



# GENERATOR

DOKUMENTACJA ANALITYCZNA

Wersja: 0.6

Data modyfikacji: 11 września 2007

Autorzy: A.BĄK and M.KULBACKI

# Spis treści

|          |   |          |
|----------|---|----------|
| <b>1</b> | <b>Model aplikacji Generator'a</b>  | <b>1</b> |
| <b>2</b> | <b>Avatar'y</b>   | <b>2</b> |
| 2.1      | Powiązania Avatar'ów z modelami w API Cal3D . . . . .                           | 2        |
| 2.2      | Tworzenie avatarów . . . . .  | 3        |
| 2.3      | Przechowywanie ruchów (animacji) dla Avatarów . . . . .                         | 4        |
| <b>3</b> | <b>Moduł UpdateManager</b>  | <b>4</b> |
| 3.1      | Odświeżanie obiektów . . . . .  | 5        |
| 3.2      | Rozsyłanie wiadomości . . . . .   | 5        |
| <b>4</b> | <b>Sterowanie ruchem – TimeLine'y</b>   | <b>5</b> |
| 4.1      | Struktura TimeLine'a oraz relacje pomiędzy jego składowymi elementami . . . . . | 6        |
| 4.2      | Struktura obiektów TimeLineMotion . . . . .                                     | 7        |
| <b>5</b> | <b>Organizacja obiektów graficznych</b>   | <b>9</b> |
| 5.1      | Motywacja . . . . .   | 9        |
| 5.2      | Wizualizacja . . . . .  | 9        |
| 5.2.1    | ft::SceneObject . . . . .   | 9        |
| 5.2.2    | ft::MenuItem . . . . .  | 9        |
| 5.2.3    | ft::Line . . . . .  | 10       |
| 5.2.4    | ft::TraceLine . . . . .   | 10       |
| 5.2.5    | ft::Avatar . . . . .  | 10       |
| 5.2.6    | ft::TextureManager . . . . .  | 11       |
| 5.2.7    | ft::MenuManager . . . . .   | 12       |
| 5.2.8    | ft::VisualizationManager . . . . .  | 12       |
| 5.2.9    | ft::OGLContext . . . . .  | 13       |
| 5.2.10   | ft::Camera . . . . .  | 13       |
| 5.3      | ft::CameraManager . . . . .   | 13       |
| 5.4      | Renderowanie Sprzętowe . . . . .  | 13       |

---

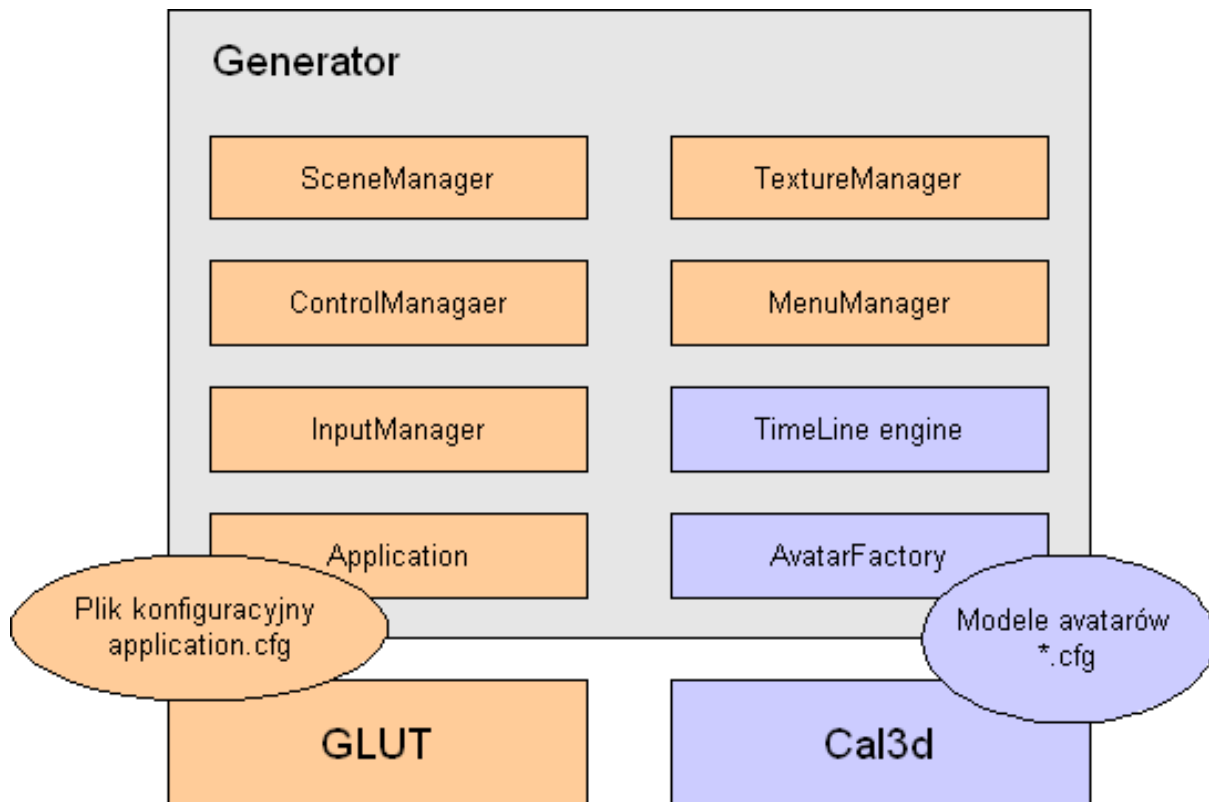
## 1 Model aplikacji Generator'a

Aplikacja Generator'a bazuje na dwóch głównych bibliotekach:

- GLUT – używana do zarządzania aplikacją okienkową oraz podstawowych operacji graficznych
- Cal3d – używana do reprezentacji modeli avatarów oraz zarządzanie animacjami dla nich

Do szybkiego ustawiania parametrów aplikacji oraz jej składowych modułów służy plik */data/application.cfg*. Modele avatarów oraz animacje dla nich opisane są w standardowym formacie modeli Cal3d (pliki xsf/xaf/xmf/xrf lub csf/caf/cmf/crf opisane skryptami *\*.cfg*).

Ogólna ilustracja struktury aplikacji Generator'a została przedstawiona na rysunku 1.



Rysunek 1: Struktura aplikacji Generator'a

## 2 Avatar'y

Podstawową klasą reprezentującą animowaną postać jest Avatar. Można go dodawać do sceny oraz wykonywać na nim animacje. Obiekty typu Avatar bazują na modelach postaci z API Cal3d i można je traktować jako odpowiedniki takich modeli z rozszerzoną funkcjonalnością na potrzeby Generatora.

