Содержание

Введение

Объем рынка игр растет с каждым годом (смотри рисунок Г.1 и Г.2). В первую очередь развитие игровых приложений обязано стремительному прогрессу, но также важная роль в разработке игр ложится на плечи программистов. Именно с их помощью реализуются идеи геймдизайнеров, именно они собирают воедино воображения художников с целью создания новой игры.

Программисту, в настоящее время, чтобы написать игру, что называется, «с нуля» необходимо позаботиться о многих важных аспектах: игровая платформа, графическая система, аудио система, системы моделирования игровой физики и виртуального интеллекта игры. Каждая из этих областей объемна и потребуется много времени, чтобы связать воедино все системы в соответствии с игровой логикой.

Для того, чтобы упростить и ускорить работу над созданием игры программисты написали множество библиотек для работы с графическими системами и для моделирования игровой физики. Такие библиотеки, как Lightweight Java Game Library, предоставляют инструменты для работы с графической и аудио системами, а библиотека box2d предоставляет инструменты для моделирования реалистичной физики в плоском пространстве. Однако для упрощения реализации виртуального интеллекта долгое время не было придумано, по большому счету, ничего. Над созданием искусственного интеллекта в игре программист трудился самостоятельно, так как этот процесс не был сложным или утомительным. В конечном итоге модуль виртуального интеллекта содержал в себе некоторое количество условных операторов.

Такое решение обнажило бы свою слабую сторону в играх с развитым поведением персонажей потому, что условных операторов становилось очень много, что затрудняло отладку и дальнейшую поддержку игры. Пример такой игры – Spore. В ней все игровые персонажи имели если не уникальное, то редко повторяющееся поведение, для создания которого в Spore использовался совершенно другой подход.

Только в последнее десятилетие (примерно с момента выхода игры Spore) виртуальный интеллект в играх стал развиваться и появились некоторые библиотеки AIEngine (Artificial Intelligence Engine), которые обобщали накопленные программистами знания об интеллекте в играх. Эти библиотеки предоставляют инструменты для создания конечных автоматов поведения, для обработки взаимодействия автономных объектов. Но конечные автоматы в общем виде сложны и часто запутаны. Чтобы стратегия объекта была ясной были созданы деревья поведения – конечные автоматы древовидной структуры, состоящие из вершин трех типов: вершины-действия, вершины-условия и управляющие вершины. Вершина-действие содержит в себе некоторое возможное действие объекта (бежать, искать, стрелять), вершина-условие содержит в себе некоторый предикат (есть патроны?, враг рядом?), в зависимости от которого выбирается следующее состояние, управляющая вершина организует порядок обхода дочерних вершин (параллельно, до первой успешной вершины, до первой неуспешной вершины).[1]

Цель данной работы - проектирование библиотеки и реализация визуального средства для создания стратегий поведения виртуальных игровых персонажей на основе деревьев поведений.

[1] Деревья поведения подробно описаны в главе 1.

1 Обзор существующих инструментов

1.1 Общие сведения

Для разработки виртуальных игровых объектов необходимо создать и поддерживать большой набор их поведений. Например, в военных играх виртуальному персонажу необходимо распознавать опасность и убегать в укрытие, когда уровень здоровья ниже 10%. От количества разнообразных вариантов действий, которые могут использовать игровые персонажи, зависит количество игровых ситуаций, которые могут быть распознаны и приняты во внимание. Чем больше различного поведения игроки будут встречать в играх даже от несущественных (фоновых) объектов[2], тем интереснее будет игра.

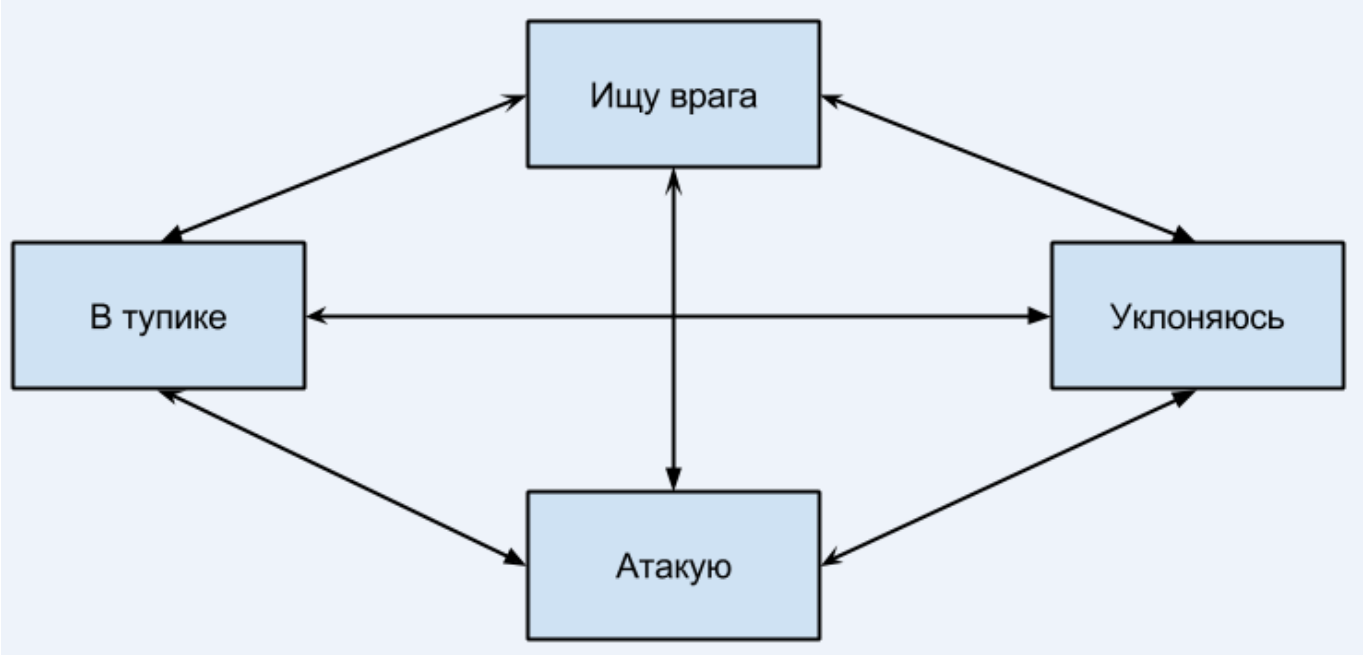


Рисунок 1.1 - Конечный автомат поведения игрового объекта в военных играх

Для создания поведения долгое время использовались конечные автоматы, где каждое поведение может быть представлено графически (рисунок 1.1). Одновременно автомат может находиться в одном состоянии, которое представляет

---

[2] Несущественные объекты – это игровые объекты, такие как массовка, животные, птицы, исключая ситуации, когда именно эти персонажи – главные герои в играх. Поведение несущественных объектов никак не влияет на ход игры.

поведение объекта. Каждое состояние имеет логику переходов с соответствующими проверками. Например, если игрок находится в состоянии «В тупике» и обнаружил врага, и здоровье игрока больше 50%, то следующим состоянием будет «Атакую».

Такой подход к реализации принятия решений игровыми объектами имеет ряд недостатков:

- Расширяемость: конечный автомат с большим количеством состояний теряет преимущество графического представления, со временем такое поведение станет невозможно понять.
- Изменяемость: при добавлении/удалении поведения (состояния) необходимо изменить все другие состояние, которые связаны с новым/старым поведением; большие изменения могут приводить к ошибкам логики поведения объекта в целом.
- Параллельные алгоритмы: запускать состояния автомата параллельно не представляется возможным.

В 2005 году был создан более эффективный способ принятия решения игровыми объектами по сравнению с конечными автоматами – деревья поведения.

Дерево поведения – это направленный связный ациклический[3] граф, имеющий единственную вершину, в которую не входят ребра – корень дерева. Из пары вершин, соединенных ребром, та, из которой выходит ребро, называется родительской вершиной, а другая дочерней вершиной. Вершина, не имеющая дочерних, называются листом. Каждое поддерево дерева поведения определяет различное поведение. Вершины, находящиеся между корнем дерева и листами могут быть двух типов – декораторами или композитами. Корень дерева поведения периодично генерирует сигнал, который передает дочерним вершинам, заставляя их выполнять алгоритм, определенный типом вершины. Как только сигнал достигнет листа, то лист

[3] В данном случае дерево поведения не должно содержать циклов даже если не учитывать направления ребер.

произведет некоторые вычисления и вернет одно из 4 состояний: «успешно» (success), «не успешно» (failure), «запущено» (running), «ошибка» (error). Возвращенное состояние передастся родительским вершинам, для принятия решений в соответствии с типом вершины. Процесс закончится тогда, когда корневая вершина вернет некоторое состояние.

1.2 Типы вершин

Все вершины дерева поведения делятся на три типа: декоратор, композит, лист.

1.2.1 Лист

Лист – это не делимая часть дерева поведения. Эти вершины не имеют дочерних вершин, они принимают сигнал, производят некоторые вычисления и возвращают результат родительской вершине.

Существует два вида листовых вершин: лист-условие и лист-действие. Лист-условие выполняет проверку некоторого условия и возвращает соответствующий результат (успешно, не успешно или ошибка). Лист-действие выполняет действие и возвращает результат успешно, запущено или ошибка.

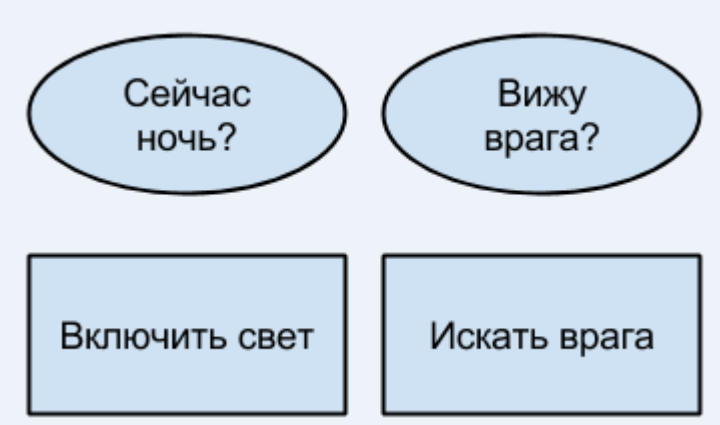


Рисунок 1.2 - Графическое представление листовых вершин

Графически лист-условие изображается овалом, лист-действие прямоугольником (рисунок 1.2).

1.2.2 Композит

Композит имеет одну или больше дочерних вершин. Он принимает и передает сигнал дочерним вершинам в некотором порядке, и также решает какое и когда вернуть состояние. Композит всегда возвращает одно из трех состояний: «успешно», «не успешно» или «ошибка». Все композитные вершины изображаются в виде квадрата со специальным символом внутри.

Существует три вида композитной вершины (рисунок 1.3): композит-селектор, композит-последовательность и параллельный композит. Композит-селектор обрабатывает дочерние вершины до тех пор, пока дочерняя вершина возвращает результат «не успешно», затем пробрасывает полученный результат родительской вершине и заканчивает выполнение. Если все дочерние вершины вернули результат «не успешно», то композит-селектор вернет результат «не успешно». Специальный символ для композита-селектора – знак вопроса.

Композит-последовательность обрабатывает дочерние вершины до тех пор, пока они возвращают результат «успешно», затем пробрасывает полученный результат родительской вершине и заканчивает выполнение. Если все дочерние вершины вернули результат «успешно», то композит-последовательность вернет результат «успешно». Специальный символ для композита-последовательности – стрелка вправо.

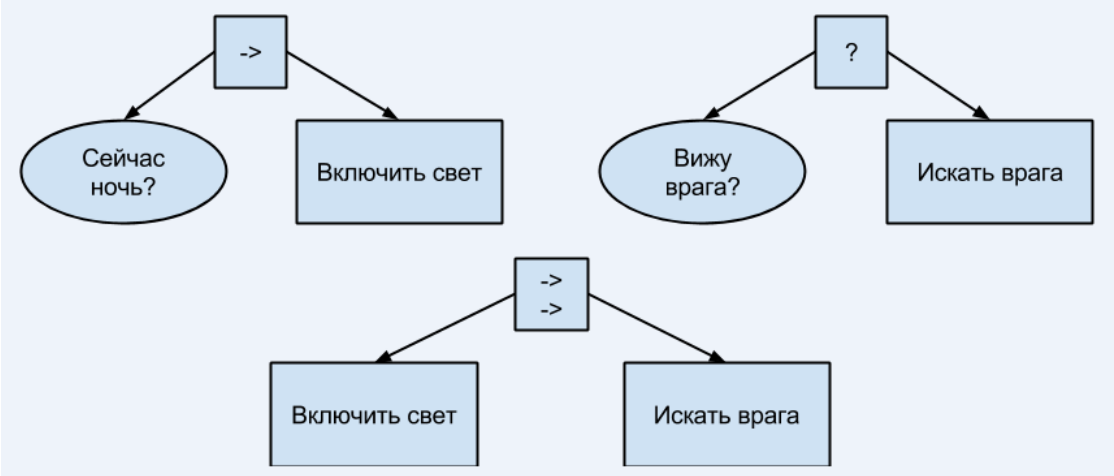


Рисунок 1.3 – Примеры вершин типа «композит»

Параллельный композит обрабатывает все вершины одновременно, возвращает

«успешно», если количество дочерних вершин с результатом «успешно» превышает некоторую константу S (которая может быть различна для разных параллельных композитов), возвращает результат «не успешно», если количество дочерних вершин с результатом «не успешно» превышает некоторую константу F, которая так же может быть определена для конкретного параллельного композита, иначе возвращает результат «запущено». Специальный символ для параллельного композита – две стрелки вправо.

1.2.3 Декоратор

Декоратор – это специальная вершина, которая имеет ровно одну дочернюю вершину. Цель, которую преследует декоратор, - изменить возвращаемое дочерней вершиной значение, или повлиять на частоту передаваемого сигнала дочерней вершины. Например, декоратор может делать инверсию возвращаемого значения, а может повторить сигнал, передаваемый дочерней вершине 3 раза. Декоратор изображается в виде ромба с пояснением внутри.

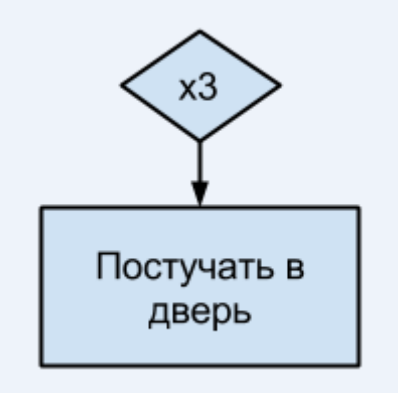


Рисунок 1.4 – Пример вершины-декоратора, который три раза передаст сигнал дочерней вершине

1.2.4 Взаимодействие различных вершин

Автономным объектам необходимо в процессе принятия решения хранить промежуточную информацию об окружающем мире. Эта информация формирует систему «восприятия» мира для объекта, она может включать, например, последнюю видимую позицию врага, количество видимых объектов, последнее совершенное

действие или любые другие вычисленные данные. Таким образом дерево поведения некоторого игрового объекта должно хранить и использовать некоторую информацию о мире.

Для решения данной задачи применяется blackboard [3] (рисунок 1.5), который активно используется вершинами дерева поведения для чтения и записи информации. Blackboard – это ассоциативный массив, к которому имеют доступ все вершины дерева поведения.

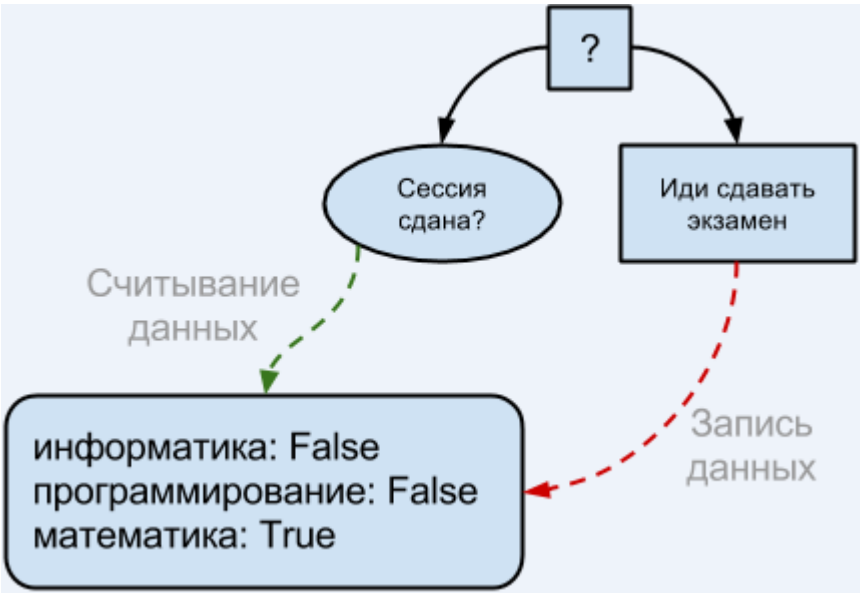


Рисунок 1.5 - Использование пула памяти

1.3 Деревья поведения в современных фреймворках

В некоторых достаточно крупных игровых фреймворках существует возможность создания стратегии персонажей с помощью деревьев поведения. Мы рассмотрим три фреймворка, использующих эту технологию: Unreal Engine, LibGDX, Unity3D.

1.3.1 Unreal Engine

UnrealEngine – игровой движок, разрабатываемый компанией Epic Games. Различные версии этого фреймворка были использованы во многих современных играх.

Для реализации стратегии для автономных объектов в UnrealEngine можно использовать деревья поведения [4], причем в данном игровом движке есть возможность создать дерево поведения, используя графический интерфейс, при этом не написав ни строчки кода.

