Jakub Maliszewski,

Mateusz Lewczak,

Krzysztof Blankiewicz,

Konrad Polański

# Raport z Projektu zespołowego

**Gra typu FPS(First-Person Shooter) w stylu gry Doom93**

## **Wstęp**

* 1. **Założenia projektowe**

Nasz projekt polega na stworzeniu pierwszoosobowej gry typu FPS (First Person Shooter) w perspektywie 2,5D inspirowaną stylem klasycznej gry Doom z 1993 roku. Doom jest jednym z legendarnych tytułów w historii gier wideo, często uznawanym za pioniera gatunku FPS, który zdefiniował wiele podstawowych mechanik, które stały się podstawą tego typu gier do dzisiaj. W grze zastosowana została perspektywa gracza 2,5D, która łączy dwuwymiarowe tekstury z trójwymiarową przestrzenią, tworząc iluzję głębi i realizmu przy zachowaniu prostoty graficznej – bez skomplikowanych modeli 3D.

Celem projektu jest nie tylko odtworzenie kultowej mechaniki rozgrywki, w tym najważniejsze aspekty rozgrywki, takie jak ruch gracza po mapie, walka z przeciwnikami oraz zbieranie przedmiotów i interakcje tych mechanik ze sobą. Projekt dał nam również możliwość zapoznania się z technicznymi aspektami tworzenia silników gier z perspektywą 2,5D. Projekt pozwoli nam także zgłębić zagadnienia takie jak optymalizacja kodu pod kątem wydajności, efektywne zarządzanie pamięcią, renderowanie grafiki w czasie rzeczywistym oraz implementacja podstawowej sztucznej inteligencji przeciwników. Gra będzie naśladować klimat i działanie oryginalnej gry – szybka akcja połączona z prostym sterowaniem, walka z przeciwnikami. Kluczowym elementem będzie zachowanie estetyki retro, z uwzględnieniem oryginalnej grafiki, jednak z pewnymi uproszczeniami na potrzeby projektu zespołowego.

Oryginalnego Dooma93 napisano w języku C, a w pewnych krytycznych aspektach, np. do obsługi grafiki oraz dźwięku wykorzystano assemblera, co zapewniło dużą wydajność na komputerach z tego okresu. My natomiast do skonstruowania naszego silnika gry sięgnęliśmy po język C++ w standardzie C++11, również ze względów wydajnościowych. Do utworzenia okna gry oraz rysowania elementów w grze użyliśmy popularnej i prostej w użytkowaniu biblioteki SFML 2.6.1. Do efektywnego zarządzania kodem źródłowym i umożliwienie wygodnej pracy zespołowej w projekcie wykorzystaliśmy system kontroli wersji Git, który pozwala na śledzenie zmian w kodzie i łatwe integrowanie pracy wszystkich członków zespołu.

W projekcie zastosowaliśmy wzorzec projektowy ECS (Entity-Component-System) do zarządzania logiką silnika gry. Wzorzec pozwoli na elastyczne tworzenie i zarządzanie obiektami gry poprzez podział na trzy główne typy elementów: Encje (Entities), Komponenty (Components) oraz Systemy (Systems). Takie podejście projektowe ułatwia dodawanie nowych elementów gry i modyfikację już istniejących co poprawia skalowalność i elastyczność projektu.

Proces rozwoju gry będzie obejmował regularnie przeprowadzane testy kolejnych implementowanych modułów, aby zapewnić stabilność i jakość tworzonej gry. Końcowym wynikiem projektu będzie gotowa, grywalna wersja demo, prezentująca kluczowe mechaniki gry, dostępna do gry na komputerach PC z przynajmniej jednym poziomem.

* 1. **Harmonogram i spis zadań**

Harmonogram projektu został rozpisany na dwa półsemestry, aby zapewnić wystarczająco dużo czasu na projektowanie, implementację, testowanie oraz dokończenie projektu. Daje to także margines na rozwiązanie problemów, które mogą pojawić się w trakcie realizacji projektu. Podczas przydziału zadań podzieliliśmy grę na odpowiednie moduły i systemy, tak aby w miarę możliwości każdy był odpowiedzialny za swoją autonomiczną część projektu, co na końcu pozwoli scalić wszystko w całość.

1. Przygotowanie środowiska programistycznego (Wiosna)
   1. Wybór narzędzi programistycznych (marzec):

* Decyzja o wyborze narzędzi programistycznych, takich jak kompilator, biblioteki, system kontroli wersji oraz środowiska IDE (cały zespół),
* Utworzenie repozytorium i konfiguracja systemu kontroli wersji dla całego zespołu (cały zespół),
  1. Instalacja i konfiguracja narzędzi (marzec – kwiecień)
* Instalacja wybranych narzędzi na komputerach roboczych każdego z członków zespołu (cały zespół),
* Konfiguracja środowiska programistycznego, ustawienia projektu w IDE (cały zespół),
* Stworzenie początkowej struktury katalogów w repozytorium (Mateusz Lewczak),
* Przetestowanie instalacji poprzez uruchomienie przykładowego projektu SFML (cały zespół)

1. Implementacja podstawowej struktury silnika (Wiosna)
   1. Struktura klasy GameEngine (kwiecień) (Jakub Maliszewski),
   2. Implementacja wzorca projektowego ECS (Entity – Component – System) (kwiecień – maj) (Mateusz Lewczak),
   3. Implementacja klasy WADLoader wczytującej dane z pliku o rozszerzeniu .WAD z poziomem (kwiecień – maj) (Mateusz Lewczak),
2. Implementacja głównych systemów logiki gry oraz potrzebnych komponentów (Lato) (do połowy sierpnia)
   1. System kontroli gracza i komponent stanu gracza (Jakub Maliszewski),
   2. System ruchu gracza i komponent ruchu (Jakub Maliszewski),
   3. System broni i komponent broni (Krzysztof Blankiewicz),
   4. System obrażeń i komponenty życia oraz obrażeń (Krzysztof Blankiewicz),
   5. System przeciwników i komponent przeciwnika (Jakub Maliszewski),
3. Implementacja systemów odpowiedzialnych za renderowanie grafiki (Lato)
   1. System renderowania minimapy i komponentu spritu minimapy (Mateusz Lewczak),
   2. System renderowania grafiki i komponentu spritu w grze (Mateusz Lewczak),
   3. System renderowania interfejsu gracza (Jakub Maliszewski).
4. Testowanie, optymalizacja i dokumentacja (Lato)
   1. Testowanie i optymalizacja (sierpień)
      * Przeprowadzenie pełnych testów funkcjonalnych i wydajnościowych, aby upewnić się, że gra działa zgodnie z założeniami projektowymi (cały zespół),
      * Poprawa ewentualnych błędów i optymalizacja kodu w krytycznych obszarach silnika (cały zespół),
   2. Opracowanie dokumentacji i końcowego raportu (sierpień – wrzesień)

* Poprawienie komentarzy w kodzie opisujących strukturę projektu (cały zespół),
* Sporządzenie raportu końcowego, podsumowującego wyniki projektu, napotkane problemy i ich rozwiązania oraz wnioski z realizacji projektu (cały zespół).
  1. **Technologia i Narzędzia**

Projekt został zaimplementowany w języku **C++**, co pozwoliło na osiągnięcie wysokiej wydajności i pełnej kontroli nad zasobami systemowymi. Do zarządzania procesem budowania wykorzystaliśmy **CMake**, co zapewniło nam elastyczność i możliwość pracy na różnych środowiskach programistycznych, od Visual Studio na Windowsie, po edytor VIM i tradycyjna kompilacja za pomocą kompilatora GCC na Linuxie. Każdy członek zespołu mógł wybrać środowisko, które najlepiej odpowiadało jego preferencjom, co znacznie ułatwiło współpracę.

## **2. Wprowadzenie teoretyczne**

* 1. **Doom93 (Jakub Maliszewski)**

Doom93 stworzony przez firmę id Software i wydany w 1993 roku, zrewolucjonizował rynek gier komputerowych. Unikalny styl i dynamiczna rozgrywka połączona z zastosowaniem nowatorskich jak na tamte czasy technik programistycznych spowodowały, że Doom stał się legendarnym tytułem rozpoznawanym praktycznie przez każdego gracza. Głównymi programistami byli John Carmack i John Romero, którzy wspólnymi siłami stworzyli silnik zdolny do renderowania złożonych scen 2,5D w czasie rzeczywistym na ówczesnych komputerach klasy PC o bardzo ograniczonych zasobach sprzętowych. Powszechnie dostępne komputery w tamtym czasie nie posiadały dedykowanych układów graficznych (ang. GPU – Graphics Processing Unit) co spowodowało, że twórcy musieli się posunąć do wielu nietypowych i innowacyjnych jak na te czasy rozwiązań, aby gra mogła w ogóle powstać.

Jednym z kluczowych rozwiązań zastosowanych w Doomie była technika raycastingu. Raycasting to metoda, która polega dosłownie na „rzucaniu promieni” z punktu widzenia gracza w różnych kierunkach, aby określić co gracz widzi na ekranie. Każdy promień przeszukuje przestrzeń gry w poszukiwaniu najbliższej powierzchni i na tej podstawie renderuje odpowiednią teksturą w odpowiedniej skali. Technika ta była znacznie mniej zajmująca zasoby w porównaniu do tradycyjnych technik renderowania 3D (w tamtych czasach był to głównie mało wydajny algorytm malarski używany w programach modelowania inżynierskiego CAD). Pozwalało to na stworzenie płynnej i realistycznej iluzji trójwymiarowej przestrzeni przy jednoczesnym małym zapotrzebowaniu w moc obliczeniową co umożliwiało wykorzystanie ówczesnych procesorów.

Kolejnym znacznie bardziej nowatorskim i przełomowym rozwiązaniem zastosowanym w Doomie było wykorzystanie drzew BSP (Binary Space Partitioning) do zarządzania geometrią poziomów i znajdowaniem obiektów najbliżej gracza. Drzewa BSP umożliwiły efektywne dzielenie przestrzeni gry na mniejsze elementy i szybkie ich odnajdywanie, gdy były potrzebne np. do określenia trafienia podczas strzału. To podejście znacznie przyspieszyło proces renderowania, gdyż silnik gry był w stanie bardzo szybko określić, które obszary powinny być widoczne z danej pozycji gracza i w jakiej kolejności powinny być rysowane. Ta struktura danych okazała się krytyczna dla osiągnięcia płynnej rozgrywki, umożliwiając szybkie i efektywne renderowanie nawet na słabszym sprzęcie. To pionierskie rozwiązanie zdefiniowało przyszłość tego typu gier, zostało dopracowane w kolejnej produkcji Carmack’a, czyli równie legendarnym Quake’u oraz w innym tytule legendarnym dla gier FPS – Counter Strike na silniku Source.

Doom wprowadził również innowacyjne podejście do zarządzania zasobami gry. Wszystkie dane poziomu takie jak dźwięki, odnośniki do używanych tekstur, struktura poziomu, rozmieszczenie przeciwników, gracza oraz innych obiektów na mapie były przechowywane w plikach o rozszerzeniu .WAD (skrót od Where’s All the Data). Format ten ułatwił dystrybucję oraz modyfikację gry co znacząco przyczyniło się do rozwoju popularności tak zwanego „modowania” gry przez samych graczy. Układ pliku umożliwiał również szybkie ładowanie zasobów w trakcie rozgrywki, optymalizując czas ładowania.

Kolejną nowością było pierwsze w historii zastosowanie techniki dynamicznego oświetlenie. Silnik pozwalał na zmienianie jasności obiektów w czasie rzeczywistym, co pozwalało na tworzenie bardziej realistycznych scen z efektami świetlnymi i migającymi światłami, które potęgowały klimat horroru. W połączeniu z unikalnym stylem graficznym, te efekty wizualne dodawały immersji i pozwalały graczom „zanurzyć się” w atmosferze gry.

Jakby tego było mało Doom był również jednym z pierwszych tytułów, które wprowadziły tryb gry sieciowej (multiplayer), znany jako „deathmatch”. Gracze mogli łączyć się ze sobą lokalnie wykorzystując protokół IPX i rywalizując na specjalnie zaprojektowanych mapach. Stało się to podstawą do dalszego rozwoju gier wieloosobowych i podłożyło fundamenty pod przyszłe duże sukcesy gatunku FPS.

