

# SISTEMAS MULTIAGENTE Y MODELADO ORGANIZACIONAL EN ENTORNOS INDUSTRIALES



JMAS 2009

Sevilla, 29 de junio de 2009

M. C. Romero



R. M. Crowder, Y. W. Sim, T. R. Payne , M. Robinson, H. Jackson

UNIVERSITY OF  
Southampton

UNIVERSITY OF LEEDS



## Índice

- Contexto
- Objetivos del proyecto
- Simulación del equipo de diseño
- Modelo del IPT
- Implementación
- Simulación
- Conclusiones



## Contexto del problema

UNIVERSITY OF  
Southampton



- Proyecto HIPARSYS: Modelado organizacional en el dominio de la **ingeniería del diseño**.
- IPT: *Integrated Product Team* (Equipo Integrado de Desarrollo de Productos)

6/28/2009

3



## Objetivos del proyecto

- Modelar los propios procesos como se aplican en la ingeniería del diseño, uniendo:
  - prácticas organizacionales específicas,
  - modelado de agentes, y
  - psicología organizacional y de trabajo en equipo.
- Realizar simulaciones de problemas específicos en el seno de una organización dedicada al diseño.

6/28/2009

4



## Objetivos del proyecto (II)

- Cuestiones a tener en cuenta:
  - Integración y aplicación de tecnologías dispares en un problema del mundo real.
  - Extensión de la simulación y el modelado a los sistemas organizacionales, mediante el uso de agentes inteligentes y de la comprensión de la psicología laboral de individuos y organizaciones.
  - Enfoque social-técnico: combinando experiencia técnica y **relaciones sociales**.

6/28/2009

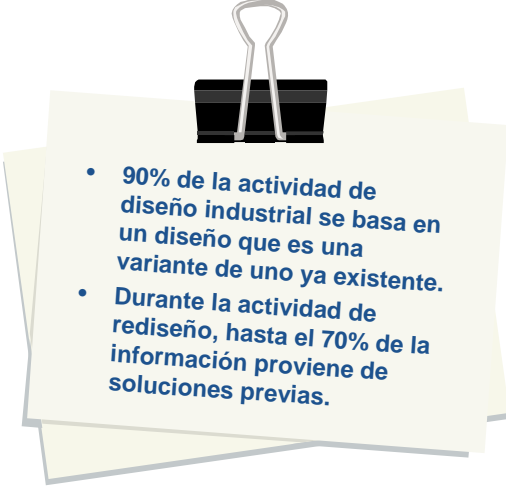
5



## Simulación del equipo de diseño

Problema de diseño  
(variante)



- 
- 90% de la actividad de diseño industrial se basa en un diseño que es una variante de uno ya existente.
  - Durante la actividad de rediseño, hasta el 70% de la información proviene de soluciones previas.

6/28/2009

(McMahon et al. 2004, Shadbolt & Milton 1999)

6



## Simulación del equipo de diseño

Problema de diseño  
(variante)



Solución de diseño



Base de  
conocimiento

“Experiencia previa”

6/28/2009

7



## Simulación del equipo de diseño

Problema de diseño (nuevo)



Base de  
conocimiento



“Experiencia previa”



Equipo de diseño

Suministran el  
conocimiento nuevo



Solución de diseño

6/28/2009

8



## Simulación del equipo de diseño

Problema de diseño (nuevo)

Base de  
conocimien



“Experiencia p

# Cómo capturar el conocimiento y Cómo recuperarlo



Solución de diseño

6/28/2009

9



## Simulación del equipo de diseño



- 33% del tiempo de trabajo un diseñador se dedica a dar y recibir información.
  - 12% obtener o dar información
  - 8% en proporcionar información
  - 4% en actividades relacionadas con la transferencia de información
  - 9% en reuniones
- 21% del tiempo en buscar información de interés para el problema a resolver.
- 40% de la información procede de otros diseñadores.

