

Asignación de objetivos de producción mediante un protocolo de negociación basado en contratos

Production objectives allocation through a negotiation protocol based on contracts

Luis F. Quintero Henao¹, Ing., German Zapata Madrigal¹, MSc., Demetrio Ovalle Carranza², PhD. y Edgar Chacón Ramírez³, PhD.

1. GAUNAL: Grupo de Automática, 2. GIDIA: Grupo de Investigación y Desarrollo en Inteligencia Artificial

Universidad Nacional de Colombia – Sede Medellín,

3. LaSDAI: Laboratorio de Sistemas Discretos en Automatización Industrial, Escuela de Sistemas, Facultad de Ingeniería

Universidad de los Andes, Venezuela

{lfquint0, gdzapata, dovalle}@unal.edu.co, echacon@ula.ve

Recibido para revisión 15 de Abril de 2009, aceptado 23 de Octubre de 2009, versión final 11de Diciembre de 2009

Resumen—Las órdenes de producción son fundamentalmente la información de entrada a un sistema de manufactura, que exige se dispongan de mecanismos de negociación que permitan reaccionar dinámicamente a cambios y perturbaciones no programadas. Las órdenes de producción representan los pedidos realizados al sistema de manufactura y que deben ser descompuestos en objetivos de producción para ser asignados a los holones recurso (HR) de una Unidad de Producción Holónica (UPH). El Protocolo de Redes de Contrato (CNP) describe el conjunto de reglas de comunicación de una negociación automática que permite el flujo de información necesario para asignar de forma dinámica operaciones (objetivos de producción) a los recursos distribuidos de la UPH. En este trabajo los autores realizan una extensión del CNP definido en la Inteligencia Artificial Distribuida (DAI) con el objetivo de cumplir las exigencias de los sistemas de manufactura holónica. Los diagramas de secuencia son apropiados para mostrar la comunicación entre objetos y los mensajes que definen esas comunicaciones.

Palabras Clave—Holón, Unidad de Producción Holónica, Negociación, Protocolo redes de Contrato, Manufactura Holónica, Sistemas Distribuidos, Control de Manufactura, Modelos Multi-Agente, Redes de Petri.

Abstract—The Production orders are essentially the entrance to a manufacturing system, which require negotiation mechanisms have to react dynamically to changes and unscheduled disturbances. Production orders represent made requisition to the manufacturing system and that must be decomposed on production objectives to be assigned to the resource holons (HR) of a holonic production unit (UPH). The Contract Net Protocol (CNP) describes the set of rules for communication of an automatic negotiation that allows flow of information necessary to dynamically

assign operations to the Production Unities resources. In this paper the authors made an extension of the CNP defined in the intelligence artificial distributed (DAI) in order to meet the demands of the manufacturing Holonic systems. Sequence diagrams are suitable to display the communication between objects and messages that define those communications.

Keywords—Holon, Holonic Production Unit, Negotiation, Contract Net Protocol, Holonic Manufacturing, Distributed Systems, Manufacturing Control, Multi-Agent Models, Petri Nets.

I. INTRODUCCIÓN

Los sistemas de manufactura actuales requieren de arquitecturas con estructuras de control más flexibles, que permitan reaccionar dinámicamente a cambios y perturbaciones no programadas. Según [1], los sistemas modernos de manufactura han tenido que definir arquitecturas de control que permitan enfrentar situaciones tales como fallas en máquinas, órdenes inesperadas y otras clases de disturbios.

Los holones realizan un control descentralizado llamado control holónico, mediante una arquitectura holárquica implementada en el sistema de control de manufactura. Esta permite mejorar el nivel de reacción a disturbios e implementar políticas claras de optimización del proceso. En [2] se presenta una arquitectura basada en holones donde los componentes holónicos son divididos en dos clases de roles: holones recurso que transforman, trasportan, almacenan los productos y holones trabajo que son transformados por los holones recurso,

definiendo un sistema flexible que reacciona a cambios que afectan el programa de producción (Scheduling) del sistema.

Ramos [3], [4], [5] y [6] trabaja con base en la *Agenda* de los recursos, que representa la herramienta del holón para negociar con el holón tarea los objetivos de producción que este contratará. El recurso analiza su *Agenda* considerando los intervalos de tiempo donde puede ejecutar la operación requerida. Esta *Agenda* es modificada por la dinámica del sistema de manufactura: nuevas órdenes, fallas y retrasos en los recursos.

Según [3] los sistemas de manufactura holónica (HMS) requieren de un mecanismo de coordinación y colaboración robusto para asignar recursos disponibles para lograr las metas de producción, definidas por los planes de producción generados por las órdenes que llegan al sistema.

De acuerdo con [7] la negociación es uno de los conceptos mayormente utilizados en el campo de la Inteligencia Artificial Distribuida (DAI) donde algunos de los objetivos generales de los agentes dentro del campo de la negociación son: la modificación de los planes de agentes si no se alcanzan resultados adecuados y la identificación de situaciones en las que las interacciones entre agentes son posibles, con la intención de alcanzar decisiones consensuadas. Adicionalmente en [8] se sustenta que en la DAI es necesario coordinar las tareas pues cada agente tiene sus propios objetivos.

