

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 2021



Resumo

O Meshotron visa ser um ASH capaz de processar o perfil sonoro de uma sala em tempo real. Já foi provada a viabilidade da ideia em projetos anteriores. Neste trabalho serão adicionados programas para interface com o utilizador e ainda um protótipo feito com unidades computacionais de baixo custo.

Abstract

The meshotron aims to be an ASH (Application Specific Interface) capable of real time processing of a room's acoustic profile. It's viability has already been proven in previous projects. With this work new interfaces between the user and cluster will be added, as well as a prototype made with low cost computation units.

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

O som é o nosso meio de comunicação, o que nos conecta com o resto do mundo, em certos espaços existem certos valores de distância e frequência que permitem melhorar a experiência do ouvinte, também a análise do perfil acústico de salas é bastante importante, pois 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 proposta 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.

Portanto, a motivação para este trabalho foi encontrar uma forma de tornar paralelizável modelo acústico utilizando unidades de baixo custo de modo a que estas formem um cluster.

- **Reduzir o custo** – o que há disponível hoje em dia para a modulação acústica de uma sala porque foi um curso bastante elevada não sendo acessível a pessoas que a possam querer uma sala de jogos com som mais imersivo, uma sala de conferências, criação de anfiteatros de ópera, o nosso projeto permitirá poupança nesta parte da construção da sala, podendo o dinheiro noutros setores.
- **Melhorar a qualidade sonora de uma sala** - com cálculos precisos derivados de fórmulas precisas conseguimos fazer uma divisão da sala, para uma frequência específica, que fará com que os esquemas que utilizarão Meshotron poderão encontrar uma melhoria sonora para o seu objetivo.
- **Simplicidade no uso** - neste projeto queremos facilitar o uso do Meshotron, assim sendo o seu utilizador apenas precisa de especificar as dimensões da sala e a frequência, obtendo assim a sala configurada, em seguida, pode ainda definir a partição das salas vou deixar que o programa escolha é melhor possível.

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.

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 frisa-se a inovação tecnológica a ser implementada e, finalmente, no 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 em que os temas também se centram no mesmo domínio do nosso 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 altamente escalável, isto é, a partir do nó master, distribui tarefas pelos restantes nós (chamados de workers) e de seguida os nós workers devolvem o resultado ao nó 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)
 - 2 USB 3.0 ports
 - 2 USB 2.0 ports
 - 2.4 GHz and 5.0 GHz IEEE 802.11ac wireless
 - Gigabit Ethernet
 - 40 pin GPIO header
 - Up to 6x UART
 - Up to 6x I2C
 - Up to 5x SPI

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 tentando resolver, pode ser necessário passar informações entre os vários processadores ou nodos 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, isto é, a partir do nó master, distribui tarefas pelos restantes nós e de seguida os nós workers devolvem o resultado ao nó master, o que torna o cálculo muito mais rápido.

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-Lerning 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.