6/28/2009

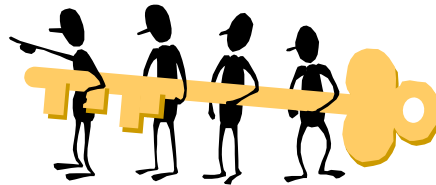
(McMahon et al. 2004, Shadbolt & Milton 1999, Goa et al. 1998, Khadilkar et al. 1996)

10



## Simulación del equipo de diseño

- Características de los participantes
- Fuentes de información (interacciones):
  - Red informal de contactos.
  - Red formal de contactos.
  - Experiencias personales.
  - Memoria del propio diseñador.

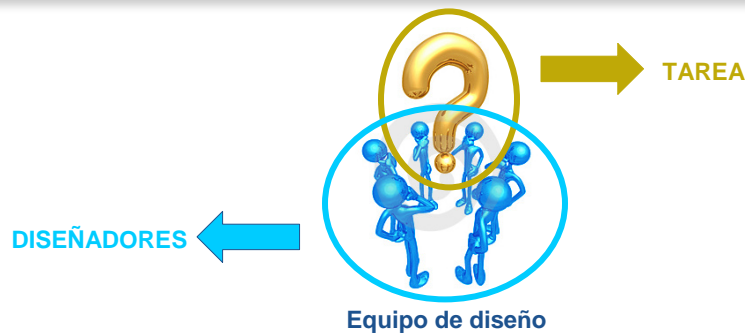


6/28/2009

11



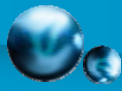
## Simulación del equipo de diseño



- Interacciones entre humanos y tareas tiene impacto sobre el éxito de la tarea.
- Atributos para diseñadores (experiencia, motivación, habilidades...) y tareas (complejidad) → reglas para el nivel de éxito de la tarea (Martinez-Miranda, A. et al. 2003).
- Otros parámetros: toma de decisión, pereza social (social loafing), influencia minoritaria, polarización de opiniones, liderazgo y los estados del equipo de desarrollo.

6/28/2009

12



## Simulación del equipo de diseño

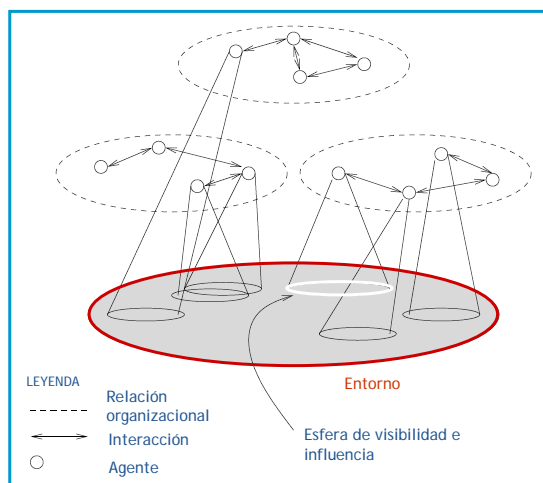


6/28/2009

13



## Simulación del equipo de diseño



- Modelos cooperativos
  - Mismos objetivos
- Modelos self-interested
  - Objetivos no coincidentes

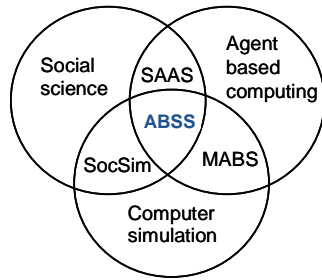
Visión parcial de los agentes en un entorno  
(Wooldridge, 2002)

6/28/2009

14



# Modelo



La intersección de las tres áreas define la simulación social basada en agentes (ABSS) (Davidsson 2002 )

- Metodología para el desarrollo de sociedades de agentes basadas en este framework - niveles:
  - Diseño del modelo de coordinación.
  - Definición del entorno en términos de los requisitos globales y los dominios de actuación.
  - Descripción del comportamiento en términos de roles de agentes y patrones de interacción.
  - Definición de la estructura interna de agentes en términos de los requisitos de comunicación, acción, interfaz y comportamiento racional.