El método más utilizado en la negociación para la asignación de tareas en sistemas distribuidos es el CNP [9]. El CNP es un protocolo de alto nivel para lograr una cooperación eficaz y robusta y fue introducido por Davis y Smith en 1980 en [11].

En [10] se propone el “Holonic Contract Net With Confirmation Protocol (HCNCP)” que evita los problemas de realizar superposición de compromisos y la imposibilidad de generar soluciones optimas a través de la adición de una etapa de confirmación y una segunda propuesta como posible respuesta a una solicitud. En [10], [12] el CNP tiene como objetivo la asignación y reasignación de tareas en un sistema multiagente como característica clave de la negociación automática en un sistema de manufactura distribuida a través del uso de contratos.

En [13] se justifica la utilización del CNP, considerando que es un protocolo que aplica un mínimo de mensajes que lo hace muy eficiente para la asignación de tareas entre agentes. Agrega que la utilización de dichos protocolos en la elaboración de sistemas de agentes asegura que mientras siga estos protocolos, no llegará a una conversación sin sentido.

Este trabajo está estructurado como sigue. La sección II presenta los conceptos básicos a tratar y en III se describe y representa el flujo de información que define la dinámica del CNP.

II. MARCO TEORICO

Las arquitecturas de control de manufactura conocidas actualmente tienen diferentes enfoques acerca del modelamiento y el diseño de sistemas de manufactura inteligentes, pero estas buscan el mismo objetivo: un sistema ágil de manufactura [14], [15]; incrementar la capacidad de trabajo y toma de decisiones en entornos con incertidumbre [8], [16]; y alcanzar sistemas tolerantes a fallas y perturbaciones [15], [17] y [18].

La autonomía y la cooperación son dos importantes características de los holones. La autonomía permite a los holones decidir las acciones necesarias que deben adoptarse para alcanzar los objetivos sin consultar a un módulo supervisor. La cooperación es la posibilidad que tiene los holones de llegar a un acuerdo común sobre los planes y ejecutarlos de manera interdependiente. Según [19] la cooperación es un proceso donde un conjunto de holones generan planes, ejecutan tareas y ejecutan acciones para enfrentar sus perturbaciones.

El holón recurso (HR) en una arquitectura holónica basada en unidades de producción tiene el conocimiento y los procedimientos para programar, analizar, supervisar y monitorear órdenes de trabajo. La base de estas funcionalidades son la *Agenda* o programa del HR.

En sistemas de manufactura holónica basada en unidades de producción, la *Agenda* representa la secuencia de órdenes de trabajo programadas por el HR en función del tiempo. Como se presentó en [20], la *Agenda* es entendida como el programa predefinido que cada holón recurso compone de manera oportuna para lograr un comportamiento inteligente. Un método de representación de la *Agenda* de un recurso se presenta en la Figura. 1.

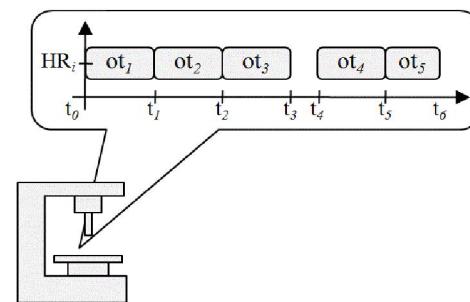


Figura 1. *Agenda* del holón recurso.

De acuerdo con [21] un sistema de control de manufactura comprende dentro de sus funciones la programación (Scheduling) de operaciones de órdenes de trabajo. El programa de producción se ve representado a través de su *Agenda* y de acuerdo a [22] se verifican sobre la base de funciones objetivos tales como el Makespan y Tardanza a través de las fechas de entrega de las órdenes contratadas (*Due Date*).

La *Agenda* de un Sistema de Manufactura basado en UPH es obtenida a través de la implementación de un mecanismo de negociación que le permite lograr acuerdos en relación a la asignación de objetivos de producción a los HR de la UPH.

En [23], [24] se presenta la negociación entre la misión y los holones recursos o entre holones recursos según sea el caso, del objetivo de producción permitiendo su descomposición en objetivos más simples que facilita su distribución hacia los holones recurso de la UPH. En este caso, una orden de producción recibida es descompuesta de acuerdo a criterios de manufacturabilidad dentro de un conjunto de tareas. Después de descompuesta la misión en operaciones u objetivos de producción, estos deben ser asignados a los HR apropiados de la UPH, como se ilustra en la Figura. 2.

