

Sistema Multiagente para Control de Stock Basado en RFID

Antonio Abarca Alvarez¹

¹ Departamento de Ingeniería Electrónica, de Telecomunicación y Automática. Escuela Politécnica Superior de Jaén. Universidad de Jaén. Campus las Lagunillas, 23071 Jaén. {aabarca, mfuentes, jabril}@ujaen.es

² Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales. Universidad de Castilla-La Mancha. 13071 Ciudad Real. Andres.Garcia@uclm.es

Resumen

Se plantea el diseño de un Sistema Multiagente (SMA) que realice el Control de Stock de la empresa Grupo Lo Monaco, para llegar en una fase posterior a la automatización del proceso de picking. Para identificar los productos se va a utilizar la tecnología RFID, empleando en cada unidad de producto una etiqueta (TAG) que le permita ser identificado. El SMA está basado en la metodología INGENIAS y se encarga de realizar los pedidos a los proveedores. Se describe en el trabajo el estado del arte, la situación actual de la empresa, la aplicación de la tecnología indicada, la solución planteada y las conclusiones.

Palabras clave: Control de Stock, RFID, Sistema Multiagentes, Metodología INGENIAS.

1. Introducción

Un SMA es un conjunto de agentes, siendo éstos unos entes del sistema informático que representan a todos y cada uno de los elementos del sistema considerados como individuales, funcionalmente hablando. Los agentes son capaces de acometer acciones autónomas de forma flexible.

Existen varias metodologías que permiten la implementación de un SMA, la mayoría de las existentes están enfocadas a entornos de fabricación: se puede decir en general que para entornos logísticos se pueden aplicar varias metodologías. Se ha elegido INGENIAS, basada a su vez en la metodología MESSAGE que integra ya varias metodologías y utiliza metamodelos para caracterizar los SMA, realiza una extensión de los metamodelos, teniendo en cuenta su comprobación experimental y realizando el estudio de diversas aplicaciones.

Se pretende dotar al sistema de producción/distribución de una visibilidad total empleando la tecnología RFID para la identificación y seguimiento de cada unidad de producto de forma individualizada. Otra ventaja que aportará la elección del sistema RFID será la trazabilidad. Para hacer realidad estas pretensiones es necesario añadir al sistema RFID la tecnología IMS (Information Management Systems), RFID-IMS, que permite, además de identificar a cada unidad de producto, gestionar la información relativa a él. Aún es posible concretar más, con la aplicación de los SMA al RFID-IMS, llegando a lo que se denomina RFID-IMSII (Intelligent Manufacturing Systems), solventando los problemas de integración detectados en los sistemas altamente distribuidos, lo cual permite seguir avanzando en esa dirección con la introducción de los sistemas negociados basados en agentes.

2. Estado del arte

Hoy en día, la creciente complejidad del entorno productivo hace del control centralizado una técnica claramente ineficiente. Esto ha dado lugar a la aparición de nuevas técnicas de gestión y control distribuidos. Consisten, en esencia, en la división del sistema en partes o módulos autogestionados que interactúan entre sí. Cuando la complejidad de gestión del sistema global aumenta se tiende a dotar a cada bloque de unas capacidades mayores en cuanto a las posibilidades de interacción con las demás partes. Para mejorar las capacidades del sistema se empezaron a utilizar técnicas de Inteligencia Artificial y aunque viene desarrollándose desde hace aproximadamente medio siglo, ha tenido una mayor evolución en las dos últimas décadas. Una de las aplicaciones más inmediatas es el empleo de metodologías basadas en agentes (Mas, 2005), dando lugar a la aparición de las técnicas de control basadas en SMA.

Diversos autores han definido los agentes: una de las más aceptadas define un agente como un sistema hardware (o software) basado en un ordenador que cumple las propiedades siguientes: autonomía, capacidad social, reactividad y proactividad (Wooldridge & Jennings, 1995).

Existen diversas plataformas de desarrollo para los SMA que permiten solventar el problema planteado. Las soluciones aportadas van desde un nivel básico (gestión de agentes, algoritmos o movilidad) como JADE (Bellifemine et al., 2001) o ABLE (IBM, 2002), hasta sistemas que permiten llegar a soluciones mucho más completas (configurar el software, e incluso desarrollarlo) como ZEUS (Nwana et al., 1999), agentTool (Wood & DeLoach, 2000), MESSAGE (Caire et al., 2001) o INGENIAS (Pavón y Gómez-Sanz, 2003).

La metodología INGENIAS realiza una extensión de los metamodelos usados por MESSAGE, teniendo en cuenta su comprobación experimental y realizando el estudio de diversas aplicaciones, se dispone de un conjunto de herramientas desarrolladas al efecto (INGENIAS Development Kit, IDK) (Grasia, 2004) establecido sobre estos metamodelos.