Рассмотрим использование деревьев поведения в UnrealEngine на примере:

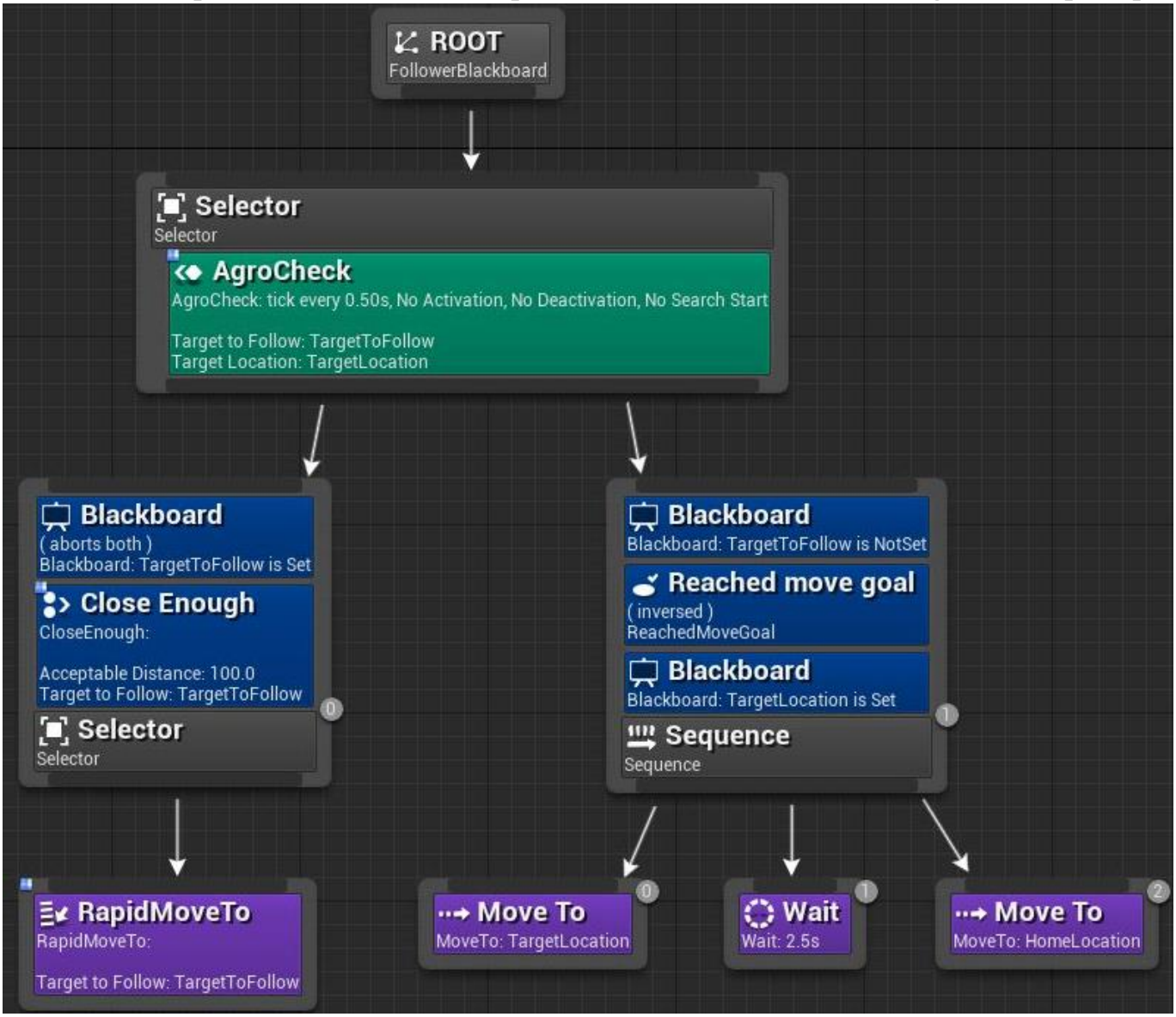


Рисунок 1.6 - Реализация дерева поведения в UnrealEngine

имеется игровой мир в виде комнаты со стенами, в котором находятся два персонажа, один из них – человек, другой – виртуальный интеллект, задача виртуального интеллекта – найти человека и подойти к нему. Для реализации такого рода стратегии в UnrealEngine необходимо построить дерево поведения (смотри рисунок 1.6).

Данное дерево состоит из двух вершин-селекторов, вершины-последовательности, четырех вершин-действий. В первой вершине-селектор находится дополнительное действие «AgroCheck», которое реализует «зрение» виртуального интеллекта, устанавливая, в частности, две переменные: позиция и ссылка на персонажа, которого необходимо отыскать. Композит-селектор слева включает в себя два декоратора, которые проверяют установлена ли ссылка на персонажа и приемлема ли до него дистанция, при верном ответе на эти два вопроса выполняется действие – быстрое движение к искомому объекту. Если же объект пропадет из поля видимости, то тогда сигнал пойдет к левому композиту-последовательности, который содержит три декоратора, проверяющих, что цель не установлена, цель не достигнута и некоторая позиция установлена, в этом случае будут выполняться следующие действия. Сначала виртуальный интеллект переместится до установленной позиции (скорее всего это та позиция, где он последний раз видел другого персонажа), затем подождет 2.5 секунды и отправится на исходную точку.

1.3.2 LibGDX

LibGDX – кроссплатформенный игровой фреймворк, написанный на языке Java и C++. LibGDX используют для написания мобильных приложений и игр. В своем составе этот фреймворк имеет модуль AI [5], который реализует алгоритмы нахождения кратчайших путей, взаимодействия автономных объектов (steering behavior), а также алгоритмы принятия решений на основе behavior tree.

Рассмотрим создание дерева поведения на том же примере, что и в предыдущем разделе. Так как в деревьях поведения LibGDX AI нет декораторов, проверяющих некоторое условие, то аналогичное дерево поведения будет выглядеть как показано на рисунке 1.7.

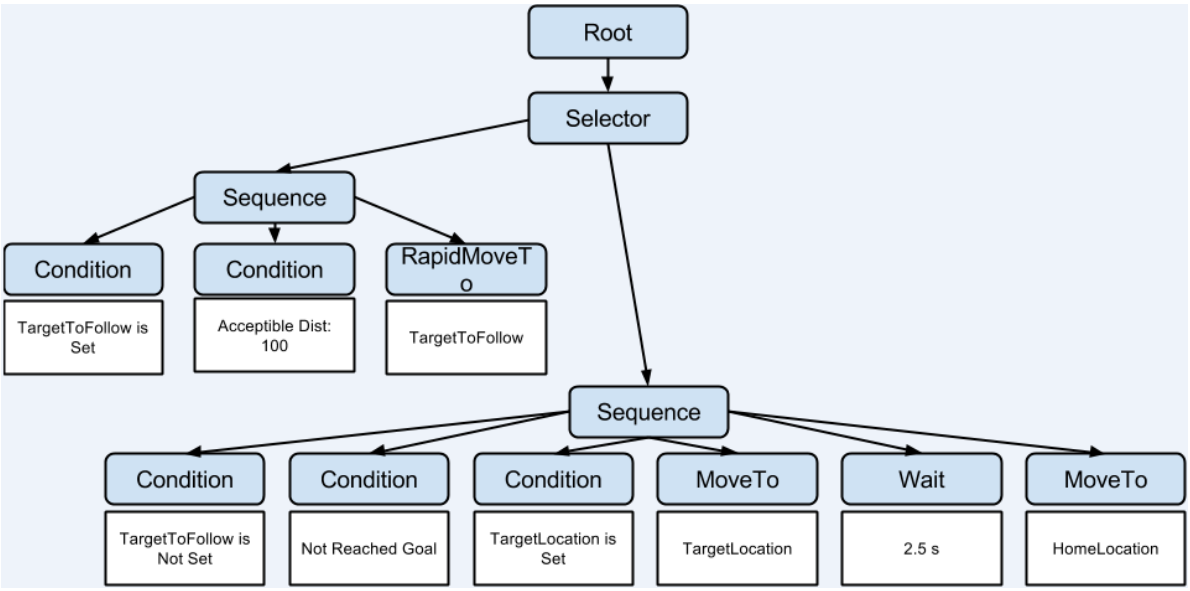


Рисунок 1.7 - Дерево поведения с использованием модуля LibGDX AI

Так как в LibGDX AI не предусмотрено графического средства для создания деревьев поведения, то полученное на рисунке 1.7 дерево необходимо создать непосредственно в коде.

```
private BehaviorTree<Blackboard> createHeroBehavior() {
            ConditionTask<Blackboard> targetToFollowIsSet = new ConditionTask<>(
                        bb -> bb.targetToFollow != null);
            ConditionTask<Blackboard> acceptibleDist = new ConditionTask<>(
                        bb -> dist(bb.targetToFollow.location, me.location) <= 100);
            RapidMoveTo<Blackboard> rapidMoveTo =
                         new RapidMoveTo<>(bb.targetToFollow.location);
      Sequence<Blackboard> sequenceSeeMan = new Sequence<>(
                        targetToFollowIsSet, acceptibleDist, rapidMoveTo);

            ConditionTask<Blackboard> targetToFollowIsNotSet = new ConditionTask<>(
                        bb -> bb.targetToFollow == null);
            ConditionTask<Blackboard> notreachedGoal = new ConditionTask<>(
                        bb -> dist(bb.targetLocation, me.location) > 1);
            ConditionTask<Blackboard> targetLocationIsSet = new ConditionTask<>(
                        bb -> bb.targetLocation != null);
```

```
        MoveTo<Blackboard> moveToTargetLocation = new MoveTo<>(bb.targetLocation);
        Wait<Blackboard> wait = new Wait<>(2500);
        MoveTo<Blackboard> moveToHomeLocation = new MoveTo<>(bb.homeLocation);
    Sequence<Blackboard> sequenceNotSeeMan = new Sequence<>(
            targetToFollowIsNotSet,
            notreachedGoal,
            targetLocationIsSet,
            moveToTargetLocation,
            wait,
            moveToHomeLocation
    );

    Selector<Blackboard> selector = new Selector<>(sequenceSeeMan, sequenceNotSeeMan);
    Selector<Blackboard> root = new Selector<Blackboard>(selector);
    BehaviorTree<Blackboard> bt = new BehaviorTree<>(root, blackboard);
    return bt;
}
```

В LibGDX для каждой вершины дерева поведения есть общий класс – `Task`. Наследуясь от него можно создавать пользовательские типы вершин, которые не предусмотрены в базовой структуре классов. Так, лист-условие `Condition`, листы-действия `RapidMoveTo`, `MoveTo` и `Wait` необходимо создать и реализовать их логику. Так как композит-последовательность передает сигнал на исполнение дочерним вершинами до тех пор, пока они возвращают «успешно», то данное дерево будет аналогичным дереву в разделе 1.3.1. Действительно, если некоторый лист-действие вернет «не успешно», то композит-селектор прекратит передачу сигнала на исполнение и следующим дочерним вершинам сигнал не будет передан.

В методе `createHeroBehavior` описан процесс создания дерева поведения с использованием LibGDX AI. Лист-условие `Condition` задается предикатом с одним параметром – blackboard, с помощью которого и определяется собственно истинность условия. Листы-действия `RapidMoveTo` и `MoveTo` задаются с помощью функции, которая возвращает позицию, к которой необходимо двигаться. Лист-действие Wait задается длительностью интервала задержки в миллисекундах.

1.3.3 Unity3D

Unity3D – игровой движок, разрабатываемый компанией Unity Technologies. В силу наличия бесплатной версии и огромного количества поддерживаемых платформ [7] этот движок весьма популярен среди многих крупных разработчиков игр (Blizzard, EA, QuartSoft, Ubisoft).

В составе Unity3D отсутствуют инструменты для работы с искусственным интеллектом, но в магазине плагинов [8] можно найти дополнение, позволяющее создавать деревья поведения для игровых объектов. Один из таких плагинов – Behaviour Machine Free. Рассмотрим создание дерева поведения с использованием данного плагина на примере из предыдущего раздела.

В Behaviour Machine Free много стандартных вершин, таких как Translate (переместить объект по указанному направлению на указанную длину), IsFloatLess/IsFloatGreater (проверить, что некоторое число с плавающей точкой меньше/больше заданного числа), GetDistance (получить расстояние между двумя объектами и записать результат в blackboard), IsSee (проверить, видит один объект другой или нет).

Таким образом, для того чтобы создать необходимое поведение для персонажа, нужно в графическом интерфейсе для определения способа принятия решений создать структуру дерева поведения и структуру blackboard (рисунок 1.8), а затем задать параметры для каждой вершины дерева. Так, для `Agro Check` необходимо задать объекты, между которыми нужно проверять видимость, для Acceptible Dist необходимо задать переменную и число, чтобы проверять, что переменная меньше числа, для Wait необходимо задать количество миллисекунд задержки и т.д.

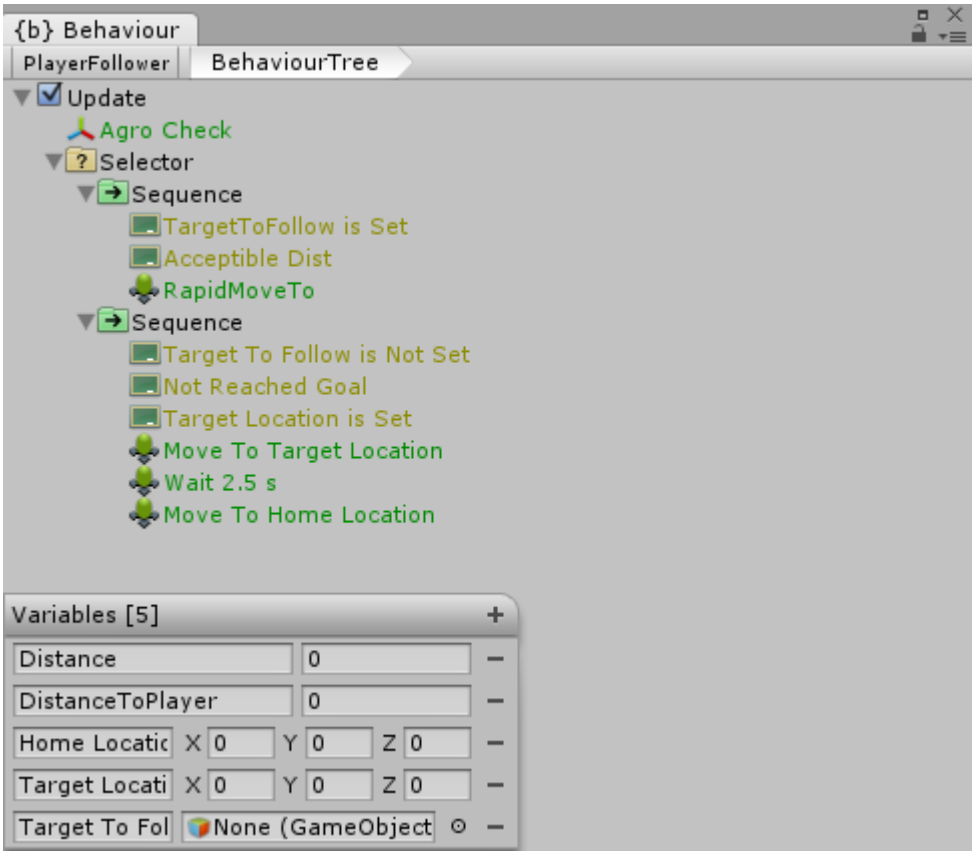


Рисунок 1.8 - Дерево поведения с использованием Behaviour Machines на Unity3D

1.4 Итоги

Таким образом, мы рассмотрели три крупных игровых фреймворка, в которых есть возможность использовать деревья поведения для создания логики принятия решений виртуальным интеллектом, и решили одну задачу с помощью этих фреймворков. Были отмечены следующие недостатки: использовать деревья

поведения UnrealEngine или Behaviour Machine Free в проектах, написанных на других фреймворках не представляется возможным, а для модуля Behavior Tree из LibGDX AI не существует визуального средства создания деревьев поведения.

1.5 Постановка задачи

Необходимо разработать кроссплатформенную библиотеку и визуальное средство для создания деревьев поведения, которые не будут зависимы от конкретного игрового фрейморка. Библиотека должна обладать стандартизированным и расширяемым программным интерфейсом. Также необходимо разработать демонстрационный пример, созданный при помощи визуального средства проектирования деревьев поведения, показывающий основные возможности библиотеки.

2 Библиотека Behavior Tree

2.1 Обоснование выбора языка программирования

Для реализации библиотеки Behavior Tree мы выбрали язык Java 1.8 по нескольким причинам:

- Java – кроссплатформенный язык программирования
- Наличие анонимных методов
- Низкий порог вхождения

2.2 Проектирование схемы классов

На рисунке 2.1 частично представлена разработанная структура классов библиотеки Behavior Tree.

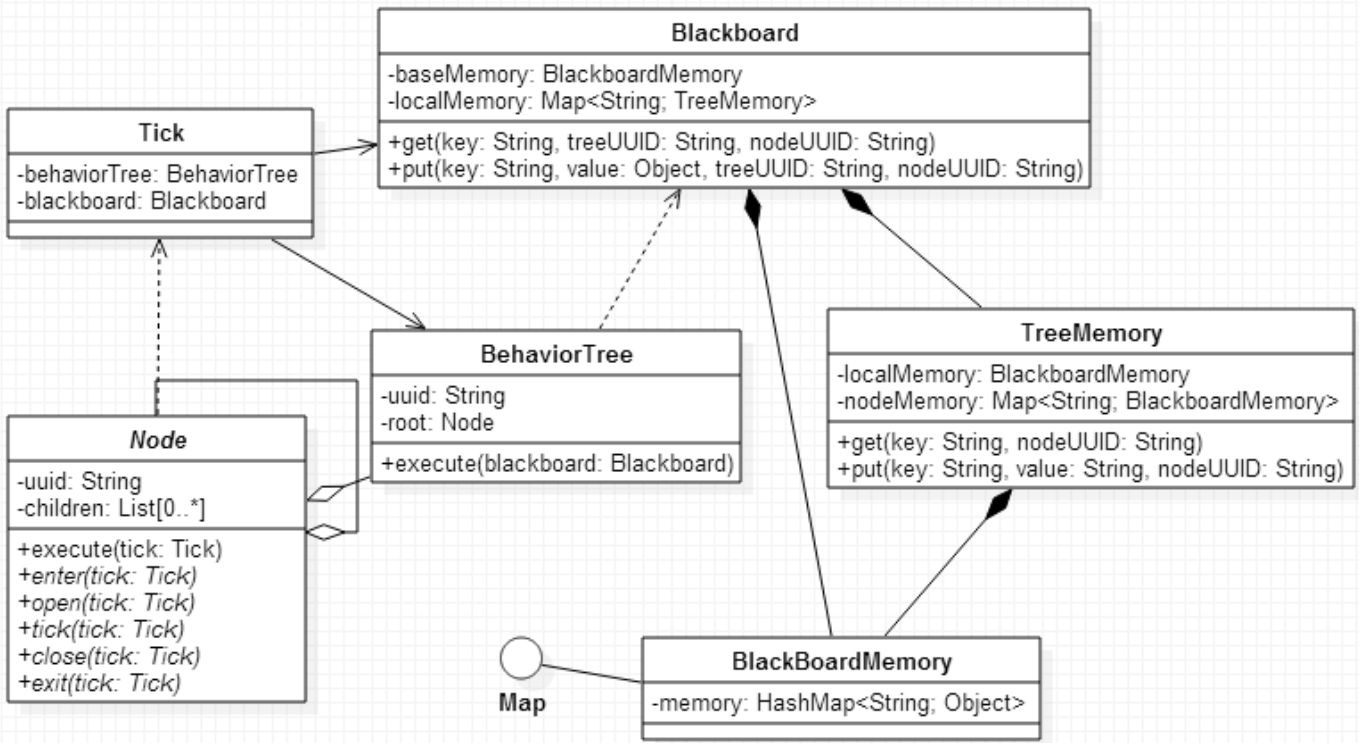


Рисунок 2.1 - Схема классов библиотеки Behavior Tree

Рассмотрим подробно структуру `Blackboard`. Для эффективного хранения/чтения/записи переменных мы разбили «память» на несколько областей: глобальная область, область дерева, область вершины в дереве.

