Fig. 4 Diagrama de disparo

Este diagrama ilustra la secuencia temporal de decisiones y puede ser usado como una ayuda visual en los siguientes pasos del diseño.

4.2- Identificación de las dependencias entre decisiones

El modelo de decisión sólo cubre los aspectos puramente locales de una decisión, como la lista de posibles acciones que puede tomar o en el momento que deben ser ejecutadas. Todo esto no es suficiente para determinar como actuar en cada situación.

Ejemplo: El distribuidor S1 puede dirigir una pieza hacia las máquinas M1 y M2. Con el modelo de decisión no se tienen argumentos suficientes para decidir hacia donde dirigir la pieza, es por esto que es necesario disponer de otro tipo de información.

Una tarea de decisión es llamada dependiente de otra decisión si no puede ejecutarse de forma óptima sin algún tipo de interacción con esta última.

Dos tareas son dependientes si la interacción es bidireccional.

En general, si dos tareas se refieren a los mismos parámetro, es probable que sus decisiones sean dependientes.

Ejemplo: El interruptor S1 i la maquina M1 hacen referencia a la misma pieza de trabajo y consecuentemente presentan una dependencia entre ellos.

En todo caso, es asumido que el diseñador es capaz de identificar con un esfuerzo aceptable las dependencias más importantes de un proceso de producción determinado.

El conjunto de dependencias también puede representarse en un diagrama. Una flecha de dependencia une una decisión con otra si y solo si la primera es dependiente de la segunda. Una flecha con dos cabezas indica que las decisiones son mutuamente dependientes.

Ejemplo: La decisión del distribuidor S1 de dirigir una pieza hacia una de sus salidas es altamente dependiente de la decisión de como procesar la pieza. Algunas piezas sólo son procesables por un tipo de máquina, con lo que es necesario decidir hacia que máquina ira destinada una pieza para determinar la salida hacia que debe dirigir la misma el distribuidor.

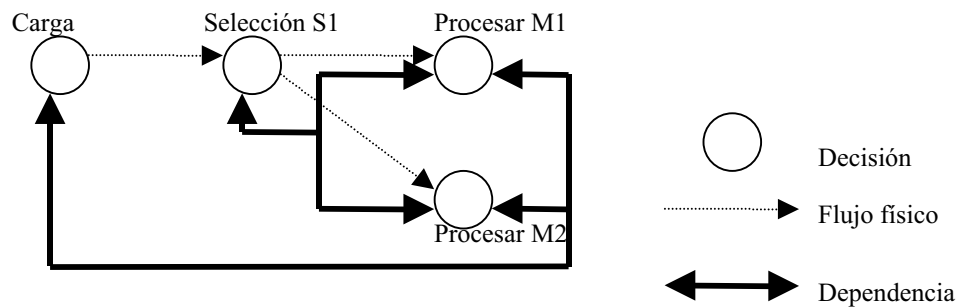


Fig. 5 Diagrama de dependencias

4.3- Clasificación de las dependencias entre decisiones

Cada una de las dependencias identificadas en el modelo de decisión es caracterizada cuantitativamente de acuerdo con su intensidad y su importancia. Esto nos permitirá en los siguientes pasos del diseño de establecer de una forma uniforme las interacciones entre decisiones.

Intensidad: La intensidad de una dependencia es caracterizada por el grado de interacción requerido. El grado de dependencia misura el porcentaje de un espacio de decisión que es afectado por la dependencia.

Ejemplo: El distribuidor S1 esta completamente afectado por las dependencias. Este solo puede escoger una de las salidas, si una de las máquinas ha sido elegida para procesar una pieza. En el otro lado, las máquinas sólo estan parcialmente afectadas por la decisión de S1, ya que una vez tomada, estas aun pueden decidir como procesar la pieza.

Importancia: La importancia de una dependencia puede ir desde 0 hasta 1 en función de su influencia en el rendimiento del proceso. Está a la mano del diseñador de asignar este valor a cada una de las decisiones.

Ejemplo: Todas las dependencias del ejemplo son importantes ya que ignorar una de ellas significaría una pérdida de rendimiento (p.e. caso de que una pieza llegara a una máquina que no les pertenece).

4.4- Salida de la fase de análisis

El resultado de la fase de análisis es un modelo de decisión de las tareas de control de producción. Este modelo de decisión consiste en cuatro partes:

- Una lista de todas las tareas de decisión
- Un diagrama de disparo (*trigger diagram*)
- Un diagrama de dependencias
- Una clasificación de cada una de las dependencias

El modelo de decisión contiene todas las decisiones necesarias para solucionar el problema de control. A pesar de esto, el modelo es incompleto en el sentido que no puede representar toda la estrategia de control. La información que falta será completada en el siguiente paso de diseño.

