

parallelism was not put aside. One of the greatest concerns was to look for algorithms which could organise each computational stage in a structure that enabled a parallel implementation through a group of processes run in a more or less independent way.

The chosen architecture may be described as constituting a distributed shared memory topology where synchronisation and communication among processes residing in different processing nodes is mainly carried out by a message-passing scheme, implemented locally through shared variables.

A distributed shared memory executive was developed and installed in each of the system processing nodes. Its main component is the communication manager, a group of seven system processes which cooperate closely in order to present the user with a friendly environment for the as wide as possible control of the different tasks under execution.

Another concern kept all along the design stage was to create a simple and efficient interface with the operational environment that the application programmer could easily incorporate into his or her distributed applications.

Thus, an extension library to the C language was built which offers three main classes of system calls: message-based process communication and synchronisation, shared memory space allocation and freeing and common user-defined resources synchronisation, also in shared memory.

A system with four processing nodes and four common memories was built to assess the suitability of the proposed architecture for tomographic reconstruction. Results obtained show a processing speed gain of about 3, when one compares to the sequential version of the same algorithm run in one of the processing nodes.

Extrapolation studies that were carried out also show that if the number of processing nodes is increased, a speed gain of almost an order of magnitude may be achieved.

determinado diagnóstico, conduzir uma terapia ou efectuar um estudo pré e/ou pós-operatório. Embora existam desde a introdução destas modalidades programas que fazem a análise e visualização dos dados gerados, só muito recentemente, com a banalização de computadores com grande poder de cálculo, é que se tem vindo a explorar a vertente de representação tridimensional (3D) das estruturas clínicas sob análise.

Começa-se por fazer um levantamento das estratégias existentes para visualização 3D de dados volúmicos discretos, semelhantes aos que são fornecidos pelas modalidades imagiológicas. Avaliam-se os operadores e metodologias necessárias para construir uma solução de visualização 3D adequada à realidade clínica. As soluções existentes para visualização 3D são classificadas em dois grupos. Os métodos que detectam e trabalham unicamente com a superfície o objecto sob estudo constituem um dos grupos, os métodos ditos de geração de superfície. O outro grupo é composto pelos métodos que manipulam, detectam e representam as estruturas existentes no volume, sempre a partir do volume original, os métodos ditos de representação de volume. Estudadas e avaliadas as várias estratégias, apresenta-se uma solução híbrida que, permite por um lado explorar a interactividade com uma representação de superfície e por outro, levada precisão com uma representação de volume, no segundo caso utilizando uma técnica do tipo *raycaster*. O programa que se implementou e descrito nesta tese, traduz a nossa perspectiva de um visualizador 2D/3D de dados imagiológicos. O tempo de processamento demasiado longo de algumas tarefas envolvendo os dados imagiológicos levou-nos a procurar uma solução com arquitecturas e topologias para processamento paralelo. A topologia em *farm* apresenta-se como a mais apropriada para os dados e tarefas em causa, tendo sido efectuados testes de eficiência utilizando uma rede de *transputers*.

Conscientes de que começa a ser prática corrente o recurso a exames multimodais para elaborar ou confirmar um diagnóstico, prosseguimos o trabalho tendo como objectivo a resolução dos problemas que surgem pelo facto de se possuir vários volumes discretos de modalidades diferentes. Apresentam-se soluções para o registo, fusão e visualização 2D/3D de informação multimodal de uma forma integrada. Efectuamos o estudo de três casos contendo dois volumes, um de TAC e outro de SPECT, para demonstrar a importância da visualização 3D multimodal integrada, ainda que aliada a uma representação clássica, em 2D, dos cortes tomográficos.

A tese encontra-se dividida em 5 capítulos e 3 apêndices. Começa com a introdução onde é apresentado o tema e a problemática envolvente. No capítulo 2, multimodalidade, após a descrição das modalidades que utilizamos, é feito um levantamento das metodologias e operadores necessários à visualização 3D num contexto multimodal, sendo também abordados temas relacionados com arquitecturas paralelas e atributos de um interface. No capítulo seguinte é feita a avaliação e discussão de: (i)

Título: Processamento, Integração e Visualização de Imagens Multimodais

Title: *Process, Integration and Visualization of Multimodal Images*

Autor/Author: Óscar Emanuel Chaves Mealha

Orientadores/Advisors: António Sousa Pereira e Beatriz Sousa Santos

Data Apresentação/Acceptance Date: 06/95

Palavras Chave: Visualização 2D/3D, multimodalidade, modalidades tomográficas, imagiologia médica.

Key Words: *2D/3D visualization, multimodality, tomographic modalities, medical imaging.*

Doutoramento/Ph.D.