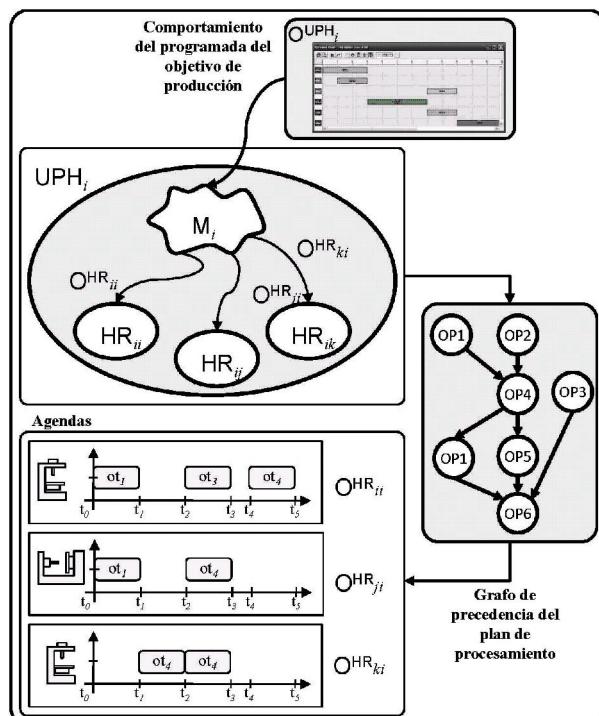


Figura 2. Descomposición del Plan de producción en *Agendas* para los recursos

En [7] se define que la negociación es una discusión en que las partes interesadas intercambian información con el objetivo de alcanzar un acuerdo y que por tanto viene definida por tres aspectos importantes: (a) el flujo de información es bidireccional, (b) cada negociador evalúa la información desde su propia perspectiva y (c) la decisión final se toma de mutuo acuerdo.

El CNP se desarrolló como mecanismo de negociación para sistemas distribuidos inteligentes, área en la que ha encontrado su mayor potencial de aplicación. Muestra de ello es el trabajo presentado en [25] en el que se menciona que las conversaciones entre agentes frecuentemente entran en

patrones típicos, donde ciertas secuencias de mensajes son esperadas en puntos específicos de la conversación, y son estos patrones de intercambio de mensajes lo que se conoce como protocolos de interacción (PI).

De [12], el CNP propuesto por Smith and David en 1980, facilita la distribución de subtareas entre varios agentes y cada agente toma en el sistema un rol de Iniciador o Participante en la negociación para la asignación de la tarea.

Como se presenta en [22], CNP es uno de los protocolos de interacción entre agentes incorporado en la amplia biblioteca de protocolos FIPA [10]. FIPA incorpora el CNP original con una menor modificación. Existen algunas modificaciones adicionales del CNP, donde Algunos investigadores modificaron este protocolo para encontrar algunos requerimientos especiales de su aplicación. Algunas de las extensiones definidas en el estándar son: FIPA Propose Interaction Protocol, FIPA Propose Interaction Protocol, FIPA Request Interaction Protocol, FIPA Request When Interaction Protocol, FIPA Contract Net Interaction Protocol, entre otras [19] y [25].

III. FLUJO DE INFORMACIÓN PARA LA NEGOCIACIÓN EN UNA UNIDAD DE PRODUCCIÓN

En el CNP, los holones desempeñan dos roles: Iniciador y Participante. El Iniciador es el administrador y los Participantes los Contratistas del objetivo de producción. El Iniciador en una UPH está caracterizado de acuerdo al generador del llamado a propuestas, esto es, si la negociación es disparada por una nueva orden, el Iniciador es el Modulo Misión creado para representar el objetivo de producción, de otra forma si la negociación se presenta por perturbación en el sistema, el Iniciador será un HR de la UPH. Las entradas del CNP son órdenes de producción, información técnica del proceso y estado actual de la planta. Las órdenes de producción representan los pedidos que algún cliente emite a la planta para que sean elaborados. Las órdenes de producción pueden contener diferentes datos pero es bastante común que estas se compongan de la siguiente información: ítem (producto o componente) a manufacturar, la cantidad que hay que producir, plan de producción y el plazo de entrega.

Producto, No.Partes, Fecha_Límite, Fecha_límite

Una vez la orden de producción es descompuesta en objetivos de producción, entra en operación el CNP para asignar estos objetivos en los HR de la UPH.

El mecanismo CNP está compuesto por cinco etapas para establecer un contrato entre un Iniciador y uno o más Participantes, tal como se ilustra en la Figura. 3 y que se describen a continuación:

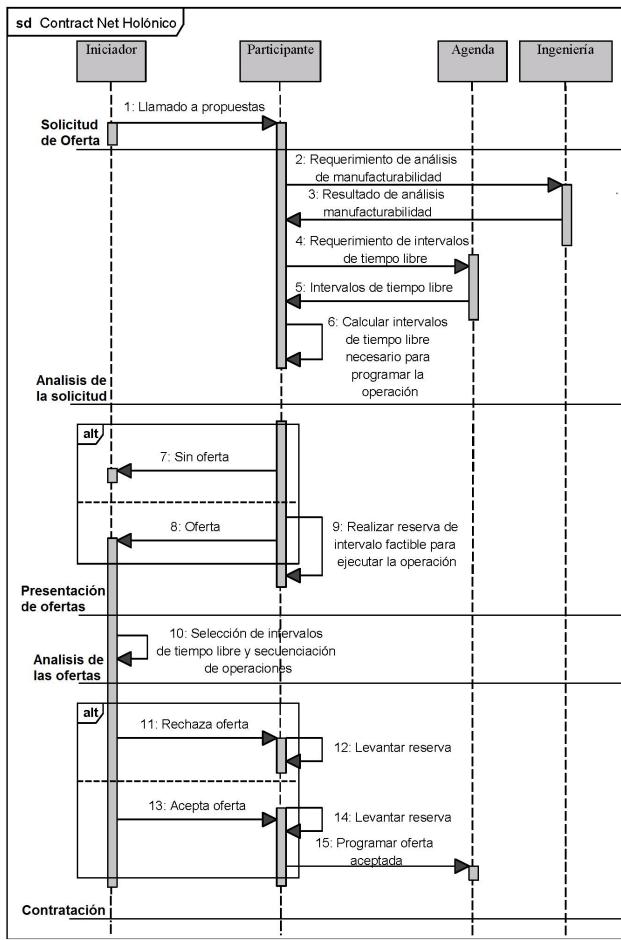


Figura 3. Diagrama de secuencia del CNP

A. Solicitud de ofertas

El Iniciador anuncia una tarea a todos los posibles Participantes mediante mensajes tipo Multicast, como se presenta en la Figura. 4.

