

Sistemas de Tiempo Real y Sistemas Distribuidos de Tiempo Real

P. Pesado^(1,2), H. Ramón⁽¹⁾, M. Boracchia⁽¹⁾, A. Pasini⁽¹⁾, M.C. De Vito⁽¹⁾, G. Osella Massa⁽¹⁾, C. Estrebow⁽¹⁾

⁽¹⁾Instituto de Investigación en Informática LIDI (III-LIDI)
Facultad de Informática – UNLP

⁽²⁾Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires (CIC)

{ppesado, hramon, marcosb, apasini, cdevito, gosella, cesarest}@lidi.info.unlp.edu.ar

1 CONTEXTO

Esta línea de Investigación forma parte del Subproyecto “Sistemas de Software Distribuido. Aplicaciones” dentro del Proyecto “Sistemas de Software Distribuidos. Aplicaciones en procesos industriales, E-government y E-learning” del Instituto de Investigación en Informática LIDI.

2 RESUMEN

El proyecto de investigación y desarrollo en Sistemas de Software Distribuido, abarca aspectos que van desde los fundamentos del desarrollo (Técnicas de Ingeniería de Requerimientos, Metodologías de Gestión y Desarrollo de Proyectos, Técnicas de Planificación, Métricas, Normas de Calidad, Web-Systems) hasta la concepción de aplicaciones específicas orientadas a los procesos industriales (Sistemas de Planeamiento de Producción, Control Industrial en tiempo real), procesos de E-government (Voto electrónico) y la aplicación de Tecnología Informática para Educación en ambientes distribuidos (Educación a Distancia, Software educativo específico, Educación basada en la WEB).

En particular el objetivo de este subproyecto es realizar investigación y desarrollo en temas relacionados con los Sistemas de Tiempo Real y los Sistemas Distribuidos de Tiempo real, estudiando soluciones a problemas concretos que involucren hardware y software.

En este contexto se trabaja en aspectos de la Ingeniería de Software de diferentes sistemas con inteligencia distribuida (computadoras, robots, teléfonos móviles).

Palabras claves: Informática – Sistemas de Tiempo Real - Sistemas Distribuidos de Tiempo Real – Ingeniería de Software - Procesos Industriales – Robótica- Sistemas móviles

3 INTRODUCCION

Un sistema distribuido consiste en un conjunto de computadoras autónomas conectadas por una red y con soporte de software distribuido. Permite que las computadoras coordinen sus actividades y compartan los recursos de hardware, software y datos, de manera tal que el usuario percibe una única facilidad de cómputo integrada aunque esta pueda estar implementada por varias máquinas en distintas ubicaciones [Cou01].

El desarrollo de sistemas distribuidos es una necesidad a partir de la utilización de redes de computadoras y de computadores personales de alta performance.

Algunas ventajas del procesamiento distribuido son:

- Mejora de la disponibilidad: la operación es factible en una configuración reducida cuando algunos nodos están temporalmente no disponibles.
- Configuración más flexible: una aplicación puede configurarse de distintas maneras, seleccionando el número apropiado de nodos para una instancia dada.
- Control y administración más localizada: un subsistema distribuido, ejecutando en su propio nodo, puede diseñarse para ser autónomo, de modo que puede ejecutar en relativa independencia de otros subsistemas en otros nodos.
- Expansión incremental del sistema: si existe sobrecarga, el sistema puede expandirse agregando más nodos.
- Costo reducido: con frecuencia una solución distribuida es más barata que una centralizada.
- Balance de carga: en algunas aplicaciones la carga total del sistema puede ser compartida entre varios nodos.

- Mejora en el tiempo de respuesta: los usuarios locales en nodos locales pueden obtener respuestas más rápidas a sus requerimientos.

En particular un sistema distribuido de tiempo real debe interactuar con el mundo real, en puntos físicamente distantes y no necesariamente fijos, en períodos de tiempo que vienen determinados por el contexto o las restricciones de la especificación (en muchos casos a partir de una activación asincrónica).

Algunas de las dificultades principales del desarrollo de software para sistemas distribuidos de tiempo real son [Lev90]:

- Modelizar condiciones de concurrencia y paralelismo.
- Manejar las comunicaciones inter-procesos e inter-procesadores.
- Tratamiento de señales en tiempo real.
- Tratamiento de interrupciones y mensajes asincrónicos con diferente prioridad.
- Detectar y controlar condiciones de falla, a nivel de software, de procesadores y de comunicaciones. Prever diferentes grados de recuperación del sistema.
- Asegurar la confiabilidad de los datos y analizar su migración en condiciones de funcionamiento normal o de falla.
- Organizar y despachar la atención de procesos, manejando las restricciones de tiempo especificadas.
- Testear y poner a punto un sistema físicamente distribuido.