# Modelo (II)



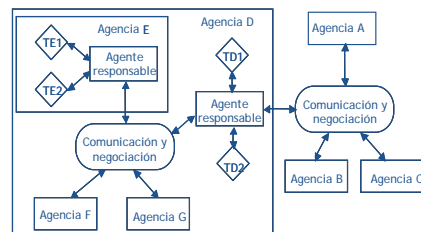
Diseño de un sistema de gestión del proceso de negocio basado en agentes (Norman, Jennings et al. 1997)



- Agencia: un agente responsable (o controlador) + un conjunto de tareas que el agente responsable puede realizar + un conjunto de sub-agencias.
- El agente responsable representa los intereses de la agencia frente a sus homólogos o pares.
- Cualquier comunicación con una agencia debe ser a través del agente responsable.
- Una sub-agencia se comporta típicamente siguiendo un modelo cooperativo hacia su agente responsable.



Jerarquía lógica de agencias (Norman, Jennings et al. 1997)

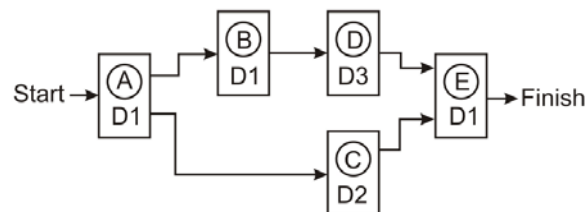






## Modelo. Tareas y subtareas

- Extensión del modelo funcional IDEF0 (O'Donnell et al. 2002).
- Se divide el diseño en subtareas.
- Una subtarea realizada por un diseñador viene definida por unos requisitos y unas restricciones.
- El diseñador opera dentro de un conjunto de competencias técnicas y personales.



Típico workflow de una tarea formada por cinco subtareas (A-E) realizada por tres diseñadores (D1, D2, D3).

6/28/2009

17



## Modelo. Variables

- Variables que pueden caracterizan las subtareas y al diseñador:
  - Requisitos de la subtarea, incluyendo su complejidad y objetivos.
  - Capacidad técnica del diseñador.
  - Disponibilidad del diseñador.
  - Estructura, modalidad, frecuencia y contenido de la comunicación entre diseñadores y los recursos.
  - Variables psicológicas: comprensión compartida, confianza, motivación e implicación.

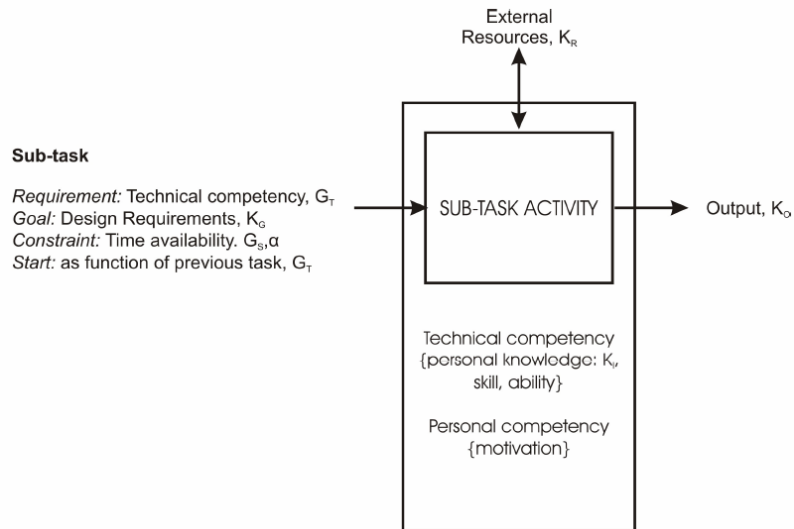
Enfoque inicial: conjunto finito y cualitativo de descriptores (muy alto...medio...muy bajo) → pesos  
→ entrevistas con diseñadores reales