El empleo de SMA comienza a ser cada vez más habitual, al igual que la tecnología RFID, si bien no lo es emplearlos juntos. Este es el aspecto más innovador del trabajo presentado en el que ambas tecnologías se complementan para eliminar algunas de las carencias que muestran por separado. La tecnología RFID permite automatizar la captura de información (Finkenzeller, 2003) de los productos que entran y salen en la cadena logística (García y Conde, 2004) estando el sistema informado de todas las incidencias en tiempo real y con un muy reducido margen de error (García et al., 2003).

Esta técnica emplea una etiqueta de reducido tamaño (TAG) que almacena el código del producto y que se activa al pasar frente a una antena lectora de radiofrecuencia sintonizada a una determinada frecuencia y le envía la información que almacena relativa al producto. El lector genera un campo electromagnético del que la etiqueta obtiene la energía necesaria para emitir su código EPC (Electronic Product Code). Ese código, una vez detectado por el lector, puede ser usado como referencia para modificar la base de datos: altas, bajas, actualización del precio, realizar su cobro, etc., dependiendo de la aplicación que se quiera realizar.

La aplicación de los agentes siguiendo una determinada metodología para relacionarlos y estructurarlos permite tener un sistema de inteligencia distribuida. Este SMA es capaz de gestionar un entorno complejo mediante agentes que operan de forma distribuida (Liu et al., 2004). El sistema RFID-IMS aporta la información que puede ser compartida por los diferentes agentes. Su funcionamiento se basa en la radiofrecuencia y en la información que se almacena en la etiqueta que acompaña a cada producto, junto con el apoyo del Sistema de

Gestión de la Información (IMS) para proporcionar una visibilidad de la información prácticamente total. El SMA reforzado de esta forma por el sistema RFID-IMS, es capaz de tomar decisiones de forma distribuida basándose en una información cuya fiabilidad está garantizada, pasando a denominarse RFID-IMSII (Intelligent Manufacturing Systems).

3. Descripción del caso objeto de estudio

Tras realizar un repaso a los fundamentos teóricos sobre los aspectos técnicos relacionados con la parte hardware (RFID), así como con la parte software (metodología). Se estudia la aplicación de dichos conceptos a un caso real: Grupo Lo Monaco es la primera empresa española dedicada a la televenta de productos del hogar relacionados con el descanso.

En la actualidad la elaboración de pedidos a proveedores por parte de Grupo Lo Monaco se realiza de forma manual por los encargados de aprovisionamiento de la empresa. Para ello se tienen en cuenta los aspectos más característicos considerados a la hora de gestionar el stock de un almacén, como son: el histórico de temporadas pasadas, histórico reciente (semana o quincena anterior), plazos de entrega de cada fabricante, tendencia de ventas, estimación de variación sobre las ventas motivado por campañas publicitarias, otros eventos que puedan incidir en la cadena de suministro (huelgas en el fabricante, transporte, incidencias meteorológicas, etc.). A esta hoja, dada la elaboración manual del pedido, siempre se le pueden dar ligeras modificaciones al alza o a la baja, dependiendo de si se quieren evitar roturas de stock a costa de tener sobrestock, o bien operar en sentido contrario, dependiendo de las políticas a corto o medio plazo de la empresa (Kendall & Su, 2003).

Cada pedido recoge los artículos solicitados por cada cliente. A partir de este momento se genera un albarán de pedido que es el que indica a los preparadores de almacén los productos que forman el pedido elaborándose de la manera antes indicada. Cada pedido está integrado por un mínimo de cuatro unidades de productos diferentes. Generalmente suelen integrar los pedidos un colchón, un somier, y dos, tres o más artículos que se agrupan en una caja de cartón, por lo que cada expedición está formada habitualmente por tres paquetes. Una vez realizado el picking, pasan a los controladores, responsables de supervisar los pedidos y de que lo solicitado por el cliente que aparece en el albarán de pedido y el pedido preparado en el almacén coincidan, intentando evitar cualquier error en la preparación del mismo.

La preparación de pedidos e identificación de productos, al realizarse de forma manual, no requieren ningún tipo de identificación especial (cada producto viene marcado con el código de barras), los operarios identifican los productos por sus características impresas en el exterior. Además, a cada pedido preparado, se le adjudica un albarán de pedido con un nuevo código de barras que relaciona los productos que lo integran pudiendo realizar un control mediante una pistola manual lectora de código de barras. Esta técnica presenta diversos problemas que impiden la automatización del proceso como: el corto alcance, que todos los productos presenten la etiqueta en la misma ubicación, uso de distintos materiales como envoltorio. Todo ello obliga a realizar la lectura de forma manual, lo que requiere un elevado coste de mano de obra frente a la automatización del proceso que ofrece el sistema RFID.