Wszystkie te innowacje przyczyniły się do niesamowitego sukcesu gry czyniąc ją rozpoznawalną praktycznie dla każdego laika gier komputerowych. Doom był nie tylko technologicznym arcydziełem swoich czasów, ale również przetarł drogę dla branży gier komputerowych jaką znamy dzisiaj. Pewne jest, że gra była w pewnym sensie kamieniem milowym w historii gier komputerowych i zainspirowała wielu twórców do poszukiwania nowych, bardziej wydajnych metod tworzenia gier.



Rys.1 Screenshot z gry Doom93 – Początek kultowej pierwszej misji E1M1

* 1. **Silniki gier (Jakub Maliszewski)**

Silnik gry, to zestaw podstawowych modułów i mechanizmów programistycznych, które umożliwiają realizację kluczowych funkcji potrzebnych do działania gry. Stanowi on główną część kodu gry, która zajmuje się interakcją pomiędzy poszczególnymi obiektami w grze. Struktura silników gier nie jest z góry zdefiniowana i mogą się one między sobą znacząco różnić, jednak istnieją pewne podstawowe komponenty, które występują w nich praktycznie zawsze.

Jednym z podstawowych zadań silnika gry jest generowanie i wyświetlanie grafiki na ekranie. Zależnie od projektu mogą wspierać zarówno renderowanie 2D, jak i 3D, pozwalając na tworzenie różnych rodzajów wizualizacji. Dobór techniki renderowania ma znaczący wpływ na wygląd i realizm grafiki w grze.

Innym aspektem silników gry jest zdefiniowanie zasad fizyki panujących w grze. Moduły silnika odpowiedzialne za fizykę dotyczą ruchu postaci, obiektów, grawitacji, kolizji oraz interakcji obiektów między sobą. Moduły fizyki mogą być bardzo rozbudowane pozwalając na skomplikowane symulacje mechaniki płynów na potrzeby gry, odkształcania się ciał oraz ich reakcji na siły zewnętrzne – np. niszczenie otoczenia przez akcje gracza.

W grach kluczową rolę odgrywa zarządzanie pamięcią i optymalizacja wydajności. Odpowiednie zarządzanie zasobami, minimalizacja zużycia pamięci oraz obciążenia procesora to jedne z głównych zadań silnika zapewniającego płynność działania gry bez opóźnień i z odpowiednią ilością klatek na sekundę.

Kolejnym istotnym elementem silnika jest sztuczna inteligencja w kontekście interaktywnych postaci niezależnych (NPC) oraz systemów zachowań tych postaci lub wrogów w grze. Moduły AI mogą zawierać algorytmy śledzenia gracza, podejmowania decyzji, wyznaczania ścieżek oraz adaptacji do zmieniających się stanów w grze.

Oprócz tego silniki gier obsługują generowanie i przetwarzanie dźwięku, w tym efektów dźwiękowych, muzyki oraz dialogów. Wbrew pozorom jest to jeden z ważniejszych elementów silnika, który wpływa znacząco na odbiór gry.

Wiemy już, że bez silnika gra nie może istnieć, jednakże nie przy każdej produkcji silniki są pisane od zera. Generalnie tworzenie silników jest bardzo czasochłonne i przy profesjonalnych produkcjach wymaga współpracy wielu wyspecjalizowanych w konkretnych aspektach programistów i wiąże się z gigantyczną inwestycją. Aby uniknąć takich wydatków studia produkcyjne bardzo często wielokrotnie korzystają z kolejnych iteracji tego samego silnika, który powstał wcześniej, przy tworzeniu kolejnych gier. Przykładem może być seria Crysis wykorzystująca silnik CryEngine, który ewoluował, z każdą kolejną częścią gry []. Alternatywą dla pisania własnych, oryginalnych silników mogą być również gotowe silniki takie jak Unreal Engine, Unity lub Godot Engine, których wykorzystanie znacząco skraca czas produkcji i jest opcją, z której korzystają zarówno małe jak i duże studia w zależności od technicznych wymagań prowadzonego projektu oraz posiadanych zasobów (budżetu oraz czasu).

My oczywiście nie będziemy korzystać z gotowych rozwiązań i, chcąc zgłębić dogłębnie techniczne aspekty tworzenia gry, spróbujemy napisać nasz własny silnik od zera.

* 1. **Format Pliku WAD w Grze Doom (Mateusz Lewczak)**

### Przegląd

Plik WAD (ang. *Where’s All the Data?*), jest głównym formatem plików używanym w grze *Doom* oraz jej powiązanych tytułach do przechowywania danych gry. Pliki WAD działają jako kontenery, które zawierają różne rodzaje danych potrzebnych do działania gry, takie jak mapy, tekstury, efekty dźwiękowe i inne zasoby.

Pliki WAD dzielą się na dwie główne kategorie:

* **IWAD (Internal WAD):** Zawiera podstawowe dane gry, niezbędne do jej uruchomienia. Przykładami są doom.wad i doom2.wad.
* **PWAD (Patch WAD):** Używane do modyfikacji i dodatkowej zawartości tworzonej przez użytkowników, takich jak nowe poziomy czy niestandardowe grafiki.

### Struktura Pliku WAD

Plik WAD składa się z trzech głównych komponentów:

#### 1. **Nagłówek**

Nagłówek to pierwsza część pliku WAD i zawiera następujące pola:

* **Typ (4 bajty):** Określa, czy plik WAD jest IWAD-em, czy PWAD-em.
* **Liczba lumpów (4 bajty):** Wskazuje łączną liczbę lumpów (wpisów danych) zawartych w pliku WAD.
* **Offset katalogu (4 bajty):** Określa offset w bajtach, w którym zaczyna się katalog.

#### 2. **Katalog**

Katalog to tabela zawartości pliku WAD. Zaczyna się w miejscu określonym przez offset w nagłówku i zawiera jeden wpis dla każdego lumpa. Każdy wpis katalogu ma 16 bajtów i zawiera:

* **Offset (4 bajty):** Offset w pliku, w którym zaczynają się dane lumpa.
* **Rozmiar (4 bajty):** Rozmiar lumpa w bajtach.
* **Nazwa (8 znaków):** ASCII string (w razie potrzeby uzupełniony zerami), który nadaje nazwę lumpowi.

#### 3. **Lumpy**

Lumpy w pliku WAD są podstawowymi jednostkami danych, które przechowują różne elementy niezbędne do funkcjonowania gry *Doom*. Poniżej przedstawiam rozwinięty opis każdego z typowych lumpów znajdujących się w pliku WAD:

##### 1. **THINGS**

* **Opis:** Lump zawierający informacje o wszystkich obiektach umieszczonych na mapie, takich jak pozycje startowe graczy, przeciwnicy, przedmioty do zebrania itp.
* **Zawartość:** Każdy wpis w tym lumpie zawiera współrzędne X i Y obiektu, kąt startowy (jeśli dotyczy) oraz flagi, które określają właściwości obiektu (np. widoczność na poziomach trudności).

##### 2. **LINEDEFS**

* **Opis:** Lump definiujący linie, które tworzą struktury mapy, takie jak ściany.
* **Zawartość:** Zawiera informacje o początkowych i końcowych wierzchołkach linii, typ linii, tagi i powiązane SIDEDEFS (jeśli występują).

##### 3. **SIDEDEFS**

* **Opis:** Lump zawierający dane o teksturach przypisanych do boków linii (LINEDEFS) oraz ich wyrównanie.
* **Zawartość:** Zawiera tekstury, przesunięcia w osi X i Y oraz sektor, do którego dany SIDEDDEF należy.

##### 4. **VERTEXES**

* **Opis:** Lump zawierający współrzędne wszystkich wierzchołków użytych na mapie.
* **Zawartość:** Każdy wpis zawiera współrzędne X i Y danego wierzchołka.

##### 5. **SEGS**

* **Opis:** Lump definiujący segmenty linii (SEGS), które są używane do podziału mapy na podsektory.
* **Zawartość:** Informacje o początkowych i końcowych wierzchołkach segmentów, ich powiązaniu z LINEDEFS oraz SIDEDDEFS.

##### 6. **SSECTORS**

* **Opis:** Lump zawierający dane o podsektorach, które są grupami SEGS tworzących sektory mapy.
* **Zawartość:** Każdy wpis opisuje liczbę segmentów w podsektorze i odwołania do odpowiednich SEGS.

##### 7. **NODES**

* **Opis:** Lump zawierający drzewo BSP (Binary Space Partitioning), które pomaga w szybkim renderowaniu mapy, dzieląc ją na mniejsze podsektory.
* **Zawartość:** Drzewo BSP jest używane do optymalizacji widoku renderowanej sceny, określając, które części mapy są widoczne z danej pozycji gracza.

##### 8. **SECTORS**

* **Opis:** Lump definiujący właściwości sektorów mapy, takich jak wysokość podłogi i sufitu, poziom oświetlenia, tekstury oraz tagi.
* **Zawartość:** Każdy sektor jest opisany poprzez wysokości podłogi i sufitu, tekstury na powierzchniach oraz poziom oświetlenia.

##### 9. **REJECT**

* **Opis:** Opcjonalny lump, który zawiera dane optymalizujące działanie gry poprzez określenie, które sektory są widoczne z danego sektora.
* **Zawartość:** Dane w tym lumpie pozwalają na pomijanie obliczeń dotyczących wrogów znajdujących się w niewidocznych sektorach, co przyspiesza działanie gry.

##### 10. **BLOCKMAP**

* **Opis:** Lump używany do detekcji kolizji między obiektami na mapie.
* **Zawartość:** Zawiera siatkę danych, która pozwala na szybkie określenie, które obiekty są w bezpośrednim kontakcie lub kolidują ze sobą.

##### 11. **PLAYPAL**

* **Opis:** Lump zawierający zestawy palet kolorów używanych w grze.
* **Zawartość:** Każda paleta składa się z 256 kolorów, gdzie każdy kolor jest reprezentowany przez trzy wartości (RGB).

##### 12. **COLORMAP**

* **Opis:** Lump mapujący wartości pikseli w celu dostosowania jasności, co pozwala na tworzenie efektów takich jak oświetlenie dynamiczne.
* **Zawartość:** Zawiera mapy kolorów, które są używane w celu redukcji jasności pikseli w różnych warunkach oświetleniowych.

##### 13. **TEXTURE1 i TEXTURE2**

* **Opis:** Lumpy definiujące tekstury ścian używane na mapach.
* **Zawartość:** Zawierają informacje o nazwach tekstur oraz ich rozmiarach, które są używane do renderowania powierzchni ścian na mapach.

##### 14. **PNAMES**

* **Opis:** Lump zawierający listę nazw wszystkich elementów składających się na tekstury zdefiniowane w TEXTURE1 i TEXTURE2.
* **Zawartość:** Każda nazwa w tym lumpie odwołuje się do części tekstur, które są później składane w większe, złożone tekstury.

##### Specjalne Lumpy i Markery

Niektóre lumpy pełnią specyficzne role, takie jak określenie, gdzie zaczynają się i kończą określone rodzaje danych: - **Markery:** Przykłady to S\_START i S\_END dla sprite’ów oraz F\_START i F\_END dla tekstur podłogi i sufitu (flats). - **Wirtualne Lumpy:** Są to symbole zastępcze, które mogą mieć rozmiar zero bajtów, często używane do oznaczania początku lub końca sekcji danych.

* 1. **Zasada Działania Algorytmu Binary Space Partitioning (BSP) w Grze Doom (Mateusz Lewczak)**

### Wprowadzenie do BSP

Algorytm **Binary Space Partitioning** (BSP) został zaprojektowany, aby efektywnie zarządzać danymi dotyczącymi przestrzeni 3D, które są następnie używane do renderowania sceny. W kontekście gry *Doom*, BSP jest kluczowym narzędziem do organizowania i optymalizowania geometrii mapy w taki sposób, aby możliwe było szybkie obliczanie, które części sceny są widoczne z określonej pozycji gracza.

### Podstawowe Założenia BSP

BSP działa na zasadzie **rekursywnego podziału przestrzeni**. Cała mapa jest podzielona na mniejsze regiony, aż do momentu, gdy każdy region jest wystarczająco prosty, aby łatwo było określić jego widoczność. Wynikiem tego procesu jest struktura danych znana jako **drzewo BSP**.

