**Temat: Rozprzestrzenianie się fali dźwiękowej po pomieszczeniu**

*Autorzy: Kacper Gawroński, Krzysztof Kogut, Paweł Perończyk*

**Koncepcja projektu:**

Zdecydowaliśmy się stworzyć aplikację desktopową, która będzie wchodzić w interakcję z użytkownikiem. Użytkownik będzie miał możliwość dostosowania/ustawienia parametrów pomieszczenia (wielkość pomieszczenia, ilość i wielkość przeszkód), jak i parametrów fali dźwiękowej (natężenie, częstotliwość) oraz przeprowadzenia symulacji rozchodzenia się tej fali. Wynikiem działania będzie graficzne przedstawienie rozchodzenia się fali o zadanych parametrach.

**Technologie:**

Java, Swing

**Opis zjawiska:**

Rozchodzenie się dźwięku w pomieszczeniu zależy od jego wymiarów i kształtu oraz od struktury powierzchni ograniczającej pomieszczenia, jak też od właściwości akustycznych przedmiotów w niej się znajdujących (co pomijamy z uwagi na potrzeby symulacji). Wymienione czynniki mają wpływ na prędkość zanikania energii dźwiękowej w pomieszczeniu, co z kolei wpływa w sposób zasadniczy na wartość poziomu dźwięku w nim panującego.

Fale dźwiękowe rozchodzące się w pomieszczeniach natrafiając na przeszkody mogą się od nich odbić. Te odbicia mogą mieć charakter lustrzany (kąt padania jest równy kątowi odbicia) lub też łączyć się z rozproszeniem dźwięku (fala padająca pod określonym kątem jest odbijana we wszystkich kierunkach). To, jaki charakter będzie miało odbicie zależy od relacji między długością fali a rozmiarami elementów rozpraszających. W praktyce, ze względu na duży zakres długości fal dźwiękowych (w zależności od częstotliwości od 1,7 mm do 17 m), zwykle mamy do czynienia z odbiciem mieszanym – składowe dźwięku o pewnych częstotliwościach ulegają odbiciu z rozproszeniem a inne odbiciu lustrzanemu.

Podczas rozchodzenia się dźwięku w powietrzu następują lokalne zmiany ciśnienia, polegające na odchyleniach powyżej i poniżej normalnego ciśnienia atmosferycznego, czyli ściśnięciach i rozprężenia cząsteczek powietrza. Zwykłe zmiany ciśnienia atmosferycznego, np. związane z pogodą lub wysokością, są zbyt powolne, aby słuch ludzki postrzegał je jako dźwięki. Częstotliwości poniżej około 16-20 cykli na sekundę, czyli herców (1 Hz=1/s), są dla człowieka niesłyszalne, choć czasem ucho na nie reaguje. Te częstotliwości to tzw. infradźwięki. Zakres częstotliwości od około 20 do około 20000 Hz to częstotliwości słyszalne dla człowieka. Dokładny zakres słyszalności jest różny dla różnych osób. Częstotliwości z zakresu słyszalności być postrzegane jako dźwięk, mający określoną wysokość, czy też charakter tonalny albo szumowy. Częstotliwości powyżej 20 kHz nazywamy ultradźwiękami.

Fala dźwiękowa wychodząca ze źródła dźwięku słabnie wraz ze wzrostem pokonanej odległości od źródła. Osłabienie to zależy od właściwości kierunkowych źródła i od środowiska, w którym ta fala się rozchodzi. Gdy źródło dźwięku jest małe w porównaniu z długością promieniowanej fali, dźwięk rozchodzi się na zewnątrz w formie sfery o promieniu rosnącym wraz z oddalaniem się od źródła. Ponieważ energia dźwięku jest rozprowadzana równomiernie na powierzchni sfery, intensywność dźwięku jest proporcjonalna do odległości od źródła zgodnie z zależnością:

http://edu.pjwstk.edu.pl/wyklady/wspmu/scb/a2/intens.GIF

gdzie r1, r2 - odległości od źródła dźwięku, I1, I2 - intensywność dźwięku w odległości r1 i r2 odpowiednio. Odpowiada to zmniejszeniu poziomu o 6 dB przy podwojeniu odległości.