Se detectan diversas incidencias en el picking y envío de los pedidos, lo que genera un considerable gasto entre los portes de devolución y reexpedición del pedido correcto, sin olvidar la pérdida de imagen de la empresa por este motivo. No se pueden olvidar tampoco los gastos de reempaquetado de los productos para que vuelvan a entrar en el almacén como artículos útiles para ser enviados de nuevo a otro cliente. Como incidencias se incluyen

diversos motivos como son los errores de preparación de los pedidos, productos defectuosos, errores en la toma de datos del pedido, problemas en el transporte, etc., siendo el más importante el primero de ellos y el que se pretende corregir con la aplicación de este proyecto.

Se han realizado por parte de Grupo Lo Monaco varios intentos de utilizar su aplicación empresarial, ERP (Navision de Microsoft), para realizar la gestión de pedidos a proveedores de forma automática, pero se han detectado errores en la aplicación que han originado situaciones de sobrestock, desestimando su empleo por la poca fiabilidad de sus decisiones.

Una vez descrito el proceso que se realiza en la actualidad, se plantean los cambios que deben realizarse para pasar de un proceso totalmente manual (confección de pedidos a proveedores, preparación y envío de pedidos a los clientes) a la automatización completa del mismo. Ésta pasa por un SMA que sea capaz de gestionar en una primera fase el pedido de proveedores hasta, en una segunda fase, la preparación de pedidos y envío de los mismos.

4. Aplicación del RFID-IMSII al caso real

En este caso, el SMA está especialmente indicado al encontrarse el sistema físicamente distribuido, puesto que la metodología de desarrollo permite construir un sistema a partir de unidades autónomas (Ferber, 1999). El SMA propuesto se encarga de resolver el problema inicial planteado; para lo que cada agente se encarga de implementar un algoritmo distinto que le permita acometer la tarea que se le ha asignado. El SMA puede estudiar y detectar al agente que resuelve la tarea asignada de la forma más satisfactoria posible (Molina et al., 2001). Existen diversos formatos capaces de solucionar las tareas asignadas, usando técnicas de cooperación, coordinación y negociación entre los agentes que integran el SMA.

Al coordinar los agentes que forman el sistema, se tienen en cuenta los conceptos desarrollados en la Teoría de la Organización, describiendo la coordinación como una gestión de dependencias entre actividades organizativas. Cada agente tiene unas características que definen su comportamiento: metas, acciones y planes. Dependiendo de estas características se determina la relación de dependencia entre agentes (D'Inverno & Luck, 2004), estableciendo además un grado de coordinación entre los mismos.

La metodología INGENIAS se soporta sobre cinco pilares para realizar el modelado de un SMA: agente, organización, entorno, tareas y objetivos e interacciones. Aplica la Teoría de la Actividad (TA) (Leontiev, 1978) para validar y verificar los SMA (Fuentes et al., 2003). Siguiendo esta teoría, el primer paso a realizar consiste en comprobar un modelo software e intentar detectar contradicciones y corregirlas en la medida de lo posible. La TA identifica un conjunto de contradicciones frecuentes y propone medios para solventarlas.

El SMA requiere elementos que lo doten de capacidad de capturar información del exterior de forma automática. Para ello, y con el ánimo de usar correctamente la tecnología más empleada en la actualidad como es la del código de barras o formato UPC (Universal Product Code) desarrollado en los años 70 por el UCC (Uniform Code Council), mejora determinados aspectos como es la facilidad de automatización del proceso, aumenta la información que puede almacenar cada etiqueta, que además es singular para cada unidad de producto, dificultando la falsificación del mismo.

Se adopta la tecnología RFID como la más idónea para realizar un control y seguimiento de los productos a lo largo de toda la cadena logística de Grupo Lo Monaco, entre las

características y las mejoras que aporta sobre la tecnología usada en la actualidad, código de barras, destacan:

- La tecnología RFID no necesita contacto directo ni visual, pudiendo leer las etiquetas a distancias de varios metros sin alterar la lectura el aspecto de la etiqueta.
- Permite realizar el rastreo de objetos en movimiento.
- Si todos los integrantes de la cadena de producción/distribución comparten la información disponible sobre los productos, se llega a tener una visión completa de todo lo que sucede en la misma. Permitiendo realizar una sintonía entre oferta y demanda prácticamente en tiempo real, empleados con aplicaciones integradoras de RFID en los ERP, en el que fabricantes y distribuidores aspiran a un proceso JIT (Just In Time).
- Facilita la gestión del inventario. Mejora la visibilidad del producto.
- Control de la cadena logística al completo, desde el origen hasta el punto de consumo.
- Con una ubicación adecuada de las antenas, evita la existencia de productos fuera de control: errores, hurtos, etc.
- Mejora la lectura de la etiqueta en condiciones adversas como humedad, polvo, etc.
- Mayor seguridad para el consumidor debido a la trazabilidad de la cadena de producción/distribución (Sahin et al., 2002). Mejor gestión de las devoluciones.

