1.1 Wprowadzenie

Wiele dziedzin z zakresu akustyki, a w szczególnosci akustyka pomieszczen, wymaga analizy pola akustycznego. Zdefiniowanie pojecia czasu poglosu przez Wallace Clement Sabine'a i ustalenie empirycznego wzoru rozpoczęło erę akustyki architektonicznej i rozwój metod analizy pola akustycznego. Wzór Sabine'a [W.C. Sabine: Collected Papers on Acoustics. Harvard University Press, 1922.] oraz jego kolejne przeksztalcenia nie uwzglednialy wielu zjawisk akustycznych. Zarówno wzory empiryczne, jak i metody statystyczne, uwzglednialy jedynie niektóre parametry pola akustycznego i czesto wprowadzaly duzy blad w odniesieniu do rzeczywistych wartosci. Analityczne rozwiazanie równania falowego, lub wykorzystanie metody elementów skonczonych bylo zbyt kosztowne, lub niemozliwe. Jednymi z proszych metod analizy pola akustycznego byly metody geometryczne. W 19xx roku L. Cremer w publikacji „Geometrische Raumakustik” [2] przedstawia geometryczna interpretacje fali akustycznej. Praca ukazuje mechanizm odbicia fali od powierzchni plaskiej i stanowi wprowadzenie do geometrycznych metod analizy pola.

Powstale metody numeryczne stosowane byly w wielu dziedzinach analizy pól wektorowych. Rozwój technologii komputerowej doprowadzil do optymalizacji i opłacalnego wykorzystania tych metod. Poczatkowo, ze względu na małe zapotrzebowanie na adaptacje akustyczne, metody analizy pola akustycznego nie byly znacznie rozwijane. W tym czasie szybko rozwijajacą się dziedziną stała się grafika komputerowa. Próby wygenerowania realistycznych obrazów przy uzyciu technologii cyfrowych wymagaly zamodelowania zjawiska rozchodzenia sie swiatla. W 1968 Arhtur Appel w swojej publikacji [2] zamodelowal punktowe zródlo swiatla jako nieskonczony zbiór pólprostych, odbijajacych sie od powierzchni plaskich pod takim samym kątem jak kąt padania. Powyższa metoda promieniowa (ang. Ray Tracing) zaczęła być wykorzystywana do renderowania grafiki trójwymiarowej. Poprzez analogię fali dźwiękowej do świetlnej w publikacji "Journal of Sound and Vibration [...] przedstawiono wykorzystanie tej metody do obliczenia czasu pogłosu pomieszczenia. Metodę promieniową zauważono jako opłacalną i zaczęto ją modyfikować co doprowadziło do powstania kolejnych metod geometrycznych. Jedną z osób, które przyczyniły się do rozwoju metod geometrycznych był W. Straszewicz. W swojej pracy [4] wykorzystuje podstawy metody źródeł pozornych (ang. Image-Source). W 1979 J. Allen i D. Berkley implementują metodę źródeł pozornych przy użyciu technik cyfrowych [5]. Wysokie zapotrzebowanie na grafikę komputerową, rozwój gier komputerowych i niski koszt obliczeniowy doprowadził do rozwoju powyższych metod symulacji fali. Należy jednak pamiętać, że metody geometryczne często nie uwzględniają wielu zjawisk falowych, co wymusza uzupełnianie je o inne metody numeryczne.