6/28/2009

18



## Modelo. Tareas y subtareas



6/28/2009

19



## Modelo. Formulación

- Equipos multidisciplinares (IPT) → Tarea, recurso y entrada y salida del conocimiento se representan como un vector de competencias fundamentales (conjunto de descriptores finito y cualitativo).
- Para realizar la actividad individual, opera bajo un conjunto de restricciones:
  - KI: conocimiento interno del diseñador (explícito o tácito). Permanece constante si satisface el criterio de complejidad de la tarea y aumenta al tomar conocimiento de recursos externos.
  - KO: conocimiento generado cuando el diseñador realiza la tarea; igual a KG al acabar (objetivo).
  - $G = \{GT, GS\}$ : restricciones técnicas (GT) o sociales (GS) que dirigen y determinan la actividad de diseño.
    - GT incluye KG, que tiene que ser alcanzado para confirmar que la tarea ha finalizado, y  $K_{task}$ , que es la complejidad de la tarea
    - GS incluye una serie de métricas, incluyendo capacidad, destreza y motivación.
      - La capacidad del diseñador se denomina  $\alpha$  y se obtiene de la praxis.
  - KR: recursos de conocimiento externo que el diseñador tiene a su disposición.

6/28/2009

20



## Modelo. Formulación (II)

$$K_O(t) = F[K_I, K_R, G_T, G_S, t, \alpha] \quad (1)$$

La subtarea se completa cuando:

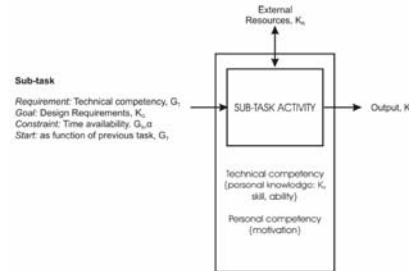
$$K_O = K_G \text{ at time } t = T_c \quad (2)$$

Si el diseñador no tiene el conocimiento para completar la tarea, acude a recursos externos:

$$K_I(t) < K_{task} \text{ then external resources are required} \quad (3)$$

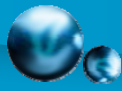
$$K_I(t+1) = K_I(t) + \eta(K_R - K_I(t)) \quad (4)$$

$\eta$  depende de la confianza que el diseñador pone en la información obtenida.



## Modelo. Formulación (III)

- Para simular la interacción diseñador-diseñador o diseñador-recurso las variables de comunicación dependen de una serie de parámetros incluyendo el *medio de comunicación* y el *contexto*.
- Implementación actual:
  - Asume que todas las solicitudes son respondidas inmediatamente sin ser cuestionadas.
  - Se ha usado un conjunto de algoritmos que relacionan el conocimiento de entrada con el de salida como una función del tiempo (F). Esa función de actividad del diseño es lineal (se prevé su modificación tras más entrevistas).
  - El equipo de trabajo debe tener un mínimo de dos diseñadores y un máximo de 20.



## Modelo. Ejemplo interacciones

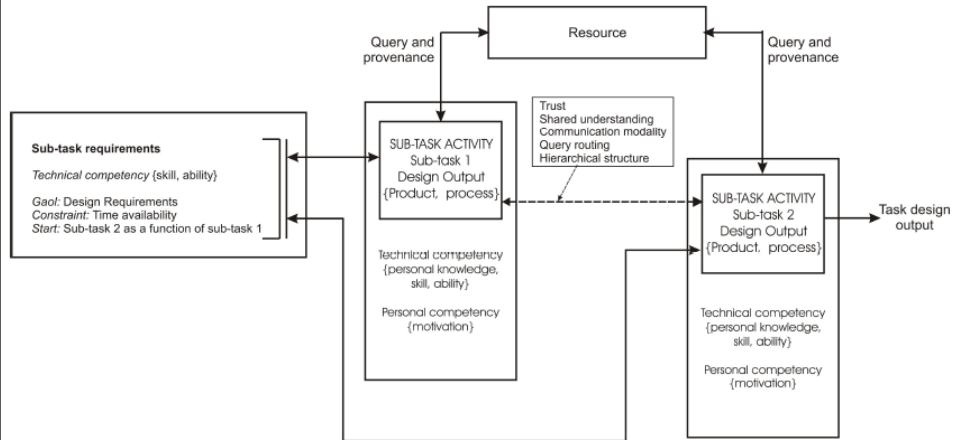


Diagrama de interacción simplificado de un IPT con dos diseñadores trabajando en una única tarea.

