

электронный журнал

# МОЛОДЕЖНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ВЕСТНИК

Издатель: ФГБОУ ВПО «Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана»

---

УДК 004.946

## Разработка подсистемы моделирования радиосвязи для симулятора виртуального мира

Студент,

кафедры «Информационные системы и телекоммуникации»: Д.С. Замалеев

Научный руководитель: А.М. Иванов,

ассистент кафедры «Информационные системы и телекоммуникации»

МГТУ им. Н.Э. Баумана

[d\\_zamaleev@mail.ru](mailto:d_zamaleev@mail.ru)

Бурное развитие беспроводных технологий в конце 20 века вызвало всплеск интереса к вопросам моделирования распространения радиоволн. Разработаны и разрабатываются симуляторы, рассчитывающие распространение и области приема сигнала и позволяющие изучить возможные проблемы перед осуществлением радиосвязи, определить оптимальное место установки передатчика. Например, на рис. 1 изображен результат расчета зоны приема сигнала с помощью симулятора RF Mobile[5], при условии, что передатчик установлен на высоте 45м, а приемник - на высоте 1.5м.

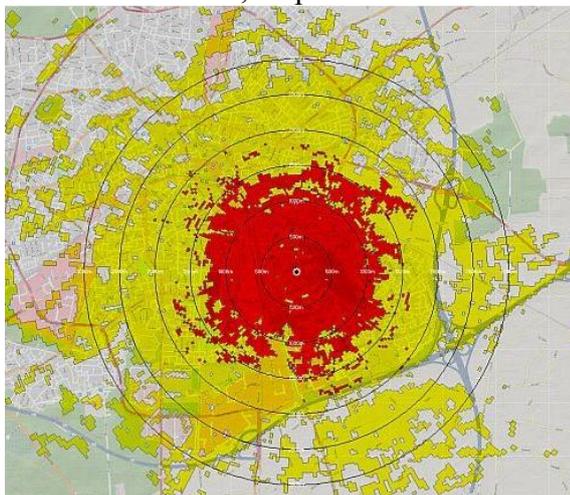


Рис. 1 Определение зоны приема сигнала при помощи программы RF Mobile

В настоящее время в МГТУ им. Баумана разрабатывается авиасимулятор, предназначенный для моделирования сценариев применения и взаимодействия летательных аппаратов и наземных объектов в трехмерной геоинформационной модели мира. Данный симулятор является агентным, то есть моделируемые объекты представляются интеллектуальными агентами, которые взаимодействуют друг с другом и с агентной средой. Под агентной средой понимается пространство, виртуальный мир, в

котором находятся агенты. Агенты могут воспринимать параметры среды с помощью датчиков и воздействовать на нее с помощью манипуляторов.

Разрабатываемая подсистема моделирования радиосвязи является составной частью авиасимулятора. Задача по системе поставлена следующим образом: в каждый момент времени известны координаты некоторого множества летательных аппаратов в трехмерном пространстве. Известны положения и ориентации множества радиолокационных станций (далее – РЛС). Необходимо определить, какие летательные аппараты находятся в зонах видимости данных станций. Должна быть решена задача учета помех от неподвижных объектов.

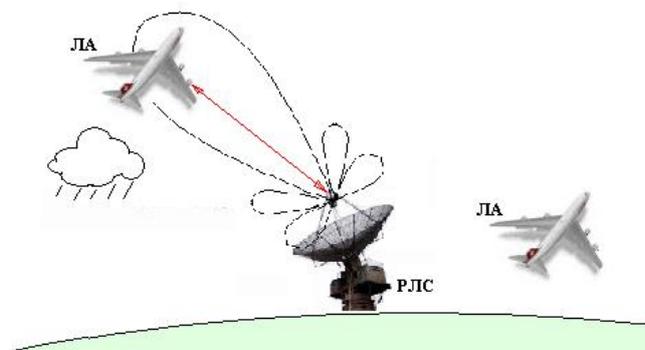


Рис. 2. Постановка задачи

С точки зрения агентного подхода сложность агентной системы определяется сложностью среды взаимодействия агентов[6]. Традиционные симуляторы распространения сигналов обычно имеют дело с самым простым вариантом среды – со статической полностью наблюдаемой детерминированной эпизодической дискретной одноагентной средой.

