

# OPNET 仿真中的天线策略

陈 斌<sup>1</sup>, 李小勇<sup>2</sup>, 杨 田<sup>1</sup>, 徐志军<sup>1</sup>

(1. 解放军理工大学 通信工程学院, 江苏 南京 210007;

2. 北京军区 空军气象中心, 北京 100009)

**摘 要** 基于 OPNET 的无线通信仿真中, 天线是很重要的一部分, 但是 OPNET 自带的天线往往满足不了要求, 文中讨论了复杂天线的生成问题, 并以实例阐明了天线跟踪技术的重要性, 着重介绍了移动天线的增强型配置。

**关键词** OPNET; 天线增益; 模型; 跟踪; 增强型

**中图分类号** TN828.6 **文献标识码** A **文章编号** 1007-7820(2008)06-038-05

## Antenna Strategy in OPNET Simulation

Chen Bin<sup>1</sup>, Li Xiaoyong<sup>2</sup>, Yang Tian<sup>1</sup>, Xu Zhijun<sup>1</sup>

(1. Department of Electronic Information Engineering ICE, PLAUST, Nanjing 210007, China;

2. Air Force Meteorological Center, Beijing Military Region, Beijing 100009, China)

**Abstract** Antenna model is an important part in wireless communications based on OPNET, but the simple antenna pattern in the OPNET often fails to satisfy the needs. The creation of complex antenna patterns in OPNET is introduced, and then an example is given to illustrate the importance of antenna tracking. The emphasis is put on enhanced antenna positioning.

**Keywords** OPNET; antenna gain; model; tracking; enhanced

天线在无线通信系统中用来有选择性地增强接收信号功率。OPNET 中的天线一般是通过方向图编辑器定义, 它通过在某一特定方向定义增益来模拟实际天线, 但是由于采用的是球形坐标系, 描述一些复杂天线模型将变得困难。天线模型建立以后, 如何用天线跟踪移动目标和增强移动天线的增益均需要考虑。对于移动物体而言, 对捆绑在上面的天线进行建模将会变得复杂, 采用增强型天线配置可以较好地解决此问题。有许多的仿真软件能独立精确地仿真天线的性能, 但它们均不能与仿真系统很好的结合起来, OPNET 是一种大型网络仿真软件, 它有独立天线仿真模块并且能与整个通信仿真系统完全糅合。

## 1 OPNET 概述

OPNET<sup>[1]</sup>是一个强大的面向对象的通用网络仿真环境。作为一个全面的集成开发环境, OPNET 在对网络进行描述、仿真和性能分析等显示出强大威力。

### 1.1 OPNET 的三层建模机制

OPNET 采用面向对象的建模方法来反映实际的网络和网络组件结构, 能够将实际系统直观地映射到模型中。OPNET 的建模分为进程层、节点层和网络层, 这 3 个层次功能相扣, 结构关系紧密。其中, 进程层次主要模拟单个对象的行为, 它使用有限状态机(FSM)来对协议进行详细建模; 节点层次主要模拟设备的性能, 比如交换机、路由器、天线等等; 网络层次位于最高层, 主要将设备连接成为网络, 以备仿真使用。

通过 OPNET 的三层建模机制建立起来的三层模型与实际的网络、设备、协议层次完全对应,

收稿日期: 2007-09-13

作者简介: 陈 斌(1975-), 男, 讲师。研究方向: 智能仪器与测量技术研究。

全面反映了网络的相关特性。

1.2 OPNET 天线编辑器

OPNET 提供了丰富的编辑器能够实现对网络或者协议的细节进行仿真刻画。OPNET 编辑器较多，进程编辑器、节点模型编辑器、网络编辑器、链路编辑器、包格式编辑器、调制曲线编辑器、图标库编辑器以及仿真序列编辑器等在文中不作赘述。下面主要介绍文中用到的天线编辑器。