Todas estas dificultades conducen a la utilidad de desarrollar herramientas de Ingeniería de Software orientadas a STR y SDTR, de modo de trabajar en la modelización, especificación y verificación del software considerando las restricciones temporales.

Entre las aplicaciones, en este trabajo se mencionan áreas tales como Planeamiento de la Producción, Voto electrónico e E-Government y Control de desempeño deportivo en tiempo real.

4 LINEAS DE INVESTIGACION Y DESARROLLO

- Conceptos de procesamiento distribuido. Arquitecturas, comunicaciones y software.
- Sistemas de Tiempo Real. Sistemas Distribuidos de Tiempo Real.
- Tratamiento de señales en tiempo real.
- Lenguajes y ambientes para procesamiento distribuido.

- Ingeniería de Software: extensiones de las metodologías y herramientas para sistemas distribuidos de tiempo real.

- Herramientas de integración y mantenimiento de proyectos distribuidos.

- Sistemas de Planeamiento de la producción industrial.

- Sistemas de control de robots en tiempo real. Algoritmos colaborativos entre máquinas móviles.

- Sistemas móviles con identificación segura en tiempo real.

- E-government. Voto electrónico.

5 RESULTADOS ESPERADOS/OBTENIDOS

- ✓ Avanzar en la capacitación continua de los miembros de la línea de investigación.

- ✓ Investigar y realizar desarrollos específicos sobre Sistemas Distribuidos de Tiempo Real, en particular Aplicaciones en control de robots. El objetivo general es el estudio orientado hacia la Ingeniería de Software de Sistemas Distribuidos, en particular, aquellos en los que los procesos se ejecutan en máquinas autónomas tales como los robots, con restricciones de tiempo real. Los temas involucrados se enfocan en particular a herramientas de especificación y verificación de modelos de SDTR, con énfasis en los entornos de simulación y derivación de código para conjuntos de robots que trabajen cooperativamente. El aporte principal se orienta al proyecto PAV 076 "Sistemas Inteligentes de apoyo a los Procesos Productivos" (Red formada por UNLP, UNSJ, UNS, UNSL, UTN-FRC, UNC, UCC, subsidiado por la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica), donde interesa generar un entorno de software para el desarrollo de aplicaciones industriales multi-robot. Asimismo se investiga la verificación de sistemas distribuidos a partir del método de comprobación de modelos.

La comprobación de modelos produce contraejemplos a partir de los cuales se pueden analizar posibles errores en el diseño. Esto resulta interesante ya que detectar errores en etapas tempranas del desarrollo de un sistema se traduce en un importante ahorro de esfuerzo y recursos.

Dos comprobadores de modelos comúnmente usados son SPIN [Hol97], [Hol03] y SMV [Mil92]. Se han estudiado estas herramientas

explorando sus posibilidades en la verificación de propiedades en Modelos de Aplicaciones distribuidas.

En particular se utilizará SPIN para simular y validar el comportamiento de Protocolos de Comunicación de Sistemas Distribuidos, (actualmente se está poniendo en práctica con Sistemas Peer-to-Peer descentralizados con protocolos como BitTorrent y Gnutella).

▪ **Planificación de la producción**

La planificación de la producción en la industria es un proceso complejo, que involucra diferentes subsistemas tales como Manejo de Stocks, Análisis de Componentes para la Producción, Máquinas en Planta, Ordenes de Pedido de Clientes, Planificación/Optimización de la Producción, Planes de Trabajo por períodos, Partes de Producción, Recursos Humanos en Planta, Clientes, Proveedores y Almacenes.

La informatización e integración de información de las diferentes fuentes en un Sistema de Planeamiento de la Producción permite un perfeccionamiento y agilización en la toma de decisiones que resulta esencial en la productividad de las empresas.