Entonces, el anuncio de solicitud de oferta contiene la siguiente descripción de la tarea.

Iniciador, Participantes, Fecha_Límite

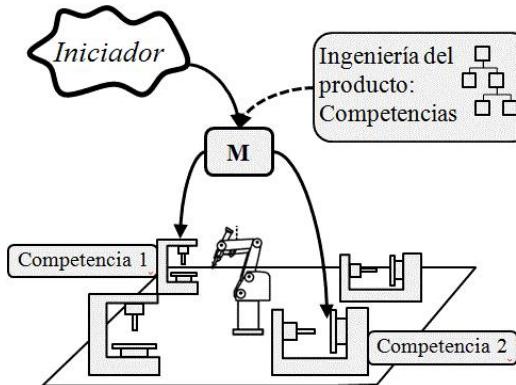


Figura 4. Solicitud de ofertas a los HR de la UP.

B. Análisis de la solicitud propuesta

En respuesta a un anuncio de solicitud de propuesta, los Participantes pueden evaluar su interés mediante procedimientos de evaluación de la tarea consistente en la consulta al modulo ingeniería acerca de la manufacturabilidad del producto, para determinar a partir de la concepción del diseño del producto los costos, especificaciones funcionales, disponibilidad de materiales, funcionalidad de recursos y su plan de procesamiento.

De acuerdo a este análisis de manufacturabilidad, el HR evalúa si tiene la competencia y a continuación, ese Participante trabajará en la construcción de una oferta para comprometerse a realizar la tarea.

En esta etapa, se implementa un método basado en los trabajos de Ramos [3], [4] y [5] para identificar los intervalos de tiempo libre (ITL) en la Agendas de los HR de la UPH que tienen la respectiva competencia para ejecutar el conjunto de operaciones del objetivo de producción. Este involucra dos fases para que los holones recurso realicen su oferta: la fase de influencia hacia adelante y la fase de influencia hacia atrás, tal como se ilustra en la Figura. 5.

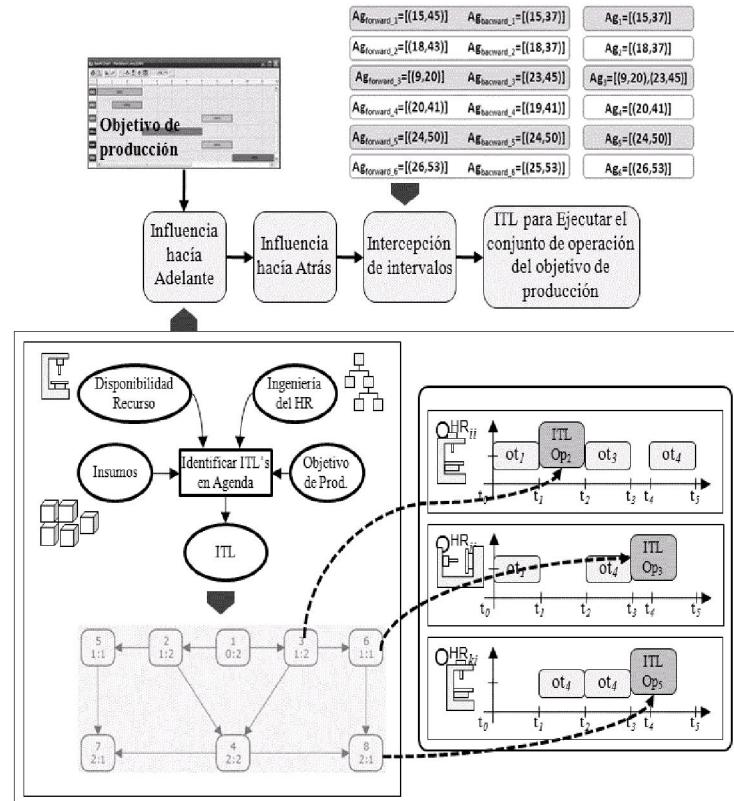


Figura 5. Análisis de la solicitud de propuesta

Las operaciones de Influencia hacia Adelante e Influencia hacia Atrás se realizan para ajustar el inicio y el final de los intervalos de tiempo libre en las Agendas de los recursos, acorde con la Agenda de los HR predecesores y sucesores de acuerdo al plan de procesamiento. Estos intervalos de tiempo libre son los ofertados por los HR para ejecutar el trabajo propuesto. Con el objetivo de facilitar el análisis, el método de Ramos es implementado aquí a través de los grafos de alcanzabilidad. En el grafo de alcanzabilidad cada nodo representa una lista de intervalos libres identificados en la Agenda de un HR para ejecutar la operación, y cada arco representa un evento de cambio Agenda a ser analizada.