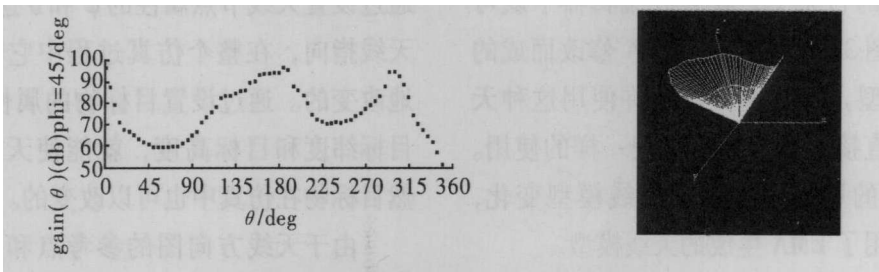


图1 天线编辑器二维函数表及其对应的三维增益图

1.3 外部模型访问模块

OPNET 是一个开放的体系结构，它提供了一个称为外部模型访问(EMA)<sup>[3]</sup>的应用程序接口，可以完成对 OPNET 的功能的补充以及将相关部分结果提供给感兴趣的外部其他程序。EMA 的主要用途是访问独立于 OPNET(即不使用 OPNET 图形编辑器提供的服务)的模型。具体来讲包括创建模型、修改模型和从模型中提取数据等，实现数据交互的功能。

2 复杂天线的 OPNET 建模

OPNET 天线方向图编辑器，采用的是三维球形坐标定义天线的增益，对于类球形增益模型较为适合，但对于稍微复杂的天线就显得力不从心了，比如有硬角、尖棱或者平坦平面的天线。外部模型接口(EMA)能解决这些问题。下面以生成矩形状天线为例说明采用 EMA 生成天线模型的一般过程<sup>[4]</sup>。

2.1 生成 EMA 模板

生成模板是应用 EMA 的第一步，任何的 OPNET 模型都可以导出成为 EMA 源文件，为了生成 EMA 模型需要的天线源文件，应该在天线模式编辑器下打开目标天线，选择“File”菜单下面的“Generate Ema Code”，将自动以文本形式打开此文件以供修改或者查看。

天线方向图编辑器(Antenna Pattern Edit)<sup>[2]</sup>用来模拟基于方向的天线增益。接收信号功率的计算要考虑多个因素，包括天线间的方向矢量和沿着这一方向矢量的每一个天线的增益。天线方向图编辑器就是对天线各个方向的增益特性进行建模，可以在其中创建、编辑或者查看天线方向图。天线方向图表是一组二维函数，这些函数以 dB 为单位建立三维天线增益。如图 1 所示。

2.2 定义天线模型转换方程

OPNET 天线模型是基于三维球形坐标系的，但是更容易表示平面、尖边和棱角的还是应该用笛卡儿坐标表示。这就要求在两种坐标系之间建立关联等式(基于 OPNET 的习惯采用左手坐标系)，两种坐标之间的关系是

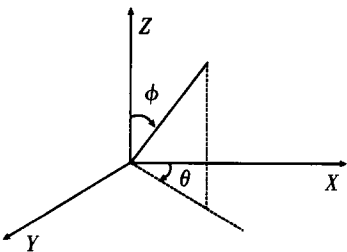


图2 笛卡尔坐标与球坐标

$\varphi$  称为俯仰角

$\theta$  称为旋转角

$$r^2 = x^2 + y^2 + z^2$$

$$x = r \cdot \sin\varphi \cdot \cos\theta$$

$$y = r \cdot \sin\varphi \cdot \sin\theta$$

$$z = r \cdot \cos\varphi$$

2.3 修改天线模板生成天线模型

修改天线模型是十分直接方便的。通过 EMA 程序入口函数 Ema\_Object\_Attribute\_Set() 实现对增益矢量(gain\_vec)的重新修改，由于是在循环中计算增益值并传回给 EMA 程序，因此采用 EMA 是十

分精确的。

一旦 EMA 模板修改完毕，运行 op\_mkema 可以生成一个新的 EMA 可执行的天线模型。生成一个 < filename > . em. x 可执行文件（由源文件 < filename > . em. c 生成）。当可执行文件生成后，天线模型就生成了。

2.4 查看天线方向图和使用此天线模型

只要将这个可执行文件放在当前目录下或者 OPNET 能访问到的目录下，在天线编辑器下就可以直接查看了。图 3 显示的是用 EMA 修改而成的矩形状的天线模型。节点编辑器允许使用这种天线模型，与普通直接生成的天线模型一样的使用。模块有一个专门的属性用来表示天线模型变化，它的改变表示采用了 EMA 生成的天线模型。