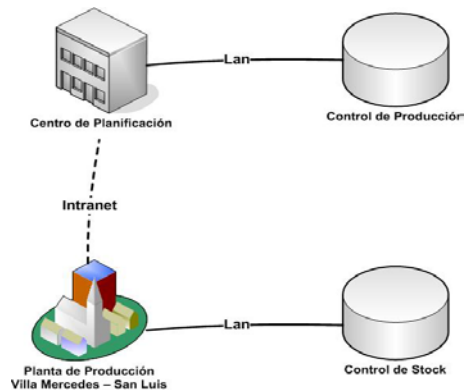
En particular para empresas PYME es un alto costo incorporar este tipo de sistema informático y la capacitación en su utilización, lo que resulta en un factor que afecta su productividad.

Frecuentemente, la interacción en tiempo real de los sistemas de planeamiento con distintas máquinas/herramientas que producen información del proceso productivo crean la necesidad de un procesamiento con restricciones de tiempo duras.

El III-LIDI participa del proyecto “Sistema integrado de Planeamiento de la Producción para PYMES” subsidiado por la CIC, cuyo objetivo es analizar un conjunto de modelos de planta con distintas características (mono y multimáquina, producción a pedido, por análisis de stock, por pronósticos de ventas, etc.) y desarrollar un sistema básico y parametrizable para resolverlo.

También participa del Proyecto FONTAR “Desarrollo de herramientas digitales para mejorar las estructuras de la producción, control de la producción, carga de máquinas, abastecimiento de materias primas y servicios, trazabilidad, almacenamiento y distribución de Productos Terminados” para la Empresa GRAFEX (Fábrica de Tintas y Barnices), subsidiados por la Agencia Nacional de

Promoción de Ciencia y Tecnología. Se trata de un sistema WEB que contempla la distribución geográfica de los lugares de producción (Villa Mercedes-San Luis y Buenos Aires)



▪ **E-government**

El E-government comprende las actividades tendientes a agilizar la gestión de la información, permitiendo un mayor control y auditabilidad de la misma. La tendencia del Gobierno de nuestro país es modernizar los sistemas de información que en la mayoría de los casos se maneja en forma manual a través de expedientes impresos.

Los sistemas de información de un gobierno poseen una serie de características distintivas (por ejemplo, deben ser muy confiables, son sistemas distribuidos, deben dar respuestas en tiempo real, etc.) que hacen que no se puedan manejar como un sistema tradicional.

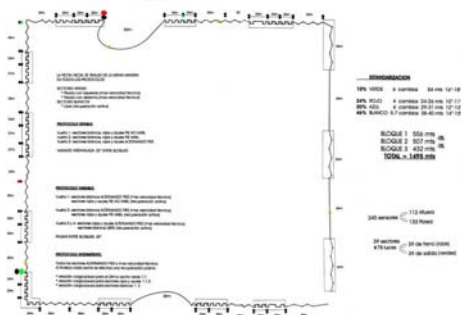
El III-LIDI participa en el Proyecto "Servicios de E-government con verificación de Identidad" subsidiado por CIC-Telefónica. Uno de los aspectos centrales para la calidad y valor agregado de los servicios ofrecidos desde el gobierno (para empresas o individuos) es la verificación de la identidad. Tratándose de servicios vía internet a través de comunicaciones fijas y móviles, los componentes tecnológicos (hardware y software) manteniendo tiempos de respuestas razonables para un procesos en tiempo real, resultan críticos y requieren investigación y desarrollo.

También se ha desarrollado un prototipo de urna electrónica (hardware y software) para elecciones nacionales en acuerdo con la empresa TESUR.

▪ **Software de Tiempo Real para Entrenamiento Deportivo**

El III-LIDI participa de un proyecto de desarrollo de software para entrenamiento deportivo con procesamiento en tiempo real de señales recogidas por sensores a partir de ejercicios realizados por los

jugadores. El objetivo del ejercicio es completar un recorrido perimetral con pelota dominada en el menor tiempo posible. El mismo es un camino delineado por marcas, las cuales deben ser transitadas en forma de zig-zag hasta llegar a la meta final. El jugador deberá realizar el recorrido accionando dichas marcas con la mano correspondiente. A lo largo del recorrido existen semáforos que indicarán al jugador si debe realizar una pausa antes de continuar el ejercicio. El sistema permitirá registrar el momento en el que cada marca (o sensor infrarrojo) es accionada, tiempos parciales y el tiempo total requerido para completar el recorrido; activar/desactivar automáticamente los semáforos de acuerdo a las características del jugador y los tiempos logrados en los parciales; brindar un total control de configuración de manera visual sobre todos los aspectos del ejercicio (posición de los semáforos, marcas, sensores infrarrojos, zonas de bloques, etc); visualizar tanto numérica como visualmente el desarrollo del recorrido de cada jugador en tiempo real, pudiendo observar los tiempos logrados y las posiciones actuales de cada uno; almacenar en la base de datos la información de recorridos correspondiente, con el fin de generar un resumen histórico de la performance de los jugadores en el ejercicio, obtener información estadística sobre los mismos y generar gráficas comparativas.