5- Identificación de los agentes

Después del análisis de decisiones, es posible comenzar con el proceso de diseño identificando los agentes del sistema de control.

En primer lugar se tiene que identificar los agentes ya que estos son los bloques constructivos de base del sistema de control basado en agentes. Las interacciones entre los agentes sólo pueden establecerse si estos han sido previamente identificados.

En el presente enfoque, un agente es visto como un tomador de decisiones que a la vez interacciona con otros agentes y que es capaz de conseguir sus objetivos mientras se adapta a un entorno cambiante. Consecuentemente, la identificación de los agentes consistirá en asignar una serie de decisiones del modelo de decisión de forma que cada agente sea el único responsable de sus decisiones.

Desdichadamente no todas las asignaciones de decisiones a los agentes son correctas para un sistema basado en agentes. Por ejemplo, si dos agentes son responsables de controlar el mismo actuador, estos agentes no serán completamente autónomos. Además, no todos los modelos de decisiones son adecuados para la identificación de agentes. Es necesario disponer de un método que nos permita reorganizar el modelo de decisiones de forma que este sea más adecuado para la identificación de agentes.

A pesar de una reorganización sustancial del modelo de decisiones, puede ser que continúe siendo imposible de identificar los agentes. Esto puede querer decir que el enfoque basado en agentes no se adapta al problema tratado y en este caso el proceso de diseño debería terminar. En caso contrario, el diseño puede continuar.

Primero de todo, será necesario de completar el modelo de decisiones añadiendo aspectos que no han sido contemplados en la primera parte de diseño de forma que el modelo de decisiones represente completamente la estrategia de control capaz de conseguir los objetivos de producción.

5.1- Completando la red de decisiones

El modelo de decisiones es incompleto si alguna de las decisiones no está completamente especificada.

Durante el proceso de análisis, el diseñador sólo está obligado a especificar las condiciones de disparo y el espacio de decisiones. En este punto del diseño es necesario disponer de toda la información, con lo que se deberá completar para cada decisión toda la información referente a la entrada y a las reglas asociadas de la misma.

Esto se podrá hacer de dos formas distintas según si:

- 1- La entrada de la decisión sólo se refiere a la información provista por los sensores del sistema de producción y las reglas de decisión especifican como tomar la decisión a partir de esta información.
- 2- La entrada de decisión hace referencia a la información sensorial y a los resultados de otras decisiones que serán usadas como base de las reglas de decisión para tomar la decisión.

La segunda opción permite introducir decisiones adicionales que preparen las decisiones de efecto inmediato. Las decisiones de efecto inmediato utilizan las decisiones preparatorias para simplificar su propio cálculo. Generalmente, estas decisiones cubren aspectos de las decisiones que son comunes a varias decisiones y con lo cual incrementan la modularidad del proceso de decisión.

Ejemplo: La decisión del distribuidor S1 puede ser enormemente simplificada si la máquina siguiente es escogida antes de que la pieza llegue al distribuidor. Basándose en esta decisión abstracta, el distribuidor puede decidir inmediatamente la salida.

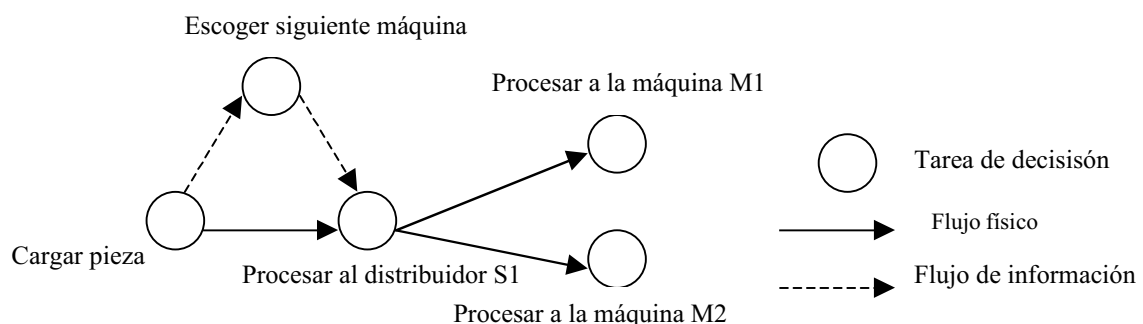


Fig 6. Introducción de decisiones abstractas: *Escoger la máquina siguiente*

Las decisiones preparatorias pueden ellas mismas utilizar otras decisiones para escoger sus propias decisiones. La profundidad de la jerarquía de las decisiones dependerá de la complejidad del problema.