Глобальная область содержит переменные, логически не связанные ни с одним поведением (`baseMemory`). Такие переменные могут отражать некоторую общую

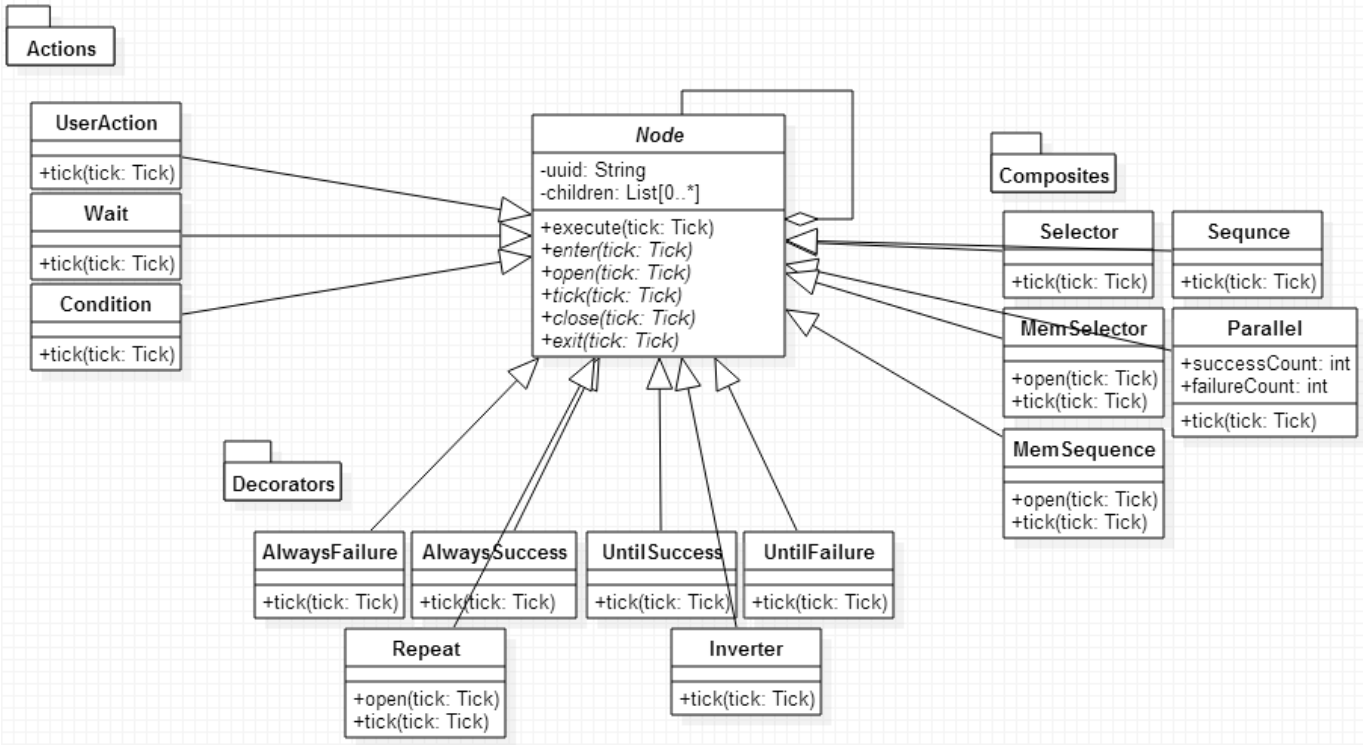
характеристику персонажа, такую, как количество забитых мячей в матче или текущее состояние здоровья.

Область дерева (`TreeMemory`) содержит переменные, логически связанные с одним поведением. Такие переменные могут хранить информацию о поведении, например, «защита»: количество видимых врагов, место ближайшего укрытия и количество дееспособных объектов в своем отряде. К области памяти дерева поведения можно получить доступ при указании уникального идентификатора дерева `treeUUID`.

Область вершины в дереве содержит локальную информацию, характерную только для конкретной вершины в конкретном поведении. Мы используем эту область для хранения информации о последней запущенной вершине в композитах с запоминанием. Пользователю рекомендуется здесь хранить ключевую информацию, используемую в пользовательских листах-действие. К области вершины в дереве можно получить доступ при указании уникальных идентификаторов дерева (`treeUUID`) и вершины (`nodeUUID`) в нем.

Каждая вершина и каждое дерево поведения имеют уникальные идентификаторы для определения участка памяти для хранения переменных в Blackboard. Эти уникальные идентификаторы генерируются по стандарту идентификации UUID [10] при создании объекта.

Для того, чтобы каждая вершина имела доступ к набору переменных и дереву поведения мы используем объект класса `Tick`, который как сигнал на исполнение передается дочерним вершинам. Объект класса `Tick` создается один раз на принятие одного решения, то есть этот объект создается в методе execute класса `BehaviorTree`



и передается корневой вершине дерева поведения.

Рисунок 2.2 - Различные классы вершин

Все вершины, представленные на рисунке 2.2, наследуются от класса Node и реализуют некоторые его абстрактные функции, необходимые для обеспечения логики вершины.

Так сигнал на исполнение запускает метод tick, которая реализует ядро логики вершины. Например, вершина-действие Wait в этом методе проверяет, прошло ли достаточное время с момента первого запуска. Абстрактный метод enter класса Node запускается всякий раз, когда сигнал на исполнение пришел в вершину. Метод open запускается только в том случае, если после последнего запуска данной вершины она вернула результат не «запущено». Метод close запускается в том случае, если текущее результат не «запущено». Таким образом, в один момент принятия решения могут быть ситуации, когда метод open был запущен, а метод close – нет, или наоборот.

Метод exit исполняется всякий раз перед возвратом результата исполнения логики вершины.

Выше описанная логика реализована в методе execute класса Node. Именно этот метод запускается, когда необходимо передать сигнал на исполнение вершине.

2.3 Описание реализованных классов и их методов

Описание реализованных классов и методов выполнено в виде Doxygen [9] комментариев и приведено в приложении Д. Мы выбрали Doxygen комментарии, так как они являются стандартом де-факто комментирования кода на различных языках.

2.4 Разработка примера использования библиотеки Behavior Tree

Для демонстрации примера использования разработанной библиотеки решим задачу из раздела 1.3.1. При решении задачи будем использовать игровой фреймворк LibGDX [5] для подсистемы ввода/вывода, так как он имеет простой в использовании интерфейс, и физический движок box2d [11] для обработки взаимодействия объектов.

Виртуальный персонаж (далее компьютер) и персонаж, управляемый человеком (далее человек) будут иметь общий метод – двигаться к некоторой точке с некоторой скоростью, поэтому создадим общий для них класс Man:

```
class Man extends Circle {
    Body physicBody;

    public Man(Body physicBody, float x, float y) {
        this.physicBody = physicBody;
        this.setPosition(x, y);
        this.setRadius(manRadius);
    }
    @Override
    public void setPosition(float x, float y) {
        super.setPosition(x, y);
        this.physicBody.setTransform(x, y, 0);
    }
    public void moveTo(Vector2 location, float velocity) {
        float manAng = physicBody.getAngle();
```

```
        float manToLocAng = (float) Math.atan2(
                location.y - physicBody.getPosition().y,
                location.x - physicBody.getPosition().x
        );
        if (Math.abs(manAng - manToLocAng) > 0.1) {
            physicBody.setLinearVelocity(Vector2.Zero);
            physicBody.setAngularVelocity(manAng > manToLocAng ? -5 : 5);
        } else {
            physicBody.setLinearVelocity(
                    new Vector2(
                            location.x - physicBody.getPosition().x,
                            location.y - physicBody.getPosition().y
                    ).nor().scl(velocity)
            );
            physicBody.setAngularVelocity(0);
        }
    }
    public void stop() {
        physicBody.setAngularVelocity(0);
        physicBody.setLinearVelocity(Vector2.Zero);
    }
}
```

Метод `moveTo(Vector2 location, float velocity)` сначала разворачивает персонажа по направлению к точке `location`, а затем двигает вдоль этого направления со скоростью `velocity`. Метод `stop()` устанавливает линейную и угловую скорость значением ноль.

Класс для человека не будет иметь каких-либо дополнительных методов, так как его задача – двигаться туда, куда укажет пользователь:

```
class Human extends Man {
    public Human(Body physicBody, float x, float y) {
        super(physicBody, x, y);
    }
}
```

Класс для компьютера должен принимать решения о том, куда двигаться дальше. Поэтому в его конструкторе создадим дерево поведения с необходимой логикой и добавим метод принятия решения:

```
class Computer extends Man {
    BehaviorTree behaviorTree;
    public Computer(Body physicBody, float x, float y) {
        super(physicBody, x, y);
        behaviorTree = new BehaviorTree(
                new Selector(
                        new AlwaysFailure(new UserAction(tick -> {
                             boolean seeHuman = isComputerSeeHuman();
                             tick.getBlackboard()
                                 .put("targetToFollow", seeHuman ? human : null);
                             if (seeHuman) {
                                 Vector2 hPos = human.physicBody.getPosition();
                                 tick.getBlackboard()
                                     .put("targetLocation", new Vector2(hPos.x, hPos.y));
                             }
                             tick.getBlackboard().put("computerLocation", null);
                        })),
                        new Sequence(
                                new Condition(
                           tick -> tick.getBlackboard().get("targetToFollow") != null
                                ),
                                new UserAction(tick -> {
                                    Human human =
                            (Human) tick.getBlackboard().get("targetToFollow");
                                    tick.getBlackboard()
                           .put("computerLocation", human.physicBody.getPosition());
                                })
                        ),
                        new Sequence(
                                new Condition(tick ->
                                    tick.getBlackboard().get("targetToFollow") == null),
                                new Condition(tick ->
                                    tick.getBlackboard().get("targetLocation") != null),
                                new UserAction(tick -> {
                                    Vector2 position = (Vector2)
                                        tick.getBlackboard().get("targetLocation");
                                    tick.getBlackboard().put("computerLocation", position);
                                })
                        )
```

```
                )
        );
    }
    public void makeDecision(Blackboard blackboard) {
        behaviorTree.execute(blackboard);
    }
}
```

Корень дерева поведения – композит-селектор, поэтому, если дочерняя вершина корня возвращает результат «не успешно», то сигнал передается следующей вершине. Первая дочерняя вершина у корня – это лист-действие, обернутый в декоратор, который всегда возвращает «не успешно», поэтому действия, описанные в этом листе будут выполняться каждый раз при принятии решения. Данный лист действие устанавливает переменные targetToFollow – объект класса Human, если компьютер его видит (нет никаких препятствий на отрезке, соединяющем центры кругов объектов человека и компьютера соответственно), targetToLocation – последнее место, где был виден человек, computerLocation – точка, куда будет двигаться компьютер после принятия решения.

Следующая дочерняя вершина – композит-последовательность, поддерево с корнем в этой вершине определяет поведение в случае, если компьютер видит человека (первое условие), в этом случае вторая дочерняя вершина установит `computerLocation` точкой, где в данный момент находится человек.

Следующая дочерняя вершина – тоже композит последовательность, и определяет поведение компьютера в случае, когда он не видит человека. В этом случае `computerLocation` будет указывать на точку, где последний раз был виден человек.

Чтобы проверить видит ли компьютер человека или нет, необходимо провести отрезок между центрами кругов определяющих объекты компьютера и человека и проверить, не пересекает ли этот отрезок какое-нибудь препятствие. В нашем случае все препятствия – это прямоугольники. Функция, проверяющая видит, ли компьютер человека:

```
boolean isComputerSeeHuman() {
```

```
    Vector2 a = computer.physicBody.getPosition();
    Vector2 b = human.physicBody.getPosition();
    boolean isIntersect = false;
    for (Wall wall : walls) {
        float w = wall.getWidth();
        float h = wall.getHeight();
        float wallX = wall.getX();
        float wallY = wall.getY();
        isIntersect |=
                Intersector.intersectSegments(
                        a.x, a.y, b.x, b.y,
                        wallX - w / 2, wallY + h / 2, wallX + w / 2, wallY + h / 2,
                        new Vector2()
                )
                        || Intersector.intersectSegments(
                        a.x, a.y, b.x, b.y,
                        wallX - w / 2, wallY - h / 2, wallX + w / 2, wallY - h / 2,
                        new Vector2()
                )
                        || Intersector.intersectSegments(
                        a.x, a.y, b.x, b.y,
                        wallX - w / 2, wallY + h / 2, wallX - w / 2, wallY - h / 2,
                        new Vector2()
                )
                        || Intersector.intersectSegments(
                        a.x, a.y, b.x, b.y,
                        wallX + w / 2, wallY + h / 2, wallX + w / 2, wallY - h / 2,
                        new Vector2()
                );
    }
    return !isIntersect;
}
```

Множество стен определяется классом `Wall`, который представляет прямоугольник:

```
class Wall extends Rectangle {
    Body physicBody;
    public Wall(Body physicBody, float x, float y) {
        this.physicBody = physicBody;
        this.setSize(wallWidth, wallHeigh);
```

```
        this.setPosition(x, y);
    }
    @Override
    public Rectangle setPosition(float x, float y) {
        Rectangle rect = super.setPosition(x, y);
        this.physicBody.setTransform(x, y, 0);
        return rect;
    }
}
```

Теперь необходимо создать все объекты в переопределенном методе класса LibGDX `ApplicationAdapter.create()`:

```
@Override
public void create() {
    int w = Gdx.graphics.getWidth();
    int h = Gdx.graphics.getHeight();
    batch = new SpriteBatch();
    debugRenderer = new Box2DDebugRenderer();
    camera = new OrthographicCamera(w, h);
    camera.translate(0, 0);
    world = new World(new Vector2(0, 0), true);
    // create Human
    BodyDef def = new BodyDef();
    def.type = BodyDef.BodyType.DynamicBody;
    Body circle = world.createBody(def);
    CircleShape circleShape = new CircleShape();
    circleShape.setRadius(0.1f);
    circle.createFixture(circleShape, 0.1f);
    human = new Human(circle, 0, 0);
    // create Computer
    circle = world.createBody(def);
    def.type = BodyDef.BodyType.DynamicBody;
    circleShape = new CircleShape();
    circleShape.setRadius(0.1f);
    circle.createFixture(circleShape, 0.1f);
    computer = new Computer(circle, 1.5f, 1);
    blackboard = new Blackboard();
    // create Walls
    def.type = BodyDef.BodyType.StaticBody;
    PolygonShape polygonShape = new PolygonShape();
```

```
polygonShape.setAsBox(0.1f, 1f);
Body rectangle = world.createBody(def);
rectangle.createFixture(polygonShape, 0.1f);
walls.add(new Wall(rectangle, -1, 0));
rectangle = world.createBody(def);
rectangle.createFixture(polygonShape, 0.1f);
walls.add(new Wall(rectangle, 1, 0));
// set input listener
Gdx.input.setInputProcessor(new InputProcessor() {
    @Override
    public boolean keyDown(int keycode) {
        return false;
    }
    @Override
    public boolean keyUp(int keycode) {
        return false;
    }
    @Override
    public boolean keyTyped(char character) {
        return false;
    }
    @Override
    public boolean touchDown(int screenX, int screenY, int pointer, int button) {
        int w = Gdx.graphics.getWidth();
        int h = Gdx.graphics.getHeight();
        humanLocation = new Vector2(
                            (screenX - w / 2) / 100.0f, (h / 2 - screenY) / 100.0f);
        return false;
    }
    @Override
    public boolean touchUp(int screenX, int screenY, int pointer, int button) {
        return false;
    }
    @Override
    public boolean touchDragged(int screenX, int screenY, int pointer) {
        return false;
    }
    @Override
    public boolean mouseMoved(int screenX, int screenY) {
```

```
            return false;
        }
        @Override
        public boolean scrolled(int amount) {
            return false;
        }
    });
}
```

На каждой отрисовке кадра игры необходимо обновлять ее логику. Сделать это можно переопределив метод `ApplicationAdapter.render()`:

```
@Override
public void render() {
    …
    human.moveTo(humanLocation, 2);
    computer.makeDecision(blackboard);
    Vector2 computerLocation = (Vector2) blackboard.get("computerLocation");
    computer.moveTo(computerLocation, 1);
    …
}
```

3 Визуальный редактор стратегий

3.1 Выбор инструментов и технологий

Для реализации визуального средства создания деревьев поведений мы выбрали декларативный язык программирования QML с использованием скриптов на JavaScript под управлением и интеграцией компонентов Python с использованием библиотеки PyQt5.

Код на языке QML занимает меньше места, в отличие от других декларативных языков, таких как Xaml, HTML, FXML. Данный факт объясняется тем, что язык QML имеет много общего с языком JSON, тогда как большинство декларативных языков похожи на XML.

Альтернатива Python в качестве бэкенда для QML всего одна – это C++. Выбор был сделан в пользу Python по следующей причине: Python – язык с динамической типизацией. В нашем случае необходимо писать расширения для QML, которые используют структуру компонентов и даже код на JavaScript. Язык со строгой типизацией требует указания типов промежуточным переменным для доступа к их методам и данным, что добавляет сложности коду и проекту в целом.

Нельзя не отметить, что так как Python интерпретируемый язык, то производительность может быть ниже, чем если бы мы выбрали C++. Но в данном случае, мы будем использовать библиотеку PyQt5, которая является прослойкой между Python и библиотеками Qt*.dll. Практически каждый вызов методов PyQt5 работает сразу с динамической библиотекой Qt*.dll. Поэтому потеря в производительности будет незначительной.

3.2 Проектирование схемы компонентов

В QML есть поддержка наследования компонентов [12]. На рисунке 3.1 представлена разработанная UML-диаграмма компонентов.