Un aspecto importante a la hora de llevar a cabo la puesta en marcha de esta tecnología es el coste de implantación de la misma, valorando si el incremento del coste que supone el nuevo sistema es asumible y si las ventajas que aporta al proceso de producción/distribución llevado a cabo por Grupo Lo Monaco recomienda acometer este proyecto de innovación tecnológica.

A la hora de implementar la metodología, se emplean los diagramas de desarrollo y se estructuran las fases e iteraciones para realizar su diseño. Se inicia el proceso determinando las funciones que debe desarrollar el sistema, estableciendo que son posibles de llevar a cabo y ser implementadas de forma satisfactoria similar a la mostrada en la figura 1, donde se indican los diagramas correspondientes a los procesos de ventas, compras y devoluciones.

Los objetivos que se pretenden cubrir aquí son los de la empresa Grupo Lo Monaco, especializada en televenta de productos de descanso. La operación de venta de productos es iniciada por el **Cliente** que se pone en contacto con Grupo Lo Monaco para generar el caso de uso **Pedido provisional** a través del **Asesor de descanso**.

Una vez realizado el **Pedido firme** se está en disposición de tener una previsión de plazo de entrega, que en el peor de los casos Grupo Lo Monaco asume que no sea superior a treinta días, pero en la práctica el plazo máximo de entrega es del orden de quince días.

El agente **Administración** se encarga de enviar el listado de los pedidos firmes al agente **Almacén**, con un nuevo caso de uso: **Envío**, los pedidos se reparten por **Agencias de transporte** elegidas por criterios como calidad y fiabilidad o bien por zonas geográficas.

El caso de uso **Entrega** hace referencia a los **Pedidos firmes** cuando ya han sido preparados por el agente **Almacén** y están listos para ser recogidos por el agente **Agencia de transportes** y a partir de ese momento realizar la entrega al **Cliente**, dándose por concluida la venta.

La compra de los productos ofertados la realiza el agente **Aprovisionamiento** dando lugar a un nuevo caso de uso: **Realiza pedido a fábrica**, al que le afectarán diversos parámetros como el stock existente de cada producto, plazo de entrega del fabricante, previsión de demanda basada en históricos o en campañas publicitarias. Esta petición será atendida por el

agente **Fabricante** que es un agente externo al sistema de agentes de Grupo Lo Monaco, perteneciendo en cada caso al fabricante de cada producto y con quien el agente debe negociar aspectos tales como los plazos de entrega y disponibilidad de las cantidades solicitadas.