C. Presentación de ofertas

Cuando cada HR calcula la Agenda final de acuerdo al método de Ramos, estos ofertan al Iniciador, como se muestra en la Figura. 6, los intervalos de tiempo libre donde las operaciones pueden ser programadas. El formato de la oferta se muestra a continuación:

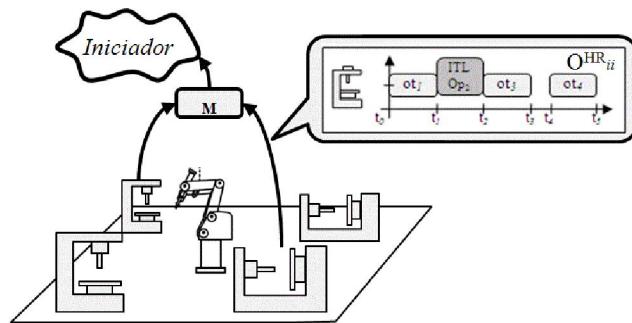


Figura 6. Presentación de ofertas

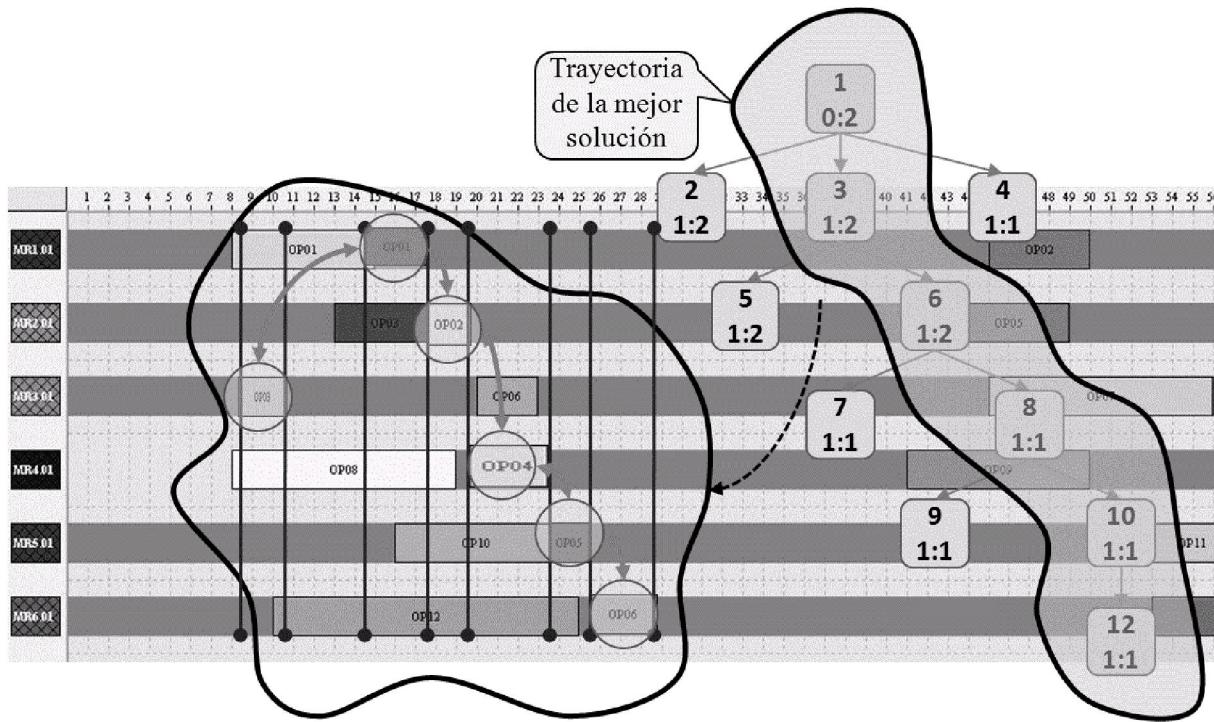


Figura 7. Análisis de las ofertas

Iniciador, Participante, Operación,
Intervalo_de_tiempo_Libre

D. Análisis de ofertas

En este paso el Iniciador concede el contrato al mejor postor. La operación se selecciona entre todas aquellas que no están programadas y que según las relaciones de precedencia se pueden programar.

El análisis se realiza nuevamente a partir del modelo en Redes de Petri de Alto nivel de la planta del sistema de manufactura. El marcaje inicial del modelo consiste en los intervalos de tiempo libre ofertados en la fase de presentación de ofertas. A partir del modelo de la planta se obtiene el grafo de alcanzabilidad y utilizando la búsqueda a lo ancho mediante la regla heurística de la operación con fecha de entrega más próxima (Due Date), se realiza la identificación de la mejor asignación de tareas o la trayectoria de la mejor solución, como se ilustra en la Figura. 7.

De [26], aunque las reglas de prioridad no proporcionan soluciones óptimas al problema de la secuenciación, si pueden facilitar soluciones aceptables desde el punto de vista del objetivo elegido.

Una vez obtenido el mejor camino en el grafo de alcanzabilidad, el Iniciador está en capacidad de adjudicar mediante contratos las operaciones a los HR elegidos.

E. Contratación

Una vez se determinan los momentos de comienzo y finalización de las operaciones que debe realizar cada HR de acuerdo a las ofertas presentadas, el paso a seguir es el envío de los mensajes de aceptación y rechazo de las ofertas recibidas de cada Participante de la UPH, como se ilustra en la Figura 8.