### Budowa Drzewa BSP

Drzewo BSP jest strukturą danych złożoną z **węzłów** i **liści**:

* **Węzły wewnętrzne (Internal Nodes):** Każdy węzeł wewnętrzny reprezentuje podział przestrzeni na dwie części za pomocą płaszczyzny podziału (ang. *splitting plane*). W kontekście *Doom*’a, płaszczyzny te są w rzeczywistości liniami w przestrzeni 2D (ponieważ mapa gry jest zasadniczo dwuwymiarowa), które dzielą przestrzeń na dwie półprzestrzenie.
* **Liście (Leaf Nodes):** Każdy liść reprezentuje obszar, który nie jest już dzielony, i zawiera informacje o geometrii tego regionu. W grze *Doom* liście odpowiadają podsektorom, które są najmniejszymi jednostkami przestrzennymi mapy.

### Proces Tworzenia Drzewa BSP

1. **Wybór Płaszczyzny Podziału:** Proces zaczyna się od wyboru odpowiedniej linii podziału. Celem jest wybór takiej linii, która minimalizuje liczbę przecięć ścian, co z kolei minimalizuje złożoność podziału przestrzeni. W *Doom*’ie często używa się heurystyk, aby znaleźć optymalną linię podziału.
2. **Rekurencyjny Podział:** Przestrzeń jest dzielona na dwa podzbiory – jedną stronę linii podziału i drugą stronę. Następnie proces jest powtarzany rekurencyjnie dla każdej z tych podprzestrzeni, aż przestrzeń zostanie podzielona na wystarczająco małe regiony, które można uznać za liście drzewa.
3. **Generowanie Liści:** Gdy przestrzeń nie może być już dalej dzielona, generowany jest liść drzewa, który zawiera informacje o geometrii danego obszaru (np. które ściany i sektory znajdują się w tej części mapy).

### Struktura Drzewa BSP w Doom

* **Węzły:** Każdy węzeł przechowuje informacje o płaszczyźnie podziału oraz wskaźniki do swoich dzieci: lewego i prawego poddrzewa.
* **Liście:** Liście przechowują informacje o podsektorach, czyli regionach mapy, które nie zostały dalej podzielone. Każdy liść zawiera listę segmentów linii (*segs*), które tworzą podsektor.

### Obsługa Drzewa BSP

Podczas eksploracji mapy, algorytm BSP jest używany do szybkiego określenia, które podsektory są widoczne z danej pozycji gracza. Silnik gry przechodzi przez drzewo BSP, zaczynając od korzenia, i porównuje aktualną pozycję gracza z płaszczyznami podziału węzłów, aby ustalić, które liście (podsektory) są potencjalnie widoczne. Pozwala to na szybkie odrzucenie niewidocznych części mapy, co znacząco przyspiesza rendering i poprawia wydajność gry.

Wykorzystanie BSP do Renderowania w grze Doom

## Wprowadzenie do Renderowania z użyciem BSP

Wykorzystanie algorytmu Binary Space Partitioning (BSP) w procesie renderowania było kluczowe dla wydajności gry *Doom*. Dzięki zastosowaniu drzewa BSP, silnik gry mógł szybko określić, które części sceny są widoczne z aktualnej pozycji gracza, co znacząco przyspieszało proces renderowania.

### Proces renderowania z użyciem BSP

1. **Przechodzenie przez Drzewo BSP:**
   * Gdy gracz przemieszcza się po mapie, silnik gry przechodzi przez drzewo BSP, zaczynając od korzenia.
   * W każdym węźle BSP, silnik porównuje pozycję gracza z płaszczyzną podziału tego węzła.
   * Na podstawie tej analizy, silnik decyduje, które poddrzewo (czyli która część przestrzeni) znajduje się “przed” gracza, a które “za” nim.
2. **Renderowanie Podsektorów:**
   * Podsektory, które znajdują się “przed” graczem (z punktu widzenia płaszczyzny podziału), są renderowane jako pierwsze.
   * Następnie, silnik przechodzi do renderowania kolejnych podsektorów, zgodnie z kolejnością ustaloną przez drzewo BSP.
   * W tym procesie silnik może od razu wykluczyć części sceny, które są niewidoczne z aktualnej pozycji gracza, ponieważ znajdują się “za” gracza w hierarchii drzewa BSP.
3. **Odrzucanie Niewidocznych Obszarów:**
   * Dzięki strukturze drzewa BSP, obszary mapy, które są zasłonięte przez inne obiekty (np. ściany) mogą być szybko odrzucone, co minimalizuje liczbę obiektów, które muszą być przetwarzane i renderowane.
   * To pozwala silnikowi skupić się tylko na tych fragmentach mapy, które są faktycznie widoczne, co znacznie przyspiesza renderowanie.

### Dlaczego renderowanie grafiki z wykorzystaniem BSP jest szybkie?

1. **Efektywne Odrzucanie Niewidocznych Obszarów:**
   * Drzewo BSP pozwala na szybkie odrzucenie części sceny, które nie są widoczne. Zamiast przetwarzać całą mapę, silnik gry analizuje tylko te obszary, które są rzeczywiście widoczne z aktualnej pozycji gracza.
2. **Zoptymalizowane Przetwarzanie Geometrii:**
   * Dzięki BSP, silnik gry przetwarza geometrię w odpowiedniej kolejności, co zmniejsza konieczność przerysowywania obiektów. W przypadku *Doom*’a, który działał na sprzęcie o ograniczonych zasobach, taka optymalizacja była kluczowa.
3. **Rekurencyjne Renderowanie:**
   * Rekurencyjna natura algorytmu BSP umożliwia łatwe przetwarzanie hierarchiczne, gdzie najpierw renderowane są obiekty bliższe graczowi, a następnie te dalsze. To zapewnia, że bliższe obiekty zawsze są renderowane na wierzchu dalszych, co eliminuje problemy z widocznością (ang. *overdraw*).

## Wykorzystanie BSP do Szybkiej Detekcji Kolizji

### Wprowadzenie

Algorytm Binary Space Partitioning (BSP) może być również wykorzystany do efektywnej detekcji kolizji w grach wideo, takich jak *Doom*. Dzięki swojej strukturze, BSP pozwala na szybkie ograniczenie obszaru, w którym może wystąpić kolizja, co znacznie przyspiesza proces wykrywania zderzeń.

### Zasada Działania

1. **Podział Przestrzeni:**
   * Wstępnie podzielona przestrzeń za pomocą drzewa BSP pozwala na szybkie określenie, w którym podregionie znajduje się dany obiekt lub obiekty. Dzięki temu, zamiast sprawdzać kolizje w całej przestrzeni gry, algorytm koncentruje się na konkretnym regionie.
2. **Rekursywne Przeszukiwanie:**
   * Proces wykrywania kolizji zaczyna się od korzenia drzewa BSP. Każdy węzeł określa, po której stronie płaszczyzny podziału znajduje się obiekt.
   * Silnik porusza się w dół drzewa, sprawdzając, które poddrzewo zawiera obiekt i jego potencjalnych kolidujących sąsiadów.
3. **Redukcja Liczby Porównań:**
   * Zamiast sprawdzać kolizje ze wszystkimi obiektami na mapie, drzewo BSP pozwala na szybkie ograniczenie liczby porównań tylko do tych obiektów, które znajdują się w tym samym lub sąsiednich podsektorach.

### Proces Detekcji Kolizji

1. **Lokalizacja Obiektu:**
   * Obiekt, którego kolizje chcemy wykryć, jest lokalizowany w drzewie BSP poprzez przechodzenie przez kolejne węzły, aż do dotarcia do odpowiedniego liścia.
2. **Sprawdzanie Sąsiednich Podsektorów:**
   * Po zlokalizowaniu obiektu w odpowiednim liściu, sprawdzane są kolizje tylko z obiektami w tym samym liściu oraz ewentualnie w sąsiadujących liściach, jeśli obiekt przecina granice podsektora.
3. **Efektywne Przetwarzanie:**
   * Dzięki temu, że algorytm BSP skupia się tylko na małym podzbiorze przestrzeni, sprawdzenie kolizji odbywa się szybciej, co jest kluczowe w grach działających w czasie rzeczywistym, takich jak *Doom*.

### Zalety Wykorzystania BSP do Detekcji Kolizji

* **Redukcja Złożoności:** BSP znacząco zmniejsza złożoność problemu, ponieważ kolizje są sprawdzane tylko w niewielkich, lokalnych regionach zamiast w całej przestrzeni gry.
* **Szybkość:** Dzięki efektywnemu podziałowi przestrzeni, algorytm BSP pozwala na szybkie wykluczenie dużej liczby potencjalnych kolizji, co zwiększa ogólną wydajność gry.
* **Skalowalność:** Algorytm doskonale sprawdza się zarówno w mniejszych, jak i większych scenach, co czyni go uniwersalnym rozwiązaniem do detekcji kolizji w grach 3D.
  1. **Zasada Działania Wzorca Entity Component System (ECS) (Mateusz Lewczak)**

**Entity Component System (ECS)** to wzorzec projektowy szeroko stosowany w projektowaniu systemów gier oraz innych aplikacji, które wymagają elastycznego zarządzania obiektami i ich zachowaniami. ECS oferuje modularne podejście, które ułatwia dodawanie, modyfikowanie oraz zarządzanie różnorodnymi funkcjonalnościami obiektów w grze.

### Podstawowe Elementy ECS

ECS składa się z trzech głównych komponentów:

1. **Encje (Entities)**
2. **Komponenty (Components)**
3. **Systemy (Systems)**

Każdy z tych elementów odgrywa kluczową rolę w architekturze ECS.

#### 1. Encje (Entities)

* **Opis:** Encje są abstrakcyjnymi identyfikatorami, które reprezentują obiekty w świecie gry. Mogą to być postacie graczy, przedmioty, wrogowie, pociski, i inne.
* **Struktura:** Encja sama w sobie nie zawiera żadnej logiki ani danych. Jest to jedynie unikalny identyfikator, zazwyczaj liczba całkowita lub wskaźnik.
* **Rola:** Rolą encji jest łączenie komponentów, które definiują jej właściwości i zachowanie.

#### 2. Komponenty (Components)

* **Opis:** Komponenty przechowują dane dotyczące właściwości lub stanu encji. Są to podstawowe “cegiełki”, które definiują cechy i możliwości encji.
* **Struktura:** Każdy komponent zawiera wyłącznie dane, bez logiki. Może to być np. pozycja w świecie (PositionComponent), prędkość (VelocityComponent), zdrowie (HealthComponent), itp.
* **Rola:** Komponenty są przypisywane do encji, definiując w ten sposób, jakie cechy i możliwości encja posiada.

#### 3. Systemy (Systems)

* **Opis:** Systemy zawierają logikę, która operuje na komponentach. Systemy przetwarzają dane zawarte w komponentach przypisanych do encji, realizując określone zadania.
* **Struktura:** Każdy system jest odpowiedzialny za określony aspekt działania gry, np. system fizyki (PhysicsSystem), system renderowania (RenderingSystem), system AI (AISystem).
* **Rola:** Systemy iterują po encjach, które mają przypisane określone zestawy komponentów, i wykonują na nich odpowiednie operacje.

### Przykład Działania ECS

Załóżmy, że mamy grę, w której występuje postać gracza i przeciwnik. Obie te encje mogą być reprezentowane w systemie ECS w następujący sposób:

1. **Encje:** PlayerEntity, EnemyEntity
2. **Komponenty:**
   * PositionComponent: przechowuje współrzędne x, y postaci.
   * VelocityComponent: przechowuje prędkość poruszania się.
   * HealthComponent: przechowuje stan zdrowia.
   * RenderComponent: przechowuje dane potrzebne do renderowania.
3. **Systemy:**
   * MovementSystem: przetwarza PositionComponent i VelocityComponent, aktualizując pozycję encji.
   * HealthSystem: przetwarza HealthComponent, sprawdzając stan zdrowia encji.
   * RenderSystem: przetwarza RenderComponent, rysując encję na ekranie.