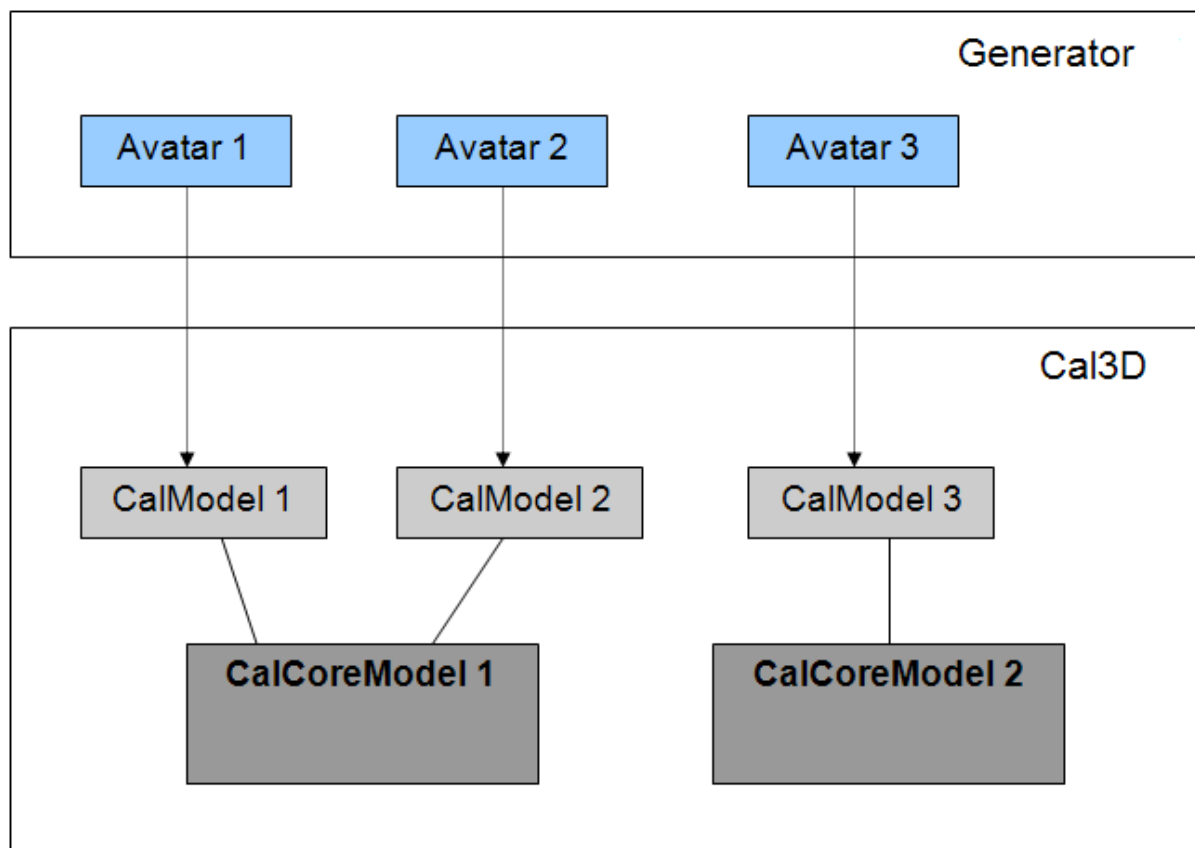
### 2.1 Powiązania Avatar'ów z modelami w API Cal3D

Podstawowym bytem reprezentującym animowaną postać w API Cal3D jest obiekt CalModel. Obiekt CalModel może być utworzony na podstawie odpowiedniego typu. Definicją takiego typu w Cal3d jest obiekt CalCoreModel.

Różnica pomiędzy CalCoreModelem i CalModelem jest taka, że CalCoreModel zawiera definicje mesh'y, animacji, materiałów oraz szkieletu postaci. CalModel jest natomiast specyficzną instancją CalCoreModelu i można go ustawiać na scenie oraz wykonywać na nim animacje. Dla każdego takiego typu może istnieć dowolna ilość obiektów klasy CalModel.

Dla każdego utworzonego obiektu klasy Avatar utworzony zostaje osobny obiekt klasy CalModel w engine Cal3d. Ponadto obiekt Avatar zawiera referencję do odpowiedniego obiektu CalCoreModel, na którego podstawie został utworzony jego CalModel. Dzięki temu z poziomu Avatar'a można odwoływać się do definicji postaci.

Na rysunku 2 znajduje się ilustracja przykładowej struktury modeli.



Rysunek 2: Ilustracja przykładowej struktury modeli opartych na Cal3D

## 2.2 Tworzenie avatarów

Aby utworzyć obiekt Avatar należy wcześniej utworzyć dla niego odpowiedni obiekt CalModel w Cal3d oraz użyć do tego odpowiedniego typu, czyli obiektu CalCoreModel. Obiekt CalCoreModel tworzony jest na podstawie pliku konfiguracyjnego w formacie Cal3d (.cfg). Należy przy tym pamiętać, że ten dany typ reprezentowany przez obiekt CalCoreModel wystarczy utworzyć (wczytać z pliku .cfg) tylko jeden raz. Następnie można go używać do tworzenia dowolnej ilości obiektów klasy CalModel.

Po utworzeniu danego obiektu CalCoreModel na podstawie pliku .cfg należy dla niego zainicjować materiały. Z kolei po utworzeniu obiektu CalModel należy odpowiednio zainicjować meshe na podstawie CalCoreModelu. Powyższe operacje należy wykonać w odpowiedniej kolejności.