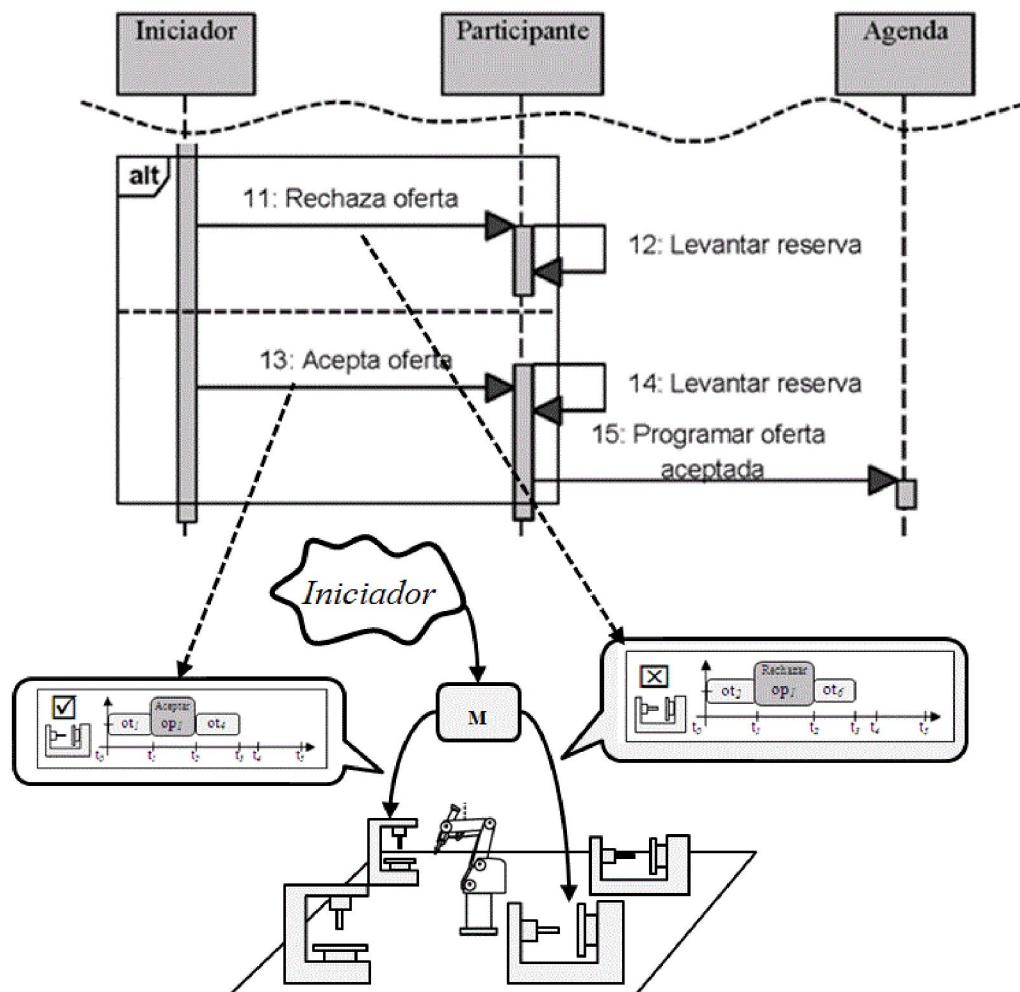


Figura 8. Fase de Contratación en el CNP

Cuando un HR recibe la notificación de aceptación, este añadirá este nuevo acuerdo a su programa de operaciones u Agenda. En caso contrario aceptará la decisión de rechazo y levantará la reserva realizada en la fase de obtención de la oferta. El mensaje enviado tiene la siguiente estructura:

Iniciador, Participante, Operación, Intervalo_de_tiempo_Libre_Seleccionado

En [12] se identifican algunas ventajas del CNP comparadas con otras estrategias de coordinación, que implementadas para el caso de sistemas de manufactura basada en unidades de producción, serían:

1. Las tareas son asignadas dinámicamente (Adjudicación de contratos).
2. Las tareas son equilibradas entre todos los HR. Los HR que ya cuentan con contrato no tienen que pujar por otras nuevas en la misma secuencia de negociación.
3. Si un HR ya está utilizando todos sus recursos, no podrá pujar por nuevos contratos hasta que los actuales se han completado.
4. Una estrategia fiable para aplicaciones distribuidas, que pueden recuperarse de perturbaciones en la UP.

La etapa del CNP en la que el CNP original mediante la cual Iniciador es responsable de monitorear y procesar los resultados de la ejecución de la tarea y en la que el Participante es responsable por la ejecución de la tarea, se omite considerando que bajo la arquitectura holónica basada en unidades de producción es una dinámica perteneciente al holón misión, que no está en el alcance de este trabajo.

IV.CONCLUSIONES

Este trabajo presentó una extensión del CNP original de David y Smith desde la DAI, que ofrece robustez y flexibilidad ante la existencia de perturbaciones en un sistema de manufactura holónico basada en unidades de producción. En general, la utilidad razonable del CNP es definir los criterios de negociación en la reprogramación dinámica del sistema. los trabajos futuros involucran el modelamiento mediante redes de Petri del CNP, considerando que es fundamental implementar herramientas que permitan representar el comportamiento interno del proceso de negociación, y permitan validar la conversación que se establezca entre nodos, en el sentido de evitar bloqueos y conversaciones sin sentido.

