

Universidade de Aveiro



MESHOTRON

Um cluster de baixo custo para processamento de som em tempo real

Jodionísio Muachifi (97147), Ruben Castelhana (97688), Marta Oliveira (97613)

Vasco Santos (98391), João Felisberto (98003), Bruno Silva (97931)

Licenciatura em Engenharia de Computadores e Informática

Orientador: António Guilherme Rocha Campos

Professor: José Manuel Matos Moreira

06 de dezembro de 20



Resumo

O processamento do perfil sonoro de salas tem bastantes aplicações quer para investigação quer para entretenimento de consumidores comuns. No entanto, dado que os algoritmos existentes necessitam de uma grande quantidade de recursos e tempo para correr, não é prático de se fazer. Mas estes algoritmos são propícios a ser paralelizados, e é desta propriedade que vamos fazer uso para resolver o problema. O Meshotron visa ser um circuito integrado capaz de processar o perfil sonoro de uma sala em tempo próximo do real. Já foi provada a viabilidade da ideia em projetos anteriores, através de implementações em FPGAs. Neste trabalho serão adicionados programas para interface com o utilizador e ainda um protótipo feito com unidades computacionais de baixo custo. Os programas feitos serão a base para trabalho futuro, enquanto que o cluster será uma implementação do meshotron que qualquer um pode replicar.

Abstract

The processing of the acoustic profile of a room has many advantages both for researchers and for the average consumer's entertainment. However, sound processing is a very demanding task in terms of time and resources because the algorithms are very heavy. These algorithms are quite easy to parallelize, and this is the property we will be exploring in our project. The Meshotron aims to be circuit capable of real time processing of a room's acoustic profile. Its viability has already been proven in previous projects, with implementations in FPGAs. With this work new interfaces between the user and cluster will be added, as well as a prototype made with low-cost computation units. The interfaces will be the basis of future work, while the cluster will be an implementation of the meshotron that everyone can replicate.

Agradecimentos

Nossos agradecimentos são dirigidos primeiramente a Deus por dar-nos o fôlego de vida e força para acordar e realizar as tarefas diárias. Em segundo lugar, agradecemos ao nosso orientador do projeto António Campos que incansavelmente tem nos dado o suporte necessário para o avanço do projeto e, sem esquecer o professor José Moreira que nos ensinou como organizar e escrever um relatório técnico.

Conteúdo

1 Introdução	1
1.3 Contexto	1
1.2 Motivação	1
1.3 Objetivos	2
1.4 Estrutura do relatório.....	2
2 Estado da arte	3
2.1 Projetos relacionados.....	3
2.1.1 Unidades ASH para paralelização de modelos acústicos DWM tridimensionais	3
2.1.2 Design e simulação de um protótipo de unidade Meshotron retangular - Simpósio sobre aceleradores de aplicativos em computação de alto desempenho (SAAHPC'11).....	4
3 O que será diferente nesta implementação?	5
3.1 Tecnologias	5
4 Conclusão	6

Abreviações

3D	3 Dimension
ASH	Application Specific Hardware
DWM	Digital Waveguide Mesh
FPGA	Field Programmable Gate Array
RIR	Room impulse responses
VHDL	VHSIC Hardware Description Language
VHSIC	Very High Speed Integrated Circuits

Capítulo 1

1 Introdução

A análise de perfis acústicos é bastante importante. Permite desenhar salas de espetáculos, espaços de estudo de ruído, ou até mesmo determinar como era a sonoridade de lugares históricos, como o Coliseu de Roma ou o Stonehenge.

Ainda que a área da investigação seja quem mais necessita destas tecnologias, consumidores comuns também podem beneficiar dela. Podem adquirir sistemas para melhorar o planeamento dos seus *home cinemas*, ou quaisquer outras salas. Podem ainda usufruir de jogos com som mais imersivo ou mesmo reuniões virtuais onde todas as pessoas soam como se estivessem na mesma sala.

No entanto, estas tecnologias são ainda demasiado lentas e dispendiosas, dado que não há hardware específico para elas. O objetivo deste projeto é dar a interface para um ASH destes e demonstrar a sua usabilidade com um pequeno cluster de unidades computacionais de baixo custo.

