

Resumo

Um dos grandes objectivos na análise de sistemas distribuídos com requisitos de tempo real é a possibilidade de prever o comportamento temporal do sistema. Para este efeito são geralmente utilizadas duas abordagens: a análise do pior caso e a análise do caso médio. Cada uma destas abordagens permite extrair informação sobre determinadas características do sistema, sendo complementares entre si pois a utilização de ambas permite uma maior compreensão do comportamento temporal do sistema.

Se por um lado a análise do pior caso permite estabelecer garantias quanto a um patamar mínimo de desempenho que pode ser esperado do sistema, por outro o seu pessimismo conduz quase sempre a resultados que se distanciam muito dos obtidos em situações reais. Para obter um comportamento mais provável do sistema distribuído é normalmente utilizada a simulação de eventos discretos que permite aproximar a utilização efectiva do sistema.

O projecto europeu RFieldbus (IST-1999-11316) teve como objectivo a expansão da arquitectura de uma das redes de comunicação integrantes na norma europeia EN50170 (PROFIBUS, WorldFIP e P-Net) no sentido de incluir novas funcionalidades que se demarcavam pela sua importância. No âmbito desse projecto, foi desenvolvida a arquitectura da rede de comunicação RFieldbus, tendo como base a arquitectura PROFIBUS e foi implementada no Laboratório de Sistemas Críticos do grupo de investigação IPP-HURRAY do Instituto Superior de Engenharia do Porto uma aplicação de teste (MAF – *Manufacturing Automation Fieldtrial*) consistindo numa aplicação típica de um sistema de manufactura de componentes discretos, cujos diferentes componentes integrantes se encontram interligados por uma rede de comunicação industrial RFieldbus. Este sistema evidencia as principais novas funcionalidades desta arquitectura: a comunicação em meio físico sem fios, o eficiente escalonamento de tráfego de controlo, a integração de tráfego multimédia e a mobilidade de dispositivos sem fios.

O RFieldbus, enquanto rede de comunicação industrial integra os sistemas distribuídos existentes na planta fabril e o seu desempenho afecta o desempenho do sistema distribuído. Por este motivo o estudo do comportamento temporal desta rede de

comunicação é importante pois contribuirá para a compreensão do comportamento temporal do sistema distribuído em que está inserido. Desta forma, uma aplicação de software foi desenvolvida no âmbito do projecto RFieldbus para calcular o pior caso do comportamento temporal de uma aplicação da rede RFieldbus. Esta aplicação foi utilizada para calcular esta resposta na topologia do MAF. Posteriormente foi observado o comportamento da rede do MAF e comparadas as diferentes respostas obtidas para o pior caso e para as observações do comportamento normal (mais provável) da rede.

Simultaneamente, foi desenvolvido o simulador LLRS (*Lower Layer RFieldbus Simulator*), com o objectivo de permitir a simulação do comportamento temporal em funcionamento normal da rede RFieldbus. O modelo desenvolvido e implementado no simulador utiliza o modelo de comportamento, os parâmetros dos dispositivos, da rede e os ciclos de mensagem que contribuem significativamente para o comportamento temporal de uma rede RFieldbus. Este simulador foi validado com os dados das observações feitas ao comportamento da aplicação do MAF, e permite de uma forma simples e barata, estudar o comportamento temporal de redes RFieldbus com diferentes elementos, topologias, ciclos de mensagem e parâmetros.

Esta dissertação apresenta as bases teóricas, o modelo e o simulador desenvolvidos, os resultados obtidos e sua validação.

Palavras-chave: Redes de campo industriais, simulação de eventos discretos, sistemas distribuídos de controlo por computador, sistemas de tempo real, RFieldbus, PROFIBUS (EN50170), OMNeT++.

Abstract

In the analysis of real-time distributed systems one of the most important objectives is to foresee the timing behaviour of the system. In order to do this, two approaches are commonly used: worst case analysis and typical behaviour analysis, each allowing to extract distinct system characteristics, which are complementary to each other. The use of both approaches allows us to better understand the system timing behaviour.

On one hand, worst case analysis establishes a minimum expected system behaviour, on the other hand its underlying pessimism leads to results that are far from real system behaviour (the most probable to occur in reality). To obtain a more probable behaviour occurring in distributed system, the discrete-event simulation technique is commonly used.

The European RFieldbus project (IST-1999-13316) aimed the expansion of one of the architectures integrated in the European standard EN50170 (PROFIBUS, WorldFIP and P-Net) in order to include new important functionalities. Within the project, the architecture of RFieldbus communication network was developed, based on the PROFIBUS architecture, and a test application (MAF – Manufacturing Application Fieldtrial) based on typical discrete parts manufacturing system has been implemented in the Critical Systems Lab of the IPP-HURRAY Research Group. In this test application, system components are interconnected by an RFieldbus communication network, which comprises and demonstrates the architecture novel functionalities: wireless communication, efficient control traffic scheduling algorithm, multimedia traffic integration and wireless devices mobility.

RFieldbus, as an industrial communication network, is embedded in distributed systems available at the manufacturing floor, thus its behaviour affects the overall system performance. For this reason, the study of the communication network behaviour is important, since it will contribute to the understanding of the distributed system behaviour. A software application has been developed within the RFieldbus Project to compute the worst case behaviour of an RFieldbus network. The application has been used to compute this response for the MAF topology. Later, the MAF behavior has been observed and both responses have been compared in order to understand the pessimism introduced by worst case analysis.

A discrete-event simulator (LLRS - Lower Layer RFieldbus Simulator) was developed aiming the simulation of RFieldbus typical timing behaviour. The developed model, which was implemented in the simulator, incorporates device behaviour and parameters, network and message cycles that significantly contribute to the RFieldbus network behaviour. The simulator was validated with the observed data on the MAF application,

and allows, in a simple and inexpensive way, to study RFieldbus network behaviour considering different elements, topologies, message cycles and parameters.

This dissertation presents the underlying theoreticians, the model, the simulator LLRS, the obtained results and their validation.

Keywords: *Fieldbus, communication networks, Discrete-Event Simulation, Distributed Computer Controlled Systems, Real-time systems, RFieldbus, PROFIBUS (EN50170), OMNeT++.*