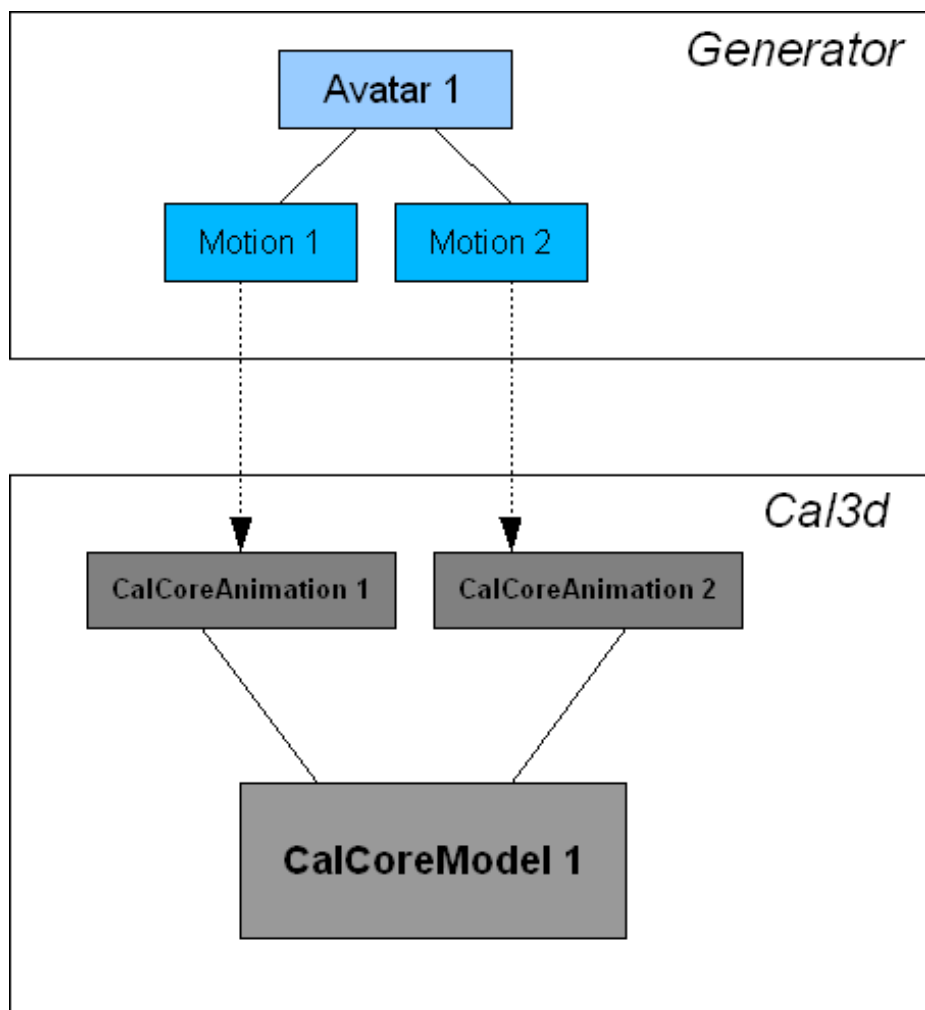
Aby uprościć tworzenie obiektu Avatar oraz jego relacji z modelami Cal3d została utworzona klasa AvatarFactory. Wystarczy wywołać metodę AvatarFactory.CreateAvatar() oraz zadać nazwę dla CalCoreModel'u (która odpowiada nazwie pliku .cfg) oraz dowolną nazwę dla Avatar. Cała operacja tworzenia Avatara odbywa się wewnątrz tej metody.

Dodatkowo klasa AvatarFactory zapewnia zarządzanie CalCoreModel'ami, tak aby każdy osobny typ nie został utworzony więcej niż jeden raz, nawet gdy odwołamy się do niego wiele razy

## 2.3 Przechowywanie ruchów (animacji) dla Avatarów

Animacje dla avatarów są reprezentowane przez obiekty klasy *Motion*. Są one kolekcjonowane w klasie *MovableAvatar*, która jest pochodną klasy *Avatar*. Jeden obiekt klasy *Motion* powiązany jest z dokładnie jednym obiektem klasy *CalCoreAnimation* w engine Cal3d. Animacja *CalCoreAnimation* jest w Cal3d składową *CalCoreModel*'u i jest wykonywana przez odpowiednie *CalModel*'e.

Ilustracja struktury powiązań dotyczących animacji znajduje się na rysunku 3.



Rysunek 3: Powiązania struktur dotyczących animacji w Cal3D i Generatorze

## 3 Moduł UpdateManager

Moduł *UpdateManager* jest jednym z bazowych modułów Generatora. Do jego głównych zadań należy odświeżanie obiektów w każdej klatce symulacji (frame) oraz rozsyłanie wiadomości do zainteresowanych obiektów.

Główną klasą modułu jest *UpdateManager*, która posiada tylko jedną instancję (Singleton).

Aby obiekty mogły być odświeżane przez *UpdateManagera* lub odbierać wiadomości muszą być pochodnymi klasy *UpdateObject* oraz być zarejestrowane w *UpdateManager*'ze.

### 3.1 Odświeżanie obiektów

Aby dany obiekt mógł reagować na odświeżenie w każdej klatce animacji powinien pokryć metodę *OnUpdate (float elapsedTime)* z klasy bazowej *UpdateObject*. Parametr *elapsedTime* określa ile czasu minęło od poprzedniego odświeżenia. *UpdateManager* będzie wywoływał metodę *OnUpdate* na wszystkich zarejestrowanych obiektach zgodnie z parametrami określonymi dla aktualnej symulacji (klasa *ft::Simulation*). Klasa *ft::Simulation* odczytuje czas przy pomocy metody *getTick()*. W zależności od potrzeby można pobierać czas z dokładnością do mili albo mikrosekund.

### 3.2 Rozsyłanie wiadomości

*UpdateManager* rozsyła wiadomości do zarejestrowanych obiektów za pomocą obiektów klasy *ft::Message*. Wywołuje w tym celu na obiektach funkcje *OnMessage(Message\* msg)*, która jest zdefiniowana w klasie *UpdateObject*. Aby obiekt mógł zareagować na wiadomość powinien on pokryć metodę *OnMessage* i zaimplementować w niej rozpoznanie typu wiadomości oraz odpowiednie akcje.

Każdy obiekt w systemie może wysłać wiadomość przez *UpdateManager*'a używając metody *SendMessage(Message\* msg, bool deleteAfterSent)*. Jako parametr *msg* należy podstawić właściwy obiekt typu *Message*, natomiast *deleteAfterSend* określa czy *UpdateManager* ma zwolnić pamięć dla obiektu *msg* po rozesłaniu go do zarejestrowanych obiektów.

Ilustracja przepływu sterowania podczas rozsyłania wiadomości znajduje się na rysunku 4.