#### Przebieg Operacji

1. **Tworzenie encji:**
   * Tworzymy encję PlayerEntity i przypisujemy jej komponenty PositionComponent, VelocityComponent, HealthComponent, i RenderComponent.
   * Tworzymy encję EnemyEntity i przypisujemy jej komponenty PositionComponent, HealthComponent, i RenderComponent.
2. **Systemy działają na encjach:**
   * MovementSystem iteruje po wszystkich encjach, które posiadają PositionComponent i VelocityComponent, aktualizując ich pozycję.
   * HealthSystem iteruje po encjach z HealthComponent, sprawdzając, czy encje nie straciły całego zdrowia.
   * RenderSystem iteruje po encjach z RenderComponent, renderując je na ekranie.

#### Zaletą takiego podejścia jest modularność i elastyczność:

* **Łatwość rozszerzania:** Dodawanie nowych komponentów lub systemów nie wpływa na istniejącą architekturę. Możemy na przykład łatwo dodać AIComponent i AISystem, aby wzbogacić przeciwników o sztuczną inteligencję.
* **Reużywalność:** Komponenty mogą być używane przez różne encje, co zwiększa reużywalność kodu.
* **Separacja danych i logiki:** Dzięki oddzieleniu danych (komponentów) od logiki (systemów), łatwiej jest zarządzać złożonością kodu.

## **Opis realizowanego projektu**

* 1. **System współpracy w grupie (Mateusz Lewczak)**

W naszym projekcie zastosowaliśmy kilka narzędzi i metodologii, które wspierały naszą efektywną współpracę i zarządzanie zadaniami. Dzięki odpowiedniemu podziałowi zadań oraz wykorzystaniu sprawdzonych narzędzi mogliśmy bezproblemowo realizować kolejne etapy projektu, minimalizując konflikty oraz zapewniając spójność pracy. W niniejszym opisie przedstawiamy szczegółowo nasze podejście.

## Zarządzanie Zadaniami

### Backlog na Discordzie

Do zarządzania zadaniami wykorzystaliśmy prostą listę zadań (Backlog), którą zamieszczaliśmy na naszym kanale na Discordzie. Backlog jest podstawowym narzędziem w metodykach zwinnych (Agile) i służy do przechowywania listy wszystkich zadań, które muszą zostać wykonane w projekcie. Nasza lista zadań zawierała zarówno zadania bieżące, jak i te planowane na przyszłość, a także zadania już zakończone.

**Zalety korzystania z Backlogu na Discordzie:**

* **Centralizacja informacji:** Wszystkie zadania były dostępne dla całego zespołu w jednym miejscu.
* **Elastyczność:** Każdy z członków zespołu mógł swobodnie dodawać nowe zadania lub aktualizować istniejące, co umożliwiało szybkie reagowanie na zmieniające się potrzeby projektu.
* **Przejrzystość:** Wszystkie aktualizacje i postępy były widoczne dla całego zespołu, co zapewniało transparentność działań.

## Wspólna Praca nad Kodem

### Git i GitFlow

Do pracy nad kodem korzystaliśmy z systemu kontroli wersji Git oraz modelu rozwoju GitFlow. **Git** to system kontroli wersji, który pozwala na śledzenie zmian w kodzie źródłowym oraz na zarządzanie pracą nad projektem w zespole. **GitFlow** jest to konkretne podejście do zarządzania gałęziami (branchami) w Git, które ułatwia organizację procesu rozwoju oprogramowania.

**Podstawowe założenia GitFlow:**

* **Gałąź master:** Służy do przechowywania stabilnej wersji projektu, która jest gotowa do wydania.
* **Gałąź develop:** To główna gałąź, na której prowadzony jest bieżący rozwój projektu. Wszystkie nowe funkcjonalności trafiają do niej po zakończeniu prac.
* **Feature branches:** Każda nowa funkcjonalność (feature) jest rozwijana na osobnej gałęzi, wywodzącej się z gałęzi develop. Po zakończeniu prac nad funkcjonalnością gałąź ta jest łączona (merge) z gałęzią develop.
* **Release branches:** Przed wydaniem nowej wersji projektu, tworzona jest gałąź release, która pozwala na przygotowanie wersji do wydania, w tym na testy i wprowadzenie drobnych poprawek.
* **Hotfix branches:** Jeśli w stabilnej wersji na gałęzi master pojawią się błędy wymagające natychmiastowej naprawy, tworzy się gałąź hotfix, która jest później łączona zarówno z master, jak i develop.

**Zalety podejścia GitFlow:**

* **Brak konfliktów:** Dzięki wyraźnemu podziałowi na gałęzie, każdy członek zespołu mógł pracować nad swoimi modułami bez obawy o konflikty w kodzie.
* **Bezpieczeństwo kodu:** Główne gałęzie (master i develop) były chronione przed bezpośrednimi zmianami, co zapobiegało przypadkowym błędom.
* **Łatwość wydawania nowych wersji:** Proces przygotowania nowej wersji był zorganizowany i przewidywalny, dzięki czemu mogliśmy łatwo zarządzać wydaniami.

## Współpraca i Komunikacja

### Komunikacja Asynchroniczna

W naszym zespole dużą wagę przykładaliśmy do komunikacji asynchronicznej, co oznaczało, że każdy mógł pracować w swoim tempie, a decyzje i informacje były udostępniane w taki sposób, aby każdy miał do nich dostęp wtedy, gdy to dla niego wygodne. Discord oraz Git odegrały tu kluczową rolę, umożliwiając przechowywanie i przeglądanie historii komunikacji oraz zmian w kodzie w dowolnym momencie.

**Zalety komunikacji asynchronicznej:**

* **Elastyczność:** Członkowie zespołu mogli pracować w różnych godzinach, dostosowując harmonogram pracy do swoich potrzeb.
* **Dokumentacja:** Każda rozmowa i każda zmiana w kodzie były automatycznie dokumentowane, co ułatwiało powrót do wcześniejszych ustaleń i rozwiązań.

## Wykorzystanie CMake

### Elastyczność i Indywidualność Środowiska Programistycznego

W naszym projekcie skorzystaliśmy z CMake jako narzędzia do budowania, co pozwoliło nam na dużą elastyczność w doborze środowiska programistycznego. CMake jest narzędziem open-source, które generuje pliki konfiguracyjne dla różnych systemów budowania (takich jak Makefile czy projekty Visual Studio), w oparciu o wspólną konfigurację. Dzięki CMake, członkowie zespołu mogli pracować na różnych systemach operacyjnych i korzystać z różnych kompilatorów.

**Różnorodność środowisk programistycznych:**

* **Windows + Visual Studio:** Część zespołu korzystała z Windowsa i Visual Studio, co ułatwiało integrację z innymi narzędziami Microsoftu oraz zapewniało wygodne środowisko z zaawansowanym debugerem.
* **Windows + GCC:** Inni członkowie zespołu preferowali korzystanie z Windowsa w połączeniu z GCC, co pozwalało im na korzystanie z narzędzi typowych dla ekosystemu GNU.
* **Linux:** Część zespołu pracowała na systemach Linux, korzystając z narzędzi takich jak GCC czy Clang. Dzięki CMake mogli oni bez problemu zbudować projekt na swoich systemach.

**Zalety korzystania z CMake:**

* **Cross-platformowość:** CMake umożliwia budowanie projektu na różnych platformach bez potrzeby modyfikowania kodu, co jest szczególnie ważne w zespołach, gdzie członkowie pracują na różnych systemach operacyjnych.
* **Elastyczność:** CMake umożliwia łatwą konfigurację projektu, dostosowanie flag kompilatora, zależności bibliotek i innych ustawień specyficznych dla środowiska.
* **Modularność:** Dzięki CMake mogliśmy efektywnie zarządzać modularną strukturą naszego projektu, co ułatwiało integrację różnych części kodu rozwijanych przez różne osoby.
  1. **Struktura Katalogów w Naszym Projekcie (Mateusz Lewczak)**

Poniżej znajduje się opis struktury katalogów naszego projektu, który został zaprojektowany z myślą o przejrzystości i modularności, co ułatwia pracę nad kodem, zarządzanie zasobami oraz organizację dokumentacji.

## Główna Struktura Katalogów

### 1. Pliki Konfiguracji

* **CMakeLists.txt**
  + Główny plik konfiguracyjny dla CMake, zawierający definicje kompilacji projektu. Zawiera instrukcje dotyczące tego, jakie pliki źródłowe i nagłówkowe powinny być kompilowane, jakie biblioteki są potrzebne oraz inne parametry konfiguracyjne.
* **CMakeSettings.json**
  + Plik ustawień CMake, używany głównie przez środowiska programistyczne, takie jak Visual Studio, do definiowania różnych konfiguracji budowania, np. dla wersji debug i release.
* **Makefile**
  + Plik używany przez make do budowania projektu. Jest to alternatywna metoda budowania, zwłaszcza na systemach Linux, gdzie make jest powszechnie używany.
* **README.md**
  + Plik dokumentacji, zawierający ogólne informacje o projekcie, instrukcje dotyczące kompilacji, uruchomienia oraz inne ważne informacje dla deweloperów i użytkowników.

### 2. Katalog build

* **CMakeCache.txt, CMakeFiles, cmake\_install.cmake, compile\_commands.json**
  + Pliki wygenerowane przez CMake, przechowujące informacje o konfiguracji projektu, kompilowanych plikach oraz komendach kompilacji.
* **bin/**
  + Katalog, w którym znajdują się skompilowane pliki binarne, czyli wykonane pliki programu.
* **data/**
  + W tej podkategorii przechowywane są zasoby gry wykorzystywane w trakcie budowania i testowania projektu.
* **libs/**
  + Zawiera skompilowane biblioteki wykorzystywane przez projekt.

### 3. Katalog data

* **assets/**
  + Zasoby gry takie jak modele 3D, tekstury, dźwięki, które są używane bezpośrednio w grze.
* **font/**
  + Pliki czcionek używane w grze, np. do wyświetlania tekstu w menu lub HUDzie.
* **maps/**
  + Pliki map, które definiują poziomy gry. Są to zwykle pliki .WAD lub inne formaty map, które są ładowane podczas gry.
* **textures/**
  + Tekstury używane w grze do nakładania na powierzchnie obiektów, ścian, podłóg itp.

### 4. Katalog doc

* **Gra\_FPS\_wstępne\_założenia.docx, Raport.docx**
  + Dokumenty związane z projektem, zawierające założenia projektowe oraz raport z postępów prac. Przechowują one dokumentację techniczną i założenia projektowe, które były fundamentem prac.

### 5. Katalog include

* **core/**
  + Zawiera pliki nagłówkowe związane z rdzeniem silnika gry, czyli podstawowe klasy i funkcje, które są wspólne dla całego projektu.
* **game/**
  + Pliki nagłówkowe specyficzne dla logiki gry, np. systemy zarządzające AI, bronią, czy interakcjami w grze.

### 6. Katalog libs

* **ext/**
  + Zewnętrzne biblioteki używane w projekcie. Mogą to być biblioteki open-source lub inne zależności, które są dołączane do projektu.

### 7. Katalog src

* **core/**
  + Zawiera pliki źródłowe implementujące podstawowe funkcjonalności silnika gry.
* **game/**
  + Pliki źródłowe implementujące logikę gry, takie jak mechaniki rozgrywki, AI, obsługa gracza, itp.
* **main.cpp**
  + Główny plik źródłowy, który zawiera punkt wejścia do aplikacji. To tutaj inicjalizowane są podstawowe systemy gry i rozpoczyna się główna pętla gry.
  1. **Zasada Działania WAD Loader’a (Mateusz Lewczak)**

## Wprowadzenie

W naszym projekcie implementacja WAD Loader’a odgrywa kluczową rolę w ładowaniu i interpretowaniu danych z plików WAD, które są integralną częścią gry *Doom*. Dzięki tej implementacji, jesteśmy w stanie załadować każdy poziom z oryginalnej gry i odwzorować go w naszym nowoczesnym silniku, który bazuje na klasycznych algorytmach renderowania i detekcji kolizji.