RECONOCIMIENTOS

Los resultados de este trabajo hacen parte del proyecto "Aplicabilidad del modelo de integración holónico en sistemas a eventos discretos con observabilidad limitada" financiado por Colciencias, y el proyecto "Arquitectura holónica de bajo costo para la supervisión, integración y control de sistemas de producción (Low cost Holonic Architecture)" financiado por la Dirección Nacional de investigaciones de la Universidad Nacional de Colombia.

REFERENCIAS

- [1] Hsieh F.-S., 2004. Model and control holonic manufacturing systems based on fusion of contract nets and Petri nets. *Automatica*, Volume 40, Number 1, pp. 51-57(7)
- [2] Sugimura, N.; Hino, R.; Moriwaki, T., 2001. Integrated process planning and scheduling in holonic manufacturingsystems. Proceedings of the IEEE International Symposium on Assembly and Task Planning, 2001, pp. 250-255.
- [3] Sousa, P., Ramos, C. And neves, J., 2007. Scheduling in holonic manufacturing systems. Process planning and scheduling for distributed manufacturing. ISBN 978-1-84628-751-0 (print)978-1-84628-752-7 (online).
- [4] Almeida, A., Ramos, C. and Silva, S., 1999. Dynamic scheduling of manufacturing orders: a decision support system approach. Proceedings of the 1999 IEEE international symposium on assembly and task planning.
- [5] Sousa, P. and Ramos, C., 1999. A distributed architecture and negotiation protocol for scheduling in manufacturing systems. *Computers in Industry* 38, pp. 103-113
- [6] Silva,N. and Ramos, C. , 1999. Infrastructures and Scheduling Method For Holonic Manufacturing Systems. Proceedings of the 1999 IEEE International Symposium on Assembly and Task Planning.
- [7] Salazar, C., 2003. Agentes y Multiagentes Inteligentes: Conceptos, Arquitecturas y Aplicaciones. Texto de apoyo para la asignatura Inteligencia Artificial. Universidad Mayor de San Simón, Facultad de Ciencias Y Tecnología, Departamento de Informática Y Sistemas.
- [8] P. J. 1994. Antsaklis, Defining Intelligent Control, Report of the Task Force on Intelligent Control, P.J Antsaklis, Chair, IEEE Control Systems Magazine, pp. 4-5 & 58-66.
- [9] D. Kotak, S. Wu, M. Fleetwood and H. Tamoto, 2003. Agent-based holonic design and operations environment for distributed manufacturing", *Computers in Industry* Vol. 52, Issue 2, pp. 95-108.
- [10] Knabe, T., Schillo, M. and Fischer, K., 2002. Improvements to the FIPA contract net protocol for performance increase and cascading applications In International Workshop for Multi-Agent Interoperability at the German Conference on AI. <http://www.virtosphere.de/schillo/research/.../data/publications/workshops/2002/Knabe+MAI2002.pdf>.
- [11] D. Jarvis, J. Jarvis, D. McFarlane, A. Lucas and R. Ronquist,, 2001. Implementing a Multi-Agent systems approach to collaborativeautonomous manufacturing operations, *Aerospace Conference, 2001, IEEE Proceedings*. Vol. 6, pp. 2803 -2811.
- [12] Zafeer Alibai B.A.Sc., 2003. What is Contract Net Interaction Protocol?. IRMS Laboratory, SFU.
- [13] P. Farahvash, and T.O. Boucher,, 2004. A multi-agent architecture for control of AGV systems, *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, Vol. 20, Issue 6, pp. 473-483. 13th International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing.
- [14] C. Stylios, G. Langer, B. Jung, Y.T. Hyun,, 2000. Research contributions to the modelling and design of Intelligent Manufacturing systems.
- [15] P. Leitão, F. Restivo., 2006. ADACOR: A holonic architecture for agile and adaptive manufacturing control, *Computers in industry*, Vol. 57, No.2, pp. 121-130, ISSN 0166-3615 CODEN.
- [16] A. Giret., 2005. ANEMONA: Una metodología Multi-Agente para sistemas holónicos de fabricación, Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Valencia, Departamento de Sistemas Informáticos y Computación.
- [17] A.W. Colombo, R. Schoop and R. Neubert., 2006. An agent-based intelligent control platform for industrial holonic manufaturing systems, *Industrial Electronics, IEEE Transactions on* Volume 53, Issue 1, pp. 322 - 337.
- [18] B. Johansson, E.J. Williams, T. Alenljung., 2004. Using autonomous modular material handling equipment for manufacturing flexibility, *Winter Simulation Conference, Proceedings of the 36th conference on Winter simulation*, pp. 1115 -1121. ISBN:0-7803-8786-4.
- [19] Karageorgos, A., Mehandjiev, N, Hammerle, A. and G. Weichhart., 2003. Agent-Based Optimisation of Logistics and Production Planning. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, Special Issue on Intelligent Manufacturing, 16, 4, pp. 335-348.
- [20] Quintero, L., Zapata, G, Ovalle, D. and Chacón E., 2008. Comportamiento autónomo del holón recurso basado en la agenda de producción. *Revista avances e informática*. Vol . 5, No 2.
- [21] P. Leitão., 2004. ADACOR: An Agile and Adaptive Holonic Architecture for Manufacturing Control, Facultad de Ingeniería de la Universidad de Porto, Tesis de doctorado en Electrotecnia e Ingeniería de la Computación. Portugal.
- [22] Durán Faúndez and Cristian R., 2005. Control Distribuido Auto-organizado para un Sistema Flexible de Manufactura. Universidad del Bío-Bío, Departamento de Sistemas de Información. Tesis para la obtención del título de Ingeniero Civil en Informática.
- [23] Zapata, G. Chacón, E., and Quintero, L., 2008. La agenda de producción para la supervisión de sistemas holónicos. *XIII Congreso Latinoamericano de Control Automático / VI Congreso Venezolano de Automatización y Control*.
- [24] Zapata M. G., Quintero H. L, Chacón R. E, Arboleda C. A., 2009. Modelamiento del Protocolo de Negociación de la Unidad de Producción Holónica. *Congreso Regional de Eléctrica, Electrónica y Sistemas. Colombia*.
- [25] W. Gharieb., 2004. Integrated control for discrete event systems,