Wynika to z niezakłóconego, przestrzennego rozproszenia energii dźwiękowej. We wnętrzach jest nieco inaczej. Poziom dźwięku opada w podobnym tempie w najbliższym otoczeniu źródła, tam gdzie dominuje dźwięk bezpośredni tego źródła (czyli w tzw. polu bezpośrednim). Pozostała przestrzeń w pomieszczeniu jest tzw. polem pogłosowym, gdzie dominują dźwięki odbite. Poziom dźwięku w polu pogłosowym wszędzie jest taki sam lub bardzo zbliżony. Stąd zanik przestrzenny dźwięku w pomieszczeniach jest zwykle dużo słabszy niż w przestrzeni otwartej.

**Plan realizacji:**

Planujemy wykorzystać zasadę działania automatów komórkowych, poprzez stany komórek jak i ich interakcje z sąsiadami będziemy mogli przeprowadzić symulację propagacji fali dźwiękowej.  
Każda komórka będzie obiektem pewnej klasy w Javie z odpowiednimi atrybutami oraz odnośnikami do sąsiednich komórek (m.in. zapisywanie stanu odległości i tym podobnych).  
Do realizacji obliczeń można wykorzystać metodę FDTD (ang. Finite Difference Time Domain) – metoda różnic skończonych w dziedzinie czasu.  
Metoda FDTD należy do ogólnej klasy metod modelowania różnicowego z wykorzystaniem siatki (metody różnic skończonych). Zależne od czasu równania Maxwella (w częściowej postaci różniczkowej) są dyskretyzowane za pomocą przybliżeń centralnej różnicy pochodnych cząstkowych w czasie i przestrzeni.

Zastanawiamy się jeszcze nad rozwiązaniem odbijania (rozpraszania) się fali od obiektów, czy obrać konkretny materiał, czy zaimplementować możliwość doboru parametrów, które również będą miały wpływ na całą symulację. Problemem może być też sposób jaki uwzględnimy to w automacie komórkowym.  
Po napisaniu i przetestowaniu programu głównego zajmiemy się częścią wizualną aby móc w miarę jak najlepszy sposób przedstawić wizualizację symulacji.  
W symulacji postaramy się również odwzorować takie zjawiska jak dyfrakcja czy superpozycja fal.

**Pytania:**

1. Wielkość komórki (bok komórki = 1 metr/1 centymetr/inaczej) ?
2. Java + Swing / Java + WEB ?
3. Rozchodzenie się dźwięku – sfera, w naszym przypadku (2D) – okrąg.  
   Jak liczyć, do których komórek dźwięk dociera w danym momencie? Ze wzoru na długość odcinka? W przypadku małych komórek odległość można liczyć do środka komórki, ale co w przypadku gdybyśmy jednak mieli użyć większych komórek? Wtedy odległość liczona do granicy komórki? 🡨 nie wiem czy tu nie myślę źle bo nie do końca rozumiem jeszcze tą metodę a możliwe że odpowiedź na to pytanie już się w niej zawiera ale nie jestem pewien.

**Bibliografia:**

1. *Efficient and Accurate Sound Propagation Using Adaptive Rectangular Decomposition,* Nikunj Raghuvanshi, Rahul Narain, and Ming C. Lin, Member, IEEE

2. *Visualization of sound propagation and scattering in rooms,* Takatoshi Yokota, Shinichi Sakamoto and Hideki Tachibana

3. *Acoustic Intensity Imaging Methods for in-situ Wave Propagation,* Stefan Weyna

4. *Sound Wave Propagation Applied in Games,* Marcelo Zamith, Erick Passos, Diego Brand˜ao, Anselmo Montenegro, Esteban Clua, Mauricio Kischinhevsky, Regina C.P. Leal-Toledo

5. *HyperPhysics Concepts,* Nave, C. R.,  
[http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/sound/soucon.html#soucon](http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/sound/soucon.html)