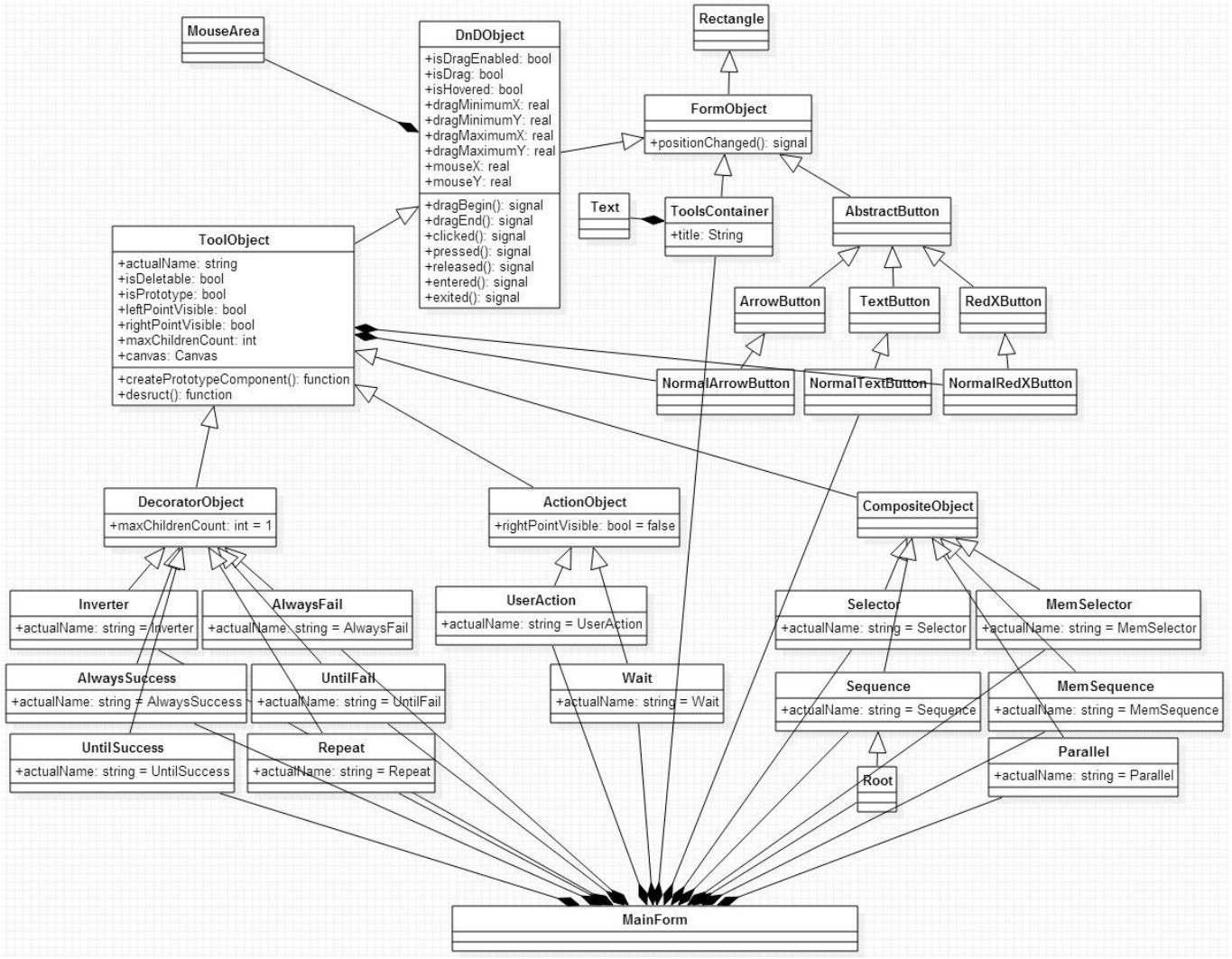


Рисунок 3.1 - UML-диаграмма компонентов QML

3.3 Описание реализованных компонентов

3.4 Пример использования редактора

Заключение

Заключение должно содержать краткую характеристику результатов выполненной работы (результатов решения поставленных задач), и рекомендации по улучшению системы.

Список использованных источников

1. Towards a Unified Behavior Trees Framework for Robot Control / A. Marzinotto [и др.] .- Swedish Research Council and the European Union Project, 2013 .- 8 с.
2. Increasing Modularity of UAV Control Systems using Computer Game Behavior Trees / P. Ogren .- Swedish Defence Research Agency, Stockholm, 2012 .- 8 с.
3. Behavior Trees for Hierarchical RTS AI / S. Delmer .- Plano: The Guildhall at SMU, 2013.- 10 с.
4. Unreal Engine 4 Documentation - https://docs.unrealengine.com/latest/INT/
5. LibGDX Documentation - https://github.com/libgdx/libgdx/wiki
6. Unity3D Documentation - http://docs.unity3d.com/Manual/index.html
7. Unity3D site – https://unity3d.com
8. Unity3D Asset Store - https://www.assetstore.unity3d.com
9. Doxygen
10. UUID https://tools.ietf.org/html/rfc4122
11. Box2D http://box2d.org/manual.pdf
12. QML http://doc.qt.io/qt-5/qtqml-index.html
13.

Приложение А Задание на выполнение бакалаврской работы

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
«Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова»

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой ПМ
_____ Кантор С.А.
подпись *ФИО*

ЗАДАНИЕ №
НА ВЫПОЛНЕНИЕ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

по направлению подготовки 231000 «Программная инженерия»
по профилю Разработка программно-информационных систем
студенту группы Никитину Алексею Александровичу
фамилия, имя, отчество

Тема Проектирование библиотеки и реализация визуального средства создания стратегий поведения виртуальных игровых персонажей

Утверждена приказом ректора от _____№ _____
Срок выполнения работы _____
Задание принял к исполнению: _____
подпись *ФИО*

Барнаул 2014 г.

1 Исходные данные

_____

_____

2. Содержание разделов работы

Наименование разделов работы и их содержание	Трудо-ёмкость, %	Срок выполнения	Консультант (Ф.И.О., подпись)
1 Расчетно-пояснительная записка			

2 Графическая часть			

3. Научно-библиографический поиск

3.1. По научно-технической литературе просмотреть Реферативные журналы _____

_____ за последние ____ года и научно-технические журналы

_____

_____ за последние ____ года.

3.2. По нормативной литературе просмотреть указатели государственных и отраслевых стандартов за последний год.

3.3. Патентный поиск провести за ____ лет по странам _____

_____

Руководитель работы: Старолетов С.М._____

Ф.И.О. *подпись*

Приложение Б Руководство пользователя

Приложение В Исходный код программы

Приложение Г Объемы рынка игр

По оценке J’son & Partenrs Consulting, в 2015 году объем мирового рынка игр составит 88,4 миллиарда долларов, а объем российского рынка игр составит 1,83 миллиарда долларов. В целом рынок игр будет стабильно развиваться.

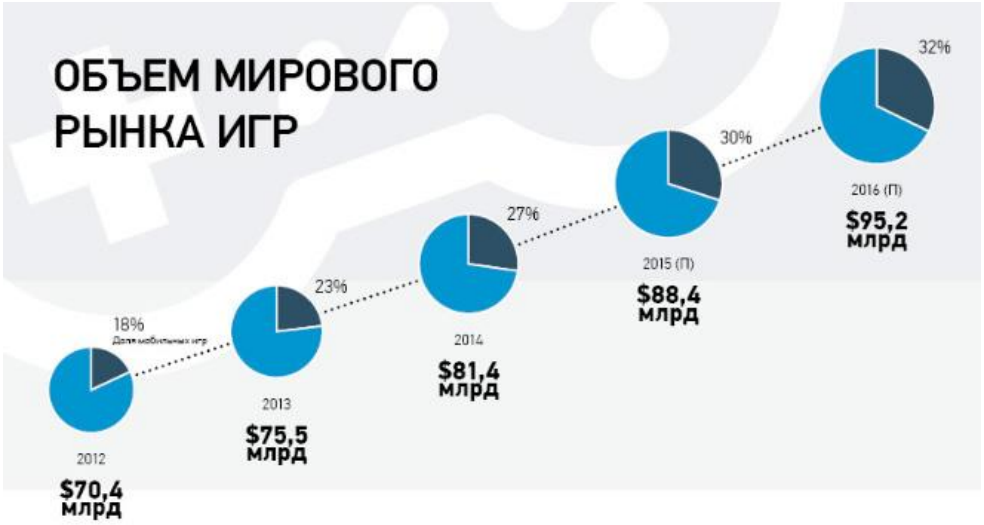


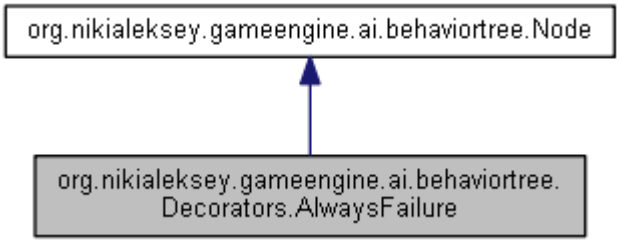
Рисунок Г.1 - Объем мирового рынка игр

Рисунок Г.2 - Объем российского рынка игр

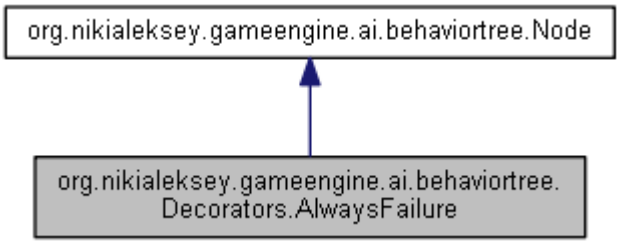
Приложение Д Документация к библиотеке Behavior Tree

Класс Decorators.AlwaysFailure

Граф наследования: Decorators.AlwaysFailure:



Граф связей класса Decorators.AlwaysFailure:



Открытые члены

- **AlwaysFailure** (**Node** node)
- void **enter** (**Tick tick**)
- void **open** (**Tick tick**)
- **Status tick** (**Tick** tick)
- void **close** (**Tick tick**)
- void **exit** (**Tick tick**)

Подробное описание

Класс представляет декоратор, который всегда возвращает статус FAILURE.

Автор:

Alexey Nikitin

Конструктор(ы)

Decorators.AlwaysFailure.AlwaysFailure (Node *node*)

Конструктор.

Аргументы:

node	дочерняя вершина

Методы

Status Decorators.AlwaysFailure.tick (Tick *tick*)

Передает сигнал на исполнение дочерней вершине, всегда возвращает сигнал FAILURE

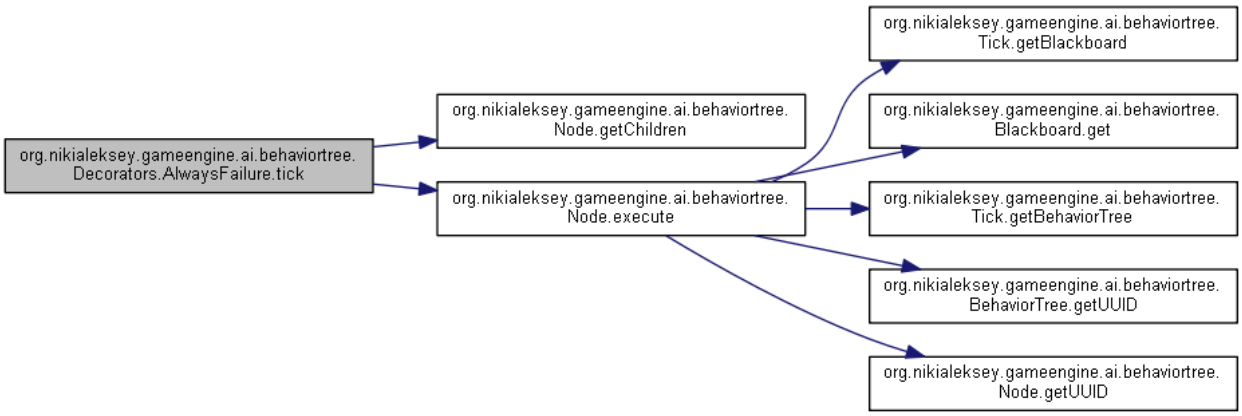
Аргументы:

tick	объект тика

Возвращает:

FAILURE

Граф вызовов:

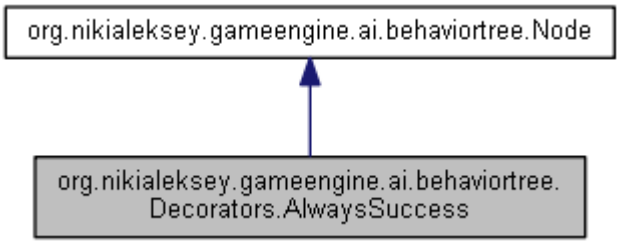


Объявления и описания членов класса находятся в файле:

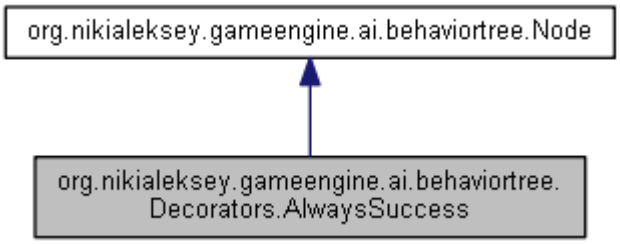
- src/org/nikialeksey/gameengine/ai/behaviortree/Decorators/AlwaysFailure.java

Класс Decorators.AlwaysSuccess

Граф наследования: Decorators.AlwaysSuccess:



Граф связей класса Decorators.AlwaysSuccess:



Открытые члены

- **AlwaysSuccess** (**Node** node)
- void **enter** (**Tick tick**)
- void **open** (**Tick tick**)
- **Status tick** (**Tick** tick)
- void **close** (**Tick tick**)
- void **exit** (**Tick tick**)

Подробное описание

Класс представляет декоратор, который всегда возвращает статус SUCCESS.

Автор:

Alexey Nikitin

Конструктор(ы)

Decorators.AlwaysSuccess.AlwaysSuccess (Node *node*)

Конструктор.

Аргументы:

node	дочерняя вершина

Методы

Status Decorators.AlwaysSuccess.tick (Tick *tick*)

Передает сигнал на исполнение дочерней вершине, всегда возвращает сигнал SUCCESS

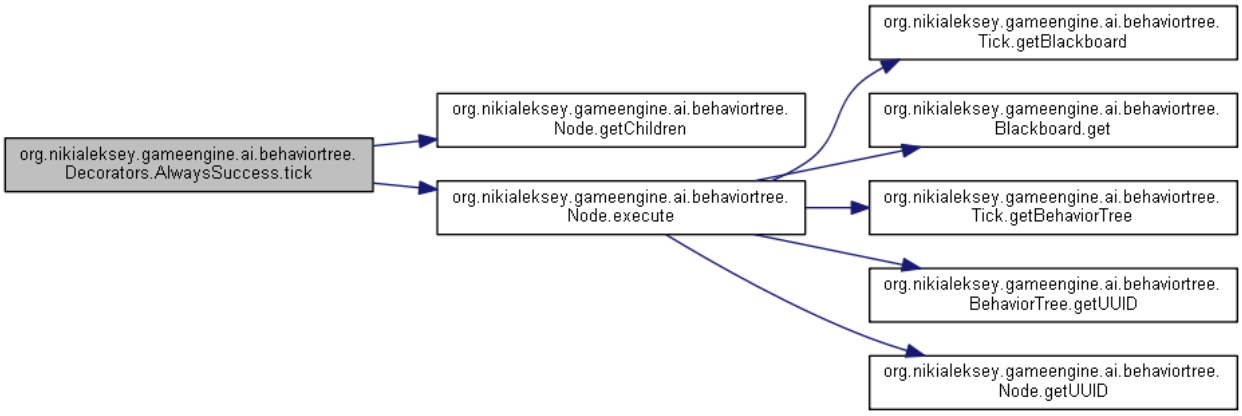
Аргументы:

tick	объект тика

Возвращает:

SUCCESS

Граф вызовов:



Объявления и описания членов класса находятся в файле:

- src/org/nikialeksey/gameengine/ai/behaviortree/Decorators/AlwaysSuccess.java

Класс BehaviorTree

Открытые члены

- **BehaviorTree** (**Node** root)
- **Status execute** (**Blackboard** blackboard)
- String **getUUID** ()

Подробное описание

Класс представляет дерево поведения.

Автор:

Alexey Nikitin

Конструктор(ы)

BehaviorTree.BehaviorTree (Node *root*)

Конструктор дерева поведения. Назначает уникальный идентификатор и устанавливает ссылку на корень дерева поведнеия.

Аргументы:

root	корень дерева поведения, именно этой вершине будут передаваться сигналы на исполнение.