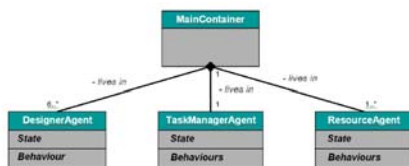
6/28/2009

23



## Implementación

Simulación MAS usando la plataforma JADE



Tipos de agentes definidos

TaskManager:statorb-1099/JADE

Monitor Agents Tasks Panel

DesignerAgent1  
=====  
Motivation: Very High  
Skill: Low  
Ability: Medium  
Knowledge: Medium

DesignerAgent2  
=====  
Motivation: Medium  
Skill: High  
Ability: Medium  
Knowledge: High

Designer agent  
Motivation: Very Low  
Skill: Low  
Ability: High  
Knowledge: Very High, Very Low  
OK

Add Designer Add Resource

6/28/2009

24



## Implementación (II)

- Seis agentes diseñadores, dos agentes recursos y una única tarea viviendo en el MAS.
- Estados y comportamientos:

Agentes	Estado	Comportamiento
Diseñador	Capacidad	Realiza la tarea asignada por el agente Gestor de tareas
	Motivación	Si la capacidad es menor que la complejidad de la tarea, toma la información de un agente Recurso
Recurso	Capacidad	La capacidad es alta (nivel experto)
		Responde con información cuando se solicita
Gestor de tareas	Progreso de la tarea	Asigna tarea a los agentes adecuados
		Sigue la pista al progreso de las subtareas

6/28/2009

25



## Implementación (III)

- El agente Gestor es responsable de asignar la tarea al agente Diseñador y monitorizar sus progresos en el trabajo.
- El proceso de diseño es secuencial en una primera fase.

Capacidad del Diseñador	Motivación del Diseñador	Tiempo para completar la tarea
Alta	Alta	18
Media	Media	28
Baja	Baja	52
Baja	Media	36
Baja	Alta	28

Resultados para un equipo de trabajo de seis personas  
(complejidad de la tarea = alta; todas las solicitudes que llegan se gestionan)

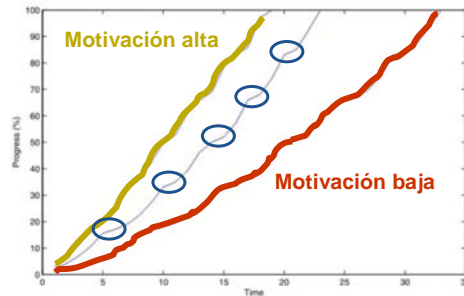
6/28/2009

26



## Simulación

- Resultados para un IPT de 6 técnicos, gestionando 6 subtareas de forma lineal.
- Diseñadores con capacidad baja y tarea con complejidad alta.



- La motivación tiene un claro impacto en el progreso de la tarea.
- Se observan claramente las transiciones entre diseñadores individuales y las subtareas.

6/28/2009

27



## Conclusiones

- Se ha aplicado un enfoque social para el modelado de equipos integrados de desarrollo de productos (IPTs) en grandes organizaciones dedicadas a la ingeniería.
- La aplicación de Sistemas Multiagente en el modelado organizacional obtiene resultados satisfactorios:
  - Facilita el análisis de la dinámica de trabajo.
  - Permite investigar, mediante simulación, sobre la aplicabilidad de un enfoque basado en agente al problema del diseño.
- Se trata de un estudio realizado para un problema real y con empresas conocidas del sector automovilístico.
- La realimentación inicial con estas empresas indica que el modelo es aceptable, aunque aún requiere de algunas optimizaciones en los algoritmos.