La introducción de nuevas decisiones requiere que el diagrama de dependencias puede ser actualizado y eventualmente extenderlo con nuevas dependencias.

El proceso de completar el modelo de decisiones no es trivial. El modelo de decisiones tiene de ser completado de manera que el resultado permita conseguir los objetivos de producción. En particular, las decisiones deben tener en cuenta las distintas dependencias que fueron identificadas en la fase de análisis.

El desarrollo de la estrategia de control depende fuertemente de la clase del proceso de producción a controlar, con lo cual se dice que es dependiente de la aplicación. Se asume que el diseñador es capaz de encontrar la estrategia de control que permita conseguir los objetivos de producción bajo las condiciones de operación especificadas.

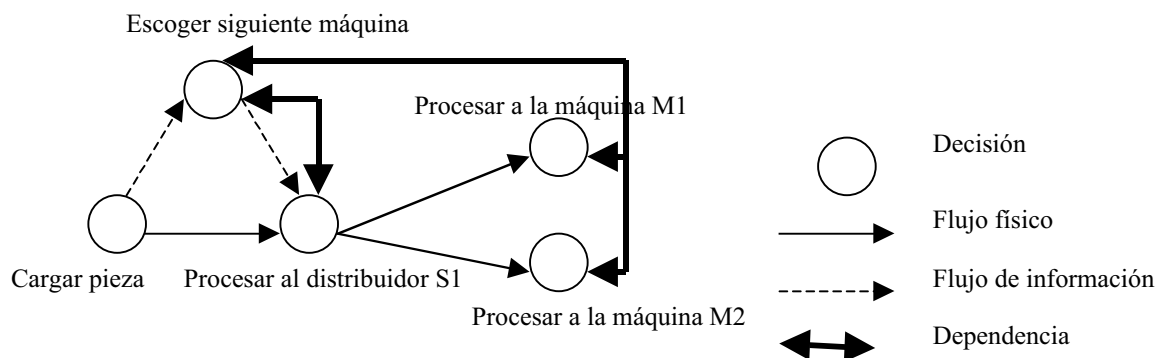


Fig 8. El diagrama extendido de dependencias

5.2- Operaciones en la red de decisiones

El modelo de decisiones desarrollado en la fase de análisis es construido sin tener ninguna consideración respecto al hecho que debe tratarse de un sistema basado en agentes. En la presente sección se muestran una serie de operaciones que permiten mejorar la representación del modelo de decisiones sin modificar su semántica con tal de adaptarlo al enfoque deseado.

Se dice que un modelo de decisión es inapropiado si una decisión debe ser asignada a distintos agentes. Esta situación no es permitida ya que viola el principio de la autonomía de los agentes. En tal caso es necesario dividir la decisión en distintos aspectos de la decisión original que compartirán una fuerte dependencia. Luego estos aspectos tendrán de ser asignados a distintos agentes.

Hay dos formas de dividir decisiones:

Dividir: Divide una decisión en distintos aspectos de la misma que son considerados en paralelo. Cada decisión resultante tiene el mismo espacio de decisión pero distintos criterios para aplicar la misma.

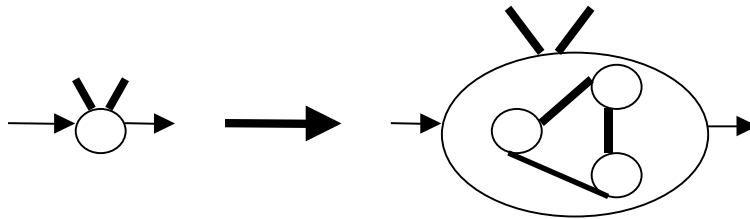


Fig 8. La operación de división

Expandir: Divide una decisión en sub-decisiones. El resultado de una decisión es la entrada de la otra decisión. Excepto para la última decisión, cada sub-decisión requiere de un nuevo espacio de decisiones y una nueva regla de decisión.