Методы

Status BehaviorTree.execute (Blackboard *blackboard*)

Создает объект тика и передает сигнал на исполнение корню дерева поведения

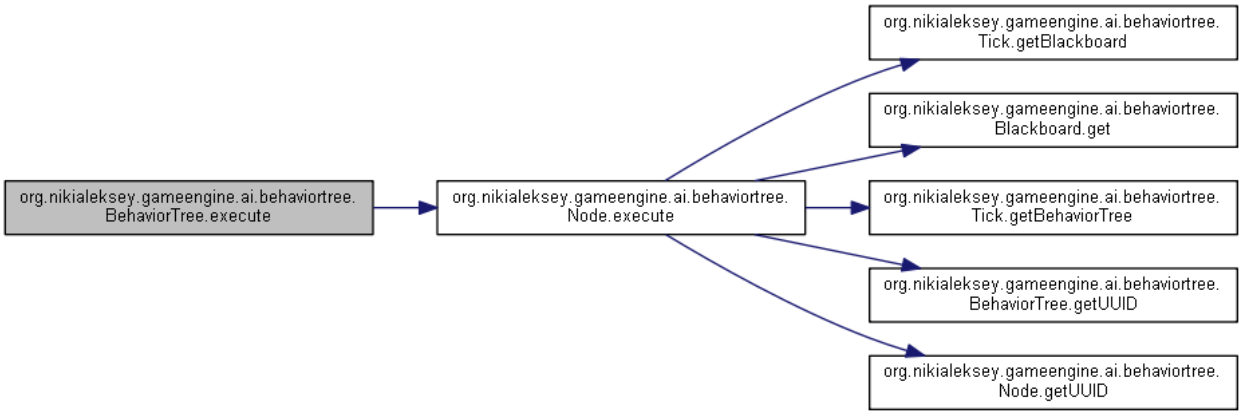
Аргументы:

blackboard	память для принятия решения

Возвращает:

объект статуса

Граф вызовов:



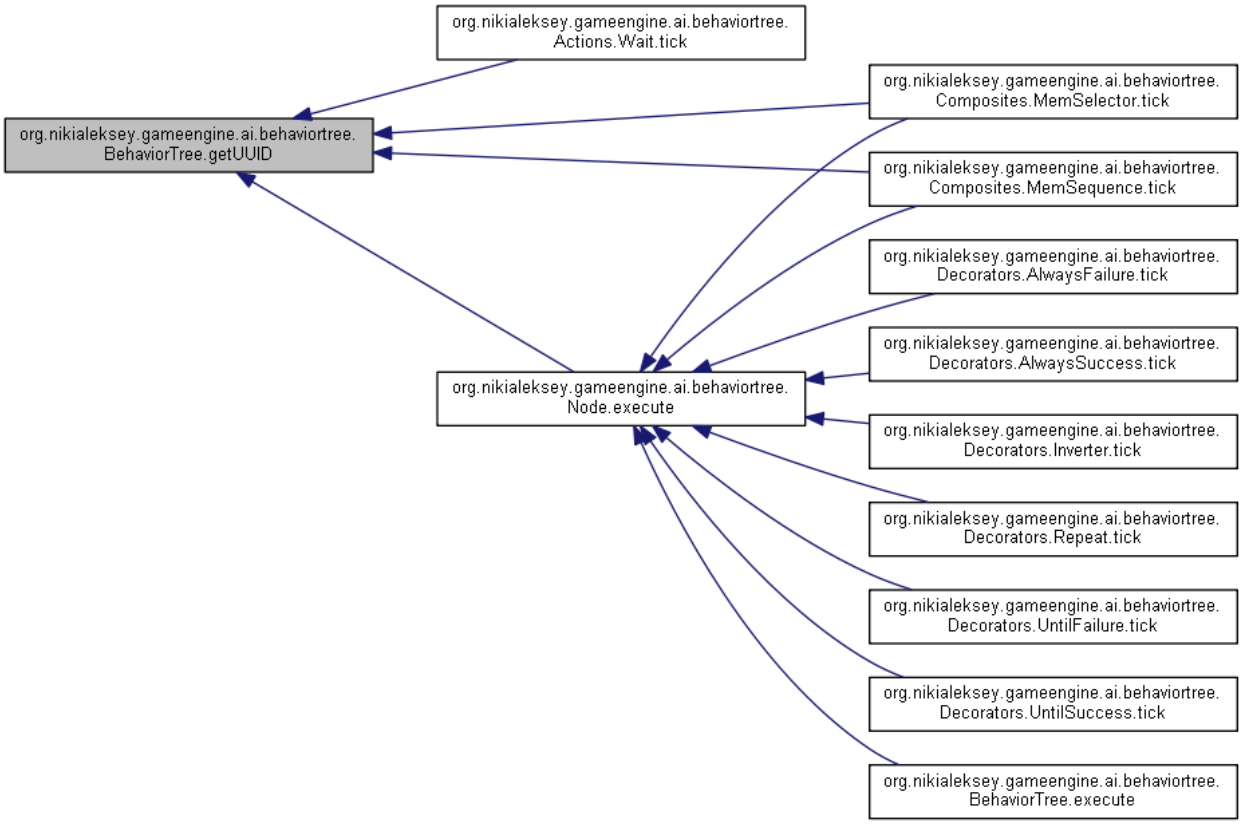
String BehaviorTree.getUUID ()

Возвращает уникальный идентификатор дерева поведения.

Возвращает:

строка, представляющая уникальный идентификатор дерева поведения.

Граф вызова функции:



Объявления и описания членов класса находятся в файле:

- src/org/nikialeksey/gameengine/ai/behaviortree/BehaviorTree.java

Класс Blackboard

Классы

- class **BlackboardMemory**
- class **TreeMemory**

Открытые члены

- **Blackboard** ()
- Object **get** (String key)
- Object **get** (String key, String treeUUID)
- Object **get** (String key, String treeUUID, String nodeUUID)
- void **put** (String key, Object value)
- void **put** (String key, Object value, String treeUUID)
- void **put** (String key, Object value, String treeUUID, String nodeUUID)

Подробное описание

Класс представляет структуру памяти для наших персонажей, которую будут использовать вершины дерева поведения. Информация, хранящаяся в

```
Blackboard
```

структурирована следующим образом: глобальная информация(доступная из любого места), информация о дереве (досутпная для всех вершин одного дерева), информация о вершине (доступная только вершине).

Память для простототы можно изобразить в виде JSON документа:

```
{    'global key 1': globalObject1,                    #
     'global key 2': globalObject2,                    #  глобальная информация
     ...                                               #
     'tree1UUID': {
         'tree key 1': treeObject1,                    #
         'tree key 2': treeObject2,                    #  информация, доступная для всех
                                                       #  вершин одного дерева
         ...                                           #
         'nodeMemory': {
             'node key 1': nodeObject1,                #
             'node key 2': nodeObject2,                #  информация, доступная для одной вершины
             ...                                       #
         },
     },
     'tree2UUID': {
          ...
     },
     ...
}
```

Автор:

Alexey Nikitin

Конструктор(ы)

Blackboard.Blackboard ()

Конструктор. Инициализирует память.

Методы

Object Blackboard.get (String *key*)

Возвращает объект из глобальной памяти.

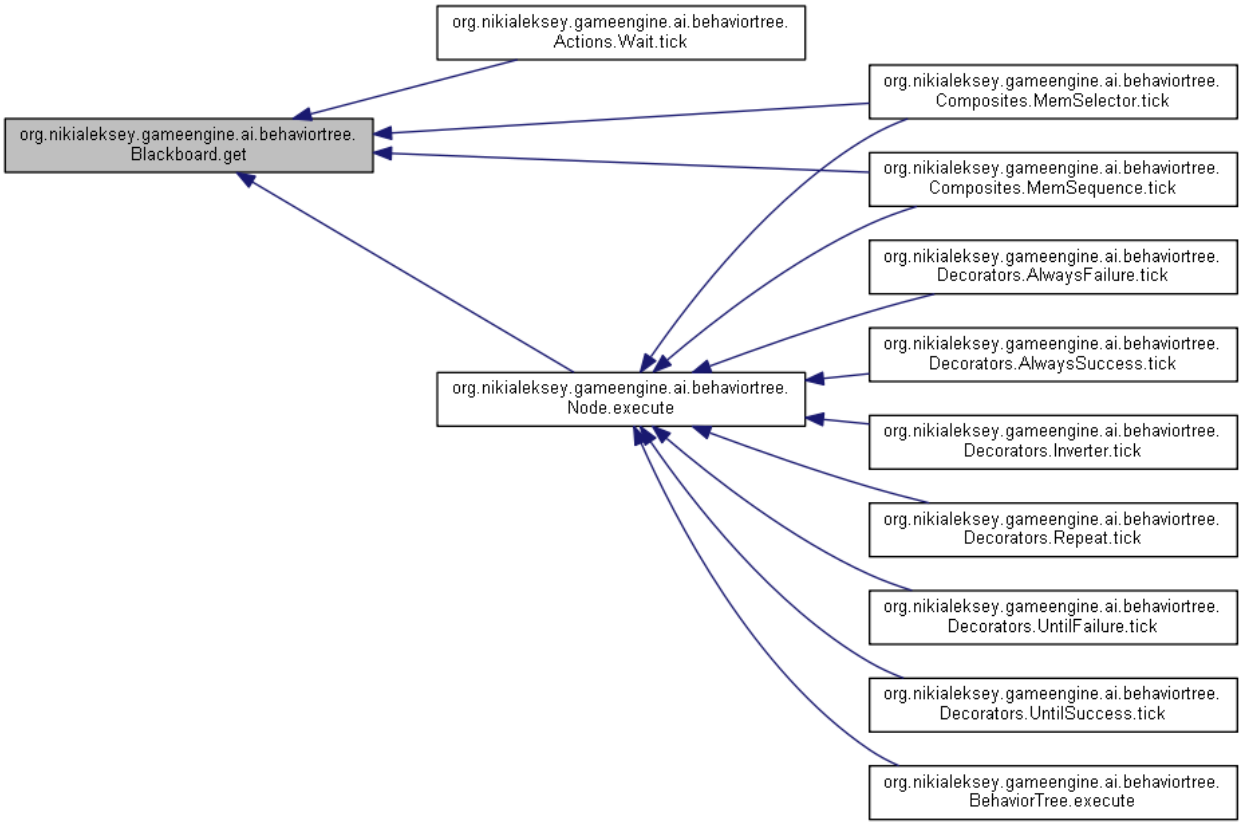
Аргументы:

key	ключ

Возвращает:

объект из глобальной памяти

Граф вызова функции:



Object Blackboard.get (String *key*, String *treeUUID*)

Возвращает объект из памяти дерева с идентификатором `treeUUID`.

Аргументы:

key	ключ
treeUUID	уникальный идентификатор дерева

Возвращает:

объект из памяти дерева с идентификатором `treeUUID`.

Object Blackboard.get (String *key*, String *treeUUID*, String *nodeUUID*)

Возвращает объект из вершины дерева.

Аргументы:

key	ключ

treeUUID	уникальный идентификатор дерева
nodeUUID	уникальный идентификатор вершины

Возвращает:

объект из вершины дерева

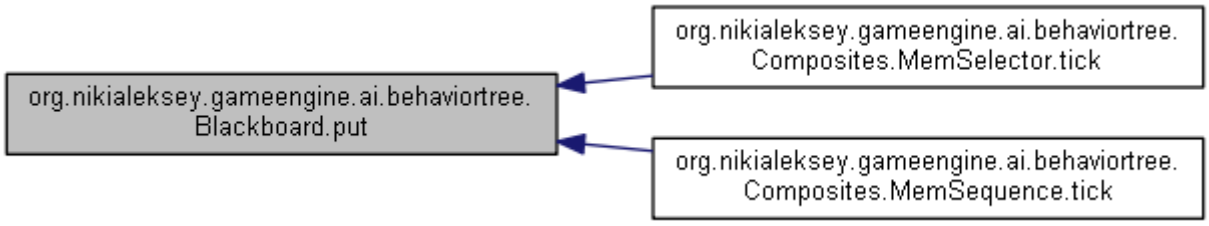
void Blackboard.put (String *key*, Object *value*)

Кладет объект в глобальную память.

Аргументы:

key	ключ
value	объект

Граф вызова функции:



void Blackboard.put (String *key*, Object *value*, String *treeUUID*)

Кладет объект в память для дерева.

Аргументы:

key	ключ
value	объект
treeUUID	уникальный идентмификатор дерева

void Blackboard.put (String *key*, Object *value*, String *treeUUID*, String *nodeUUID*)

Кладет объект в память вершины.

Аргументы:

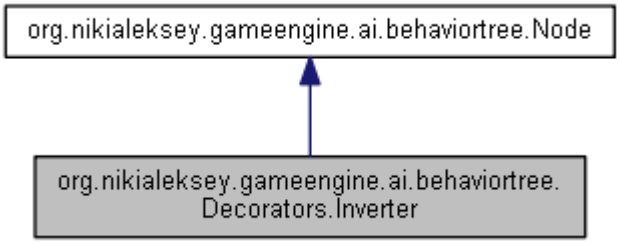
key	ключ
value	объект
treeUUID	уникальный идентификатор дерева
nodeUUID	уникальный идентификатор вершины

Объявления и описания членов класса находятся в файле:

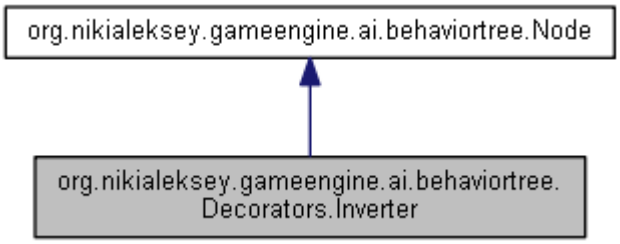
- src/org/nikialeksey/gameengine/ai/behaviortree/Blackboard.java

Класс Decorators.Inverter

Граф наследования:Decorators.Inverter:



Граф связей класса Decorators.Inverter:



Открытые члены

- **Inverter** (**Node** node)
- void **enter** (**Tick tick**)
- void **open** (**Tick tick**)
- **Status tick** (**Tick** tick)
- void **close** (**Tick tick**)
- void **exit** (**Tick tick**)

Подробное описание

Представляет декоратор инвертер.

Автор:

Alexey Nikitin

Конструктор(ы)

Decorators.Inverter.Inverter (Node *node*)

Конструктор.

Аргументы:

node	дочерняя вершина

Методы

Status Decorators.Inverter.tick (Tick *tick*)

Передает сигнал на исполнение дочерней вершине.

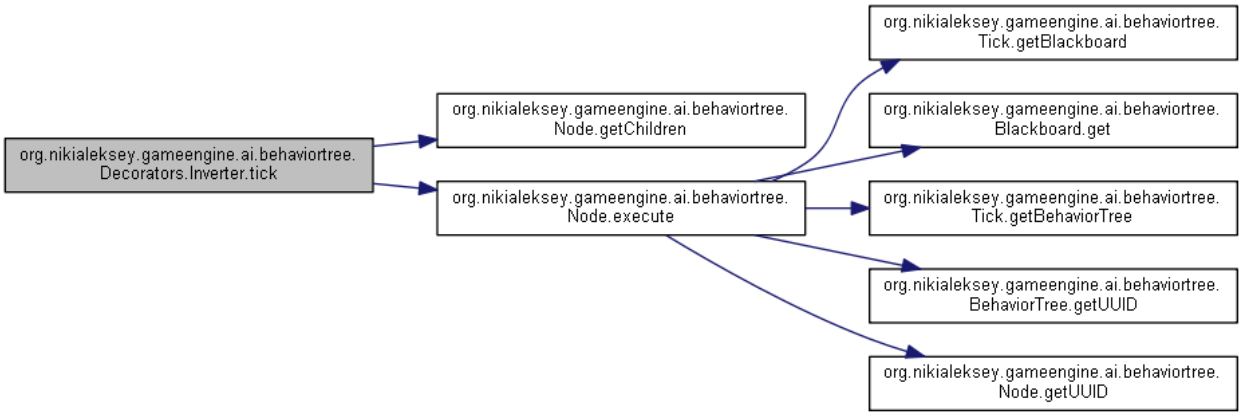
Аргументы:

tick	объект тика

Возвращает:

SUCCESS, если дочерняя вершина вернула результат FAILURE; FAILURE, если дочерняя вершина вернула результат SUCCESS; иначе тот результат, который вернула дочерняя вершина.

Граф вызовов:

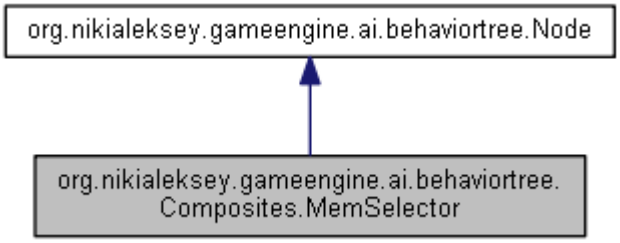


Объявления и описания членов класса находятся в файле:

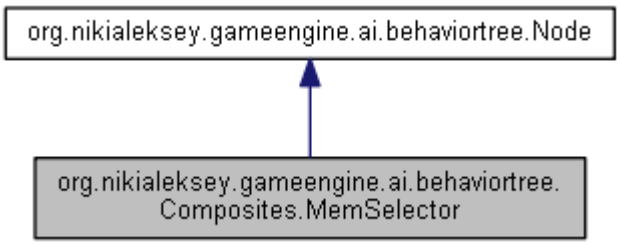
- src/org/nikialeksey/gameengine/ai/behaviortree/Decorators/Inverter.java

Класс Composites.MemSelector

Граф наследования:Composites.MemSelector:



Граф связей класса Composites.MemSelector:



Открытые члены

- **MemSelector** (Node...nodes)

- void **enter** (**Tick tick**)
- void **open** (**Tick tick**)
- **Status tick** (**Tick** tick)
- void **close** (**Tick tick**)
- void **exit** (**Tick tick**)

Подробное описание

Класс представляет композит-селектор с запоминанием вершины, которая вернула результат RUNNING. На следующем тике данная вершина начнет давать сигнал на исполнение как раз последней запущенной дочерней вершне, а не с начала спика дочерних вершин.

Автор:

Alexey Nikitin

Конструктор(ы)

Composites.MemSelector.MemSelector (Node... *nodes*)

Конструктор.

Аргументы:

nodes	список дочеирних вершин

Методы

Status Composites.MemSelector.tick (Tick *tick*)

Передает сигнал на исполнение дочерним вершинам до тех пор, пока они возвращают статус FAILURE. Как только дочерняя вершина вернет статус, отличный от FAILURE, этот статус будет сразу возращен этой вершиной и выполнение закончится. Если это был статус RUNNING, то в таком случае будет запомнен в blackboard индекс данной дочерней вершины и в следующий раз передача сигнала на исполнение продолжится именно с этой вершины.

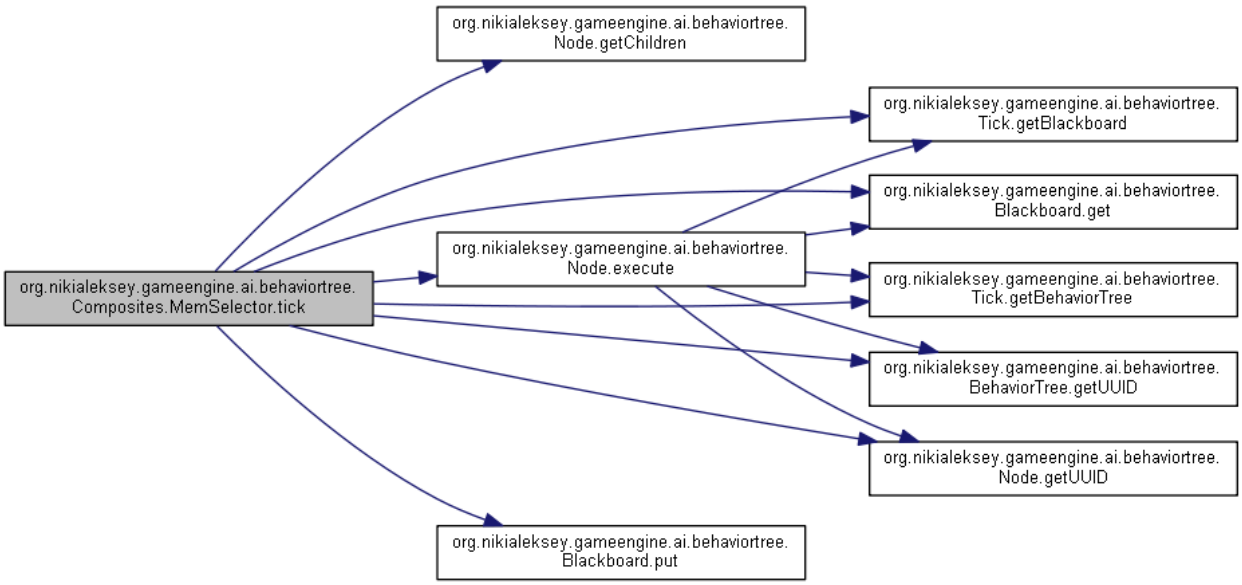
Аргументы:

tick	объект тика

Возвращает:

либо статус дочерней вершины, которая вернула результат, отличный от FAILURE, либо FAILURE

Граф вызовов:

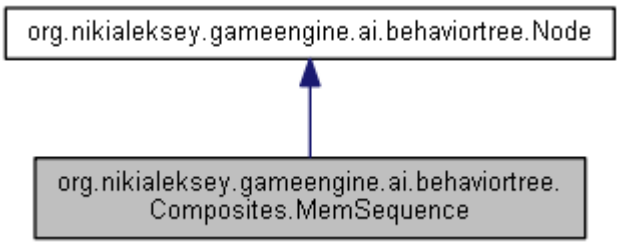


Объявления и описания членов класса находятся в файле:

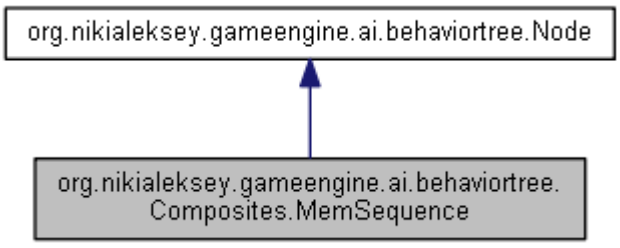
- src/org/nikialeksey/gameengine/ai/behaviortree/Composites/MemSelector.java

Класс Composites.MemSequence

Граф наследования:Composites.MemSequence:



Граф связей класса Composites.MemSequence:



Открытые члены

- **MemSequence** (Node...nodes)
- void **enter** (**Tick tick**)
- void **open** (**Tick tick**)
- **Status tick** (**Tick** tick)
- void **close** (**Tick tick**)

- void **exit** (**Tick tick**)

Подробное описание

Класс представляет композит-последовательность с запоминанием вершины, которая вернула результат RUNNING. На следующем тике данная вершина начнет давать сигнал на исполнение как раз последней запущенной дочерней вершне, а не с начала спика дочерних вершин.