6/28/2009

28



## Publicaciones relacionadas

- Romero, M.C., Crowder, R. M., Sim, Y. W. y Payne, T. R. (2008): *Applying Multi-Agent Systems To Organizational Modelling In Industrial Environments*, Actas ICEIS 2008 – Artificial Intelligence and Decision Support Systems, 11th International Conference on Enterprise Information Systems, 181– 186.
- R. Crowder, Y.W. Sim, T. Payne, M. Robinson, H. Jackson, M.C. Romero (2008): *An Approach to Modelling Integrated Product Teams*, Actas del ASME 2008 International Design Engineering Technical Conferences & Computers and Information in Engineering, New York.

6/28/2009

29



## Referencias (presentación)

- McMahon, C., A. Lowe, et al. (2004). Knowledge management in engineering design: personalization and codification. *Journal of Engineering Design* 15(4): 307-325.
- Shadbolt, N. and N. Milton (1999). From knowledge engineering to knowledge management. *British Journal of Management* 10: 309-322.
- Goa, Y., Zeid, I., and Bardez, T. (1998). Characteristics of an effective design plan to support re-use in case-based mechanical design". *Knowledge Based Systems*, 10, pp. 337-350.
- Khadilkar, D., and Stauffer, L. (1996). An experimental evaluation of design information reuse during conceptual design. *Journal of Engineering Design*, 7(4), pp. 331-330.
- Wooldridge, M. (2002): *An Introduction to MultiAgent Systems*, Wiley, ISBN 047149691, UK.
- Davidsson, P. (2002): *Agent Based Social Simulation: A Computer Science View*, *Journal of Artificial Societies and Social Simulation* vol. 5, no. 1, <http://jasss.soc.surrey.ac.uk/5/1/7.html>
- Norman, T. J., Jennings N. R., Faratin, P. y Mamdani, E. H. (1997): *Designing an Implementing a Multi-Agent Architecture for Business Process Management*, *Proceedings of the ECAI'96 Workshop on Agent Theories, Architectures, and Languages: Intelligent Agents III*, <http://www.ecs.soton.ac.uk/~nri/download-files/argmas06.pdf>
- O'Donnell, F., and Duffy, A. (2002). Modelling design development performance. *International Journal of Operations & Production Management*, 22(11), pp. 1198–1221.



6/28/2009

30



## Reconocimientos

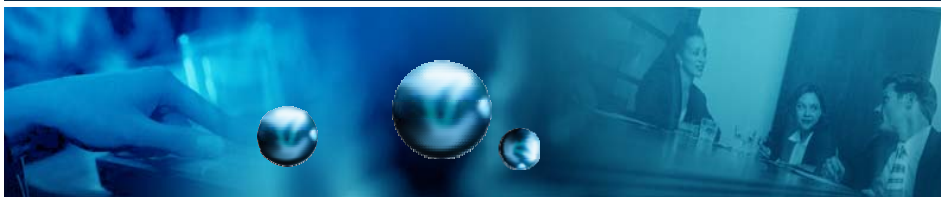
El proyecto HIPARSYS está cofinanciado por el Technology Strategy Board's Collaborative Research and Development program ([www.innovateuk.org](http://www.innovateuk.org)) con referencia TP/3/DSM/6/1/16032.

Además, los autores agradecen las contribuciones de las empresas implicadas, Rolls-Royce y Jaguar.

6/28/2009

31

## SISTEMAS MULTIAGENTE Y MODELADO ORGANIZACIONAL EN ENTORNOS INDUSTRIALES



JMAS 2009

Sevilla, 29 de junio de 2009

M. C. Romero



R. M. Crowder, Y. W. Sim, T. R. Payne, M. Robinson, H. Jackson

UNIVERSITY OF  
Southampton

UNIVERSITY OF LEEDS