1.2 Cel i zakres pracy

Celem pracy jest wykorzystanie heterogenicznych systemów obliczeniowych do implementacji metody źródeł pozornych z użyciem środowiska openCL. Metoda źródeł pozornych jest obecnie wykorzystywana w popularnych programach do symulacji akustycznych [6] [7]. W przypadku tych programów stanowi ona uzupełnienie innych metod i pozwala na wyznaczenie źródeł pozornych niskich rzędów. Jako niezależna metoda, przy niewydajnych obliczeniach, nie jest w stanie dokładnie odzworować badanego środowiska akustycznego. Obliczenia przy uzyciu tej metody dla źródeł pozornych wysokich rzędów są czasochłonne. Problem ten można rozwiązać zrównoleglając obliczenia przy użyciu kart graficznych. Początkowo wykorzystano ten pomysł w publikacji [[8] Z.-h. Fu and J.-w. Li, “GPU-based image method for room impulse response calculation,” Multimedia Tools and Applications, pp. 1–17, 2016.] która wykorzystuje wspierające karty graficzne NVIDIA środowisku CUDA. Kolejną implementacją metody źródeł pozornych w środowisku kart graficznych jest aplikacja Wayverb [ ... ] przeznaczona dla systemów typu macOS. Głównym założeniem poniższej pracy jest optymalizacja czasu obliczeń dla danej metody. Kolejnym założeniem jest implementacja tej metody w postaci otwartego kodu. W tym celu użyto środowiska OpenCL opartego na licencji open source []. Aplikacja została wykonana na systemy z rodziny Windows ze względu na popularność tego środowiska. Przy tych założeniach aplikacja może stanowić bazę do wykorzystania metody źródeł pozornych w innych aplikacjach. Implementacja jako dane wejściowe ma przyjmować współrzędne przestrzenne punktu źródła dźwięku i punktu odbioru, tablicę powierzchni odbijających wraz z ich współczynnikami pochłaniania dźwięku oraz rząd obliczanych źródeł pozornych. Dane wyjściowe zostaną uzyskane w postaci siatki źródeł pozornych wraz z informacją o ilości pochłoniętej podczas odbić energii dla każdego źródła pozornego.

2 Opis metody źródeł pozornych

2.1 Wprowadzenie

Metoda źródeł pozornych jest jedną z metod często wykorzystywanych w akustyce architektonicznej i cyfrowym przetwarzaniu sygnałów. Przy użyciu tej metody możemy wygenerować odpowiedź impulsową pomieszczenia, zbadać dyfuzyjność pola, prześledzić ścieżkę propagacji dźwięku. Ze względu na liczne uproszczenia, w metodzie jest uwzględniane wiele zjawisk falowych. W jej najprostszej implementacji pomijane są takie zjawiska jak dyfrakcja, interferencja czy rozproszenie fali. W wielu przypadkach, aby ta metoda była skuteczna, należy przeprowadzić złożone obliczenia, lub wykorzystać ją równolegle wraz z innymi metodami numerycznymi.

2.2 Główne założenia metody

W przypadku metod geometrycznych falę dźwiękową traktujemy jako prosty obiekt przestrzenny. W metodzie źródeł pozornych, punktowe źródło zastępujemy nieskończonym zbiorem półprostych. Każda półprosta reprezentuje pewną część składową fali i jej kierunek propagacji. Każda składowa odbija się od powierzchni zgodnie z prawem Snella, a przy odbiciu zostaje pochłonięta część jej energii proporcjonalna to współczynnika pochłaniania dźwięku dla danego materiału. Kolejnym założeniem jest, że powierzchnie odbijające są powierzchniami płaskimi i zorientowanymi. Przy powyższych założeniach, każdą ścieżkę propagacji składowej fali można zastąpić pozornym źródłem. Źródło pozorne dla danej składowej fali powstaje w wyniku odbicia lustrzanego punktu źródła względem powierzchni odbijającej tą składową. W przypadku większej ilości odbić, punkt źródła należy odbić lustrzanie względem każdej kolejnej powierzchni odbijającej. Zbiór wyznaczonych w ten sposób źródeł nazywamy siatką źródeł pozornych, która reprezentuje warunki akustyczne analizowanego pomieszczenia dla ściśle określonych punktów źródła i odbioru. Siatka źródeł pozornych może być podstawą do wyznaczenia echogramu i odpowiedzi impulso

2.3 Wyznaczanie siatki źródeł pozornych  
2.4 Zastosowanie metody