## Struktura WAD Loader’a

### Plik WADLoader.h

Plik nagłówkowy WADLoader.h definiuje podstawowe struktury danych oraz funkcje, które są niezbędne do ładowania plików WAD:

* **Struktury danych:**
  + wadinfo\_t: Przechowuje podstawowe informacje o pliku WAD, takie jak liczba lumpów (danych) oraz offset do tablicy informacyjnej.
  + filelump\_t: Reprezentuje pojedynczy lump w pliku WAD, przechowując informacje o jego pozycji w pliku oraz rozmiarze.
  + wadfile\_t: Struktura przechowująca informacje o pliku WAD.
* **Klasa WADLoader:**
  + Klasa ta jest odpowiedzialna za ładowanie i interpretowanie danych z plików WAD.
  + Zawiera metody takie jak getLumpTypeFromName, która identyfikuje typ lumpa na podstawie jego nazwy, oraz loadFromFile, która ładuje poziom gry na podstawie podanego pliku WAD i nazwy mapy.
* **Szablonowa funkcja loadDefinitionsFromLump:**
  + Funkcja ta jest generyczna i wykorzystuje szablony C++ do ładowania różnych typów danych z lumpów. Dzięki temu możemy w prosty sposób załadować różne struktury danych z plików WAD, bez potrzeby pisania osobnych funkcji dla każdego typu danych.
  + Funkcja przyjmuje wskaźnik do danych (defsData) oraz rozmiar tych danych (defsSize). Następnie przekształca te dane w wektor obiektów typu T.

### Plik WADLoader.cpp

Plik implementacyjny WADLoader.cpp zawiera szczegółową implementację funkcji zdefiniowanych w WADLoader.h:

* **Konstruktor WADLoader:**
  + Konstruktor klasy WADLoader jest odpowiedzialny za inicjalizację obiektu. W obecnej implementacji nie wymaga on specjalnych działań, dlatego jest pusty.
* **Funkcja getLumpTypeFromName:**
  + Funkcja ta interpretuje nazwę lumpa i zwraca odpowiedni typ, np. eThings, eLineDefs, eVertexes, itp. Jest to istotne przy ładowaniu różnych rodzajów danych, które są kluczowe dla poprawnego odwzorowania poziomu.
* **Funkcja loadFromFile:**
  + Jest to główna funkcja odpowiedzialna za załadowanie poziomu gry. Otwiera plik WAD, odczytuje informacje o lumpach, a następnie za pomocą funkcji loadDefinitionsFromLump ładuje konkretne dane (np. informacje o rzeczach, liniach, sektorach).
  + Funkcja wykorzystuje wcześniej zdefiniowaną funkcję getLumpTypeFromName, aby określić, jaki rodzaj danych należy załadować z danego lumpa.

## Wykorzystanie Szablonów C++ w WAD Loaderze

Decyzja o wykorzystaniu szablonów C++ w funkcji loadDefinitionsFromLump była świadoma i wynikała z potrzeby elastycznego i efektywnego ładowania różnorodnych struktur danych z plików WAD.

### Dlaczego Szablony?

* **Elastyczność:** Szablony pozwalają na tworzenie jednej funkcji, która może działać na wielu typach danych. W przypadku WAD Loader’a oznacza to, że możemy ładować różne typy lumpów (np. mapsegs\_t, mapnodes\_t, mapsectors\_t) za pomocą jednej funkcji, co znacząco upraszcza kod i redukuje powtarzalność.
* **Typ Bezpieczeństwo:** Szablony w C++ oferują statyczne typowanie, co oznacza, że typy danych są sprawdzane podczas kompilacji. To zmniejsza ryzyko błędów związanych z nieprawidłowym przekształcaniem danych.
* **Oszczędność Czasu i Kodu:** Dzięki szablonom, unikamy konieczności pisania osobnych funkcji dla każdego rodzaju danych, co przyspiesza rozwój i upraszcza zarządzanie kodem.
  1. **Zasada Działania Systemu Entity Component System (ECS) (Mateusz Lewczak)**

## Wprowadzenie

W naszym projekcie implementacja systemu **Entity Component System (ECS)** stanowiła fundament architektury gry, umożliwiając modularne, elastyczne i wydajne zarządzanie logiką gry. ECS pozwala na rozdzielenie danych (komponentów) od logiki (systemów), co znacząco upraszcza zarządzanie złożonymi obiektami i interakcjami w grze. Nasza implementacja ECS została zrealizowana z wykorzystaniem języka C++ i obejmuje kluczowe komponenty, takie jak zarządzanie encjami, komponentami i systemami.

## Struktura Systemu ECS

### Plik ComponentArray.h

Plik ComponentArray.h definiuje sposób przechowywania i zarządzania komponentami dla różnych encji w grze:

* **Interfejs IComponentArray:**
  + Bazowy interfejs dla wszystkich tablic komponentów. Zawiera metodę entityDestroyed, która jest wywoływana, gdy encja jest niszczona, aby usunąć powiązane z nią komponenty.
* **Szablon ComponentArray:**
  + Szablonowa klasa ComponentArray umożliwia przechowywanie komponentów dowolnego typu. Wykorzystanie szablonów C++ pozwala na tworzenie efektywnych i typowo bezpiecznych tablic komponentów.
  + Metody takie jak insertData, removeData oraz getData zarządzają dodawaniem, usuwaniem i dostępem do komponentów przypisanych do konkretnych encji.
  + Szablony zostały wybrane, aby zminimalizować powtarzalność kodu i umożliwić łatwe dodawanie nowych typów komponentów bez potrzeby duplikacji logiki zarządzania danymi.

### Plik ComponentManager.h

Plik ComponentManager.h zarządza wszystkimi tablicami komponentów w grze:

* **Klasa ComponentManager:**
  + Zarządza kolekcją tablic komponentów, gdzie każda tablica przechowuje komponenty określonego typu.
  + Kluczowe funkcje to registerComponent (rejestracja nowego typu komponentu) oraz getComponentArray (uzyskiwanie dostępu do tablicy komponentów konkretnego typu).

### Plik Entity.h

Plik Entity.h definiuje typ encji jako alias na liczbę całkowitą, co pozwala na łatwe zarządzanie identyfikatorami encji w grze:

* **Typ Entity:**
  + Encje są po prostu identyfikatorami, które mogą być używane do wiązania różnych komponentów w systemie ECS.

### Plik EntityManager.h i EntityManager.cpp

Te pliki zarządzają tworzeniem, niszczeniem oraz zarządzaniem sygnaturami encji:

* **Klasa EntityManager:**
  + Umożliwia tworzenie nowych encji poprzez zarządzanie pulą dostępnych identyfikatorów encji.
  + Funkcje createEntity oraz destroyEntity zarządzają cyklem życia encji, natomiast setSignature i getSignature pozwalają na przypisywanie i odczytywanie sygnatur encji.

### Plik System.h i SystemManager.h

Te pliki definiują i zarządzają systemami, które przetwarzają logikę gry:

* **Klasa System:**
  + Bazowa klasa dla wszystkich systemów w grze. Każdy system zawiera listę encji, które przetwarza, oraz implementuje logikę, która działa na przypisanych encjach.
* **Klasa SystemManager:**
  + Zarządza wszystkimi systemami w grze, umożliwiając ich rejestrację oraz aktualizację na podstawie zmian sygnatur encji.
  + Odpowiada za dodawanie encji do odpowiednich systemów, kiedy ich sygnatury pasują do sygnatur systemów.

### Plik ECSManager.h

Ten plik pełni rolę centralnego menedżera ECS, łącząc zarządzanie encjami, komponentami i systemami:

* **Klasa ECSManager:**
  + Łączy wszystkie elementy systemu ECS, zapewniając centralne miejsce zarządzania encjami, komponentami i systemami.
  + Pozwala na tworzenie encji, dodawanie do nich komponentów oraz zarządzanie systemami, które przetwarzają logikę gry.

### Componenty Zaimplementowane w Game Engine

1. **GameDrawableComponent:** Komponent odpowiedzialny za rysowanie obiektów gry na ekranie.
2. **HealthComponent:** Przechowuje informacje o stanie zdrowia encji, co jest kluczowe dla mechanik związanych z walką.
3. **PlayerStateComponent:** Przechowuje stan gracza, takie jak aktywna broń, aktualny poziom życia, itp.
4. **TransformComponent:** Zawiera informacje o pozycji, rotacji i skali encji w świecie gry.
5. **WeaponComponent:** Komponent odpowiedzialny za przechowywanie informacji o broni używanej przez gracza lub przeciwnika.
6. **DamageComponent:** Przechowuje informacje o obrażeniach, które encja zadaje lub otrzymuje.

### Systemy Zaimplementowane w Game Engine

1. **PlayerControllSystem:** Odpowiada za przetwarzanie wejść od gracza i sterowanie postacią w grze.
2. **PlayerMovementSystem:** Zarządza ruchem gracza, aktualizując jego pozycję w świecie gry.
3. **EnemySystem:** Kontroluje zachowanie przeciwników, w tym ich AI oraz interakcje z graczem.
4. **WeaponSystem:** Zarządza mechanikami związanymi z używaniem broni przez gracza i przeciwników.
5. **DamageSystem:** Przetwarza informacje o obrażeniach zadawanych i otrzymywanych przez encje, aktualizując odpowiednie komponenty.
6. **EnviromentDamageSystem:** Zarządza obrażeniami, które encje otrzymują od środowiska, np. pułapki, toksyczne substancje.
7. **CollectableSystem:** Obsługuje zbieranie przedmiotów przez gracza, takie jak amunicja, zdrowie czy inne power-upy.
8. **GameRenderingSystem:** Odpowiada za renderowanie całej sceny gry, w tym wszystkich obiektów na ekranie.
9. **HUDRenderingSystem:** Renderuje interfejs użytkownika, w tym paski zdrowia, amunicję, informacje o stanie gracza.
10. **MinimapRenderingSystem:** Odpowiada za renderowanie minimapy, która pokazuje graczowi orientację na poziomie.

## Wykorzystanie Szablonów C++ w ECS

Decyzja o wykorzystaniu szablonów C++ była kluczowa dla stworzenia elastycznego i wydajnego systemu ECS:

### Dlaczego Szablony?

* **Elastyczność:** Szablony pozwalają na definiowanie uniwersalnych struktur danych i funkcji, które mogą działać na dowolnych typach. W przypadku ECS oznacza to, że możemy zarządzać różnymi typami komponentów bez potrzeby tworzenia zduplikowanego kodu dla każdego typu.
* **Typ Bezpieczeństwo:** Dzięki statycznemu typowaniu w C++, szablony zapewniają, że błędy związane z niezgodnością typów są wychwytywane na etapie kompilacji, co zmniejsza ryzyko błędów w czasie działania.
* **Oszczędność Czasu i Kodu:** Wykorzystanie szablonów pozwala na ponowne wykorzystanie tego samego kodu dla różnych typów danych, co znacznie zmniejsza ilość kodu i ułatwia jego utrzymanie.
  1. **Zasada Działania Game Engine’a**

## Wprowadzenie

Game Engine w naszym projekcie pełni rolę centralnego zarządcy, który łączy wszystkie elementy gry, takie jak zarządzanie stanami gry, renderowanie, przetwarzanie logiki gry, oraz interakcje użytkownika. Jego głównym zadaniem jest inicjalizacja, aktualizacja i zarządzanie wszystkimi aspektami rozgrywki w czasie rzeczywistym.

## Struktura Game Engine’a

### Plik GameEngine.h

Plik nagłówkowy GameEngine.h definiuje interfejs oraz kluczowe składniki Game Engine’a, które są niezbędne do jego działania:

* **Enum GameEngineState:**
  + Definiuje różne stany gry, takie jak eInitialized, eMainMenu, eInGameMenu, eGame, i eGameMinimap. Te stany pozwalają na zarządzanie różnymi fazami gry, od menu głównego po aktywną rozgrywkę.
* **Struktura InitSettings:**
  + Zawiera ustawienia inicjalizacyjne, takie jak rozdzielczość okna, tytuł, tryb pełnoekranowy, poziom trudności, oraz początkowy stan gry. Ta struktura pozwala na elastyczne dostosowanie parametrów uruchomienia gry.
* **Klasa GameEngine:**
  + Jest to główna klasa zarządzająca, która kontroluje cały cykl życia gry.
  + Kluczowe funkcje:
    - processEvents(): Odpowiada za przetwarzanie zdarzeń użytkownika, takich jak kliknięcia myszką czy naciśnięcia klawiszy.
    - run(): Główna pętla gry, która wywołuje aktualizacje i renderowanie w regularnych odstępach czasu.
    - init(): Inicjalizuje wszystkie komponenty, systemy oraz inne elementy niezbędne do uruchomienia gry.
    - update(sf::Time deltaTime): Aktualizuje stan gry na podstawie upływu czasu, synchronizując logikę gry z działaniami gracza oraz AI.
  + Klasa ta zarządza również komponentami, systemami oraz stanem gry.