1.3 Contexto

O nosso projeto de licenciatura foca-se no problema de modelação acústica usando clusters de baixo custo para processar som em tempo real. A ideia surgiu no seguimento do trabalho desenvolvido pela Sara Barros e Guilherme Campos.

Além disso, envolve um conjunto de novas tecnologias que abrange desde a linguagem de programação, redes de computadores, computação até ao nível do hardware.

1.2 Motivação

O processamento de som é uma tarefa muito demorada e dispendiosa. Estes problemas limitam e atrasam significativamente o progresso científico. Os consumidores comuns são privados de conteúdos com sonoridade mais imersiva, tais como *home cinemas* otimizados e jogos com som adequado ao ambiente.

Dado que há algoritmos de processamento de som passíveis de ser paralelizados, havendo uma máquina capaz de os implementar tem-se este problema resolvido. Foi isto que motivou o Meshotron.

1.3 Objetivos

Com este projeto, pretende-se lançar as bases para programas de interação com o *Meshotron*, bem como fazer um cluster funcional implementado com Raspberry Pi, unidades computacionais de baixo custo. Queremos, portanto, de resolver o problema da modelação acústica.

A implementação do cluster deve ser infinitamente escalável, de modo a se poderem adicionar tantas unidades computacionais quanto se quiser.

A ideia é, no final, tornar a tarefa de processamento de som em tempo quase real acessível a todos que dela possam usufruir.

1.4 Estrutura do relatório

Além da introdução, este relatório apresenta mais 3 capítulos. No capítulo 2 é descrito o estado da arte do projeto Meshotron, abordando aspetos dos trabalhos anteriores. No capítulo 3 explica-se a inovação tecnológica a ser implementada e, finalmente, o capítulo 4 relata de forma breve da conclusão do estado da arte do projeto.

Capítulo 2

2 Estado da arte

2.1 Projetos relacionados

Nesta secção vamos apresentar trabalhos feitos anteriormente para este projeto.

2.1.1 Unidades ASH para paralelização de modelos acústicos DWM tridimensionais

Este projeto desenvolvido pela Sara Barros e Guilherme Campos consiste na exploração das propriedades paralelizáveis do modelo acústico DWM e do desenvolvimento do *Meshotron* (rede dedicada de computação) em ASH e sua implementação em FPGA.

É detalhado o funcionamento do modelo DWM e a utilidade da sua paralelização na modelação de salas de tamanho significativo a uma frequência *standard*. Como exemplo, os autores calculam que seriam necessários 155 dias para modelar uma sala com volume de 10000 metros cúbicos a uma frequência de 44.1kHz.

Devido à relativa simplicidade do modelo DWM, torna-se extremamente vantajosa a sua implementação em hardware dedicado.

Os autores mencionam que a viabilidade da paralelização deste modelo já foi comprovada com vários testes em multiprocessadores e workstation-clusters desde que a rede também esteja disposta numa malha tridimensional (tal como o modelo). Isto permite que a eficiência e o *overhead* de comunicações por consequência não sejam afetados pelo número de total de unidades.

Cada nó da unidade *Meshotron* é composto por um bloco de *scattering* responsável pelo cálculo do modelo, 14 registos. 6 de envio, 6 de receção, 1 de tipo do nó e um último que guarda a sua pressão, 12 buffers para troca de informação entre nós. Foi também usado um gestor de barramentos para configuração e controlo dos esquemas de endereçamento.

Foi calculado um baixo *overhead* de comunicação entre unidades (inferior a 2%) e devido às já comprovadas propriedades paralelizáveis do modelo DWM foi possível comprovar o funcionamento, viabilidade e vantagens do *Meshotron*.

De forma semelhante ao nosso projeto um computador *host* configurará as unidades com informação da sala e recolherá os resultados.

2.1.2 Design e simulação de um protótipo de unidade Meshotron retangular - Simpósio sobre aceleradores de aplicativos em computação de alto desempenho (SAAHPC'11)

Um projeto semelhante ao que iremos realizar foi feito por Carlos Romeiro, Guilherme Campos e Arnaldo Oliveira. O trabalho baseou-se em utilizar uma unidade denominada *Meshotron* com uma nova unidade de hardware *ASH*.