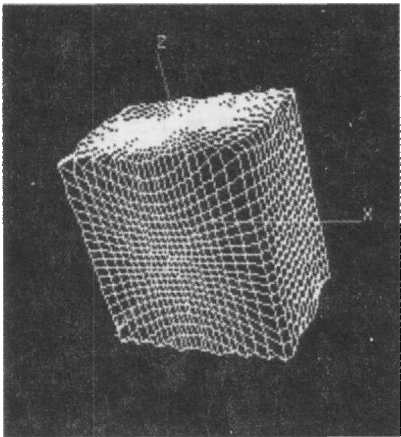


图 3 由 EMA 生成的矩形状天线方向图

3 OPNET 中的天线跟踪技术

在固定通信中，实体静止，有向天线可以指向一个方向从而使增益达到最大化。但对于移动通

信来说，必须实时改变有向天线的指向才能使增益达到最大化。

3.1 动态指向的天线模型

OPNE 提供给用户两种方式来建立天线方向图<sup>[5]</sup>，一种通过天线编辑器，采用的是三维球形坐标系定义天线增益模型；另一种是通过 EMA 接口模式生成或者修改天线模型。

任选天线上的一点作为参考点来点化天线，通过设置天线节点属性的  $\varphi$  和  $\theta$  这两个参数来描述天线指向，在整个仿真过程中它们都是可以动态地改变的。通过设置目标物的属性包括目标经度、目标纬度和目标高度，就能使天线锁定目标，当然目标物在仿真中也可以改变的。

由于天线方向图的参考点和指向在仿真中均是作为模型的属性，在仿真过程中是可以动态改变的。这种情况主要用在天线跟踪一个移动目标，或者旋转捆绑在移动节点上的天线。这些属性值可以通过 op\_ima\_obj\_pos\_get() 获得。也可以通过 op\_ima\_obj\_attr\_set() 进行动态地改变其值，比如目标物经纬度或者参考指向等。

3.2 仿真实例及结果分析

在如图 5 所示的场景中，有一个带有瘦锥形天线的基站（信源）和一个能沿着固定轨迹飞行的小飞机及其固定其上的移动接收机，对每次传输而言，随着飞机位置的改变，链路以及天线增益均实时变化。为了简化跟踪过程，可将天线跟踪能力转化为一个属性（仿真属性），所以用户可以将其打开仿真强行跟踪目标或者关闭相当于仿真一个静止天线，如图 4 所示。

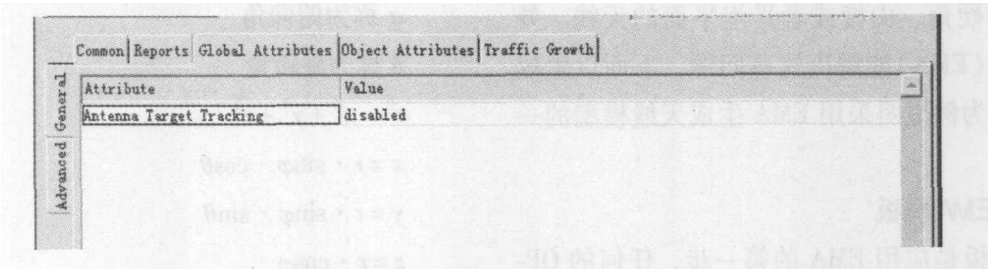


图 4 仿真属性 Antenna Target Tracking 关闭

在下面工程例子中，基站作为信源带有一个可旋转的瘦锥形天线，小飞机上有接收机在固定轨迹上面飞行。通过这样一个简单链路仿真天线跟踪给天线增益带来的影响。

定义路径轨迹时间长度 41 min，因此飞机将在 41 min 的时候停止移动，而仿真时间长度是 120 min，从结果图 6 可以看出 41 min 以后结果不再变化，但是打开跟踪的天线增益值仍会比关闭