## 4 Sterowanie ruchem – TimeLine'y

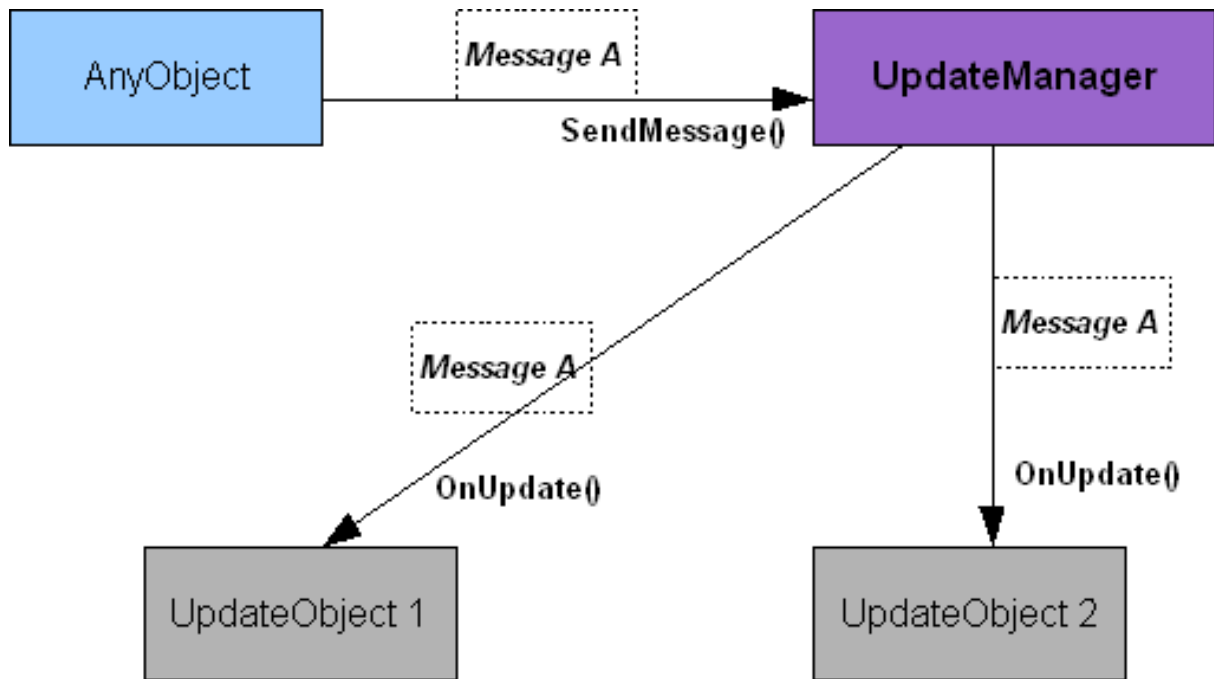
Idea sterowania ruchem bazuje na pojęciu TimeLine'ow. TimeLine można traktować jako ścieżkę animacji, którą avatar ma za zadanie wykonać. TimeLine reprezentowany jest przez obiekty typu *ft::TimeLine*.

Zadany do wykonania TimeLine jest wypełniony obiektami typu *ft::TimeLineMotion*. Obiekty typu *TimeLineMotion* mają wskazania na animacje, które są wykonywane przez avatar'a w trakcie wykonywania danego *TimeLineMotion*'a na ścieżce animacji.

Pomiędzy kolejnymi obiektami *TimeLineMotion* mogą być zdefiniowane reguły łączenia. Reguły łączenia są reprezentowane przez obiekty typu *ft::TimeLineBlender*.

Podczas wykonywania *TimeLineMotion*'a, ruch avatara może być modyfikowany w dowolny sposób przez jeden lub kilka modyfikatorów ruchu. Każdy modyfikator jest opisany w obiekcie typu *ft::TimeLineModifier*.

Rozpoczęcie wykonywania TimeLine'a rozpoczyna się w momencie wykonania na nim metody *Start()*. Wykonanie TimeLine'a polega na wykonaniu po kolei wszystkich jego składowych *TimeLineMotion*'ow.



Rysunek 4: Przesyłanie wiadomości między obiektami implementującymi interfejs wiadomości UpdateManagera

Obiekty typu *TimeLine* są pochodnymi klasy *TimeLineMotion*, co oznacza że całe *TimeLine*'y mogą być użyte jako składowe innych *TimeLine*'ów, co zapewnia dużą elastyczność w definiowaniu i sterowaniu ruchem.

#### 4.1 Struktura *TimeLine*'a oraz relacje pomiędzy jego składowymi elementami

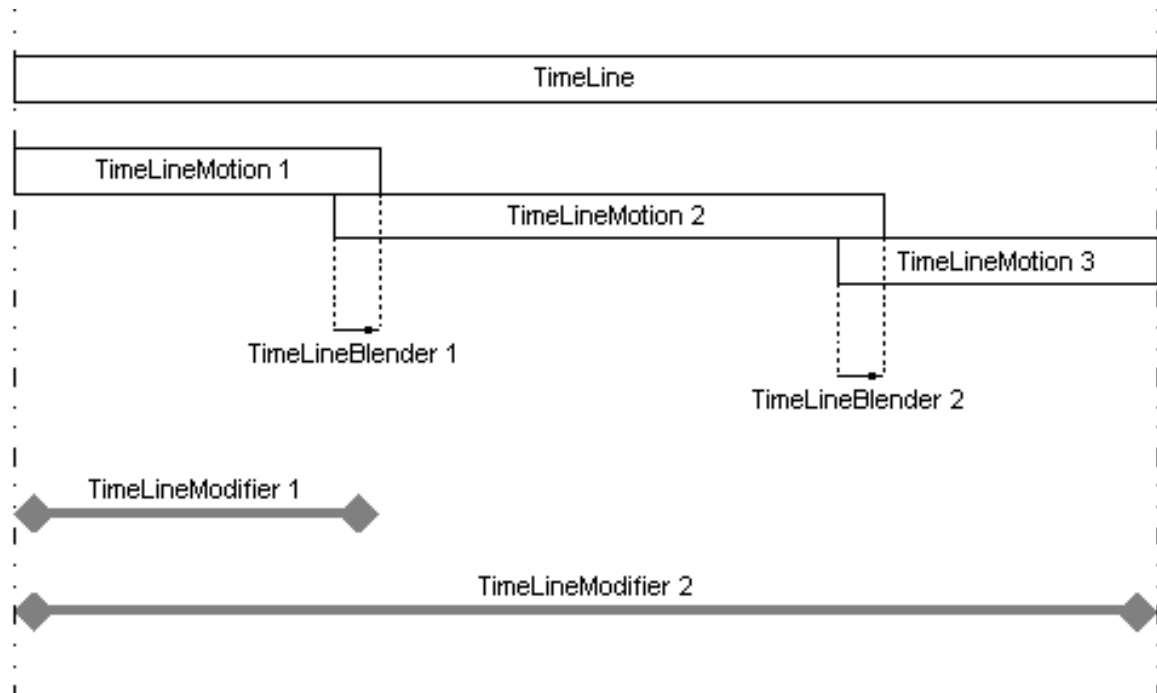
Schemat przykładowego *TimeLine*'a znajduje się na rysunku 5. Ilustruje on *TimeLine*-a składającego się z trzech obiektów składowych: *TimeLineMotion\_1*, *TimeLineMotion\_2* oraz *TimeLineMotion\_3*. Pomiedzy wszystkimi składowymi obiektami zdefiniowane są reguły łączenia: *TimeLineBlender\_1* oraz *TimeLineBlender\_2*. Poza tym zdefiniowane są dwa modyfikatory: *TimeLineMotdifier\_1* (który modyfikuje ruch postaci jedynie w czasie wykonywania *TimeLineMotion\_1*) oraz *TimeLineModifier\_2* (który modyfikuje ruch podczas wykonywania całego *TimeLine*'a).