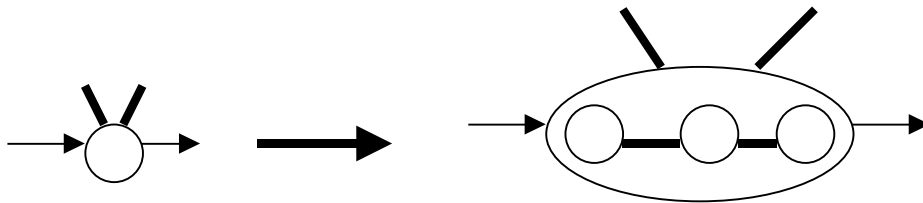


Fig 9. La operación de expandir

Después de cada operación, los enlaces de dependencias deben ser ajustados consecuentemente. Después de dividir una decisión, la nueva decisión debe heredar cualquier dependencia si la dependencia es aplicada a sus sub-decisiones. Cada dependencia tiene que ser heredada como mínimo por una sub-decisión. Además, cualquier dependencia entre las nuevas decisiones introducidas tiene que ser identificada y caracterizada como ya ha sido explicado.

5.3- Verificación de la viabilidad de un enfoque orientado a agentes

Antes de que el proceso de identificación de agentes sea iniciado, es necesario de asegurarse de si el enfoque orientado a agentes es el adecuado para solucionar el problema de control de producción tratado.

Para que un problema se adapte a un enfoque orientado a agentes, el modelo de decisión debe cumplir las siguientes tres condiciones.

- 1- Que haya múltiples tareas de decisiones. Un sistema basado en agentes es siempre distribuido. Si solamente hay una tarea de decisión este no puede ser distribuido.
- 2- El proceso de decisión es dinámico. Un sistema de control que tiene que hacer todas sus decisiones a la vez no puede hacer uso de toda la potencia de la tecnología de los agentes. A pesar de esto, esta no es una condición eliminatoria sino opcional.
- 3- Las decisiones son como mínimo parcialmente independientes. Si las decisiones son altamente dependientes es difícil de ver como el proceso puede ser distribuido. Cuanta dependencia es aceptada depende de la tecnología de agentes que se aplique y del diseñador.

Si el problema tratado obtiene una baja puntuación respecto a las tres condiciones anteriores, puede intentarse de modificar el modelo de decisiones con las transformaciones descritas anteriormente. Si después de estas modificaciones la puntuación continua siendo baja, nos podemos plantear el hecho de si el enfoque orientado a agentes es correcto y pensar con otros enfoques.

Ejemplo: A pesar de la simplicidad del ejemplo tratado, este puntúa alto con las condiciones necesarias antes mencionadas. Primero, el modelo de decisión tiene más de una tarea de decisión. Segundo, el proceso de decisión es dinámico. Hay un flujo constante de distintas piezas en el sistema que tienen que ser distribuidas a las máquinas dependiendo de su actual disponibilidad. Tercero, las tareas de decisión son parcialmente independientes, aunque estén relacionadas a la misma tarea de distribuir piezas a las dos máquinas.

5.4- Agrupación de las tareas de decisión

Una vez confirmada la viabilidad de la tecnología de agentes a un problema de control dado, los agentes del sistema de control de producción pueden ser finalmente identificados. Un agente es identificado creando una agrupación de decisiones para las cuales el agente en cuestión es el único responsable. Desde el momento que todas las decisiones son identificadas, la identificación de los agentes es un problema de particionar la red de decisiones.

Con el fin de crear un sistema basado en agentes bien estructurado, las agrupaciones resultantes deben cumplir los siguientes dos criterios de modularidad:

- 1- Las tareas de decisión de una agrupación deben ser coherentes.
- 2- No habría que existir interacciones fuertes entre distintas agrupaciones.

Agrupaciones con una buena cohesión y un acoplamiento bajo pueden conseguirse de tres formas:

Cohesión de interfaz

Todas las decisiones de una agrupación acceden al los mismos sensores y actuadores, mientras que las decisiones de distintas agrupaciones no deberían acceder a las mismas interfaces físicas.

Cohesión de responsabilidad

La responsabilidad por un estado local de un objeto de producción (p.e. Una máquina o una pieza) es asignada como mínimo a una agrupación. Las decisiones en otras agrupaciones no deberían afectar directamente a este estado.

Bajo acoplamiento interactivo

No hay acoplamiento fuerte entre las decisiones de distintas agrupaciones.

Hay que remarcar que los criterios anteriores pueden entrar en conflicto. Es una cuestión de diseño de resolver los conflictos dando preferencia a un criterio por encima del otro. Además, es probable que no sea posible de agrupar la red de decisiones creada en la fase de diseño de acuerdo con ninguno de los criterios mencionados. En este caso, la red tiene que ser transformada según las operaciones descritas en la sección 5.2 antes de que el agrupamiento pueda realizarse de forma satisfactoria.