Моделирование распространения сигналов в агентном симуляторе требует рассмотрения более сложной среды, учитывающей:

- Подвижность источников и приемников сигнала
- Изменение параметров среды в реальном времени (например, изменение погоды);
- Возможность в случае перехода объекта в другой режим работы (например, изменение мощности антенны);
- Большое количество летательных аппаратов и радиолокационных станций;
- Большие открытые пространства распространения сигнала.

С другой стороны, добавление в агентную среду приближенных к реальности моделей распространения радио-сигналов делает эту среду более сложной и позволяет учитывать эффекты, которые раньше с трудом поддавались моделированию: области видимости для РЛС, ИК, систем связи и видимого диапазона с учетом отражения, учет влияния погодных условий на качество связи, возможность для агента управлять качеством связи для снижения расхода энергии и т.п.

Более приближенная к реальности модель позволит оценивать комплексные характеристики технических систем, такие как качество связи, заметность, надежность и т.п.

Разрабатываемая подсистема должна решать следующие задачи:

- Определение области видимости РЛС и находящихся в ней летательных аппаратов;
- Определение мощности радиосигнала в некоторой точке при заданном положении передатчика и ориентации его антенны;
- Учет влияния погодных условий на решение вышеперечисленных задач;

Визуализация факта видимости летательного аппарата лучом, соединяющим РЛС и летательный аппарат

Одним из ключевых требований, предъявляемых к подсистеме, является ее быстродействие. Так, если вычисление возможности обнаружения радиолокационной станцией летательного аппарата занимает большее время, чем требуется аппарату, чтобы покинуть область, для которой происходит расчет, то данное вычисление теряет смысл. Поэтому в случае ресурсоемкости вычислений, остро стоит вопрос их распараллеливания.

Для передачи информации на коротких волнах используются земные или ионосферные волны. Земная волна – волна, распространяющаяся параллельно поверхности Земли. Дальность распространения волны обычно не превышает десятков километров. Очевидно, что такие волны не могут использоваться для осуществления связи «земля-воздух», «земля-космос». [1]

Ионосфера – ионизированная область атмосферы на высотах от 60..80 до 1000...1200 км. При распространении в ионизированном слое радиоволны испытывают, помимо поглощения, отражение и преломление. Случайность отражающих, преломляющих и поглощающих свойств ионосферы делает распространение радиосигнала более непредсказуемым. [1] Так, влажность воздуха в тропосфере влияет на его поглощающие свойства, причем, чем выше влажность воздуха, там сильнее поглощение сигнала. Тот факт, что солнце в данной области поднялось над горизонтом, увеличивает количество слоев ионосферы, на которых может происходить отражение сигнала.

Принцип работы симуляторов распространения радиосигнала основывается на методе Ray Launching [2]. Данный метод можно охарактеризовать следующим образом:

1. Задается конечное количество лучей, распространяемых передатчиком
2. Задается правило, в соответствии с которым луч считается принятым приемником.
3. Результатом работы алгоритма является выбор из вышеуказанного количества лучей множества тех, которые будут приняты приемником и расчет мощности принимаемого сигнала.

Ключевым вопросом, определяющим возможность или невозможность использования уже имеющегося симулятора распространения радиосигнала для решения поставленной задачи, является способность интегрировать его с авиасимулятором или организовать оперативный обмен данными между ними.

Наиболее интересным и подходящим под условие задачи оказался проект RaPSor [2] – *Radio Propagation Simulator* – симулятор распространения радиолучей, разработанный в Университете Пуатье во Франции. На рис. 3 изображен расчет распространения радиосигнала в комнате с помощью RaPSor. К преимуществам проекта можно отнести открытость его исходного кода и расширяемость. Под расширяемостью в данном конкретном случае понимается:

- Возможность добавления моделей приемников и передатчиков;
- Возможность добавления геометрических примитивов, составляющих сцену, в которой происходит распространение сигнала;
- Возможность добавления и модификации вычислительных алгоритмов.

Сцена, то есть среда, в которой распространяется сигнал, в RaPSor состоит из двух примитивов: плоскость и угол. Входными данными для RaPSor является xml-файл, содержащий координаты приемника и передатчика в сцене, перечисление примитивов сцены, их координаты и параметры, характеризующие поглощение или отражение радиосигнала на этих примитивах.