Автор:

Alexey Nikitin

Конструктор(ы)

Composites.MemSequence.MemSequence (Node... *nodes*)

Конструктор.

Аргументы:

nodes	список дочеирних вершин

Методы

Status Composites.MemSequence.tick (Tick *tick*)

Передает сигнал на исполнение дочерним вершинам до тех пор, пока они возвращают статус SUCCESS. Как только дочерняя вершина вернет статус, отличный от SUCCESS, этот статус будет сразу возращен этой вершиной и выполнение закончится. Если это был статус RUNNING, то в таком случае будет запомнен в blackboard индекс данной дочерней вершины и в следующий раз передача сигнала на исполнение продолжится именно с этой вершины.

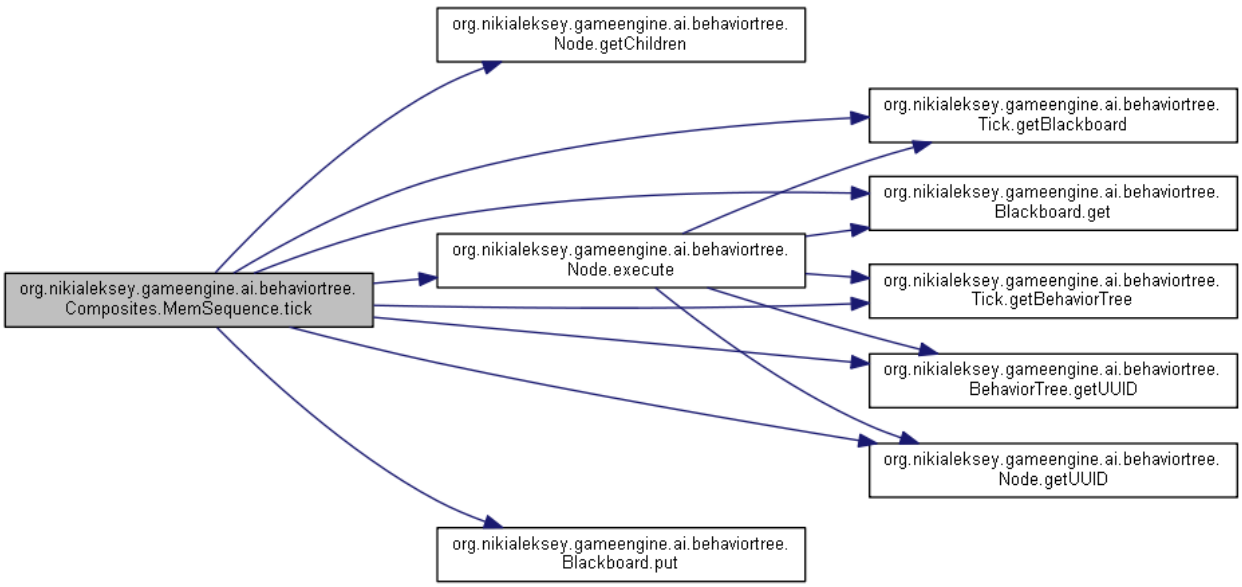
Аргументы:

tick	объект тика

Возвращает:

либо статус дочерней вершины, которая вернула результат, отличный от SUCCESS, либо SUCCESS

Граф вызовов:

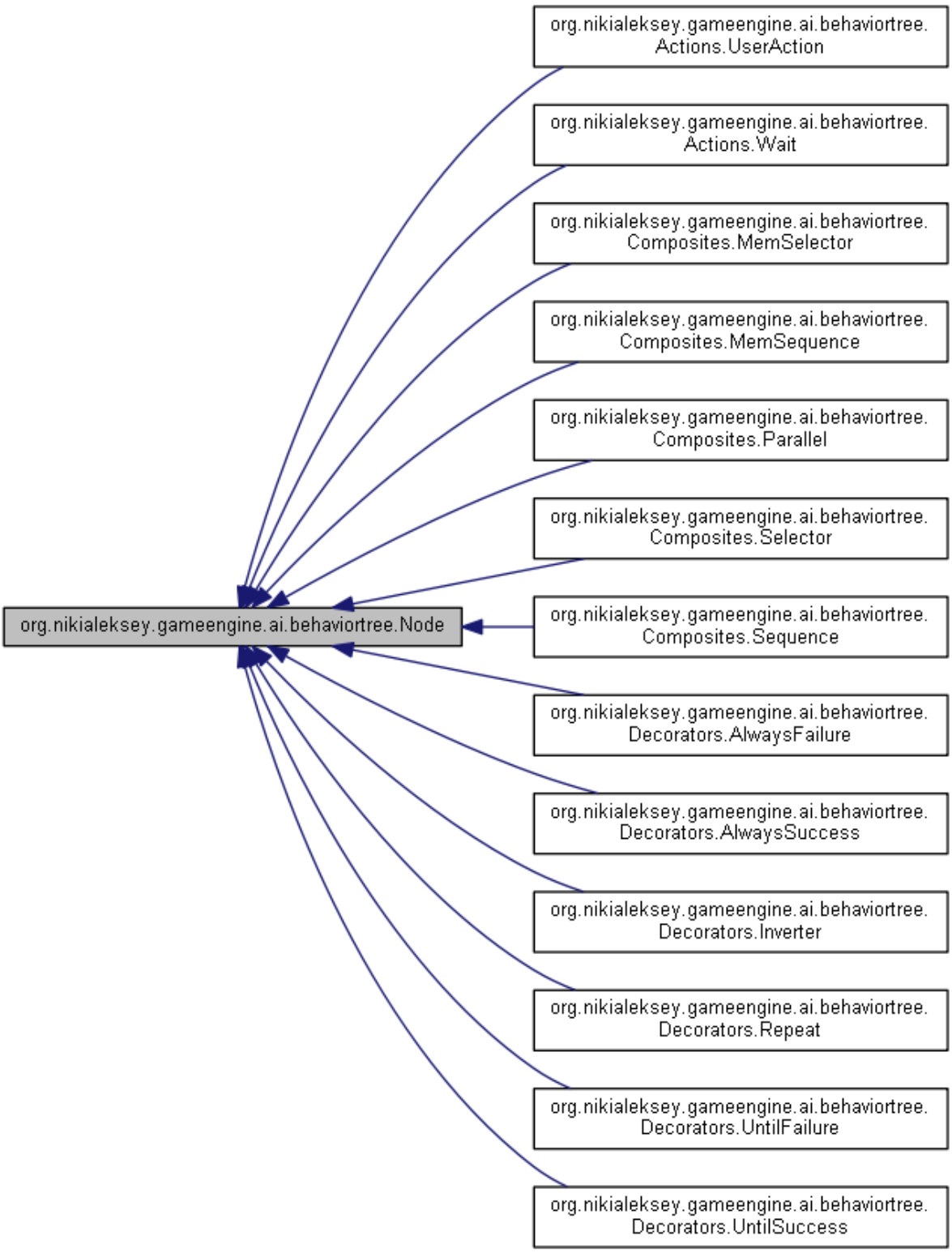


Объявления и описания членов класса находятся в файле:

- src/org/nikialeksey/gameengine/ai/behaviortree/Composites/MemSequence.java

Класс Node

Граф наследования:Node:



Открытые члены

- **Node** (Node...nodes)
- ArrayList< **Node** > **getChildren** ()
- String **getUUID** ()
- **Status execute** (**Tick tick**)

- abstract void **enter** (**Tick tick**)
- abstract void **open** (**Tick tick**)
- abstract **Status tick** (**Tick** tick)
- abstract void **close** (**Tick tick**)
- abstract void **exit** (**Tick tick**)

Подробное описание

Абстрактный класс вершины дерева повдения. Содержит необходимые методы для выполнения логики вершины.

Автор:

Alexey Nikitin

Конструктор(ы)

Node.Node (Node... *nodes*)

Конструктор.

Аргументы:

nodes	дочерние вершины

Методы

abstract void Node.close (Tick *tick*) `[abstract]`

Вызывается, при осуществлении закрытия вершины (не вызывается после выполнении логики, если статус

```
RUNNING
```

)

Аргументы:

tick	объект тика

abstract void Node.enter (Tick *tick*) `[abstract]`

Вызывается, при осуществлении входа в вершину

Аргументы:

tick	объект тика

Status Node.execute (Tick *tick*)

Выполняет логику вершины.

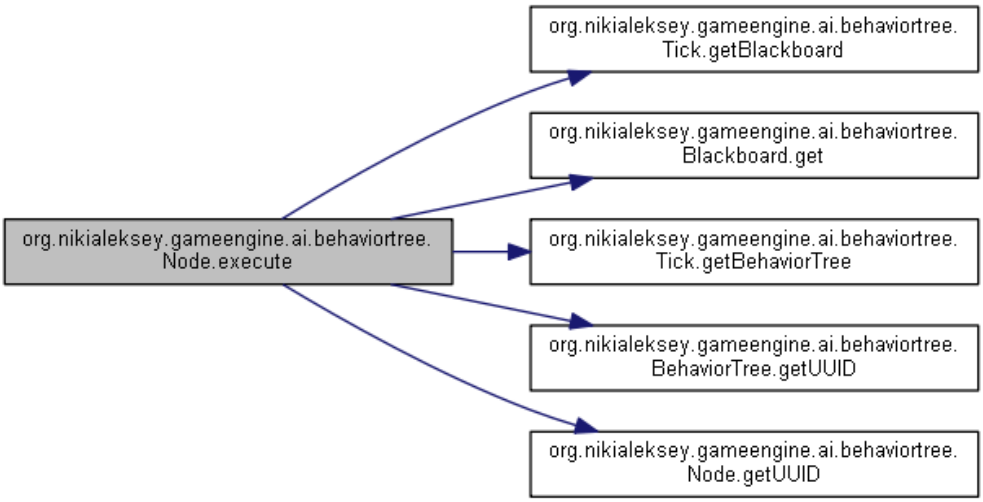
Аргументы:

tick	объект тика

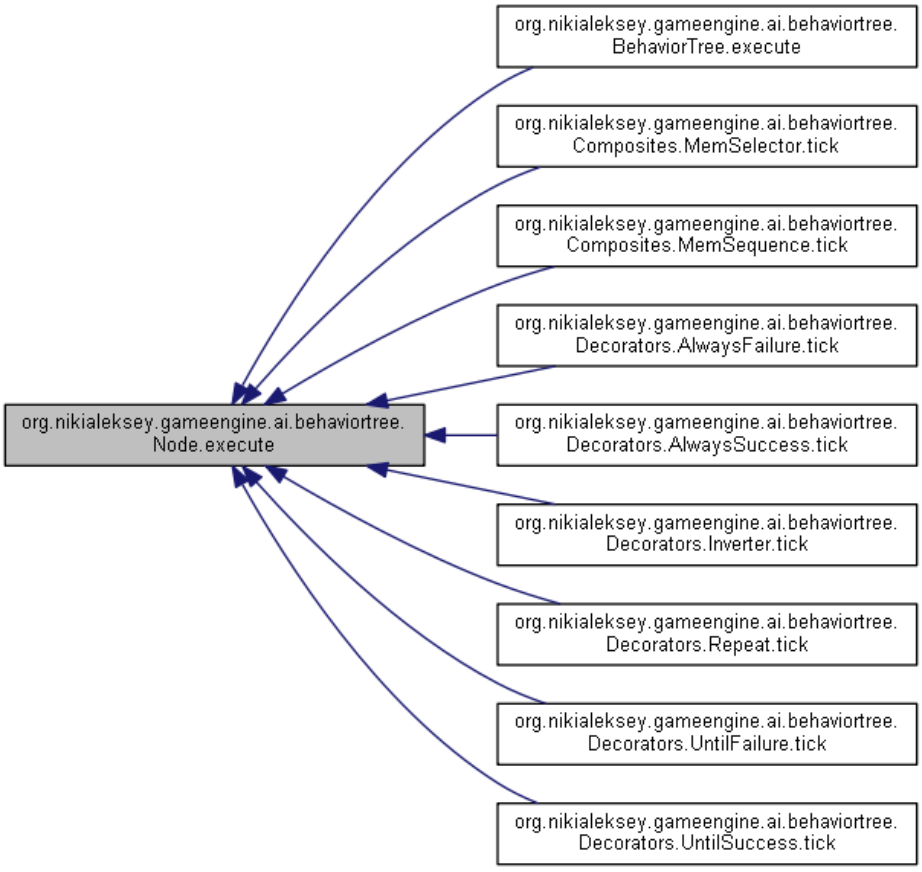
Возвращает:

статус, после выполнения логики

Граф вызовов:



Граф вызова функции:



abstract void Node.exit (Tick *tick*) `[abstract]`

Вызывается, при осуществлении выхода из вершины (всегда после выполнения логики, но позже закрытия вершины, если оно было)

Аргументы:

tick	объект тика

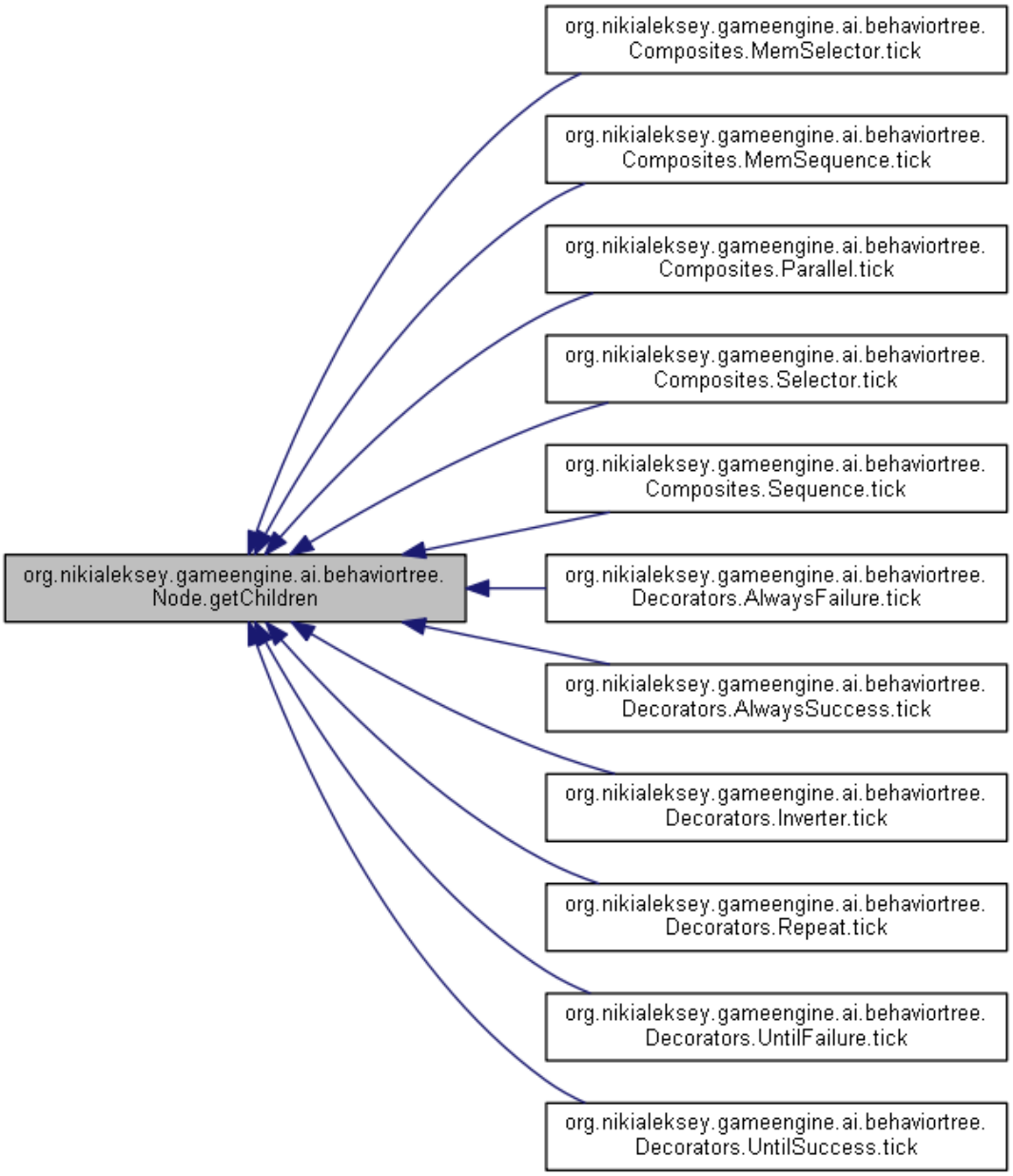
ArrayList<Node> Node.getChildren ()

Возвращает список дочерних вершин

Возвращает:

список дочерних вершин

Граф вызова функции:



