Defesa de dissertação de mestrado
07/11/2008

Simulação Acústica no Ambiente
AcMus

Mário Henrique Cruz Torres
Orientador: Fabio Kon

Motivação

- Muitas salas apresentam uma acústica péssima. Uma ferramenta que ajude a melhorar projetos de salas será muito útil para a sociedade
- O ambiente AcMus precisava do módulo de simulação e ainda não tinha

Objetivos

- Prover uma ferramenta que possa ser usada para melhorar a qualidade acústica de salas
- Implementar o módulo de simulação do AcMus
- Criar um ambiente que possa ser ampliado para acomodar novos algoritmos de simulação

Conteúdo

- Simulação Acústica
- Fontes Virtuais
- Traçado de Raios
- Ambiente AcMus
- Módulo de Simulação
- Resultados
- Conclusão

AcMus

- Programa Livre (GPL) para medição e simulação da acústica de salas para prática musical
- Módulo de medição testado por engenheiros acústicos e pesquisadores
- Conta com usuários na Argentina, Brasil, Espanha, EUA, França, Portugal

Simulação Acústica

- Técnica para se obter informações sobre as características acústicas de uma sala ainda não construída
- Modelos físicos em escala
- Modelos computacionais

Simulação Acústica

- Acústica geométrica de salas
  - Método das Fontes Virtuais
  - Traçado de Raios (*Ray- Tracing*)
  - Métodos híbridos
- Métodos baseados na Equação de Onda
  - Método de Elementos Finitos (FEM)
  - Método Diferenças Finitas no Domínio do Tempo (FDTD)

Fontes Virtuais

Baseado na idéia de que uma reflexão especular pode ser construída geometricamente, espelhando a fonte no plano da superfície refletora
(The Use of Computer Modeling in Room Acoustics)

Fontes Virtuais

Reflexão especular pode ser construída geometricamente, espelhando a fonte no plano da superfície refletora

(The Use of Computer Modeling in Room Acoustics – J.H. Rindel)

Traçado de Raios

- Implementação simples
- Facilmente paralelizável
- Resultados satisfatórios

Traçado de Raios – Sala

- Pode ter geometria complexa (não-convexa)
- Modelada usando quadriláteros convexos
- Paredes tem um coeficiente de absorção sonora (α)

Traçado de Raios – Fonte Sonora

- Representa o emissor sonoro
- Vários tipos de fontes sonoras: determinística / pseudo-aleatória
- Modelamos uma distribuição uniforme sobre a superfície de uma esfera, usando técnica de Monte Carlo

Traçado de Raios – Teste de Ponto no Polígono

- Usado para detectar se o raio sonoro incide no polígono em questão
- $S_j \cdot Q R_j = 1$ Q não pertence ao polígono
- $S_j \cdot Q R_j = -1$ Q pertence ao polígono

Traçado de Raios - Reflexão

- Reflexão especular, ângulo de reflexão igual ao ângulo de incidência
- Raio perde energia para a parede devido a absorção sonora
- Raio perde energia para o ar, devido à distância percorrida

Traçado de Raios – Receptor Sonoro

- Guarda informações sobre raios que o atingem. Ex: tempo e energia
- Melhor modelo ainda é um problema de pesquisa
- Receptor sonoro omnidirecional
- Correção da energia ($L/2r$)

Traçado de Raios – Resposta Impulsiva

- Resposta da sala a um sinal de entrada
- RI obtida é usada para calcular parâmetros acústicos, como: EDT, T30, D50
- Possível usar RI para fazer a auralização da sala

Por que escolhi o Traçado de Raios

- Ampla literatura
- Simplicidade de implementação
- Facilidade para trabalhar com salas de geometria complexa (não-convexa)
- Base para implementar outros algoritmos, como fontes virtuais, métodos híbridos
- Facilmente paralelizável

Simulação Acústica

Considerações Finais

- É possível melhorar a qualidade acústica de ambientes usando a simulação como ferramenta de apoio à tomada de decisões
- Técnicas mais usadas são baseadas em Acústica Geométrica de salas
- AcMus conta, agora, com implementação de um algoritmo de Traçado de Raios

Arquitetura do Ambiente AcMus

- Medição: análise acústica de salas existentes
- Utilidades: exportação/importação/conversão de arquivos WAV
- Simulação: simulação acústica
- Problemas: interface entre módulos ainda não é bem definida

Arquitetura Módulo de Simulação Acústica

Arquitetura Módulo de Simulação Acústica

- Facilidade para implementação de novos algoritmos, baseados na Acústica Geométrica de Salas
- Implementado sobre plataforma Eclipse
- Definição de pontos de expansão para facilitar o reuso da interface atual
- Sistema de plugins da plataforma Eclipse – OSGi

Avaliação do Módulo de Simulação Acústica

- Round Robin 3 on Acoustic Simulation
- Realizado pelo PTB em 2002
- Objetivo: comparar resultados obtidos por programas de simulação acústica
- Dividido em 3 fases

Avaliação do Módulo de Simulação Acústica

- Round Robin 3 on Acoustic Simulation phase 1
- $\alpha = 0.1$ para todas paredes
- Temperatura da sala: 20 °C
- Umidade rel. do ar: 50%
- Pressão estática do ar: 1000 hPa
- Fonte: S1
- Receptor: R01

Avaliação do Módulo de Simulação Acústica

EDT

Avaliação do Módulo de Simulação Acústica

T30

Avaliação do Módulo de Simulação Acústica

D50

Exemplo de ampliação: GPU

- TCC de Cauê Guerra é a implementação de algoritmo de Traçado de Raios usando a GPU (Graphical Processing Unit)
- Facilidade da integração da API CUDA ao ambiente AcMus
- Resultados promissores: tempo de processamento menor, um benefício é que permitirá auralização em tempo real

Contribuições

- Ferramenta de código livre, com implementação de algoritmo de traçado de raios para simulação acústica
- Único ambiente integrado, a nosso saber, de medição e simulação acústicas
- Arquitetura O.O. que facilita a implementação e difusão de novos algoritmos de simulação acústica
- Facilidade de uso por usuário não especialista, devido à interface gráfica

Conclusões

- É possível prever o comportamento acústico de salas, usando computadores pessoais de baixo custo
- Linguagem Java é rápida o suficiente para ser usada em algoritmos de simulação acústica
- Algoritmo de Traçado de Raios representa bem o comportamento acústico de salas

Fim

<http://gsd.ime.usp.br/acmus>

marioct@ime.usp.br

Obrigado

Anexo 1

Raios: 300k; Raio Receptor: 0,05m; K=300