Wykonywanie *TimeLine*'a z przykładu polega na sekwencyjnym wykonaniu kolejno trzech zdefiniowanych *TimeLineMotion*'ów.

Reguły łączenia definiuje się dla konkretnego obiektu *TimeLineMotion* i zostaje on zastosowany pomiędzy tym obiektem a jego następnikiem (jeśli następnik występuje).

Modyfikatory również definiuje się dla obiektów typu *TimeLineMotion*. W powyższym przykładzie *TimeLineMotdifier\_1* jest zdefiniowany dla *TimeLineMotion\_1*, natomiast *TimeLineMotdifier\_2* dla *TimeLine* (takie powiązanie jest możliwe, ponieważ *TimeLine* jest specyficzną odmianą *TimeLineMotion*'a).

Każdy *TimeLineMotion* może być zaznaczony jako obiekt cykliczny, co powoduje, że będzie on wykonywany w pętli, dopóki nie zostanie jawnie przerwany. Dopiero po jego



Rysunek 5: Przepływ informacji w obrębie zdefiniowanego timeline-a

przerwaniu zacznie być wykonywany jego następnik. Istnieje również możliwość zdefiniowania liczby cykli, po których wykonaniu ruch cykliczny zostanie przerwany automatycznie.

## 4.2 Struktura obiektów TimeLineMotion

Elementy składowe obiektu TimeLineMotion przedstawione zostały na rysunku 6. W skład obiektu *ft::TimeLineMotion* wchodzi następujące elementy składowe:

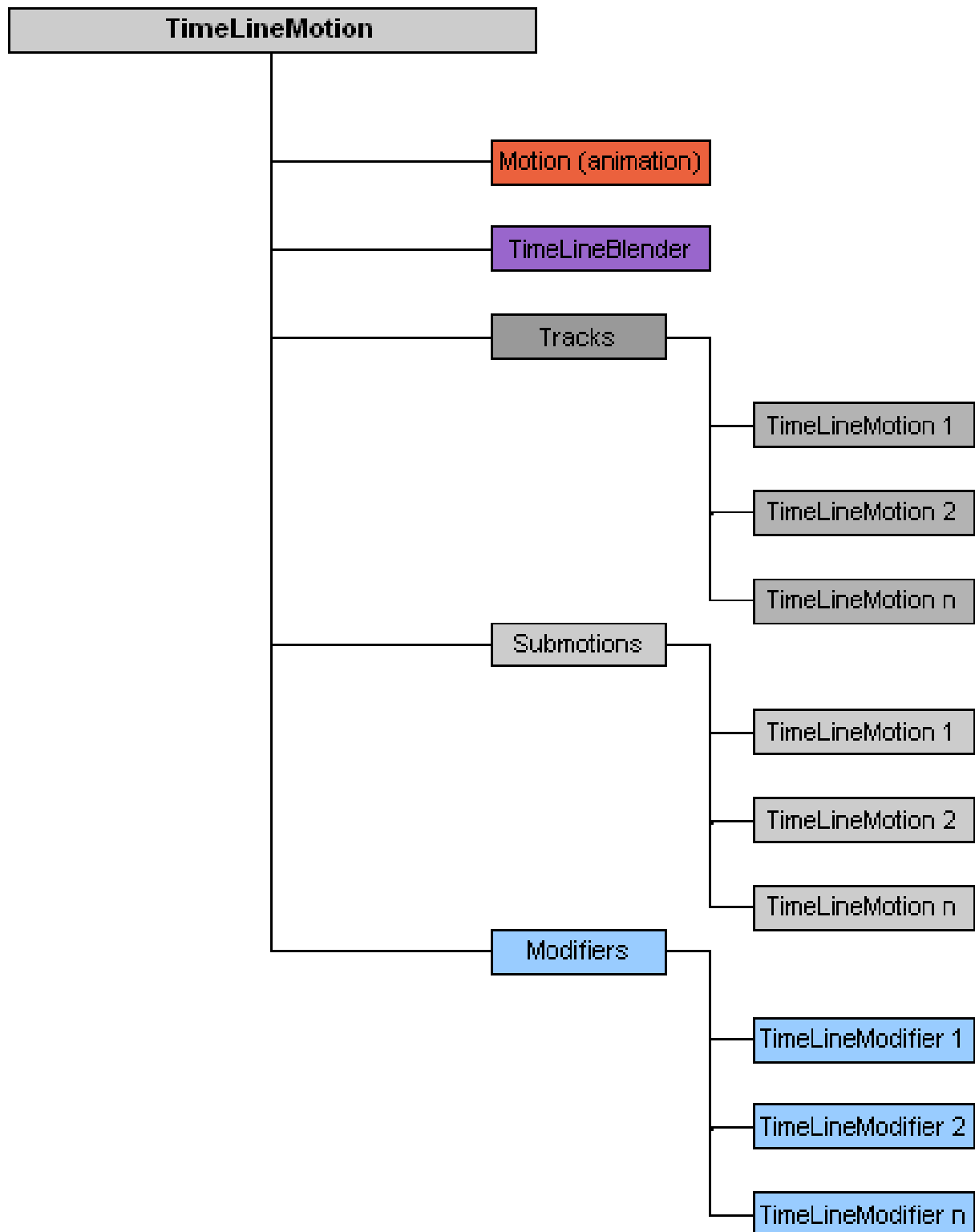
a) *Motion (animacja)* – referencja do animacji, która ma być wykonana przez avatara w czasie wykonywania danego TimeLineMotion’a. Referencja do animacji może być pusta. W tym przypadku dany TimeLineMotion sam w sobie nie powoduje żadnego ruchu avatar’a, natomiast mogą go powodować jego elementy składowe z *tracks* i *submotions*.

b) *TimeLineBlender* – definicja łączenia danego TimeLineMotion’a z jego następnikiem. W najprostszym przypadku definiuje on na ile przed końcem wykonywania animacji aktualnego TimeLineMotion’a ma być wystartowana animacja z następnego TimeLineMotion’a. Sama operacja *blendowania* realizowana jest automatycznie przez engine Cal3d.

c) *Tracks* – może zawierać dodatkowe ścieżki ruchów, które będą wykonywane równolegle do TimeLineMotion’a. Każda ścieżka ma postać obiektu TimeLineMotion. Ścieżki mogą być wykorzystane do realizacji ruchów dla poszczególnych partii ciała avatar’a. Zbiór ścieżek może być pusty – wtedy nie ma żadnego wpływu na ruch avatar’a.

d) *Submotions* – może zawierać sekwencje obiektów typu TimeLineMotion, które są wykonywane podczas wykonywania danego TimeLineMotion’a (równocześnie z wykonywaniem jego animacji). Zbiór *submotions* jest wykorzystywany do podziału danego TimeLineMotion’a na „krótsze” obiekty typu TimeLineMotion. Zbiór ten może być pusty – wtedy nie ma żadnego wpływu na ruch avatar’a.