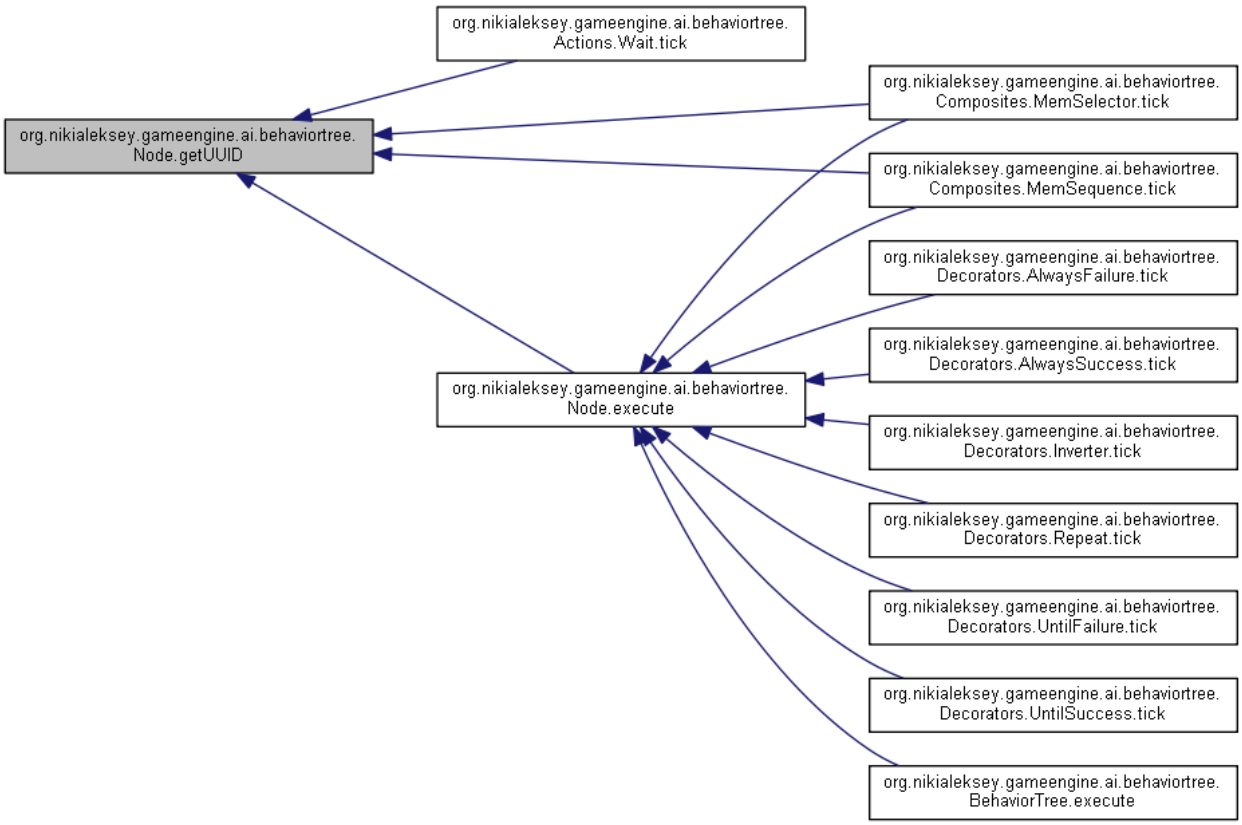
String Node.getUUID ()

Возвращает уникальный идентификатор вершины

Возвращает:

уникальный идентификатор вершины

Граф вызова функции:



abstract void Node.open (Tick *tick*) `[abstract]`

Вызывается, при осуществлении открытия вершины (всегда после входа, но не всегда открытая вершина закрывается после выполнения логики)

Аргументы:

tick	объект тика

abstract Status Node.tick (Tick *tick*) `[abstract]`

Содержит код логики вершины, после отработки возвращает один из четырех статусов: RUNNING, WAIT, FAILURE, SUCCESS

Аргументы:

tick	объект тика

Возвращает:

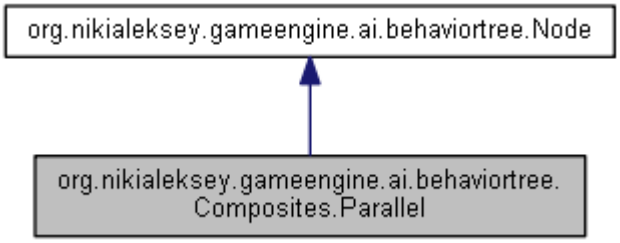
один из четырех статусов: RUNNING, WAIT, FAILURE, SUCCESS

Объявления и описания членов класса находятся в файле:

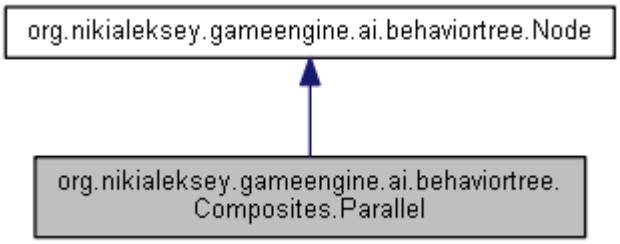
- src/org/nikialeksey/gameengine/ai/behaviortree/Node.java

Класс Composites.Parallel

Граф наследования:Composites.Parallel:



Граф связей класса Composites.Parallel:



Открытые члены

- **Parallel** (int successCount, int failureCount, Node...nodes)
- void **enter** (**Tick tick**)
- void **open** (**Tick tick**)
- **Status tick** (**Tick** tick)
- void **close** (**Tick tick**)
- void **exit** (**Tick tick**)

Подробное описание

Класс представляет параллельный композит.

Автор:

Alexey Nikitin

Конструктор(ы)

Composites.Parallel.Parallel (int *successCount*, int *failureCount*, Node... *nodes*)

Конструктор.

Аргументы:

successCount	количество дочерних вершин, которое должно вернуть SUCCESS, чтобы данный композит вернул SUCCESS
failureCount	количество дочерних вершин, которое должно вернуть FAILURE, чтобы данный композит вернул FAILURE
nodes	список дочеирних вершин

Методы

Status Composites.Parallel.tick (Tick *tick*)

Передает сигнал на исполнение всем дочерним вершинам одновременно.

Аргументы:

tick	объект тика

Возвращает:

если количество дочерних вершин, вернувших результат SUCCESS больше порогового значение `successCount` и, при этом, количество вершин, вернувших результат FAILURE меньше порогового значения `failureCount`, то SUCCESS; если количество дочерних вершин, вернувших результат FAILURE больше порогового значение `failureCount` и, при этом, количество вершин, вернувших результат SUCCESS меньше порогового значения `successCount`, то FAILURE; иначе ERROR

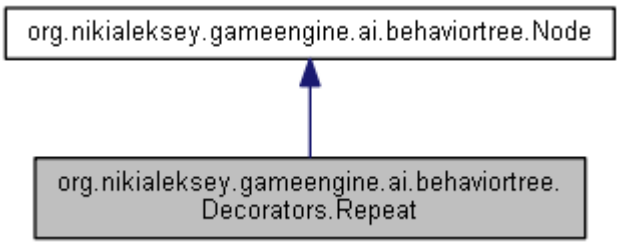
Граф вызовов:

Объявления и описания членов класса находятся в файле:

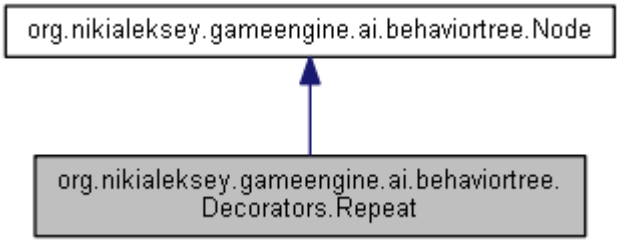
- src/org/nikialeksey/gameengine/ai/behaviortree/Composites/Parallel.java

Класс Decorators.Repeat

Граф наследования:Decorators.Repeat:



Граф связей класса Decorators.Repeat:



Открытые члены

- **Repeat** (int repeatCount, **Node** node)
- void **enter** (**Tick tick**)
- void **open** (**Tick tick**)
- **Status tick** (**Tick** tick)
- void **close** (**Tick tick**)
- void **exit** (**Tick tick**)

Подробное описание

Класс представляет декоратор, который передает сигнал на исполнение дочерней вершине заданное количество раз.

Автор:

Alexey Nikitin

Конструктор(ы)

Decorators.Repeat.Repeat (int *repeatCount*, Node *node*)

Конструктор.

Аргументы:

repeatCount	количество передач сигнала на исполнение дочерней вершине.
node	дочерняя вершина

Методы

Status Decorators.Repeat.tick (Tick *tick*)

Передает сигнал на исполнение дочерней вершине заданное число раз.

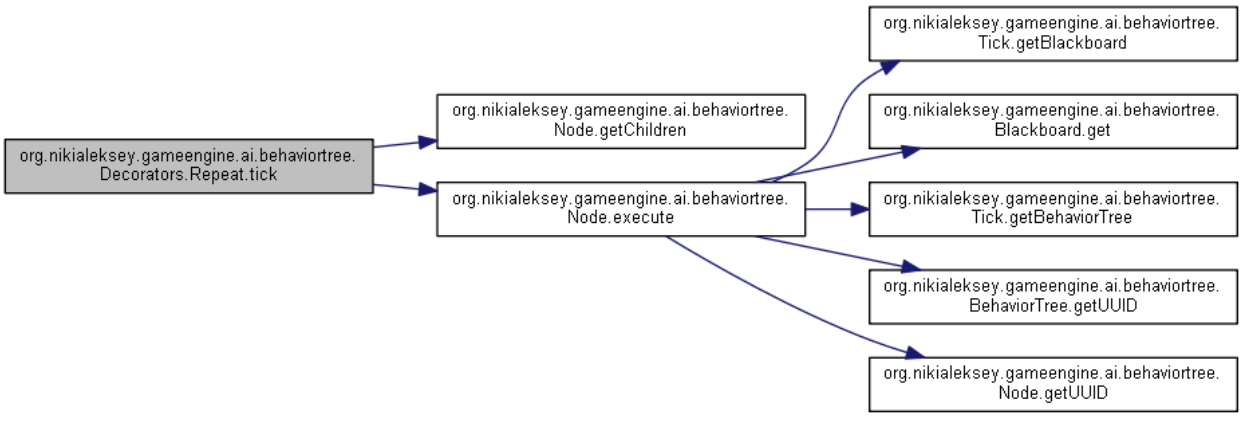
Аргументы:

tick	объект тика

Возвращает:

ERROR, если дочерней вершины нет; последний статус, который вернула дочерняя вершина, если количество повторений было не нулевое; если количество повторений было нулевое, то SUCCESS.

Граф вызовов:

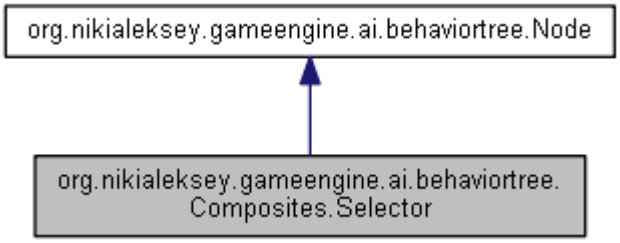


Объявления и описания членов класса находятся в файле:

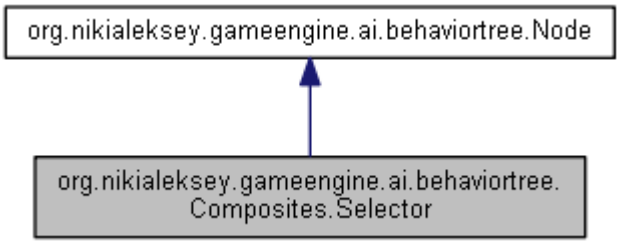
- src/org/nikialeksey/gameengine/ai/behaviortree/Decorators/Repeat.java

Класс Composites.Selector

Граф наследования:Composites.Selector:



Граф связей класса Composites.Selector:



Открытые члены

- **Selector** (Node...nodes)
- void **enter** (**Tick tick**)
- void **open** (**Tick tick**)
- **Status tick** (**Tick** tick)
- void **close** (**Tick tick**)
- void **exit** (**Tick tick**)

Подробное описание

Класс представляет композит-селектор. Выполняет все свои дочерние вершины по порядку, до тех пор, пока они возвращают результат FAILURE

Автор:

Alexey Nikitin

Конструктор(ы)

Composites.Selector.Selector (Node... *nodes*)

Конструктор.

Аргументы:

nodes	список дочеирних вершин

Методы

Status Composites.Selector.tick (Tick *tick*)

Передает сигнал на исполнение всем дочерним вершинам, до тех пор пока они возвращают FAILURE

Аргументы:

tick	объект тика

Возвращает:

либо статус той вершины, которая вернула результат, отличный от FAILURE, либо FAILURE

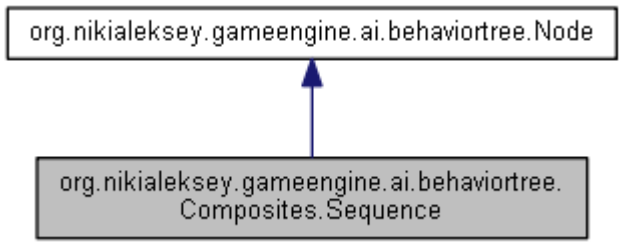
Граф вызовов:

Объявления и описания членов класса находятся в файле:

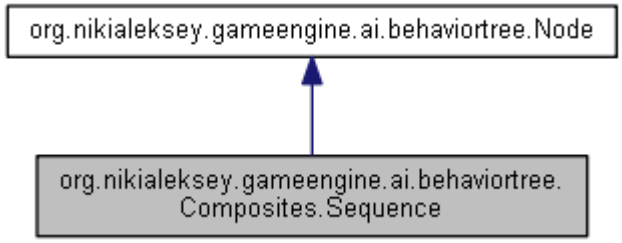
- src/org/nikialeksey/gameengine/ai/behaviortree/Composites/Selector.java

Класс Composites.Sequence

Граф наследования:Composites.Sequence:



Граф связей класса Composites.Sequence:



Открытые члены

- **Sequence** (Node...nodes)
- void **enter** (**Tick tick**)
- void **open** (**Tick tick**)
- **Status tick** (**Tick** tick)
- void **close** (**Tick tick**)
- void **exit** (**Tick tick**)

Подробное описание

Класс представляет композит-последовательность. Выполняет всех своих детей до тех пор, пока они возвращают SUCCESS

Автор:

Alexey Nikitin

Конструктор(ы)

Composites.Sequence.Sequence (Node... *nodes*)

Конструктор.

Аргументы:

nodes	список дочеирних вершин

Методы

Status Composites.Sequence.tick (Tick *tick*)

Передает сигнал на исполнение всем своим дочерним вершинам до тех пор, пока они возвращают SUCCESS

Аргументы:

tick	объект тика

Возвращает:

либо статус дочерней вершины, которая вернула результат, отличный от SUCCESS, либо SUCCESS

Граф вызовов:

Объявления и описания членов класса находятся в файле:

- src/org/nikialeksey/gameengine/ai/behaviortree/Composites/Sequence.java

Status Ссылки на перечисление

Открытые атрибуты

- **RUNNING**
- **ERROR**
- **FAILURE**
- **SUCCESS**

Подробное описание

Класс представляет результаты, которые возвращают вершины после исполнения логики.

Автор:

Alexey Nikitin

Данные класса

Status.ERROR

Ошибка. Результат возвращается, когда произошла ошибка при исполнении логики вершины.

Status.FAILURE

Не успешно. Сигнал возвращается, когда исполнение вершины завершилось не успешно.

Status.RUNNING

Запущено. Результат возвращается, когда вершина не завершила действие.

Status.SUCCESS

Успешно Сигнал возвращается, когда исполнение вершины завершилось успешно.

Документация для этого перечисления сгенерерирована из файла:

- src/org/nikialeksey/gameengine/ai/behaviortree/Status.java

Класс Tick

Открытые члены

- **Tick** (**BehaviorTree** behaviorTree, **Blackboard** blackboard)
- **Blackboard getBlackboard** ()
- **BehaviorTree getBehaviorTree** ()
- void **enterNode** (**Node** node)
- void **openNode** (**Node** node)
- void **tickNode** (**Node** node)
- void **closeNode** (**Node** node)
- void **exitNode** (**Node** node)

Подробное описание

Класс содержит ссылки на blackboard и behaviorTree. Используется, когда сигнал на исполнение поступает в дерево поведения и пробрасывается дочерним вершинам, чтобы дочерние вершины могли пользоваться blackboard'ом.

Так же удобно здесь писать отладочный код.

Автор:

Alexey Nikitin

Конструктор(ы)

Tick.Tick (BehaviorTree *behaviorTree*, Blackboard *blackboard*)

Конструктор. Сохранает ссылки на объект дерева поведения и на общую память.

Аргументы:

behaviorTree	ссылка на дерево поведения, в котором создали объект **Tick**.
blackboard	ссылка на общую память.

Методы

void Tick.closeNode (Node *node*)

Исполняется перед закрытием вершины.

Аргументы:

node	закрываемая вершина.

void Tick.enterNode (Node *node*)

Исполняется при входе в вершину.

Аргументы:

node	вершина, в которую осуществился вход.

void Tick.exitNode (Node *node*)

Исполняется перед выходом из вершины.

Аргументы:

node	вершина, из которой осуществляется выход.

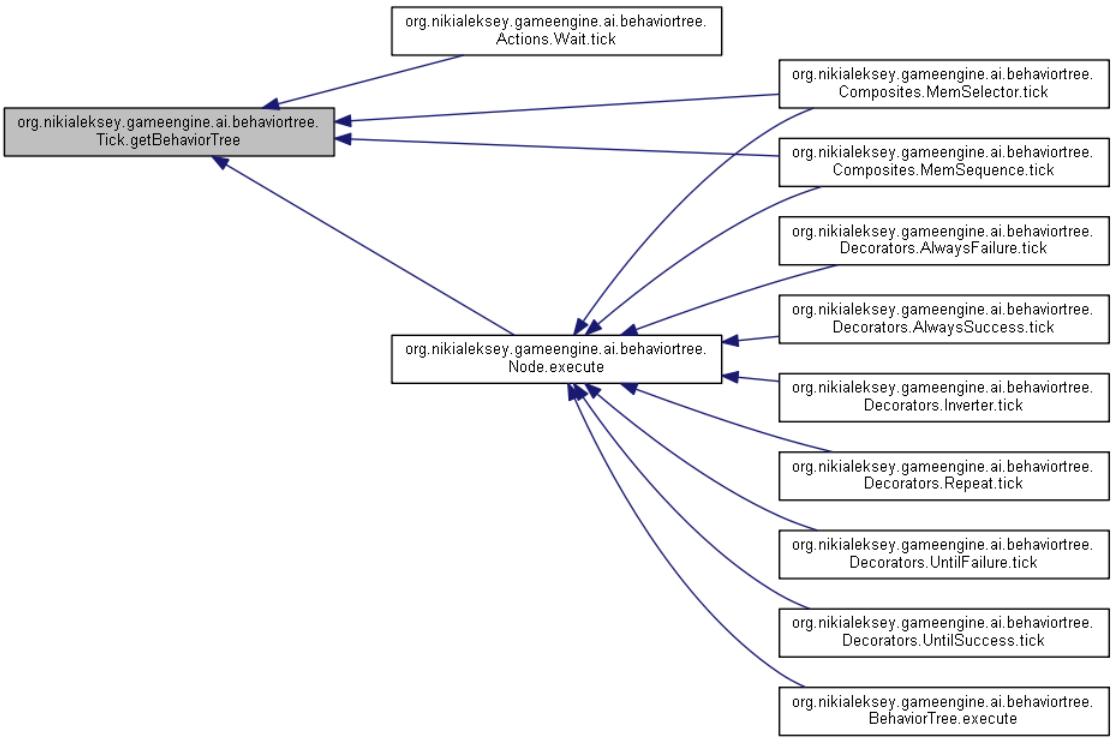
BehaviorTree Tick.getBehaviorTree ()

Возвращает ссылку на дерево поведения.

