

Розробка програмного забезпечення для симуляції акустичних хвиль за допомогою трасування променів

УДК 621.395.7 (043.2)

Олександр Терлецький¹, Валерій Трушевський²*Львівський національний університет ім. І. Франка,**¹oleksandr.terletskyi@lnu.edu.ua, ²valeriy.trushevsky@lnu.edu.ua*

Трасування променів - це метод моделювання розповсюдження звуку, що базується на ідеї, що звук може бути розглянутий як потік енергії, який поширюється через середовище у вигляді променів. Цей метод поділяє середовище на невеликі області, відомі як промені, і визначає взаємодію звуку з об'єктами в кожній з них. Це дозволяє моделювати відбиття, розсіювання та поглинання звуку, а також імітувати ефекти різних акустичних середовищ за допомогою матеріалів геометрії[1].

Для реалізації програмного забезпечення використовується ігровий двигун Unity[2], де створюється сцена з геометрією. Промені запускаються у випадковому напрямку від джерела звуку, після чого вони відбиваються в залежності від кута (під яким попадають на геометрію) та матеріалу (в який вони потрапили). Після кожного відбиття відбувається збір променів, де враховується прямий шлях до слухача за допомогою бінарного пошуку. У випадку, якщо шлях знайдений, обчислюється втрата енергії, яка виникає внаслідок дифракції, що є зображено на рис. 1.

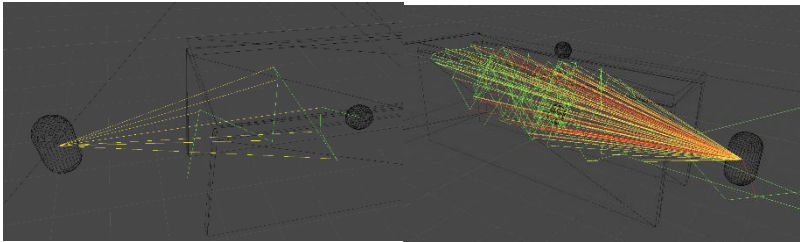


Рис.1. Трасування променів та визначення дифракції (жовті лінії - дифракції, яка доходить до слухача з позитивною енергією, червоні лінії - дифракції, які доходять до слухача з нульовою енергією) для 1 і 20 променів відповідно (8 відбиттів на промінь в обох випадках).

Кожен промінь під час відбиттів зберігає інформацію про те, яку він пройшов відстань, скільки втратив енергії під час взаємодії з матеріалами, а також свій шлях у вигляді послідовності елементів, від яких було здійснене відбиття. Відстань і втрата енергії від взаємодії з матеріалами необхідні для того, щоб визначити зміну в коливаннях тиску при проходженні звуку через повітря в децибелах. Отриманий результат зберігається для конкретно пройденого шляху. Під час трасування наступних променів, можна натрапити на промінь, який відбиватиметься по такому ж шляху, як і попередній промінь. В такому випадку відбирається промінь, який має більшу енергію. Отримавши інформацію про тиск на різних шляхах променів

результати додаються, щоб отримати фінальне значення тиску на відповідній частоті.

Оскільки промені випускаються в випадковому напрямку, то велика кількість променів не доходять до слухача. Для оптимізації використовується трасування центрального променя напрямку від джерела до слухача. За допомогою цього отримується результат про тиск на відповідній частоті і використовувати при цьому меншу кількість променів.

В подальшому звук розбивається на 10 проміжків частот за допомогою Csound[3] використовуючи buterbp opcode [4]. На кожній частоті трасування променів відбувається окремо, що є зображено на рис. 2. Після збору інформації про коливання тиску на різних частотах інформація в реальному часі відправляється в Csound для того, щоб приглушити чи навпаки підсилити відповідні звук на відповідних частотах.

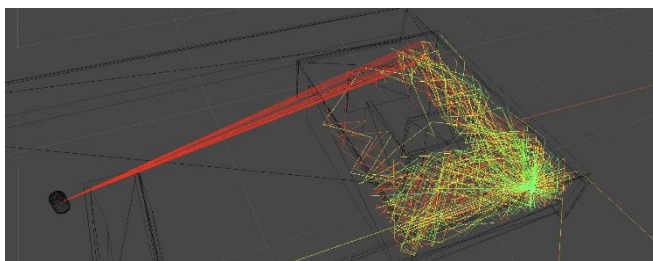


Рис.2. Трасування променів одночасно на різних частотах (колір променів відповідають частоті звуку)

Оскільки в кожному промені є збережена інформація про те, яку він пройшов відстань, можна порахувати час за який він дійшов до слухача. Це дає змогу обчислити ревербації на різних частотах. Ця інформація також передається в Csound в реальному часі.

Отримані результати свідчать про ефективність використання даного підходу для симуляції поширення хвиль в реальному часі. Важливо відмітити, при тестуванні програми використовувалось 20 променів, які випускались за 1 кадр для кожного частотного проміжку. За рахунок усереднення значень протягом послідовних кадрів можна досягнути достатньо реалістичних результатів звучання.

1. Ouellet-Delorme, Émile & Venkatesan, Harish & Durand, Emmanuel & Bouillot, Nicolas. Live Ray Tracing and Auralization of 3D Audio Scenes with vaRays. 18th Sound and Music Computing Conference – 2023. – p.1-3.
2. Unity Game Engine. URL: <https://unity.com/>
3. CSound - Audio Programming Language. URL: <https://csound.com/>
4. Bilkent Samsurya. Realtime Audio Raytracing and Occlusion in Csound and Unity. ICSC– 2022. – p.2-3.