Rysunek 6: Elementy składowe typu *ft::TimeLineMotion*

e) *Modifiers* – zawiera zbiór modyfikatorów, które są wykonywane w czasie wykonywania danego *TimeLineMotion*'a (od początku jego wykonywania do zakończenia wykonywania). Każdy modyfikator może być podzielony dodatkowo na sekwencje „krótszych”

modyfikatorów na tej samej zasadzie, zgodnie z którą można podzielić obiekt TimeLine-Motion na zbiór submotions. Zbiór *modifiers* może być pusty – wtedy nie ma żadnego wpływu na ruch avatar’a.

## 5 Organizacja obiektów graficznych

### 5.1 Motywacja

Wizualizacja nie jest głównym celem całego systemu, i przez to nie jest wykonana w sposób kompleksowy i całkowicie uniwersalny. Jednakże mechanizmy do wizualizacji elementów systemu bazują na pewnych założeniach pozwalających zaimplementować je łatwo w innych systemach wizualizacji (np. OSG) lub przy pomocy dowolnego API (np. DirectX). Założono niezależność od standardów korporacyjnych (MS) i wybrano OpenGL API. Aby zminimalizować wpływ strumienia graficznego na całkowitą wydajność systemu, przerzucono część operacji graficznych na procesor akceleratora graficznego przez użycie sprzętowego wspomaganie (vertex shader).

### 5.2 Wizualizacja

Wizualizacja obiektów stanowi niezależny mechanizm generatora i poprzez ściśle określone reguły i interfejsy działa w sposób niezależny od reszty implementacji. Generalną ideę relacji pomiędzy podstawowymi obiektami wizualizacji w systemie przedstawiono na rysunku 7.

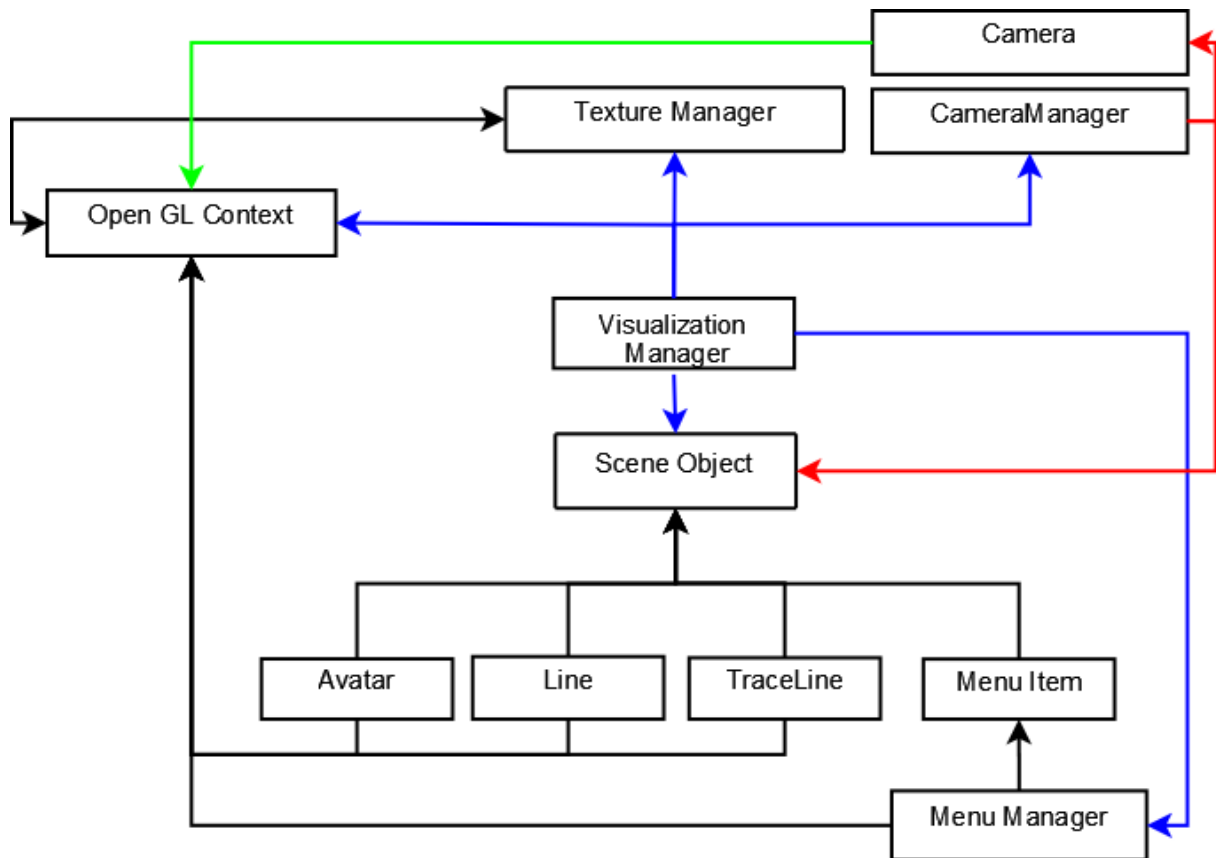
**Zasady renderowania obiektów graficznych w systemie** 1. Każdy obiekt który ma być włączony do potoku renderującego musi implementować interfejs (pokrywa metodę *Render*) obiektu *ft::SceneObject*. 2. Każdy obiekt, który ma być włączony do potoku renderującego jest musi być zarejestrowany przez obiekt *ft::VisualizationManager* przy pomocy metody *ft::VisualizationManager::AddObject* 3. Obiekt *ft::VisualizationManager* wywołuje cyklicznie metodę *ft::VisualizationManager::OnRender*, zsynchronizowaną z mechanizmem GLUT, i przetwarza wszystkie zarejestrowane obiekty wywołując metodę *Render* każdego z nich.

#### 5.2.1 ft::SceneObject

Podstawowy obiekt graficzny. Realizuje bazowy interfejs obiektu sceny (kolor, położenie, nazwa obiektu, aktywność) i udostępnia interfejs renderowania obiektu - metoda *Render* oraz *RenderShadow*.

#### 5.2.2 ft::MenuItem

Podstawowy element menu graficznego, korzysta z bazowych własności typu *ft::SceneObject* Jego kształt i właściwości mogą być dostosowane do specyficznych wymagań poprzez własną implementację metody *Render*. MenuItem implementuje najprostszą postać wzorca composite dzięki czemu może funkcjonować jako struktura drzewiasta co pokazano na rysunku 8.