时的大,从中可以看出天线锁定带来的影响。在仿真中,参考点和指向都可以方便地改变,因此在天线漫游或者跟踪物体时应该采用这种方法。

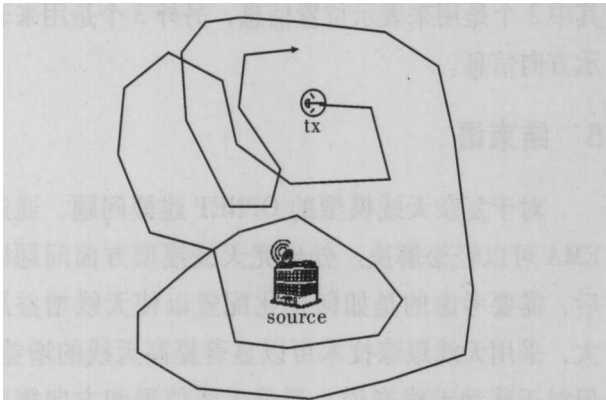


图5 天线跟踪实例图

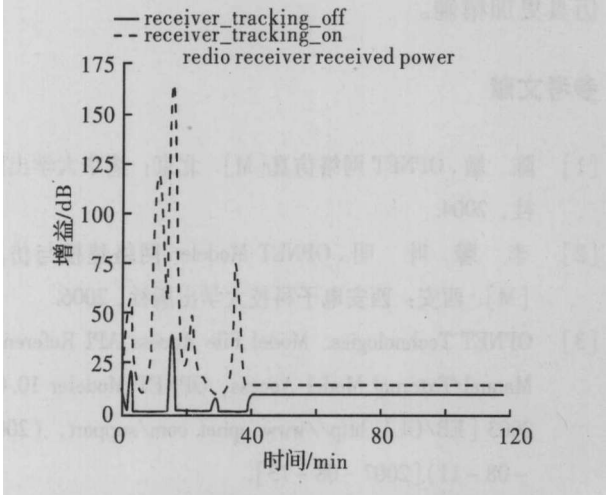


图6 天线有无采用跟踪技术时的增益对比

4 移动天线的增强型建模仿真

固定在移动物体上的天线会产生复杂的天线运动,建模描述将会变得困难。移动物体一般用经度、纬度和高度3变量描述轨迹。考虑到天线方向,需要用另外3个变量描述方向变化,下面的天线增强型模型和传输阶段状态就是以更加详细的方式描述天线的位置和方向信息。

4.1 移动天线的增强型配置

天线增强型配置有两种工作模式,分别是捆绑固定模式和锁定目标模式。捆绑固定模式是指天线捆绑在移动物体上并且跟随该物体移动;锁定目标模式是指天线不断调整指向以便能够一直跟踪一个特定移动目标。当这两种模式都被禁止时,用户设置的天线配置参数无效,天线仍采用默认配置。

这里所指的移动天线包括能旋转的天线和捆绑在移动物体上的天线。对它的刻画,相对于以前仅用三维变量描述移动物体,现在需要增加三维变量即方位、俯仰角和旋转角来刻画天线的方向。默认天线配置提供的是缺省的随时间变化的三维方向,但增强型的两种模式均允许设置并随时更改这些参数。

4.2 移动天线传输阶段增强型模型

天线配置完以后,必须修改传输天线和接收天线的传输阶段模型,才能真正地使用它。这些传输阶段模型已经写好存放在模块目录下,随时可以作为文件下载。传输阶段模型在每次传输过程中根据传输者和接收者的位置和方向信息不断计算天线增益。

天线模型本质上是一个关于俯仰角  $\phi$  和  $\theta$  旋转角的增益查找表,因此如何方便快捷地计算  $\phi$  和  $\theta$  很重要。这两个参数不仅能够决定传输者或接收者的方向和位置信息,而且连同绑定在其中任意一个或者两个物体上面的天线位置和方向信息也可以确定。为了充分利用这些天线模型的增强型设置,天线的指向方向必须与  $z$  轴的正方向天线模式一致,这是由于 OPNET 天线模式采用的是球形坐标系,并且把  $z$  轴的正方向作为对称中心。

首先给出一些矢量和角度的定义,如图7所示。

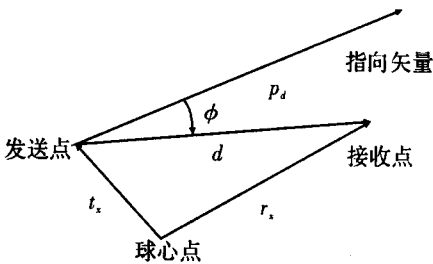


图7 传输模型矢量图示

- $t_s$  为传输矢量
- $-t_s$  为  $t_s$  的反方向
- $r_s$  为接收矢量
- $d$  为由发送点到接收点的传输矢量
- $p_d$  为方向矢量
- $n_d$  为包含  $p_d$  和  $d$  平面的法线
- $n\_neg\_t_s$  为包含  $p_d$  和  $-t_s$  平面的法线