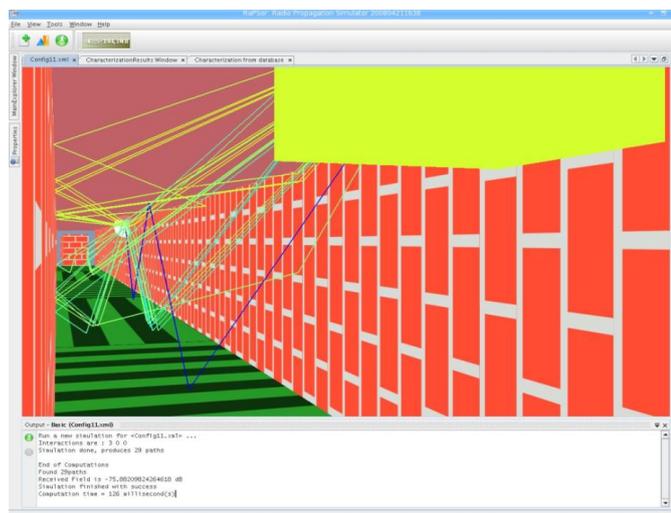


Рис. 3 Расчет распространения радиосигнала в комнате с помощью RaPSor

Математический аппарат, использующийся в RaPSor, опирается на следующие представления [2]:

1. Радиоволна распространяется вдоль прямой линии, может отражаться от поверхностей и проходить сквозь поверхности

2. Лучи, распространяемые в пространстве, имеют нулевую вероятность попасть в заданную конкретную точку. Для этого вводится следующее приближение: луч, который пересекает сферу с центром в точке, в которой расположен приемник, считается принятым. Размер данной сферы вычисляется исходя из длины пути от источника и числа  $n$  излученных лучей. При расчете используется формула: радиус сферы  $R = \frac{s\alpha}{\sqrt{3}}$ , где  $s$  –

длина пути распространения сигнала,  $\alpha$  – угол между элементарными лучами, излучаемыми источником.

3. При расчете сигнала используется следующее выражение для определения напряжения отраженного и преломленного электрического поля сигнала:

$$\begin{bmatrix} E^{r,t}_{parr}(s) \\ E^{r,t}_{perp}(s) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R, T_{parr} & 0 \\ 0 & R, T_{perp} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} E_{parr}(s)_i \\ E_{perp}(s)_i \end{bmatrix} \cdot A(s),$$

где  $s$  - длина пути распространения сигнала,  $E^{r,t}_{parr}(s)$  и  $E^{r,t}_{perp}(s)$  - параллельная и перпендикулярная компонента отраженного и преломленного электрического поля соответственно,  $R, T_{parr}$  и  $R, T_{perp}$  - параллельный и перпендикулярный коэффициенты отражения и преломления, зависящий от отражающей поверхности и заданный в ее свойствах,  $A(s)$  - коэффициент ослабления сигнала, зависящий от длины пути.

Основным недостатком RaPSor является ориентированность его на моделирование распространения радиолучей в помещениях и в средах с прямоугольными элементами. Этот недостаток, однако, можно устранить, доопределяя новые геометрические примитивы, такие как сфера.

На основании проведенного анализа имеющихся аналогов и учета требований к разрабатываемой системе, был определен следующий алгоритм разработки:

1. Анализ исходного кода проекта RaPSor на предмет того, какие модули необходимо взять за основу разрабатываемого симулятора

2. Реализация криволинейного примитива построения сцены RaPSor (сфера)

3. Реализация модели приемника и передатчика, характеризующихся определенной диаграммой направленности

4. Построение сцен, содержащих концентрические криволинейные примитивы, представляющие собой отражающие слои ионосферы, тестирование распространения сигнала в таких сценах.

5. Реализация данного симулятора как плагина среды Eclipse, экспортирующий функции, которые может использовать авиасимулятор.

6. Реализация возможности получения актуального состояния ионосферы [3], под воздействием которого распространение радиосигнала может отличаться от идеального случая - влажности воздуха в данной точке тропосферы и ионизации верхних слоев атмосферы.

7. Тестирование разработанной системы. Сравнение полученных результатов с результатами аналогичного моделирования в существующих симуляторах, так как разрабатываемую систему сложно проверить на реальность выдаваемых результатов.

Ниже представлена обобщенная архитектура разрабатываемой системы.