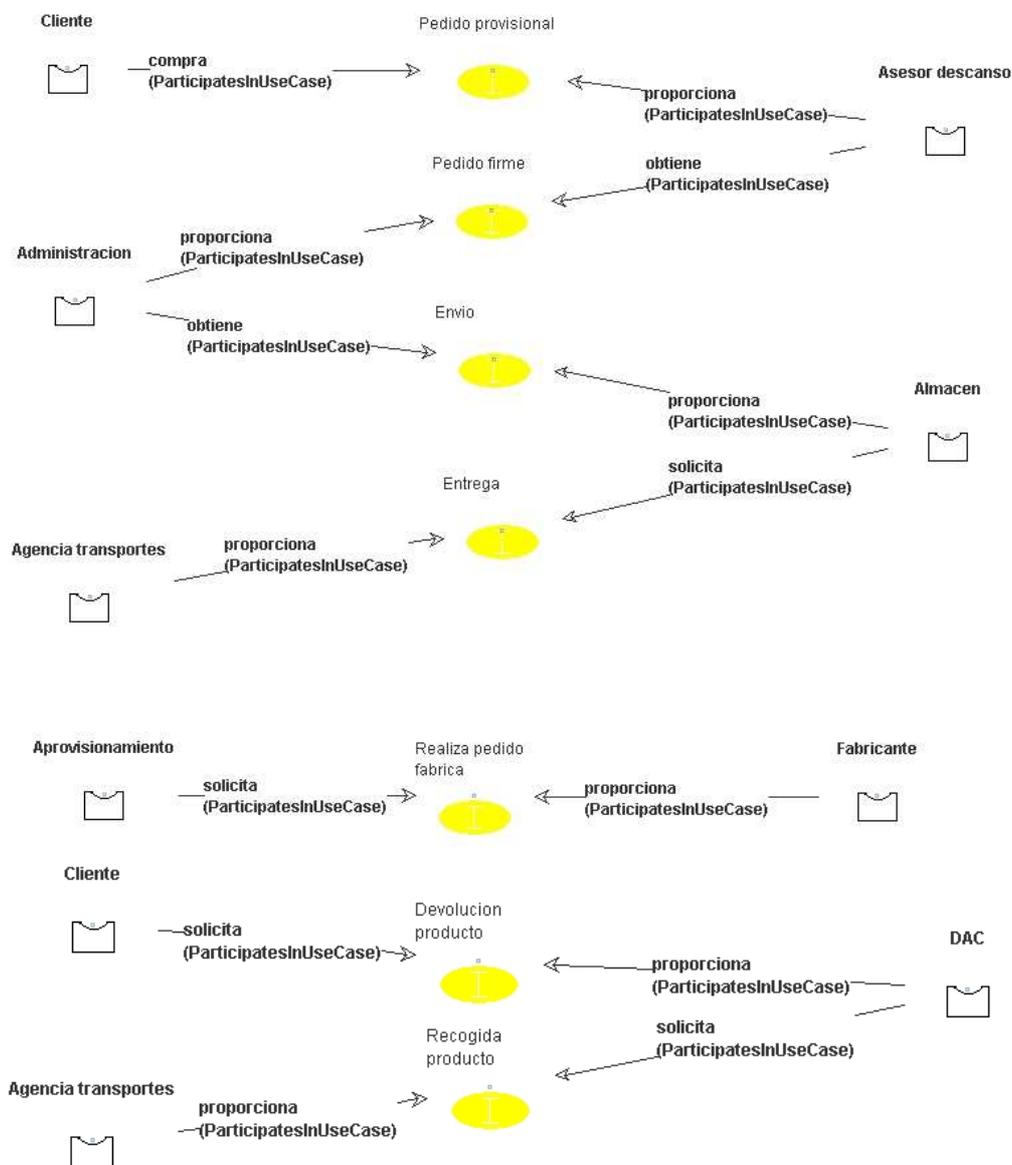


Figura 1. Casos de uso iniciales donde se reflejan las operaciones de ventas, compras y devoluciones.

El proceso de devoluciones, al igual que el de las compras es iniciado por el **Ciente**, que se pone en contacto con el Departamento de Atención al Cliente (**DAC**), creando el caso de uso **Devolución del producto**. El **DAC** avisa al agente **Agencia de transportes** con el caso de uso **Recogida de producto**, quien lo recogerá y lo hará llegar a Grupo Lo Monaco.

Para comenzar a definir la arquitectura del sistema, hay que comenzar a plantearla mediante diagramas de organizaciones, en la figura 2 se detalla la representación de las áreas del Grupo Lo Monaco implicadas con el SMA objeto de estudio. Lógicamente, la estructura de la empresa es más compleja, pero como la primera fase del sistema de agentes se va a centrar en el Control de Stock, únicamente vamos a tener en cuenta los departamentos relacionados directamente con el Control de Stock.

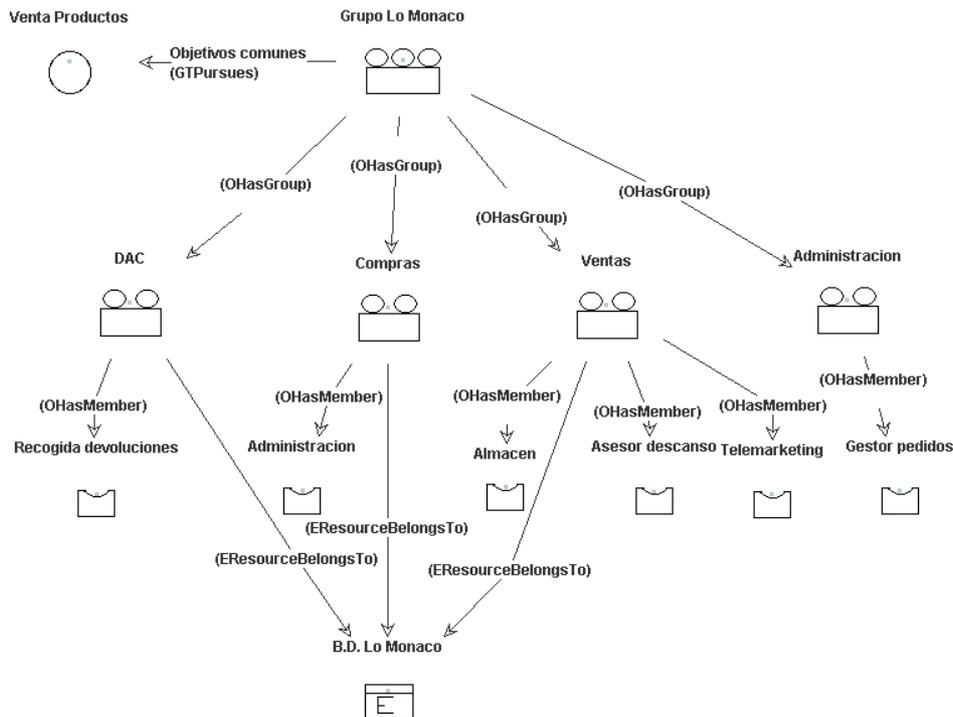


Figura 2. Representación de la organización del Grupo Lo Monaco.