O *Meshotron*, nesta proposta, foi desenhado com vista a implementar a paralelização em larga escala de modelos acústicos baseados na técnica de modelação *DWM-3D* em topologia retangular.

O objetivo era ultrapassar as dificuldades no tamanho computacional do problema. Desta forma, com o uso de unidades de *ASH* consegue formar-se em grande escala uma paralelização globalmente assíncrona e localmente síncrona independentemente do número de blocos em que a sala é dividida.

A unidade *Meshotron* é constituída por bancos de memória de porta dupla, *buffers* para a comunicação e ainda módulos de dispersão que colecionam os dados dos bancos de memória.

O protótipo foi simulado com base em especificações VHDL dos vários componentes de hardware envolvidos.

O projeto foi aprovado com testes realizados ao longo da produção. A validação passou pela comparação das respostas impulsiais (*RIRs – room impulse responses*) de cada modelo obtidas pelas descrições em VHDL, com as obtidas pelo programa de modelação *DWM-3D* em condições semelhantes.

Logo, conseguiram verificar que a velocidade computacional foi só limitada pela taxa de acesso à memória e por isso o funcionamento do *Meshotron* foi validado.

Capítulo 3

3 O que será diferente nesta implementação?

Esta implementação é um cluster de baixo custo que providencia recursos computacionais aceitáveis e é infinitamente escalável. A partir do nó master distribui tarefas pelos restantes nós (chamados de workers) e de seguida estes devolvem o resultado ao master, o que torna o cálculo muito mais rápido.

3.1 Tecnologias

O Meshotron é implementado usando:

1. Raspberry Pi 4 modelo B
 - Quad core Cortex-A72 (ARM v8) 64-bit SoC @ 1.5GHz
 - 2/4/8 GB LPDDR4-3200 SDRAM (depending on model)
 - Up to 6x UART

2. MPI - Interface de comunicação paralela

MPI é um padrão para comunicação de dados em computação paralela. Existem várias modalidades de computação paralela, e dependendo do problema que se está a tentar resolver, pode ser necessário passar informações entre os vários processadores ou nós de um cluster, e o MPI oferece uma infraestrutura para essa tarefa.

3. Programas para Interface com utilizador em C e Java

Capítulo 4

4 Conclusão

O Meshotron é um cluster de unidades Raspberry Pi de baixo custo, que permitirá modelar uma sala, com as especificações providenciadas pelo utilizador, servindo-se de DWM para a criação da sala e respetiva partição. Este projeto já fez parte da dissertação de mestrado de Sara Barros com a orientação de Guilherme Campos, diferindo deste projeto de licenciatura no facto de providenciar recursos computacionais aceitáveis e é altamente escaláveis.

Neste projeto esperamos que o nosso cluster faça o pretendido, ou seja, realizar a modelação acústica de uma sala, a partir dos dados do cliente, que seja infinitamente escalável e extremamente rápido.

O estado da arte deste projeto mostrou-nos de forma detalhada e clara o percurso a seguir para implementarmos um cluster de baixo custo para processamento de som em tempo real.

O estado da arte deu-nos confiança para o avanço gradual do projeto e, além disso, aprendemos o suficiente o relatado nos trabalhos anteriores.

Referências bibliográficas

1. **Carlos Romeiro, Guilherme Campos e Arnaldo Oliveira.** Design and Simulation of a Rectangular Meshotron Unit Prototype. *Symposium on Application Accelerators in High Performance Computing (SAAHPC'11)*. Knoxville, Tennessee : s.n., 19-21 de Julho de 2011.
2. **Campos, Sara Barros e Guilherme.** Unidades ASH para paralelização de modelos acústicos DWM tridimensionais. *6^{as} Jornadas Portuguesas de Arquitecturas Reconfiguráveis (REC'2010)*. Aveiro : s.n., Fevereiro de 2010.
3. **Moreira, José.** E-Learning UA. *Plataforma de ensino de Aprendizagem*. [Online] 19-04 de Novembro-Dezembro de 2021-2022.
https://elearning.ua.pt/pluginfile.php/3822315/mod_resource/content/2/M2%20-%20Elaboration.pdf.