Rysunek 7: Wzajemne relacje współpracy obiektów wizualizacji

### 5.2.3 ft::Line

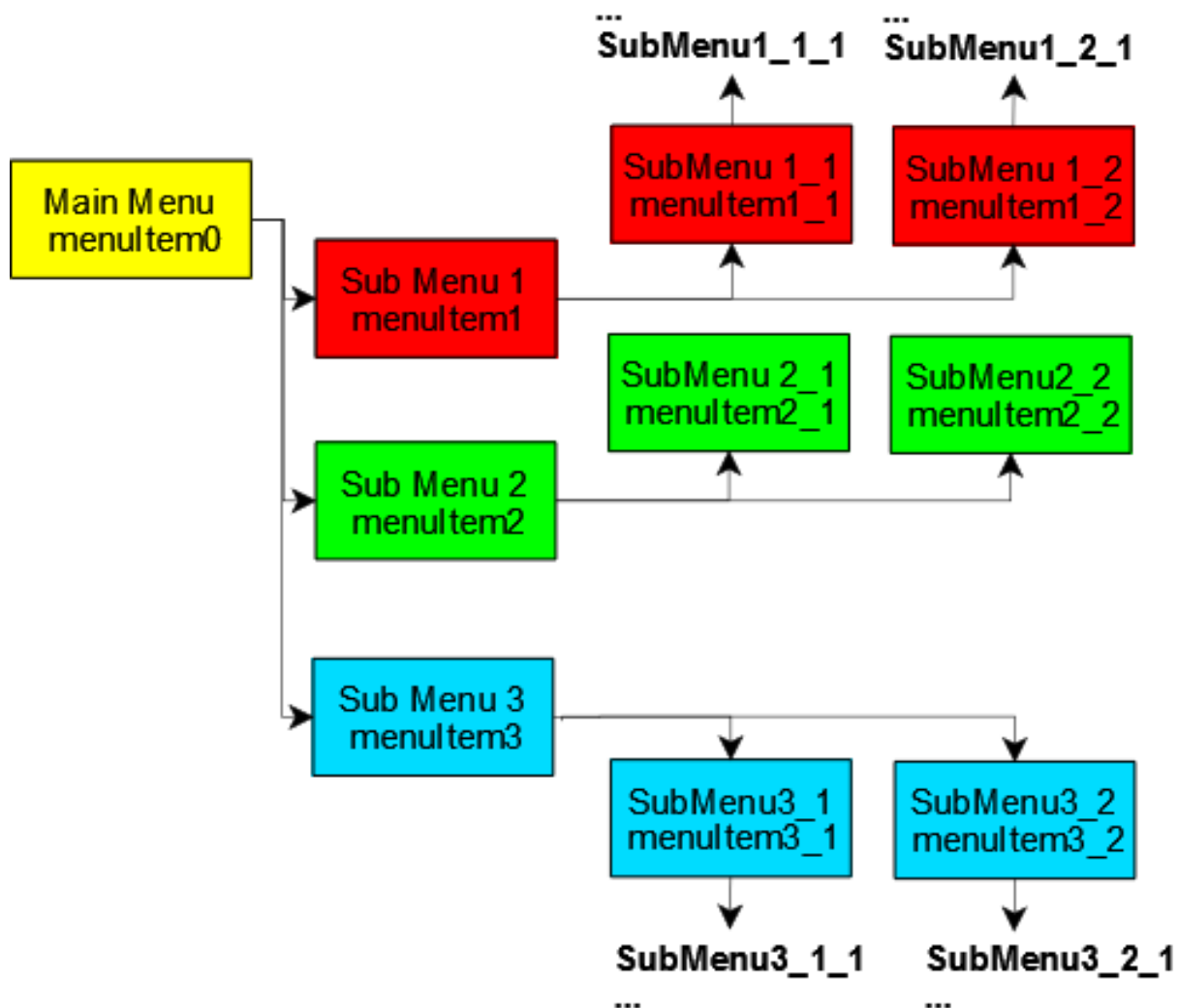
Pozwala realizować różne warianty linii lub strzałkę w trzech wymiarach. Obiekt można definiować zadając mu początek, koniec, długość, orientację i kolor. Główną motywacją było zastosowanie go w charakterze markera. W obszarze renderowania implementuje własną metodę *Render*.

### 5.2.4 ft::TraceLine

Pozwala realizować linię wielosegmentową połączoną markerami w trzech wymiarach poprzez zadawanie punktu w przestrzeni metodą *ft::TraceLine::AddPoint*. Obiekt może wyświetlać i ukrywać markery, ustawiać kolor każdego segmentu. Doskonale nadaje się do wizualizacji miejsc, w których trzeba śledzić położenie przesuwanego się obiektu. W obszarze renderowania implementuje własną metodę *Render*.

### 5.2.5 ft::Avatar

W kontekście wizualizacji jest to obiekt graficzny z najbardziej rozbudowaną strukturą renderowania. Obiekt *ft::Avatar* posiada trzy możliwości renderowania: renderowanie szkieletu, renderowanie ograniczeń każdej kości lub renderowanie siatki modelu (mesha). Dodatkowo ze względu na złożoność siatki modelu wprowadzono możliwość sprzętowego renderowania siatki modelu przy użyciu vertex shadera. Po wyborze metody renderowania