Una vez la red de decisiones tiene la forma adecuada para agruparla, las siguientes estrategias pueden ser empleadas para agrupar el modelo de decisión:

Agrupamiento de interfaz

Agrupar las decisiones que accedan a las mismas interfaces físicas. Varias interfaces pueden pertenecer a una agrupación, pero una interfaz nunca debe pertenecer a más de una agrupación. En caso de conflicto, una decisión puede ser dividida en sub-decisiones asignadas a distintas agrupaciones.

Agrupación de datos/estados

Agrupar decisiones que accedan y cambien el mismo tipo de datos o estados del sistema de producción.

Agrupación de dependencias

Agrupar decisiones que tengan fuertes dependencias

Agrupación para evitar cuellos de botella

Distribuir decisiones de forma que los sistema no tenga cuellos de botella.

Ejemplo: En el modelo de decisión del ejemplo, los agentes pueden ser identificados de forma directa. Primero de todo, un agente distribuidor y un agente máquina son asociados respectivamente al distribuidor y a la máquina y devienen responsables de las decisiones asociadas a cada componente. De la misma forma, un agente de carga es asignado a la unidad de carga juntamente con sus decisiones. Todo estos agentes son estáticos.

La decisión *seleccionar la máquina siguiente*, no está directamente asociada a ningún componente. Esta decisión involucra las dos máquinas y la pieza que debe ser procesada. Esta decisión es dividida en varios aspectos: Un aspecto de decisión para cada máquina y una para la pieza. El agente pieza responsable de esta decisión es creado por el agente de carga cuando la correspondiente pieza es puesta en la primera cinta de transporte. Luego esta pieza interacciona con el agente máquina con el fin de escoger la siguiente máquina y informar al agente distribuidor sobre el siguiente objetivo de la máquina.

Como pasaba con los criterios de modularidad, las estrategias anteriores pueden entrar en conflicto. Otra vez, es una decisión de diseño de decidir cual de las estrategias es preferida para evitar el conflicto.

Las estrategias de agrupación son aplicadas a la red de decisiones hasta que se consiga un nivel de particionamiento satisfactorio.

5.5- Salida de la fase de identificación de agentes

La salida de esta fase de diseño tiene dos partes. En primer lugar, el resultado del estudio de viabilidad de un enfoque basado en agentes sobre el problema de control que se trate. En segundo lugar y en el caso que el estudio anterior sea positivo, se obtiene una lista de agentes con una lista de tareas asociadas a cada uno de ellos. Los agentes son exclusivamente responsables de las ejecuciones de sus decisiones, aunque puede darse que existan dependencias entre decisiones que sean asignada a distintos agentes.

6- Conclusiones y trabajos futuros

Este artículo ha presentado un método de diseño para la identificación de agentes en sistemas de control de producción. El método de diseño consiste en dos fases principales. Primero, se analizan las decisiones necesarias para controlar el sistema de producción dado. Esta fase identifica las decisiones necesarias para conseguir los objetivos de producción. Segundo, se identifican los agentes necesarios para controlar el sistema de producción. Este paso transforma la red de decisiones a otra de más adecuada para el enfoque orientado a agentes, comprueba la viabilidad de un enfoque orientado a agentes e identifica los agentes y sus interacciones.

El resultado del método es un conjunto de agentes con sus responsabilidades de control asociadas y dependencias.

El método de diseño propuesto se adapta a los requerimientos que se han comentado a la sección 1.1. Primeramente, el proceso de diseño está basado en modelos que son apropiados para el control de producción. El análisis del modelo está basado en el concepto de decisiones de control que es fundamental para el control de un proceso de producción. De la misma forma, las dependencias entre decisiones son derivadas relacionando esta noción con los efectos en la eficacia de la producción. Finalmente, los agentes son identificados agrupando las decisiones.

El método de diseño es fiel respeto a los aspectos relacionados con los agentes. Los pasos de análisis definen claramente que información proveer para el análisis del modelo. Los pasos de diseño dan criterios para reorganizar y ordenar la red de decisiones con el fin de identificar los agentes. Finalmente, el método de diseño da unos criterios para verificar el enfoque orientado a agentes para el problema de control de producción dado.

Además, este método permite a un ingeniero sin previos conocimientos en tecnología de agentes de aplicar exitosamente el método de diseño a un problema de control de producción.

El siguiente paso de este trabajo es completar el método de diseño tratando con las interacciones que ocurren entre agentes.