### Plik GameEngine.cpp

Plik implementacyjny GameEngine.cpp zawiera szczegółową implementację funkcji zdefiniowanych w GameEngine.h:

* **Funkcja setupComponents():**
  + Odpowiada za inicjalizację wszystkich komponentów, które są wymagane w grze. Dzięki temu każdy komponent zostaje przypisany do odpowiednich encji na początku gry.
* **Funkcja setupSystems():**
  + Rejestruje oraz inicjalizuje wszystkie systemy, które są odpowiedzialne za logikę gry. Każdy system jest przypisany do encji, które spełniają określone kryteria (sygnatury), co pozwala na efektywne przetwarzanie logiki gry.
* **Funkcja handleTabToggle():**
  + Zarządza przełączaniem między widokiem gry a minimapą za pomocą klawisza Tab. Zmienia stan gry na eGameMinimap lub z powrotem na eGame, w zależności od aktualnego stanu.

## Rola Game Engine’a

Game Engine w naszym projekcie pełni funkcję centralnego zarządcy, który integruje wszystkie komponenty gry oraz zarządza nimi w czasie rzeczywistym. Jest odpowiedzialny za:

* **Zarządzanie Stanem Gry:** Umożliwia płynne przechodzenie między różnymi stanami gry, takimi jak menu główne, aktywna rozgrywka czy widok minimapy.
* **Renderowanie:** Kontroluje proces renderowania, w tym aktualizowanie obrazu gry na ekranie, obsługę rysowania HUD-u (Head-Up Display) oraz innych elementów graficznych.
* **Przetwarzanie Logiki Gry:** Umożliwia przetwarzanie logiki gry, w tym interakcji gracza, zachowań przeciwników oraz systemów związanych z walką, poruszaniem się postaci i innymi aspektami rozgrywki.
* **Interakcje Użytkownika:** Odbiera i przetwarza wejścia od użytkownika, takie jak ruchy myszy, naciśnięcia klawiszy, które mają bezpośredni wpływ na stan gry.
  1. **Zasada Działania Core’owych Elementów Silnika**

## Wprowadzenie

Core’owe elementy silnika stanowią fundament, na którym zbudowane są wszystkie inne systemy i funkcjonalności naszego projektu. Obejmują one kluczowe funkcje, struktury danych, zarządzanie poziomami gry, logowanie, a także różnorodne narzędzia pomocnicze. Te elementy zapewniają stabilność, spójność oraz wydajność działania całego systemu, pełniąc funkcję fundamentu, na którym opiera się cała logika gry.

## Struktura Core’owych Elementów

### Plik core.h

Plik core.h zawiera definicje podstawowych stałych, makr oraz funkcji pomocniczych, które są używane w całym projekcie:

* **Stałe i Makra:**
  + M\_PI: Stała definiująca wartość liczby pi.
  + FOV, H\_FOV, FOV\_ENEMIES, FOV\_LENGTH: Stałe definiujące pole widzenia (field of view) oraz inne parametry związane z renderowaniem i detekcją.
  + WIDTH, HEIGHT: Definiują rozdzielczość ekranu.
  + DEG2RAD(x), RAD2DEG(x): Makra konwertujące kąty między stopniami a radianami.
* **Funkcje pomocnicze:**
  + getRandomColor(): Funkcja generująca losowy kolor, która może być używana do debugowania lub innych celów wizualnych.
* **Struktura DebugSettings:**
  + Przechowuje ustawienia debugowania, takie jak wyświetlanie pola widzenia, widocznych węzłów czy segmentów.

### Plik GameLevel.h

Plik GameLevel.h zarządza wszystkimi aspektami związanymi z poziomami gry:

* **Struktury danych:**
  + color\_t, name\_t, patchheader\_t: Struktury reprezentujące dane dotyczące kolorów, nazw oraz nagłówków plików graficznych.
  + maptexture\_t, maptexturelump\_t, pnames\_t: Struktury przechowujące dane dotyczące tekstur używanych na poziomach gry.
  + mapthings\_t: Struktura reprezentująca obiekty umieszczone na mapie (np. przeciwników, przedmioty do zebrania).
* **Funkcjonalności:**
  + Plik ten pełni kluczową rolę w zarządzaniu zasobami związanymi z poziomami gry, umożliwiając ładowanie, interpretację oraz manipulację danymi map i tekstur.

### Plik Logger.h i Logger.cpp

Te pliki odpowiadają za system logowania, który umożliwia monitorowanie działania silnika gry oraz śledzenie błędów:

* **Klasa Logger:**
  + Odpowiedzialna za rejestrowanie komunikatów, błędów oraz innych informacji diagnostycznych, które są kluczowe podczas rozwoju i debugowania gry.
  + Metody logInfo, logWarning, logError umożliwiają rejestrowanie wiadomości o różnym poziomie ważności, co ułatwia identyfikację i rozwiązywanie problemów.

### Plik utilities.h i utilities.cpp

Te pliki zawierają zestaw funkcji pomocniczych, które wspierają różnorodne operacje w grze:

* **Funkcje matematyczne:**
  + distance(): Funkcja obliczająca odległość między dwoma punktami w przestrzeni 2D.
  + vectorLength(), normalize(): Funkcje operujące na wektorach, służące do obliczania długości wektora oraz jego normalizacji.
  + segmentEnd(): Oblicza końcowy punkt segmentu na podstawie punktu początkowego, kąta i długości.
* **Inne narzędzia:**
  + projectVectorOntoLine(): Projekcja wektora na linię, używana w różnych kontekstach, takich jak fizyka czy detekcja kolizji.
  + negMod(): Funkcja obliczająca wartość modułu, obsługująca ujemne liczby.

### Plik InputManager.cpp

Plik ten odpowiada za zarządzanie wejściem od użytkownika:

* **Klasa InputManager:**
  + Zarządza wszystkimi interakcjami użytkownika z grą, w tym ruchami myszy, naciśnięciami klawiszy oraz innymi formami wejścia.
  + Umożliwia rejestrowanie i przetwarzanie sygnałów wejściowych w czasie rzeczywistym, co jest kluczowe dla interaktywności gry.
  1. **Zasada Działania Klasy BSP**

## Wprowadzenie

Klasa **BSP (Binary Space Partitioning)** w naszym projekcie odgrywa kluczową rolę w zarządzaniu i przetwarzaniu przestrzeni gry, zgodnie z oryginalnymi algorytmami *Doom*’a. BSP jest strukturą danych, która umożliwia efektywne podzielenie przestrzeni na mniejsze segmenty, co jest kluczowe zarówno dla renderowania, jak i detekcji kolizji. Klasa BSP jest odpowiedzialna za przechowywanie oraz operowanie na tych danych, umożliwiając szybkie określenie, w której części mapy znajduje się gracz, oraz na której stronie danej płaszczyzny się znajduje.

## Struktura Klasy BSP

### Plik BSP.h

Plik BSP.h definiuje klasę BSP oraz jej główne funkcje i atrybuty:

* **Stałe:**
  + SSECTOR\_ID: Stała reprezentująca identyfikator subsektora, używana do odróżnienia węzłów BSP od liści (subsektorów) w drzewie BSP.
* **Klasa BSP:**
  + Jest to kluczowa klasa, która zarządza operacjami związanymi z Binary Space Partitioning. Posiada ona kilka kluczowych funkcji:
    - **Konstruktor BSP(GameLevel \*gameLevel):**
      * Konstruktor inicjalizuje obiekt BSP, ustawiając m\_rootNodeID na ID korzenia drzewa BSP oraz przechowując wskaźnik do poziomu gry (GameLevel), z którego pobierane są dane.
    - **Funkcja isPlayerOnBackSide(float playerX, float playerY, int16\_t nodeID):**
      * Funkcja ta określa, czy gracz znajduje się po “tylnej” stronie danej płaszczyzny w węźle BSP. Używa do tego celu iloczynu wektorowego (cross product), aby określić położenie gracza względem płaszczyzny podziału.
    - **Funkcja getCurrentSubsectorID(float playerX, float playerY):**
      * Funkcja ta zwraca identyfikator aktualnego subsektora, w którym znajduje się gracz. Przechodzi przez drzewo BSP, zaczynając od korzenia, aż dotrze do liścia, który odpowiada aktualnej pozycji gracza.
    - **Funkcja getSubSectorHeight(float playerX, float playerY):**
      * Ta funkcja zwraca wysokość podłogi w subsektorze, w którym znajduje się gracz. Jest to kluczowe dla określenia pozycji gracza względem terenu i potencjalnych kolizji.
  + **Prywatne atrybuty:**
    - m\_gameLevel: Wskaźnik na obiekt GameLevel, który zawiera dane poziomu gry, takie jak węzły BSP, sektory i segmenty.
    - m\_rootNodeID: ID korzenia drzewa BSP, od którego rozpoczyna się przeszukiwanie.

## Funkcjonalność Klasy BSP

Klasa BSP jest odpowiedzialna za zarządzanie i przetwarzanie struktury BSP, która dzieli przestrzeń gry na mniejsze podsektory. Dzięki temu możliwe jest:

* **Szybkie określanie pozycji gracza:** Na podstawie pozycji gracza w świecie gry, klasa BSP jest w stanie określić, w którym subsektorze znajduje się gracz, co jest kluczowe dla renderowania i detekcji kolizji.
* **Zarządzanie stronami płaszczyzn:** Klasa umożliwia określenie, po której stronie danej płaszczyzny (frontowej czy tylnej) znajduje się gracz. To pozwala na efektywne wykluczanie niewidocznych segmentów podczas renderowania.
* **Określanie wysokości terenu:** Funkcja getSubSectorHeight umożliwia pobieranie wysokości podłogi w aktualnym subsektorze, co jest kluczowe dla poruszania się gracza oraz interakcji z otoczeniem.
  1. **CollectableSystem**

## Wprowadzenie

CollectableSystem to system odpowiedzialny za zarządzanie i obsługę obiektów, które gracz może zbierać w trakcie gry. Mogą to być różnego rodzaju przedmioty, takie jak amunicja, zdrowie, klucze, czy inne power-upy, które zwiększają zdolności gracza lub pozwalają mu na dalszy postęp w grze.

## Struktura

* **Klasa CollectableSystem:**
  + Jest to klasa pochodna z klasy bazowej System, która integruje się z resztą silnika gry za pomocą mechanizmu ECS.
  + Klasa przechowuje listę encji, które posiadają komponenty pozwalające na interakcję z systemem zbierania.
* **Metoda update():**
  + Metoda ta jest kluczowa w tym systemie, ponieważ przetwarza wszystkie encje w systemie, sprawdzając, czy gracz zbliżył się wystarczająco blisko, aby zebrać przedmiot.
  + W momencie zebrania przedmiotu, metoda ta usuwa encję z systemu i aktualizuje stan gracza, np. zwiększa jego zdrowie lub dodaje amunicję.
  1. **PlayerControllSystem (JM)**

Klasa PlayerControllSystem zdefiniowana w pliku include/game/systems/ PlayerControllSystem.h jest odpowiedzialna za przetwarzanie wejść od gracza i przekładanie ich na ruch i inne interakcje postaci w grze. System ten zajmuje się interpretacją sygnałów wejściowych, takich jak ruchy myszy czy naciśnięcia klawiszy, i odpowiednim reagowaniem na nie. Na podstawie wejścia zmieniany jest stan gracza np. po kliknięciu klawisza W prawdziwy staje się stan isMovingForward co jest dalej przetwarzane przez kolejne systemy. Odwzorowaliśmy również dosyć specyficzną metodę kontrolowania gracza za pomocą myszki, która została wykorzystana w oryginalnej grze Doom.