Возвращает:

ссылку на дерево поведения.

Граф вызова функции:



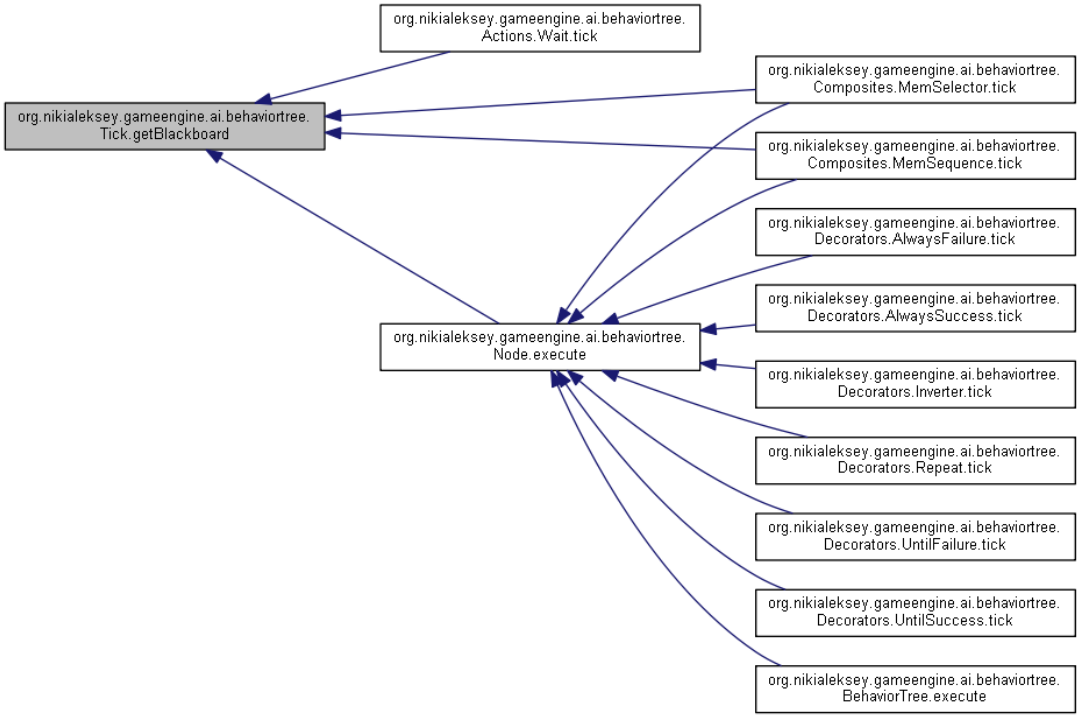
Blackboard Tick.getBlackboard ()

Возвращает ссылку на объект общей памяти.

Возвращает:

ссылку на объект общей памяти.

Граф вызова функции:



void Tick.openNode (Node *node*)

Исполняется при открытии вершины.

Аргументы:

node	открываемая вершина.

void Tick.tickNode (Node *node*)

Исполняется перед выполнением логики вершины.

Аргументы:

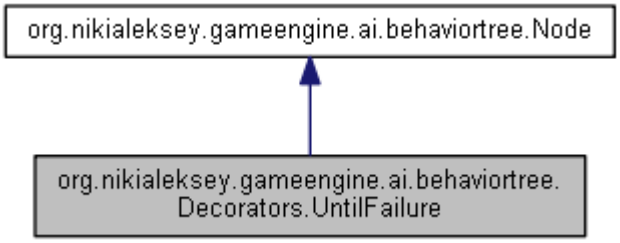
node	вершина, в которую зашли, возможно открыли, и еще не началось выполнение логики.

Объявления и описания членов класса находятся в файле:

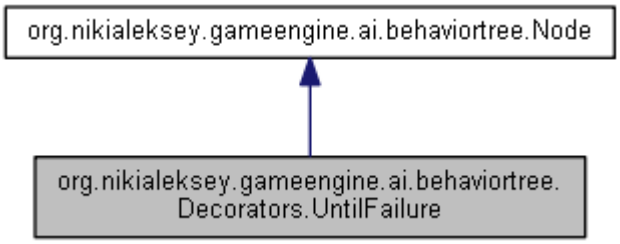
- src/org/nikialeksey/gameengine/ai/behaviortree/Tick.java

Класс Decorators.UntilFailure

Граф наследования:Decorators.UntilFailure:



Граф связей класса Decorators.UntilFailure:



Открытые члены

- **UntilFailure** (**Node** node)
- void **enter** (**Tick tick**)
- void **open** (**Tick tick**)
- **Status tick** (**Tick** tick)
- void **close** (**Tick tick**)
- void **exit** (**Tick tick**)

Подробное описание

Класс представляет декоратор, который передает сигнал на исполнение дочерней вершине до тех пор, пока она не вернет статус FAILURE

Автор:

Alexey Nikitin

Конструктор(ы)

Decorators.UntilFailure.UntilFailure (Node *node*)

Конструктор.

Аргументы:

node	дочерняя вершина

Методы

Status Decorators.UntilFailure.tick (Tick *tick*)

Передает сигнал на исполнение дочерней вершине до тех пор, пока она возвращает статус, отличный от FAILURE.

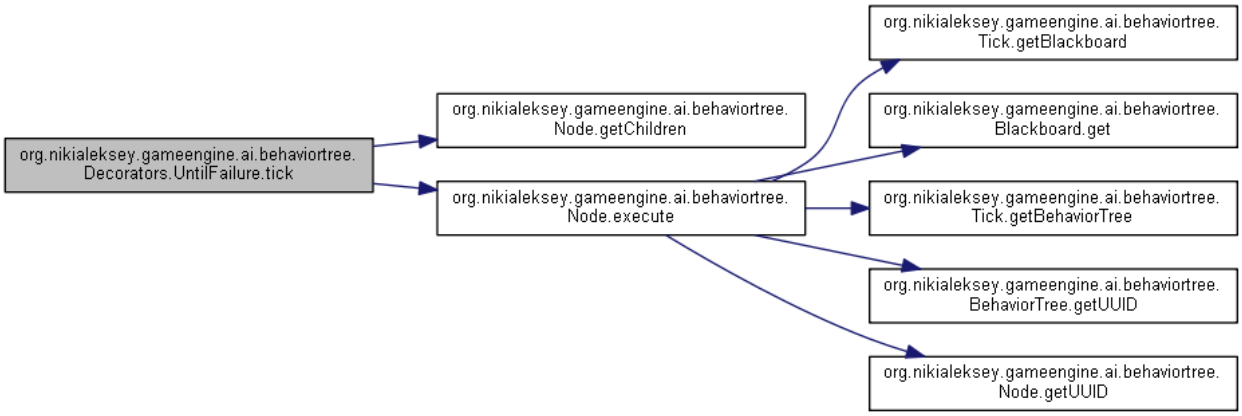
Аргументы:

tick	объект тика

Возвращает:

ERROR, если нет дочерней вершины, FAILURE иначе.

Граф вызовов:

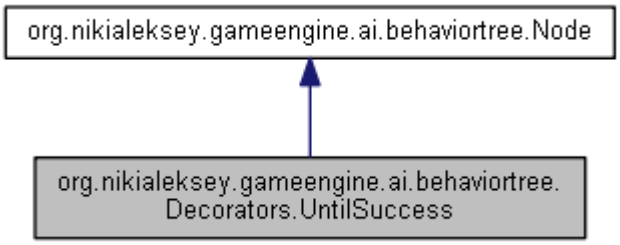


Объявления и описания членов класса находятся в файле:

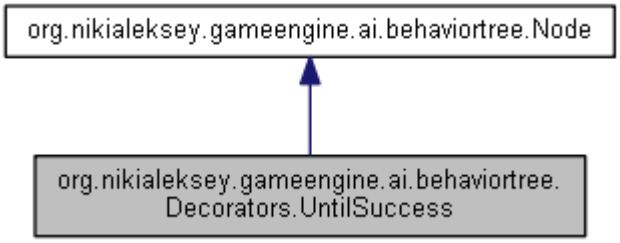
- src/org/nikialeksey/gameengine/ai/behaviortree/Decorators/UntilFailure.java

Класс Decorators.UntilSuccess

Граф наследования:Decorators.UntilSuccess:



Граф связей класса Decorators.UntilSuccess:



Открытые члены

- **UntilSuccess** (**Node** node)
- void **enter** (**Tick tick**)

- void **open** (**Tick tick**)
- **Status tick** (**Tick** tick)
- void **close** (**Tick tick**)
- void **exit** (**Tick tick**)

Подробное описание

Класс представляет декоратор, который передает сигнал на исполнение дочерней вершине до тех пор, пока она не вернет статус SUCCESS

Автор:

Alexey Nikitin

Конструктор(ы)

Decorators.UntilSuccess.UntilSuccess (Node *node*)

Конструктор.

Аргументы:

node	дочерняя вершина

Методы

Status Decorators.UntilSuccess.tick (Tick *tick*)

Передает сигнал на исполнение дочерней вершине до тех пор, пока она возвращает статус, отличный от SUCCESS.

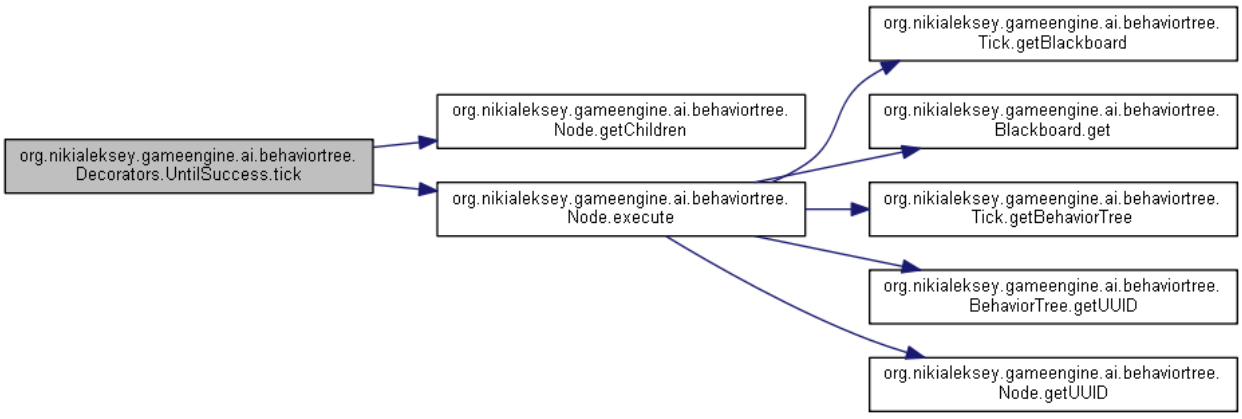
Аргументы:

tick	объект тика

Возвращает:

ERROR, если нет дочерней вершины, SUCCESS иначе.

Граф вызовов:

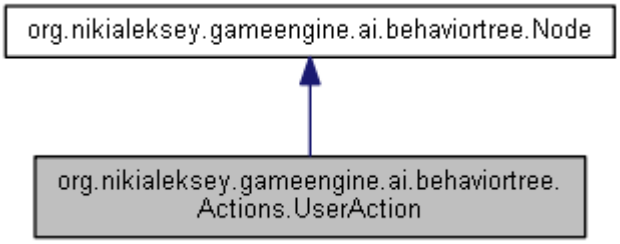


Объявления и описания членов класса находятся в файле:

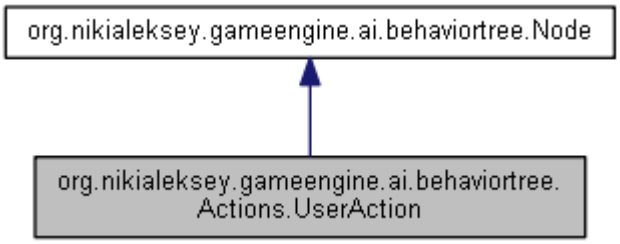
- src/org/nikialeksey/gameengine/ai/behaviortree/Decorators/UntilSuccess.java

Класс Actions.UserAction

Граф наследования:Actions.UserAction:



Граф связей класса Actions.UserAction:



Открытые члены

- **UserAction** (Consumer< **Tick** > action)
- void **enter** (**Tick tick**)
- void **open** (**Tick tick**)
- **Status tick** (**Tick** tick)
- void **close** (**Tick tick**)
- void **exit** (**Tick tick**)

Подробное описание

Класс представляет лист-действие, определяемое пользователем.

Автор:

Alexey Nikitin

Конструктор(ы)

Actions.UserAction.UserAction (Consumer< Tick > *action*)

Конструктор.

Аргументы:

action	дейстие, определяемое пользователем

Методы

Status Actions.UserAction.tick (Tick *tick*)

Выполняет пользовательское действие и возвращает SUCCESS.

Аргументы:

tick	объект тика

Возвращает:

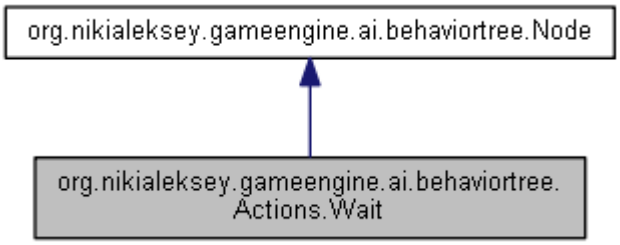
SUCCESS

Объявления и описания членов класса находятся в файле:

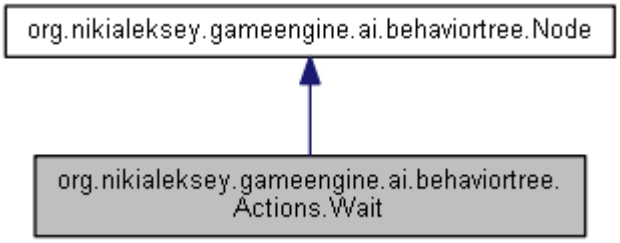
- src/org/nikialeksey/gameengine/ai/behaviortree/Actions/UserAction.java

Класс Actions.Wait

Граф наследования:Actions.Wait:



Граф связей класса Actions.Wait:



Открытые члены

- **Wait** (long milliseconds)
- void **enter** (**Tick tick**)
- void **open** (**Tick tick**)
- **Status tick** (**Tick** tick)
- void **close** (**Tick tick**)
- void **exit** (**Tick tick**)

Подробное описание

Класс представляет лист-действие "ожидание".

Автор:

Alexey Nikitin

Конструктор(ы)

Actions.Wait.Wait (long *milliseconds*)

Конструктор.

Аргументы:

milliseconds	количество миллисекунд, которое необходимо подождать.

Методы

Status Actions.Wait.tick (Tick *tick*)

Проверяет, сколько времени прошло с первого вызова и если прошло времени больше, чем заданное количество, то вернет SUCCESS.

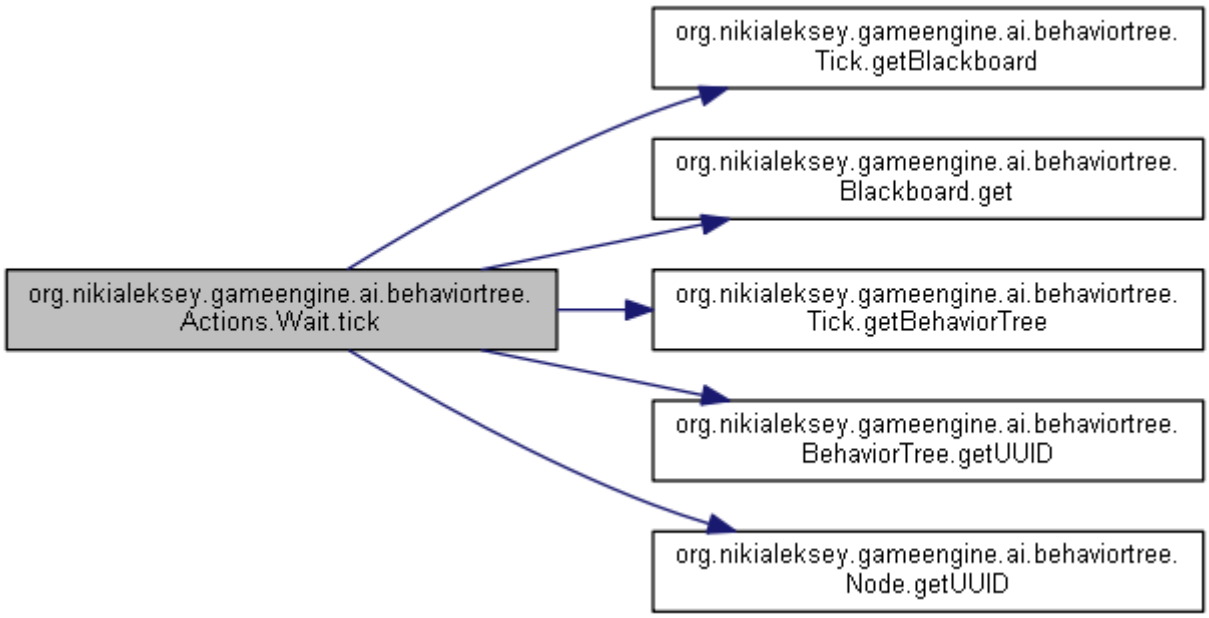
Аргументы:

tick	объект тика

Возвращает:

ERROR, если время первого запуска не было записано; RUNNING, если время ожидания еще не прошло; SUCCESS, если время ожидания превышает или совпает с заданным значением.

Граф вызовов:



Объявления и описания членов класса находятся в файле:

- src/org/nikialeksey/gameengine/ai/behaviortree/Actions/Wait.java