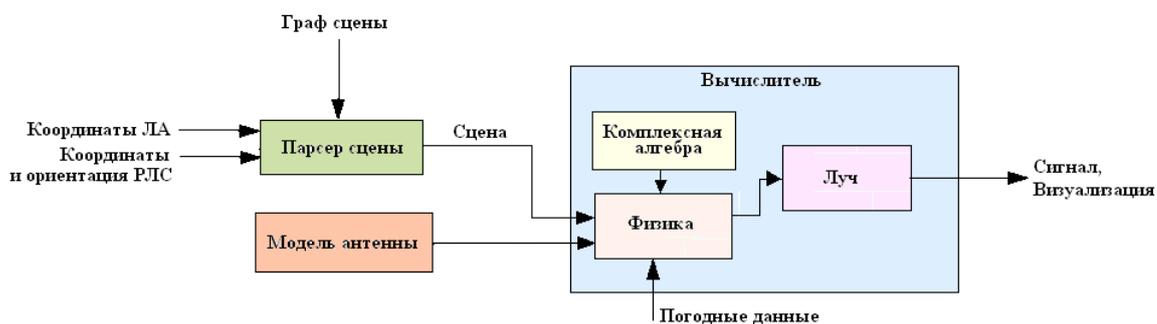


Рис. 4 Архитектура разрабатываемой системы

Входными данными для системы являются массив координат летательных аппаратов, координаты и ориентация РЛС. Для описания сцены формируется xml-файл, содержащий вышеперечисленные данные и граф сцены. Парсер сцены анализирует этот файл и строит граф объектов сцены. Модель антенны – класс, описывающий антенну, ее мощность и диаграмму направленности.

Основным компонентом системы является вычислитель, за основу которого был взят модуль Kernel (ядро) проекта RaPSor. Модуль «Физика» осуществляет расчет электрического поля сигнала и путей его распространения.

Для реализации системы была выбрана агентная платформа RePast. Результатом проделанной работы явился прототип подсистемы (рис. 5).

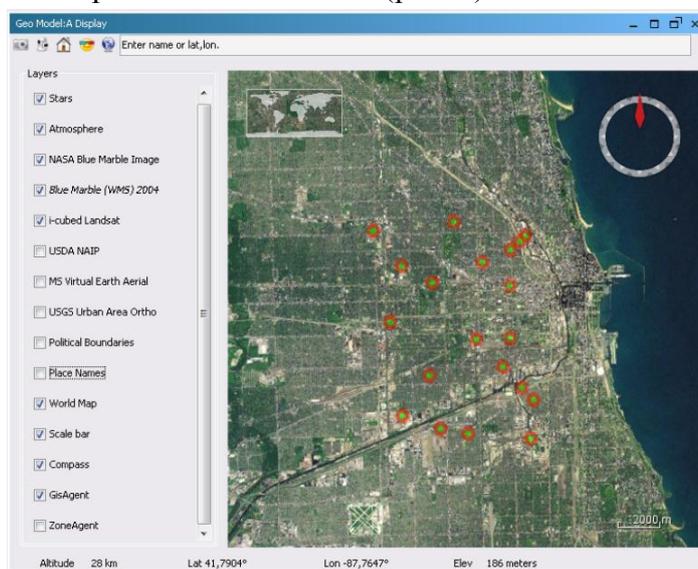


Рис. 5 Окно запущенной модели

В настоящее время идет работа над реализацией подсистемы как плагина, подключаемого к проекту авиасимулятора. Дальнейшая работа планируется по следующим направлениям - визуализация факта возможности видимости радиолокационной станцией летательного аппарата и распространение задачи на исследование связи между летательными аппаратами.

#### Литература

1. О. В. Головин, С.П. Простов. Системы и устройства коротковолновой радиосвязи. – М.: Горячая Линия-Телеком, 2006. – 598 с. :ил.
2. RaPSor – Radio Propagation Simulator [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://rapsor.sourceforge.net>, свободный
3. Radiowave Propagation Centre [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://prop.hfradio.org/>, свободный
4. Simulation of radiowave propagation using propagation models [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.scs-europe.net/services/ecms2005/pdf/se-19.pdf>, свободный
5. Radiomobile – RF propagation simulator software [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://radiomobile.pelmeu.nl/?Welcome...>, свободный.
6. Рассел С., Норвиг П., Искусственный интеллект. Современный подход, 2й изд. Вильямс, 2007. – 1408 с. : ил.