6. FORMACION DE RECURSOS HUMANOS

Integrantes de esta línea de investigación dirigen una Tesis Doctoral, 1 Becario CIC y otro de la Agencia y 4 Becarios III-LIDI que están desarrollando sus Tesinas de Grado de Licenciatura en Informática.

También se participa del dictado de cursos de Posgrado en la Facultad de Informática de la UNLP.

Colaboran en este proyecto los pasantes alumnos: Nicolás Galdamez, Andrés Romero y Lucrecia Moralejo.

7. BIBLIOGRAFIA

- [ACM] Digital Library.
- [Ber91] Berryman, S.J.; Sommerville, I.; Modelling real-time constraints. Software Engineering for Real Time Systems, 1991 pp 164 - 169
- [Bur96] Burns & Wellings. Real-Time Systems and Programming Languages. 1996
- [Bur97] Buretta M., "Data Replication. Tools and techniques for managing distributed information". John Wiley & Sons, Inc. 1997.
- [Cou01] "Sistemas Distribuidos. Conceptos y Diseño", 3ª edición. Pearson Educación, 2001. ISBN: 84-7829-049-4.
- [Cri96] Cristian F. "Synchronous and Asynchronous Group Communication", Comm. ACM, Vol.39, No. 4, April 1996, pp.88-97.
- [Cri99] Cristian F., C. Fetzer. "The Timed Asynchronous Distributed System Model" IEEE Transactions on Parallel and Distributed systems, June 1999, pp. 603-618.
- [Ell94] Ellison. Developing Real-Time Embedded Software. 1994
- [Els02] Elson K. J., Romer K., "Wireless Sensor Networks: A New Regime for Time Synchronization in Distributed Systems", Proceedings of the First Workshop on Hot Topics In Networks (HotNets-1), Princeton, New Jersey, October 2002.
- [For85] P. Fortier, "Design and analysis of distributed real-time systems", McGraw-Hill, 1985.
- [Gol93] Goldsmith. A Practical Guide to Real-Time Systems Development. 1993
- [Hol97] Holzmann, G.J. "The Model Checker Spin", IEEE Trans. on Software Engineering, Vol. 23, No. 5, pp. 279-295, 1997.
- [Hol03] Holzmann, G.J., "The Spin Model Checker: Primer and Reference Manual". Addison-Wesley, 2003
- [Hoo91] Hoogeboom, B.; Halang, W.A.; The concept of time in software engineering for real time systems Software Engineering for Real Time Systems pp 16-18, 1991
- [IEEE] Digital Library.
- [Kim02] Kim K. H., Im C., Athreya P, "Realization of a Distributed OS Component for Internal Clock Synchronization in a LAN Environment". Proc. ISORC 2002, IEEE 5th Int'l Symp on Object-oriented Real-time distributed Computing, Washington, D.C., April 2002, pp. 263-270.
- [Lev90] S. Levi, A. Agrawala, "Real Time System Design", McGraw-Hill Inc, 1990.
- [Mil92] McMillan, K. L. "Symbolic Model Checking: An Approach to the State Explosion Problem". PhD. Thesis, Carnegie Mellon University (Tech. Report CMU-CS-92-131), 1992.

[Nie90]Nielsen . Ada in Distributed Real -Time Systems. 1990

[Ozs99] Özsü T., Valduriez P.,“Principles of distributed database systems”, Prentice Hall, 1999

[Pre02] R. Pressman. Ingeniería de Software: Un Enfoque Práctico. McGraw-Hill.2002

[Pro91] Probert, P.J.; Lamb, D. Validation methods using formal techniques. Software Engineering for Real Time Systems, 1991. pp 244 – 249

[Rip89] Ripps. An Implementation Guide to Real-Time Programming.. 1989.

[Zha03] Zhao Y., Zhou W., Huang J, Yu S., "Self-Adaptive Clock Synchronization for Computational Grid", Journal of Computer Science and Technology, 2003 Volume: 18 Issue: 4, pp. 434-441.