## Struktura

* **Klasa PlayerControllSystem:**
  + Klasa ta rozszerza System i implementuje logikę kontroli gracza.
  + Zarządza komponentem stanu encji gracza (PlayerStateComponent).
* **Metoda init():**
  + Podczas inicjalizacji system otrzymuje referencje do menadżera ECS oraz okna gry, które przechowuje w zmiennych lokalnych.
* **Metoda initializeMouse():**
  + Metoda inicjalizuje pozycję myszki na środku otwartego okna. Inicjalizacja systemów dzieje się przed otwarciem okna, stąd potrzeba, aby inicjalizacja myszki znajdowała się w oddzielnej funkcji.
* **Metoda update():**
  + Główna metoda przetwarzająca dane wejściowe od gracza, takie jak ruchy myszy, naciskanie klawiszy, i odpowiednio aktualizuje stan gracza oraz inne elementy związane z kontrolą postaci.
  + W metodzie tej iterujemy po wszystkich „kontrolowalnych” encjach i zmieniamy ich stan adekwatnie do wejścia
  + Obsługiwane wejście gracza wraz z odpowiadającymi im stanami:
    - W, lub strzałka do przodu, lub ruch myszą do przodu – ruch do przodu,
    - S, lub strzałka do tyłu, lub ruch myszą do tyłu – ruch do tyłu,
    - A, lub ruch myszą w lewo z wciśniętym prawym klawiszem – ruch w lewo,
    - D, lub ruch myszą w prawo z wciśniętym prawym klawiszem – ruch w prawo,
    - Q, lub ruch myszą w lewo – obrót w lewo,
    - E, lub ruch myszą w prawo – obrót w prawo,
    - Lewy klawisz Control – strzał z broni
  1. **PlayerMovementSystem (JM)**

Klasa PlayerMovementSystem zdefiniowana w pliku include/game/systems/ PlayerMovementSystem.h odpowiada za obliczanie i aktualizację pozycji oraz prędkości gracza w grze, uwzględniając różne czynniki, takie jak przyspieszenie, grawitacja, kolizja z przeszkodami i otoczeniem wraz z uwzględnieniem różnicy wysokości między sektorami. Komponenty, które grają tu znaczącą rolę to TransformComponent ze zmiennymi pozycji oraz PlayerStateComponent dostarczający informacji o aktualnym stanie gracza.

## Struktura

* **Klasa PlayerMovementSystem:**
  + Klasa ta rozszerza System i implementuje logikę ruchu oraz kolizji gracza.
  + Zarządza komponentem przesunięcia gracza (TransformComponent).
* **Metoda init():**
  + Podczas inicjalizacji system otrzymuje referencje do menadżera ECS oraz struktury BSP, które przechowuje w zmiennych lokalnych.
* **Metoda update(dt):**
  + Główna metoda wywoływana w każdej klatce gry, przetwarzająca ruch gracza i kolizje
  + Iteruje po wszystkich kontrolowanych encjach obliczając przyspieszenie, prędkość i końcową pozycję na podstawie stanów gracza.
  + Aktualizuje prędkość uwzględniając przyspieszenie i tłumienie, a także interpoluje prędkość dla odpowiedniej płynności ruchów.
* **Obliczenia Ruchu:**
  + Na podstawie stanu ruchu gracza (np. isMovingForward) obliczane jest przyspieszenie w odpowiednich kierunkach.
* **Obsługa tłumienia:**
  + Gdy gracz przestaje się poruszać, system stosuje tłumienie prędkości za pomocą współczynnika tłumienia (DAMPING\_FACTOR) oraz funkcji tłumiącej o charakterze logarytmicznym co pozwala na stopniowe zatrzymywanie postaci.
* **Interpolacja prędkości:**
  + Została zastosowana interpolacja prędkości w celu wygładzenia zmian, co eliminuje nagłe zmiany kierunku i sprawia, że ruchy gracza są bardziej realistyczne.
* **Detekcja kolizji:**
  + Detekcja jest w pewnym sensie wieloetapowa
  + Najpierw za pomocą funkcji lineCircleCollision(), która jako argument przyjmuje przewidywaną następną pozycję gracza, sprawdzamy czy nastąpi kolizja gracza będącego okręgiem o zadanym promieniu ze linią oznaczającą krawędź sektora.
  + Jeżeli backSectorId rzeczonej krawędzi (lindef) ma wartość -1 oznacza to, że krawędź jest ścianą i ruch przez nią powinien być zabroniony (ustawiamy flagę kolizji na true)
  + Jeżeli natomiast backSectorId krawędzi nie ma wartości -1 (co oznacza, że jest to tak zwany portal, czyli po prostu przejście między sektorami), ale różnica wysokości miedzy sektorami jest większa od 25 (tak że w sektorze docelowym wartość ta jest wyższa), to gracz nie może się „wspiąć” do tego sektora i flaga kolizji również zostaje ustawiona na wartość true.
  + Dodatkowo wykrycie kolizji nie powoduje całkowitego zatrzymania, tylko zmianę wektora prędkości gracza na wektor będący iloczynem wektora normalnego do ściany z którą nastąpiła kolizja oraz oryginalnego wektora skierowanego w stronę ruchu gracza co powoduje przesuwanie się gracza po ścianie. Na rysunku 2 pokazano jak zachowuje się wektor prędkości gracza (kolor zielony) w momencie zderzenia ze ścianą – gracz klika przycisk ruchu do przodu.

Obraz zawierający zrzut ekranu, linia

Opis wygenerowany automatycznie

*Rys. 2 Ruch gracza podczas kolizji ze ścianą, wektor prędkości gracza skierowany jest w bok z powodu kolizji*

* **Obsługa grawitacji oraz wspinaczki**
  + Przy pomocy stałej GRAVITY realistycznie odwzorowano fizykę spadania w osi Z w momencie przechodzenia do sektora o mniejszej wysokości.
  + Wspinaczka kontrolowana jest przez współczynnik prędkości wspinania CLIMBING\_SPEED,
* **Rotacja gracza:**
  + Gracz może się również obracać wokół własnej osi z zadaną prędkością rotacji (ROTATION\_SPEED).

Cały ruch gracza odniesiony jest do czasu, który upłynął między klatkami. W ten sposób nie ma różnicy czy gramy na bardzo wydajnym sprzęcie, czy na komputerze o słabszym procesorze, ruch gracza będzie taki sam na obu urządzeniach.

* 1. **EnemySystem (JM)**

Klasa EnemySystem zdefiniowana w pliku include/game/systems/EnemySystem.h jest odpowiedzialna za zarządzanie logiką sztucznej inteligencji przeciwników w grze. System ten iteruje po wszystkich encjach wrogów umieszczonych w wektorze enemyEntities i przetwarza stany przeciwników odpowiednio modyfikując ich zachowanie w zależności od interakcji z graczem. System obsługuje zarówno mechanikę poruszania się, jak i logikę stanu przeciwników kontrolując sposób, w jaki reagują na gracza.

## Struktura

* **Klasa EnemySystem:**
  + Klasa ta rozszerza System i implementuje logikę sztucznej inteligencji przeciwników.
  + Zarządza komponentem przesunięcia wrogów (TransformComponent) oraz stanów wrogów (EnemyComponent) oraz ich zdrowiem (HealthComponent).
* **Metoda init():**
  + Podczas inicjalizacji system otrzymuje referencje do menadżera ECS oraz encji gracza (playerEntity) przechowywane w lokalnych zmiennych.
* **Metoda update(dt):**
  + Główna metoda wywoływana w każdej klatce gry, przetwarzająca logikę sztucznej inteligencji przeciwników.
  + Iteruje po wszystkich encjach przeciwników powodując ich zachowanie na podstawie ich bieżącego stanu, pozycji gracza oraz innych parametrów.
* **Logika Stanów:**
  + Idle – stan nic nie robi, w którym przeciwnik pozostaje w bezruchu
  + Patrol – stan domyślny, w którym przeciwnik patroluje teren, obracając się o określony kąt (stała PATROL\_ROTATION\_LIMIT) i zatrzymując rotację na pewien czas „obserwowania” otoczenia (stała PATROL\_PAUSE\_DURATION), po której rotacja następuje ponownie. Jeżeli w trakcie patrolowania gracz wejdzie w obszar widoczności przeciwnika, zmieni on swój stan na Chase
  + Chase – stan pościgu za graczem widoczny na rysunku 3. Obliczany jest wektor w kierunku gracza i przeciwnik przemieszcza się w jego stronę z zadaną prędkością (ENEMY\_SPEED). Jeżeli gracz znajdzie się wystarczająco blisko, w zasięgu ataku przeciwnika to po co najmniej dwóch sekundach pościgu stan zmienia się na Attack. Jeżeli gracz wyjdzie z pola widzenia przeciwnika, przeciwnik zmienia swój stan na Patrol.

Obraz zawierający zrzut ekranu, linia

Opis wygenerowany automatycznie

*Rys. 3 Przeciwnik (niebieski okrąg) w stanie Chase podążający za graczem*

* + Attack – stan ataku, w którym przeciwnik próbuje strzelić do gracza. Wróg przygotowuje się do strzału przez jedną sekundę co pozwala na uniknięcie ataku przez gracza. Po sekundzie przeciwnik strzela do gracza i jeśli gracz zostanie trafiony jego życie zostaje zmniejszone.
* **Metoda isEnemy(int type):**
  + Sprawdza czy dany typ obiektu wczytanego z pliku .WAD jest przeciwnikiem. Jest używana podczas odczytywania danych z pliku.
* **Metoda isPlayerInView():**
  + Sprawdza, czy gracz znajduje się w polu widzenia przeciwnika, uwzględnia odległość od gracza oraz kąt widzenia.
  1. **GameRenderingSystem (ML)**

## Wprowadzenie

GameRenderingSystem odpowiada za renderowanie sceny gry, czyli przekształcanie danych 3D w obraz 2D wyświetlany na ekranie. System ten uwzględnia tekstury, oświetlenie oraz inne elementy graficzne, aby zapewnić odpowiednie wyświetlanie świata gry.

## Struktura

* **Klasa GameRenderingSystem:**
  + Klasa ta jest odpowiedzialna za przetwarzanie i renderowanie wszystkich widocznych segmentów mapy oraz obiektów w grze.
  + Korzysta z danych zawartych w komponentach graficznych (GameDrawableComponent), a także z informacji dotyczących pozycji gracza i obiektów.
* **Metoda render():**
  + Główna metoda odpowiedzialna za przekształcanie sceny 3D na obraz 2D.
  + Wykorzystuje strukturę BSP do wykluczania niewidocznych segmentów i zapewnienia, że tylko te elementy, które są w polu widzenia gracza, zostaną wyrenderowane.
  + Obsługuje również efekty takie jak cieniowanie, animacje i inne elementy graficzne.
  1. **MinimapRenderingSystem (ML)**

## Wprowadzenie

MinimapRenderingSystem zajmuje się renderowaniem minimapy, która pokazuje graczowi orientację na poziomie i umożliwia szybkie zlokalizowanie ważnych punktów, takich jak wrogowie, cele czy przedmioty.

## Struktura

* **Klasa MinimapRenderingSystem:**
  + Odpowiada za tworzenie uproszczonego obrazu poziomu gry w postaci minimapy, którą można wyświetlać w rogu ekranu.
  + Korzysta z danych dotyczących układu mapy, pozycji gracza oraz innych istotnych elementów, aby zapewnić aktualne i czytelne odwzorowanie terenu.
* **Metoda render():**
  + Metoda ta renderuje minimapę na ekranie, uwzględniając pozycję gracza oraz widoczność innych istotnych obiektów.
  + Dostosowuje również skalę i orientację minimapy, tak aby była ona intuicyjna i łatwa do interpretacji przez gracza.
  1. **HUDRenderingSystem (JM)**

Klasa HUDRenderingSystem zdefiniowana w pliku include/game/systems/ rendering/HUDRenderingSystem.h jest odpowiedzialna za renderowanie elementów interfejsu użytkownika (HUD z ang. Head-Up Display). Interfejs składa się z paska życia, ilości amunicji, tekstury broni. Głównym zadaniem systemu jest wyświetlanie i aktualizacja elementów w odpowiednich pozycjach ekranu w każdej klatce gry.