En esta representación inicial se observan distintos formatos de iconos, la organización: **Grupo Lo Monaco**, y los de los grupos o departamentos de la organización: **DAC**, **Compras**, **Ventas** y **Administración**. El círculo representa el objetivo de la organización: **Venta de productos**. Las relaciones que vinculan a los elementos de la organización están etiquetadas siguiendo la notación UML. La organización se relaciona con los grupos (OHasGroup), mientras que los grupos tienen roles, agentes, aplicaciones (OHasMember), o emplea recursos (EResourceBelongsTo) en este caso representado por la **Base de Datos de Grupo Lo Monaco**. El acceso al objetivo se representa con (GTPursues).

Una vez concluida la etapa de análisis inicial, se dispone de un conjunto de casos de uso, reflejando a todas las organizaciones implicadas, así como las aplicaciones disponibles que están integradas en el SMA. La materialización de estos casos de uso se desarrolla y concreta en las fases siguientes, obteniendo los resultados como solución al problema planteado.

5. Solución planteada

Se plantea la adopción de un SMA basado en la metodología INGENIAS justificado por:

- El sistema de gestión de Grupo Lo Monaco presenta sistemas físicamente distribuidos con una complejidad suficiente como para elegir una gestión descentralizada.
- La elección de un sistema basado en agentes permite que ante cualquier modificación o cualquier ampliación del sistema, los agentes ejercen su capacidad de adaptación y son capaces de reorganizarse.
- El SMA es capaz de adquirir conocimiento basado en la experiencia y en situaciones pasadas, histórico, que dota al sistema de autonomía y capacidad de decisión.
- Las actuales exigencias tanto por parte de proveedores, como por parte de la propia empresa para tener un control total de la calidad de los productos, realizar la trazabilidad de cada unidad de producto, así como una visibilidad en tiempo real del almacén, facilitando el control de stock.

Además se ha elegido la aplicación de la tecnología RFID-IMSII para el control de los productos desde el final del proceso de fabricación hasta que salen del almacén de Grupo Lo Monaco, incluso para los productos que son devueltos tras ser enviados al cliente al detectarse algún error en el envío o algún defecto en el producto enviado.

La tecnología RFID aporta ventajas que le hacen tener una posición dominante a la hora de elegir un sistema adecuado a las características de los productos comercializados por Grupo Lo Monaco (tipo y cantidad de productos por cada unidad de embalaje, tamaño de cada unidad de producto, etc.), que hacen que esta elección sea la más adecuada:

- Realizar la lectura de forma automática de cualquier producto con la única limitación en el número de unidades por lectura simultánea motivada por problemas de colisiones.
- Reconocer varias unidades de producto en una sola lectura.
- Comprobar la exactitud de la preparación de pedidos.
- Verificar eficacia y rapidez en la elaboración de pedidos por parte de los preparadores.
- Mejorar y optimizar el proceso de elaboración de los pedidos, pudiendo llegar incluso, a la automatización total del proceso de preparación de los mismos.
- Realizar el seguimiento de los pedidos, corrigiendo los errores detectados en la preparación de los mismos.

El SMA se encarga de la gestión total del stock basándose en la información aportada por la tecnología RFID sobre entradas y salidas de almacén. Para ello es necesario estructurar el sistema en distintos agentes a los que se les otorgará diversas tareas cumpliendo una serie de requisitos. El conjunto SMA-RFID se denomina RFID-IMSII permitiendo la identificación de los productos y la gestión de su información, además de realizar su gestión mediante un SMA.

Tras analizar con detalle los elementos vinculados al Control de Stock de Grupo Lo Monaco, y sintetizarlos, se llega al esquema mostrado en la figura 3 donde se puede ver la organización de la Gestión y Control del Stock dentro de la organización global del Grupo Lo Monaco.