$\phi$  为  $p_d$  和  $d$  之间的角度  
 $\theta$  为  $n_d$  和  $n_{neg\_t_x}$  两法线之间的夹角

$\phi$  的计算较为直接方便，仅仅是两个矢量之间的夹角。但  $\theta$  的计算不太方便，拟采用图 8 所示的投影角来计算。假设从天线指向  $p_d$  的前面向里看，以  $-t_x$  作为参考方向， $\theta$  就是一个从  $-t_x$  转起逆时针方向角。应注意到图 8 所示的  $-t_x$  和  $d$  是从这个角度上看到的投影角，与三维坐标平面里  $-t_x$  和  $d$  并不相同，但  $\theta$  作为两面夹角相等。这是因为  $\theta$  的真实角度就是法线  $n_d$  和法线  $n_{neg\_t_x}$  之间的夹角，从图 9 中可以看出， $n_d$  与  $d$  及  $-d$  都垂直， $n_{neg\_t_x}$  与  $-t_x$  及  $t_x$  都垂直，因此这个投影角与真实角度相等。

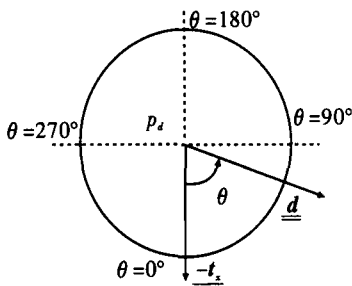


图 8 从  $p_d$  向里看到的  $\theta$

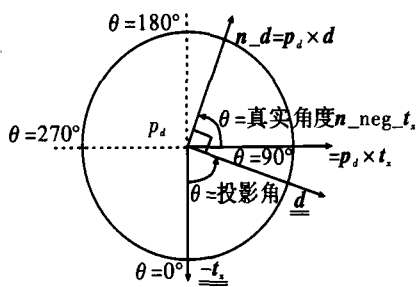


图 9 的计算需要用到法线  $n_d$  和  $n_{neg\_t_x}$

由于天线在移动物体上面，这将导致复杂的天

线运动。这里描述的移动天线增强型模型能够允许用户更加详细地设置天线的位置和方向信息。相对以前，现在允许用户六维空间变量来描述，其中 3 个是用来表示位置信息，另外 3 个是用来表示方向信息。

5 结束语

对于复杂天线模型的 OPNET 建模问题，通过 EMA 可以轻松解决。处理完天线模型方面问题以后，需要考虑的是如何优化配置以使天线增益最大，采用天线跟踪技术可以显著提高天线的增益，但对于移动天线来说，刻画天线位置和方向需要更多的参数，这就需要天线的增强型配置，以使仿真更加精确。

参考文献

[1] 陈 敏. OPNET 网络仿真[M]. 北京: 清华大学出版社, 2004.  
[2] 李 馨, 叶 明. OPNET Modeler 网络建模与仿真[M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2006.  
[3] OPNET Technologies. Model File Access API Reference Manual/External Model Access, OPNET Modeler 10.0. 2003 [EB/OL]. <http://www.opnet.com/support>, (2007 - 08 - 11)[2007 - 08 - 13].  
[4] OPNET Technologies. Wireless Module User Guide0/Antenna Pattern Editor, OPNET Modeler 10.0. 2003 [EB/OL]. <http://www.opnet.com/support>, (2007 - 07 - 20)[2007 - 08 - 10].  
[5] OPNET Technologies. OPNET WORK2003, 15 系列 Discrete Event Simulation for R&D, 2003 [Z/OL]. <http://www.opnet.com/support>, (2007 - 07 - 20)[2007 - 08 - 29].

欢迎订阅《电子科技》杂志

联系电话：029 - 88202440      Http: //www. dianzikeji. com

Email: dzkj@ mail. xidian. edu. cn