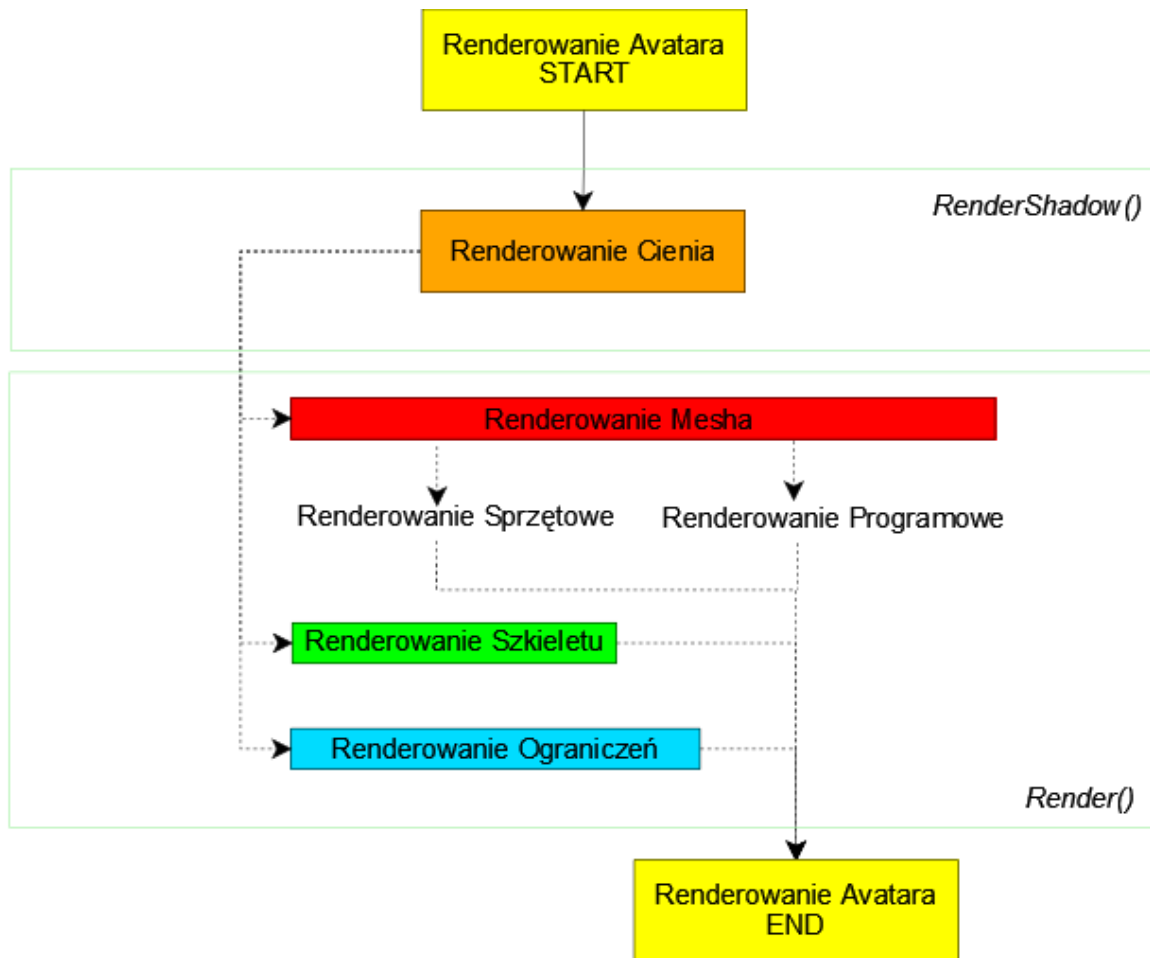


Rysunek 8: Przykładowa implementacja wielopoziomowego menu przy pomocy obiektu *ft::MenuItem*

Avatara dochodzi jeszcze renderowanie cienia obiektu, które jest realizowane przed renderowaniem całego obiektu przez metodę *RenderShadow* jako element globalnej metody renderowania cienia (np. przez *ft::VisualizationManager*). Przepływ potoku renderującego związanego z renderowaniem avatara przedstawiono na rysunku 9

### 5.2.6 *ft::TextureManager*

Ładuje, przechowuje i udostępnia innym obiektom tekstury wczytywane z plików. Pozwala przetwarzać pliki graficzne w formatach PCX, BMP i TGA (wyłącznie 24 bitowe). Manager tekstur jest łatwo rozszerzalny i pozwala skorzystać z plików graficznych w innych formatach przez prostą modyfikację jednej metody *ft::TextureManager::LoadTexture*. Poprzez globalną mapę tekstur eliminuje potrzebę wielokrotnego wczytywania tych samych plików teksturami. Aby korzystać z właściwości tego obiektu musi być aktywny kontekst OpenGL do przetwarzania tekstur (*glEnable(GL\_TEXTURE)*).



Rysunek 9: Potok renderowania dla typu *ft::Avatar*. Linie przerywane oznaczają ścieżki alternatywne potoku renderującego.

### 5.2.7 *ft::MenuManager*

Zarządza kolekcją obiektów typu *ft::MenuItem*. Tworzy menu graficzne na podstawie definicji w pliku konfiguracyjnym. Obsługuje komunikaty z zewnątrz od obiektu *ft::UpdateManager* i z lokalnych obiektów *ft::MenuItem* oraz generuje komunikat do systemu o wciśnięciu konkretnego przycisku w menu (MSG\_MENU\_ITEM\_SELECTED) dla wszystkich zarejestrowanych obiektów nasłuchujących. Ze względu na interakcję przy pomocy klawiatury i myszy, korzysta z *ft::InputManagera* przy obsłudze komunikatów z tych urządzeń.

### 5.2.8 *ft::VisualizationManager*

Centralny element zarządzania elementami graficznymi sceny. Realizuje komunikację z pozostałymi niegraficznymi elementami systemu. Obiekt *ft::VisualizationManager* jest odpowiedzialny za renderowanie wszystkich obiektów graficznych typu *ft::SceneObject*, przy pomocy metody *Render3DObjects*. Wszystkie obiekty, które mają być automatycznie renderowane muszą być uprzednio zarejestrowane do renderowania metodą *ft::VisualizationManager::AddObject*.

### 5.2.9 ft::OGLContext

Tworzy zawartość renderowania (prymitywy graficzne) przy pomocy API OpenGL. Buduje wizualne, trwałe elementy sceny (podłoga, logo), korzysta z tekstur obiektu *ft::TextureManager*.

### 5.2.10 ft::Camera

Obecnie realizuje bardzo prymitywne operacje widoku sceny (przesuwanie sceny, obracanie sceny). Jest obiektem zarządzanym całkowicie przez *ft::CameraManager*.

## 5.3 ft::CameraManager

Zarządza relacjami pomiędzy stworzonymi kamerami i obiektami sceny. Tworzy dla dowolnego obiektu sceny kamerę, której identyfikator odpowiada ID przypisanego obiektu sceny. Przetwarza komunikaty z klawiatury i myszy dotyczące aktywnej kamery. Aktualizuje parametry bieżącej kamery oraz widoku dla kontekstu renderowania *ft::VisualizationManager*.

## 5.4 Renderowanie Sprzętowe

Każdy obiekt typu *ft::SceneObject* może implementować własne sprzętowe renderowanie przy użyciu języka assemblera ARB: *ARB vertex program* oraz/lub *ARB fragment program*. Aby zrealizować sprzętowe renderowanie wybranego obiektu należy:

1. Utworzyć pliki z kodem vertex shaderów i pixel shaderów dla fragmentów lub całego obiektu graficznego w katalogu **shaders**. Shadery dla pixel shaderów (fragmentów programy) powinny mieć rozszerzenie *.frag* natomiast dla vertex shaderów (vertex programy) *.vert*.
2. Utworzyć w kodzie obiektu graficznego metody do inicjalizacji i wczytywania shaderów oraz rezerwacji pamięci, analogicznie do metod *Avatar::InitHardwareAcceleration* i *Avatar::loadBufferObject*.
3. Utworzyć w kodzie obiektu graficznego metodę renderującą obiekt przy pomocy sprzętu analogiczną do *Avatar::HardwareRenderModelMesh*