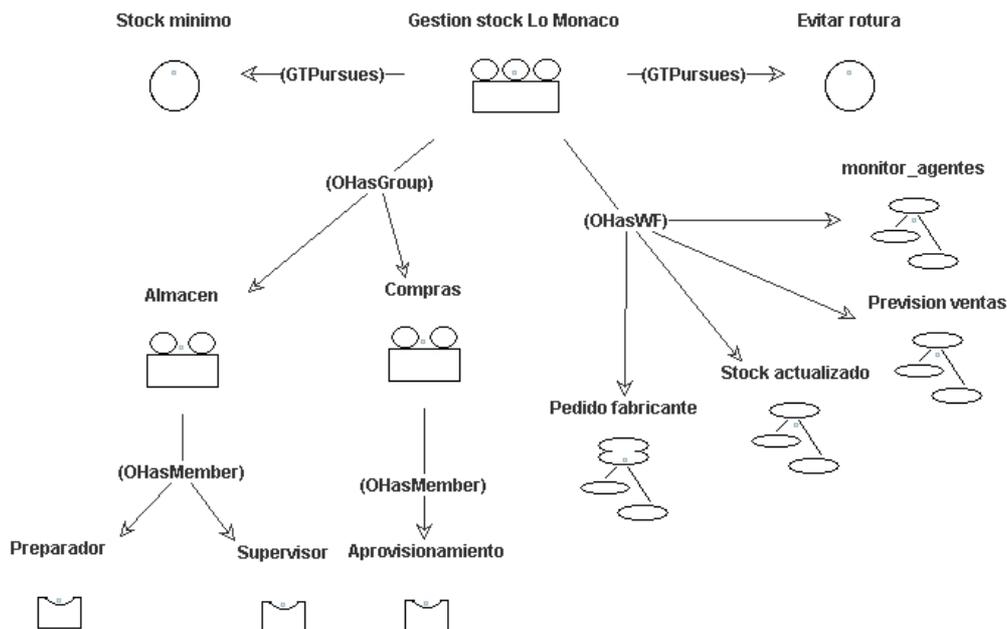


Figura 3. Esquema de la organización del Grupo Lo Monaco para la Gestión y Control del Stock.

Se observan los objetivos que se persiguen (GTPursues): **Stock mínimo** y **Evitar rotura**, la organización **Gestión de stock Lo Monaco** tiene dos grupos (OHasGroup) a su cargo

(**Almacén y Compras**) que a su vez cuentan con roles, agentes, recursos o aplicaciones (OHasMember): **Preparador y Supervisor** en el primer caso y **Aprovisionamiento** en el segundo. Los flujos de trabajo (OHasWF) muestran la funcionalidad de la organización y en el fondo son los flujos que permiten alcanzar los objetivos organizacionales y en este caso son: **monitor_agentes, Previsión de ventas, Stock actualizado y Pedido fabricante**.

La solución para el Control de Stock del Grupo Lo Monaco, en la primera fase planteada, requiere ubicar unas antenas RFID en todas las zonas de entrada y salida de mercancías, además del empleo de algunas antenas que permitan controlar y verificar las tareas de picking realizadas por los operarios, usando de forma conjunta el código de barras para la identificación de productos que integran la hoja de pedido y la RFID-IMSII para la identificación de los productos que integran el pedido, verificando de esta forma que coincide el pedido solicitado por el **Ciente** con los productos que se le van a enviar.

El SMA con toda la información disponible en tiempo real es capaz de gestionar los pedidos a los proveedores para mantener el stock de los productos dentro de unos niveles aceptables. En la actualidad el SMA se encuentra concluyendo la fase de aprendizaje, siendo ésta la etapa más larga, compleja y laboriosa, ya que de ella va a depender el grado de éxito de la posterior implementación del sistema diseñado, cuyo objetivo final es la elaboración automática de los pedidos a proveedores. Siendo los resultados obtenidos muy similares a los pedidos realizados de forma manual. Se espera que en breve sea el SMA el encargado de realizar estos pedidos.

6. Conclusiones

La aplicación de la tecnología RFID apoyada por los Sistemas de Gestión de la información (RFID-IMS) junto con la aplicación de SMA (RFID-IMSII) permite controlar y saber las unidades de cada producto que se encuentran bajo el control del SMA de Grupo Lo Monaco.

Se detectan diversas ventajas del sistema adoptado frente al actual: se reduce considerablemente la posibilidad de error en la elaboración de los pedidos a los proveedores, si bien esto no es demasiado frecuente. La labor de picking sí que presenta algunos errores a la hora de confeccionar los pedidos, reduciéndolos significativamente se obtiene un notable ahorro económico al eliminar gran cantidad de envíos de retorno y reexpedición, así como una sensible mejora de imagen de la empresa.

La visibilidad y trazabilidad con la aplicación de este nuevo sistema han adquirido un protagonismo que anteriormente no tenían. Antes era prácticamente imposible, o al menos muy complejo, realizar un seguimiento a cada unidad de producto para controlar la calidad de una determinada máquina de un fabricante o de un lote; con este sistema, todos los pasos realizados por cada unidad de producto quedan reflejados en las bases de datos de la empresa.

Los pedidos se pueden elaborar de forma automática, basándose en determinados parámetros, siendo el SMA en este sentido versátil y adaptable. No debe olvidarse que es el primer paso hacia la futura automatización del proceso de producción/distribución y como tal es necesario realizar el estudio de todas las condiciones que van a afectar a su comportamiento.