Resumo

As modalidades imagiológicas tomográficas existentes actualmente são um instrumento, por vezes, imprescindível para se elaborar e/ou consolidar

alguns operadores que pensamos serem relevantes para a precisão com que é gerada a imagem final, assim como de (ii) topologias de processamento. O capítulo 4 documenta: (i) a estratégia de visualização 3D que dá suporte ao programa que implementamos (ii) o programa propriamente dito e (iii) o estudo de um caso multimodal utilizando SPECT e TAC. Por fim, o capítulo 5, contém as conclusões e perspectivas futuras. Nos três apêndices descrevem-se respectivamente: a formulação necessária para descrever o processo de reconstrução tomográfica por retroprojectão e um programa de visualização em tomografia de emissão simples, as matrizes de convolução para a detecção da normal utilizando os momentos geométricos e a lista de símbolos utilizados nesta tese.

Abstract

The tomographic modalities that exist nowadays are important tools used to elaborate and/or consolidate a certain diagnosis, conduct a therapy, or to perform a surgical study. The tomographic modalities have specific programs to reconstruct, visualize and analyze the data produced in a circular multiple view basis. Only recently, with the advent and popularity of powerful workstations, have the 3D reconstruction schemes of the anatomical structures under study been exploited.

We started by presenting an overview of 3D visualization strategies of volumetric data, similar to data coming from clinical modalities. The evaluation of operators and methodologies is accomplished with the aim of producing a 3D visualization solution adequate for the clinical reality. The 3D visualization solutions can be classified in two groups. The methods that detect and work only with a surface description of the structure is one of the groups, the other always represents the structures with the whole data volume as a starting point, the so called volume representation methods. After studying and evaluating the various strategies a hybrid solution is presented that exploits interactivity with a surface representation method, and high precision with a volume representation method, specifically a raycaster. The program that was implemented and described in this thesis reveals our perspective of a 2D/3D visualizer for clinical data. Due to the amount of time required to run some of the processes, a solution with a parallel processing scheme was implemented and tested. The farm topology seems to be the most appropriate for the data and processing techniques involved, related efficiency tests were carried out on a transputer network.

Aware that multimodality is starting to be a major issue, the studies were continued on the basis of a multivolume approach, with data volumes of the same patient but acquired with different clinical modalities. Solutions for registration, fusion and 2D/3D visualization of multimodal data is presented in an integrated manner. Three SPECT case studies are used to show the relevance of a multimodal 3D integrated visualization scheme in

addition to the classical 2D slice by slice navigation methods.

This thesis is organized in 5 chapters and 3 appendices. Chapter 1 starts by introducing the theme and the related problems. In chapter 2, after describing the modalities that are used, a general overview of 3D visualization methodologies related to the multimodality problem is presented, themes concerning parallel architectures and interface attributes are also covered. The next chapter evaluates and discusses: (i) operators which we think are important for the precision with which the final image is generated, as well as (ii) processing topologies.

Chapter 4 describes: (i) the 3D visualization strategy that is the basis of our visualization program, (ii) the visualization program, and (iii) a case study using SPECT and CT volumes. Last but not least, chapter 5, where conclusions are drawn and future work is presented. The 3 appendices contain: the necessary formulation to understand and implement the tomographic reconstruction process and reconstruction/visualization program for SPECT volumes, convolution matrices for normal calculation using geometric moments and the list of symbols used in this thesis.

Título: Navegação Autônoma de Robots: Interpretação dos Dados Sensoriais e Navegação Local

Title: Robot Autonomous Navigation: Sensorial Data Interpretation and Local Navigation.

Autor/Author: Vítor Manuel Ferreira dos Santos

Orientador/Advisor: Francisco Vaz

Data Apresentação/Acceptance Date: 07/95

Palavras Chave: Robótica móvel, navegação local, arquitectura de navegação, redes neuronais, sensores de ultra-som.

Key Words: Mobile robotics, local navigation, navigation architecture, neural networks, ultrasound.

Doutoramento/Ph.D.

Resumo

O trabalho descrito nesta tese foca os problemas da navegação local de robots móveis. A ideia fundamental consiste em desenvolver mapas de percepção à base de dados de ultra-som usando redes neuronais e em seguida efectuar navegação local com base nesses mapas. A tarefa de navegação local é ainda integrada numa arquitectura global onde se definem outras tarefas para poder levar a cabo operações completas de navegação.

As capacidades de integração e combinação de informação das redes neuronais são aproveitadas para eliminar ou reduzir alguns problemas associados à medição com sensores de ultra-som, nomeadamente, as reflexões especulares que resultam em falsas medições. As redes geram assim os mapas de percepção que são em seguida usados para efectuar a navegação local.

Os mapas de percepção definidos são especiais no modo em que se adequam às características da medição com sensores de ultra-som, nomeadamente, a forma