- Electronic and Computer Engineering. ICEEC apes; International Conference on Electrical, pp. 377 - 382, 2004.
- [26] Dirección de operaciones. Aspectos estratégicos en la producción y los servicios - José A. Domínguez Machuca - Mc Graw Hill - 1995.

Luis Fernando Quintero Henao. Ingeniero de investigación de la Universidad Nacional de Colombia- Sede Medellín. Integrante del grupo de Automática de la Universidad Nacional de Colombia-GAUNAL. Ingeniero Industrial de la Universidad Nacional de Colombia (2003). Estudiante de Maestría en Ingeniería-Ingeniería de sistemas, Universidad Nacional de Colombia, Medellín. Participación en proyectos de investigación y desarrollo en la línea de automatización industrial, financiados por Colciencias, Dirección de investigación Medellín-DIME y empresas del sector eléctrico y comunicaciones.

Germán Zapata Madrigal. Profesor Asociado, Universidad Nacional de Colombia sede Medellín. Especialista en Gerencia de la Calidad de la Universidad de Antioquia (1997). Magíster en Automática de la Universidad del Valle (2004). Miembro del IEEE. Legal Main Contact Cisco Academy Training Center UN - Colombia Ecuador, Cisco Networking Academy Program. El área de énfasis de su trabajo investigativo se ha orientado a los sistemas dinámicos a eventos discretos, automatización de procesos industriales, diagnóstico de fallas en sistemas de potencia, sistemas de producción holística. Actualmente adelanta estudios en el programa de doctorado en Ciencias aplicadas de la Universidad de los Andes - Mérida.

Demetrio Arturo Ovalle Carranza. Profesor Asociado, Universidad Nacional de Colombia sede Medellín. Director de la Escuela de Ingeniería de Sistemas de la Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellin. Director del GIDIA: Grupo de Investigación y Desarrollo en Inteligencia Artificial, Categoría A de Colciencias. Ingeniero de Sistemas y Computación, Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia (1984). Magíster en Informática del Institut National Polytechnique de Grenoble, Francia (1987). Doctor en Informática de la Université Joseph Fourier, Francia (1991). El área de énfasis de su investigación es Inteligencia Artificial, más específicamente Sistemas Híbridos Inteligentes integrando redes neuronales, sistemas de lógica difusa y sistemas Multi-Agente aplicados a la simulación de los mercados de energía y a la detección de fallas en líneas de transmisión. otros tópicos de investigación que trabaja actualmente son: inteligencia artificial en educación, sistemas tutoriales inteligentes, sistemas basados en CBR (Case Based Reasoning) y Técnicas de Planificación Inteligente aplicadas a la Construcción de Sistemas de Composición de Servicios Web.

Edgar Chacón Ramírez. Profesor titular y coordinador del programa de doctorado en el departamento de computación de la Universidad de los Andes, Mérida, Venezuela. Ingeniero de sistemas de la Universidad de los Andes, Venezuela. Diploma en Automática de Université Paul Sabatier, Toulouse, Francia. Doctor en Ingeniería en Automática de la Université Paul Sabatier, Toulouse, Francia. Es miembro desde 1992 del Instituto de Ingenieros Electricistas y electrónicos, IEEE y de la Sociedad de Sistemas y automatización desde 1999. Ha participado en proyectos de investigación relacionados con las áreas de Sistemas Híbridos, Sistemas Jerárquicos, Automatización Integrada-LaSDAI - (Laboratorio de Sistemas Discretos en Automatización Industrial). Generación de esquemas de control supervisorio para sistemas de producción continua y procesos por lotes. Proyecto Ecos - Nord-Redes de producción, Convenios de cooperación financiados por el FONACIT (Fondo Nacional de Ciencia, Tecnología e Investigación) del estado venezolano y el CNRS (Centre National de la Recherche Scientifique) de Francia orientado al desarrollo de modelos de negociación entre sistemas de producción. Otros desarrollos: Janus Sistemas. Empresa ubicada en el CPTM (Parque Tecnológico de Mérida). Actualmente trabaja en las áreas de Automatización integrada de sistemas de producción y sistemas holónicos de producción.