Agradecimientos

Desde este apartado queremos agradecer la colaboración y las facilidades dadas por parte de los miembros de Grupo Lo Monaco para la elaboración del presente trabajo.

Referencias

- Bellifemine, F., Poggi, A. y Rimassa, G. (2001). *Developing Multi-Agent Systems with JADE*. LNAI 1571. pp. 89-103
- Caire, G., Leal, F., Chainho, P., Evans, R., Garijo, F., Gómez-Sanz, J.J., Pavón, J., Kerney, P., Stark, J. y Massonet, P. (2001). *Agent Oriented Analysis using MESSAGE/UML*. Springer-Verlag.
- D'Inverno, M. y Luck, M. (2004). *Understanding Agent Systems (2ª Ed.)*. Springer-Verlag.
- Ferber, J. (1999). *Multiagents Systems—An Introduction to Distributed Artificial Intelligence*. Addison Wesley.
- Finkenzeller, Klaus. (2003). *RFID Handbook (2ª ed.)*. John Willey & Sons Inc. 2004 USA.
- Fuentes, R. Gómez-Sanz, J. J. y Pavón, J. (2003). Activity Theory for the Analysis and Design of Multi-Agent Systems. *Proceedings of the Fourth International Workshop on Agent Oriented Software Engineering (AOSE 2003)*. Springer-Verlag. LNCS 2935. pp. 110-122.
- García, A., McFarlane, D., Thorne, A. & Fletcher, M. (2003). The impact of Auto-ID technology in materials handling systems. *7th IFAC Workshop on Intelligent Manufacturing Systems IMS 2003*. April 2003, Budapest, Hungary. pp. 187-192. ISBN: 0 08 044289 7
- García A. y Conde J. (2004). Efectos de las tecnologías de identificación de productos en la integración de procesos de producción, manipulación y almacenaje. CIO2004, *VIII Congreso Nacional de Ingeniería de Organización*, UC3M, Leganés 2004. pp. 269-278.
- Grasia (2004). INGENIAS Development Kit. <http://ingenias.sourceforge.net>.
- IBM (2002): Agent Building and Learning Environment (ABLE). <http://www.alphaworks.ibm.com/tech/able>. Diciembre 2002
- Kendall, G & Su, Y. (2003). A Multi-agent Based Simulated Stock Market-Testing on Different Types of Stocks. *Proceedings of the Congress on Evolutionary Computation (CEC2003)*. Special Session in "Evolutionary Computation in Economics". Camberra, Australia, 2003. pp. 2298-2305.
- Leontiev, A. N. (1978). *Activity, Conciousness, and Personality*. Prentice Hall.
- Liu, M. R., Zhang, Q. L.; Ni, L. M. & Tseng, M. M. (2004). An RFID-Based Distributed Control System for Mass Customization Manufacturing. *Parallel and Distributed Processing and Applications: Second International Symposium, ISPA 2004*, Hong Kong, China, 2004. Proceedings. pp. 1039-1049.
- Mas, Ana (2005). *Agentes software y sistemas multi-agente: conceptos, arquitecturas y aplicaciones*. Pearson Educación. Madrid. 2005.
- Molina, J. M., Galván I. M., Valls J. M. y Leal, A. (2001). Optimizing the Number of Learning Cycles in the Design of Radial Basis Neural Networks using a Multi-Agent System, *Computing and Informatics*, Vol. 20. Nº 5. pp. 429-449.
- Nwana, H. S., Ndumu, D. T., Lee, L. C. y Collis, J. C. (1999). ZEUS: A Toolkit for Building Distributed Multi-Agent Systems. *Applied Artificial Intelligence* 1(13). pp. 129-185.
- Pavón, J. y Gómez-Sanz, J. J. (2003). Agent Oriented Software Engineering with INGENIAS. In *Multi-Agent Systems and Applications III, 3rd International Central and Eastern European Conference on Multi-Agent Systems, CEEMAS 2003*. Lecture Notes in Computer Science 2691. Springer-Verlag. pp. 394-403.
- Sahin, E., Dallery, Y. and Gershwin, S. (2002). Performance evaluation of a traceability system. An Application to the Radio Frequency Identification Technology. *Systems, Man and Cybernetics*, 2002 IEEE International Conference on Publication Date: 6-9 Oct. 2002
- Wood, M. y DeLoach, S. (2000). *Developing Multiagent Systems with agentTool*. ATAL 2000.
- Wooldridge, M. y Jennings, N. R. (1995), *Agent Theories, Architectures, and Languages: a Survey*, in Wooldridge and Jennings Eds. *Intelligent Agents*, Berlin. Springer-Verlag. pp. 1-22