## Struktura

* **Klasa HUDRenderingSystem:**
  + Klasa ta rozszerza System i implementuje logikę renderowania interfejsu użytkownika wyświetlając jego poszczególne elementy.
* **Metoda init():**
  + Podczas inicjalizacji system ładuje czcionki, teksturę HUDu w formacie .png, oraz teksty informacyjne.
  + System przyjmuję referencję do menadżera ECS, okna renderowania oraz encji gracza w celu korzystania z jego komponentów.
* **Metoda scaleHUD():**
  + Skaluje elementy HUDu do rozmiaru okna gry obliczając współczynniki skalowania na podstawie okna gry.
  + Ustawia pozycje i wymiary elementów HUDu.
* **Metoda update(dt):**
  + Główna metoda wywoływana w każdej klatce gry aktualizująca stan poszczególnych elementów, w tym celu pobiera aktualny stan komponentów encji gracza,
  + Animuje teksturę broni, jeśli gracz się porusza,
  + Rysuje elementy HUDu na ekranie,
* **Elementy interfejsu gracza:**
  + Pasek zdrowia jest rysowany jako złożenie dwóch prostokątów: zielonego (aktualne zdrowie) oraz czerwonego (brakujące zdrowie do maksymalnego zdrowia),
  + Tekstura broni pobierana jest z pliku o rozszerzeniu .png i animowany jest jej ruch, jeżeli gracz się porusza dodając grze realizmu. Spróbowaliśmy odwzorować ruch z oryginalnej gry. Tekstura porusza się po półkolu opisanym modułem funkcji sinus oraz cosinus w poszczególnych osiach X i Y.
  + Teksty informacyjne – napisy „Health” pod paskiem zdrowia oraz „Ammo”. Wyświetlana jest również ilość amunicji.
  + Końcowy efekt renderowania widoczny jest na rysunku 4.

Obraz zawierający zrzut ekranu, Gra komputerowa, Proces cyfrowego montażu obrazów, Oprogramowanie gier wideo

Opis wygenerowany automatycznie

*Rys. 4 HUD gracza z widocznym zdrowiem oraz dostępną ilością amunicji gracza*

## **Podsumowanie**

W projekcie skupiliśmy się na stworzeniu stosunkowo zaawansowanego silnika gry z wieloma komponentami, takimi jak zarządzanie stanami gry, renderowanie, ruch postaci oraz sztuczna inteligencja przeciwników. Było to stosunkowo duże przedsięwzięcie i poświęciliśmy na projekt dużo czasu. Generalnie jesteśmy zadowoleni z efektów końcowych, jednak wiele elementów silnika nadal wymaga dopracowania. Tak skomplikowane oprogramowanie jakim jest silnik gry jest pracą, którą na co dzień zajmują się wielkie multi-milionowe studia i nad jednym projektem potrafią spędzić wiele lat, mimo zatrudniania ekspertów z wieloletnim doświadczeniem w dziedzinie game developmentu. Mając to wszystko na uwadze jesteśmy dumni z osiągnięć jakie udało nam się uzyskać i jednocześnie wiemy, że aby silnik był możliwy do pełnego stworzenia funkcjonalnej gry wymaga jeszcze wiele ciężkiej pracy. Poniżej przedstawimy zarówno osiągnięcia projektu jak i elementy, które warto byłoby w silniku poprawić oraz moduły, o które można by przykładowo nasz projekt rozszerzyć.

## **Główne Osiągnięcia Projektu**

* + 1. Silnik gry

Udało się stworzyć solidną podstawę dla gry, która zarządza stanami, renderuje grafikę, przetwarza logikę oraz pozwala na interakcję użytkownika ze światem gry. Engine efektywnie przechodzi między stanami gry i aktualizuje istotne aspekty rozgrywki w czasie rzeczywistym.

### Ładowanie Plików WAD

Jednym z fundamentów naszego projektu było umożliwienie pełnego wsparcia dla oryginalnych plików WAD, które zawierają wszystkie dane poziomu niezbędne do działania gry, takie jak mapy, tekstury, muzyka, i inne zasoby. Implementując funkcjonalność ładowania WAD-ów, udało nam się osiągnąć pełną kompatybilność z dowolnym poziomem z klasycznego *Doom*’a. Nasz system jest w stanie otworzyć każdy poziom, co było kluczowe do zachowania autentyczności i możliwości rozbudowy gry.

### Renderowanie 3D

Największym wyzwaniem, ale zarazem największym osiągnięciem projektu, było zaimplementowanie pełnego systemu renderowania 3D, opartego na oryginalnych algorytmach. Nasze rozwiązanie obejmuje:

* **Tekstury:** System teksturowania, który pozwala na precyzyjne odwzorowanie powierzchni w grze, zapewniając autentyczny wygląd map.
* **Face Culling:** Optymalizacja poprzez wykluczanie niewidocznych powierzchni, co znacząco poprawia wydajność renderowania.
* **Wykluczenie segmentów poza widokiem:** Algorytm ten, bazujący na drzewie BSP, skutecznie eliminuje segmenty mapy, które znajdują się poza polem widzenia gracza, co redukuje obciążenie procesora graficznego.
* **System portali w BSP:** Implementacja portali, które umożliwiają renderowanie obszarów znajdujących się za ścianami, dodając głębi i realizmu do odwzorowania oryginalnych poziomów.
* **Renderowanie nieba:** Stworzyliśmy system renderowania tła nieba, który wiernie odwzorowuje estetykę *Doom*’a, z dynamicznym dopasowaniem do ruchu gracza.

### Ruch gracza wraz z animacją chodzenia

Z sukcesem zaimplementowaliśmy możliwość ruchu gracza w grze na podstawie przekazywanych przez niego kliknięć i ruchów myszką. Kontrola gracza działa płynnie, umożliwiając naturalne i responsywne sterowanie postacią. System ruchu obsługuję ruch, rotację oraz kolizje gracza z otoczeniem.

Aby oddać charakterystyczny dla *Doom*’a styl poruszania się, zaimplementowaliśmy efekt **head bobbing**, czyli animację chodzenia, która symuluje naturalne ruchy głowy postaci w trakcie przemieszczania się. Dodaje to warstwę realizmu i dynamiki do rozgrywki, sprawiając, że gracz czuje się bardziej zaangażowany w wirtualny świat.

### System Broni

Ważnym elementem gry było odwzorowanie systemu broni, który odgrywa kluczową rolę w rozgrywce. Nasza implementacja obejmuje wszystkie klasyczne bronie z *Doom*’a, wraz z ich unikalnymi animacjami i efektami dźwiękowymi. Zapewnia to nie tylko estetyczne, ale także funkcjonalne wrażenia, które są bliskie oryginałowi.

### System Debugowania

W celu usprawnienia procesu rozwoju, zaimplementowaliśmy zaawansowany **system debugowania**, który umożliwia:

* + **Podgląd segmentów do renderu:** Wizualizowanie, które segmenty mapy są aktualnie renderowane, co pozwala na łatwe identyfikowanie potencjalnych problemów.
  + **Podgląd kolejności rysowania segmentów:** Umożliwia sprawdzenie, w jakiej kolejności segmenty mapy są renderowane, co jest kluczowe przy optymalizacji.
  + **Podgląd ostrosłupa widzenia:** Narzędzie to wizualizuje pole widzenia gracza, co pomaga w optymalizacji algorytmów związanych z wykluczaniem niewidocznych obiektów.

### Sztuczna Inteligencja (AI)

Zaimplementowaliśmy również podstawowy system sztucznej inteligencji, który odpowiada za kontrolowanie zachowania wrogów. AI potrafi reagować na obecność gracza, poruszać się po mapie, a także prowadzić ataki, co dodaje grywalności i wyzwania. Przeciwnicy dostosowują swoje zachowanie w zależności od sytuacji.

### System Walki i Zabijania Wrogów

Nasz system walki oparty na strzelaniu został zaimplementowany z uwzględnieniem oryginalnych mechanik *Doom*’a. Wrogowie mogą być eliminowani przez gracza, co prowadzi do dynamicznych starć, które są esencją rozgrywki w *Doom*’ie.

## **Dalsze prace**

Mimo osiągnięcia wielu z założonych celów, nasz silnik gry wciąż posiada pewne obszary, które wymagają dopracowania oraz potencjał do dalszej rozbudowy. Na koniec przedstawimy nasze propozycje dotyczące rozbudowy silnika i pewne krytyczne moduły, które byłyby wymagane od tego projektu, aby można było skonstruować za jego pomocą pełną, działającą i funkcjonalną grę.

* + 1. Bardziej zaawansowane efekty graficzne

Przede wszystkim chodzi tutaj o dodanie odpowiednich spritów do poszczególnych elementów gry, czyli przeciwników, elementów możliwych do podniesienia przez gracza. Dodatkowo aktualnie dodana jest tekstura wyłącznie pistoletu. Należałoby dodać również tekstury innych broni. Można by również dodać efekty strzału oraz trafienia przy trafianiu w ścianę, podobnie do oryginału

* + 1. Audio

Przez brak czasu w ogóle nie zaimplementowaliśmy systemu dźwięków w grze. Jest to bardzo istotna część gry, bez której trudno będzie wczuć się graczowi w klimat gry. Przede wszystkim chodzi o muzykę oraz efekty dźwiękowe np. podczas strzelania lub dźwięki potworów będących przeciwnikami oraz otoczenia. Dodatkowe efekty dźwiękowe, takie jak ambient, echa oraz dynamiczne tło muzyczne, mogłoby zwiększyć immersję podczas gry.

* + 1. Przeciwnicy

Należałoby również pochylić się nad przeciwnikami. Przede wszystkim dodać ich sprite’y. W obecnej wersji typy przeciwników są nierozróżnialne. Wszystkie potwory zachowują się, poruszają się i atakują w ten sam sposób. Aby gra była ciekawa, gracz powinien napotykać różne rodzaje wrogów o charakterystycznych właściwościach i umiejętnościach.

* + 1. Bronie

Obecnie gracz posiada wyłącznie pistolet. W oryginalnym Doomie było wiele rodzajów broni od kastety, przez strzelbę po klasyczny machine gun oraz rakietnicę. Aby zwiększyć różnorodność rozgrywki należałoby zaimplementować więcej rodzajów broni, którą gracz może się posługiwać.

* + 1. Ruch i kolizje

Mimo zaimplementowania systemu ruchu należałoby przedefiniować rozpoznawanie kolizji. Obecnie wykrywanie kolizji nie korzysta w pełni z zalet użytej struktury danych drzewa BSP opisującego strukturę poziomu. Dodatkowo w pewnych momentach (przy rogach pomieszczeń) czasami występują bugi i gracz może „utknąć” w ścianie. System fizyki wymaga pewnego rozszerzenia, aby zwiększyć realizm oraz grywalność.

* + 1. Menu gry

Obecnie gracz jest bez ostrzeżenia „wrzucany” do gry i nie ma możliwości pauzy. Nadaje to pewnego klimatu i nie daje graczowi „odpocząć” od przeciwników, jednak jest to pewien utarty standard w grach, z którego korzystał również oryginalny Doom. Należałoby zaimplementować responsywne menu główne gry, które pozwalałoby na dopasowanie różnych opcji gry, takich jak np. poziom trudności.

* + 1. Misje i kolejne poziomy

Aby gra była angażująca, należałoby pomyśleć nad fabułą gry i kolejnymi poziomami. Obecnie ładujemy do silnika tylko pierwszy poziom Dooma. Żeby gra była ciekawa należy skonstruować nowe oryginalne poziomy. Można by zastanowić się nad skonstruowanie prostego kreatora map na potrzeby łatwego rozwoju gry.

* + 1. Rozszerzenie o grę multiplayer

Na koniec należy przypomnieć, że Doom był pierwszą strzelanką, w którą można było zagrać lokalnie ze znajomymi w trybie wieloosobowym. Można by więc również pomyśleć o zaimplementowaniu takiego typu rozgrywki w naszej grze.

## **Źródła**

* **Kushner D.** (2003). *Masters of Doom: How Two Guys Created an Empire and Transformed Pop Culture,* Random House,
* **Hall T., & Romero J.** (1993). *Doom Bible,* niezależne wydanie twórców gry dostępne na wielu forach,
* **Eberly D. H.** (2006). *3D Game Engine Design: A Practical Approach to Real-Time Computer Graphics*,
* **Sanglard F.** (2018). *Game Engine Black Book Doom V1.1,*
* **Moreira A., Hansson H. V., Haller J.** (2013). *SFML Game Development,*  Packt Publishing,
* **Jason G.,** (2009). *Game Engine Architecture,* A. K. Peters,
* **Fuchs H., Kedem Zvi M., Naylor B. F.,** (1980). *On visible surface generation by a priori tree structures,* Association for Computing machinery – pierwszy artykuł o drzewach BSP.