



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112487653 B

(45) 授权公告日 2023.03.17

(21) 申请号 202011429192.X

G06F 111/08 (2020.01)

(22) 申请日 2020.12.09

G06F 111/10 (2020.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 112487653 A

(56) 对比文件

CN 108718224 A, 2018.10.30

CN 105721363 A, 2016.06.29

JP 2003188786 A, 2003.07.04

CN 103297989 A, 2013.09.11

(43) 申请公布日 2021.03.12

(73) 专利权人 同济大学  
地址 200092 上海市杨浦区四平路1239号  
专利权人 上海市无线电监测站

Yiming Liu 等.《Reconfigurable Intelligent Surface Aided Wireless Localization》.《arXiv:2009.07459v1》.2020,

(72) 发明人 薛冰岩 尹学锋 徐弘良 段嘉伟  
刘亚秋

审查员 滕冲

(74) 专利代理机构 上海科盛知识产权代理有限公司 31225

专利代理师 赵继明

(51) Int. Cl.

G06F 30/20 (2020.01)

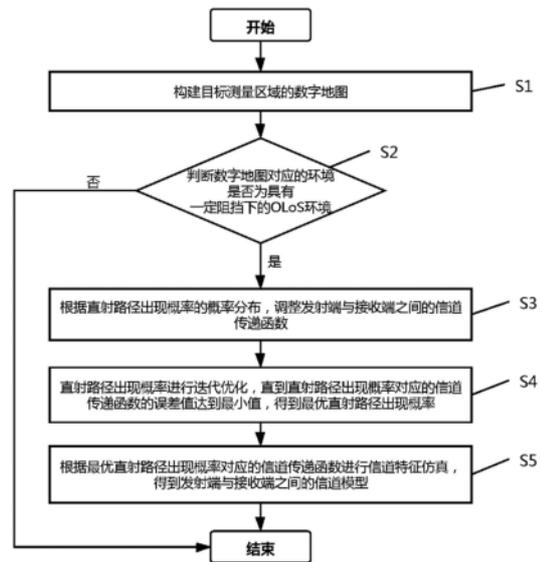
权利要求书2页 说明书4页 附图3页

(54) 发明名称

一种基于直射路径出现概率的传播图论的信道仿真方法

(57) 摘要

本发明涉及一种基于直射路径出现概率的传播图论的信道仿真方法,具体包括以下步骤:S1、构建目标测量区域的数字地图;S2、判断数字地图对应的环境是否为具有预设比例阻挡下的OLOS环境,若是则转至步骤S3,否则结束;S3、根据直射路径出现概率的概率分布,调整发射端与接收端之间的信道传递函数;S4、直射路径出现概率进行迭代优化,直到直射路径出现概率对应的信道传递函数的误差值达到最小值,得到最优直射路径出现概率;S5、根据最优直射路径出现概率对应的信道传递函数进行信道特征仿真,得到发射端与接收端之间的信道模型。与现有技术相比,本发明具有有效模拟存在视距传播路径的环境、提高传播图论信道仿真的准确度等优点。



1. 一种基于直射路径出现概率的传播图论的信道仿真方法,其特征在于,具体包括以下步骤:

S1、构建目标测量区域的数字地图;

S2、判断所述数字地图对应的环境是否为具有预设比例阻挡下的0LoS环境,若是则转至步骤S3,否则结束;

S3、根据直射路径出现概率的概率分布,调整发射端与接收端之间的信道传递函数;

S4、所述直射路径出现概率进行迭代优化,直到直射路径出现概率对应的信道传递函数的误差值达到最小值,得到最优直射路径出现概率;

S5、根据所述最优直射路径出现概率对应的信道传递函数进行信道特征仿真,得到发射端与接收端之间的信道模型;

所述步骤S4中直射路径出现概率进行迭代优化具体为:

S401、所述直射路径出现概率由100%开始按照预设的第一比例依次下调,并计算每次下调后直射路径出现概率对应的信道特征量计算值与实际值之间的误差;

S402、记录信道特征量计算值与实际值之间的误差最小时对应的直射路径出现概率,所述直射路径出现概率分别加减第一比例,将加减后的直射路径出现概率作为上下限获得优化区间;

S403、所述直射路径出现概率由优化区间的上限按照预设的第二比例依次下调,并计算每次下调后直射路径出现概率对应的信道特征量计算值与实际值之间的误差,将误差最小时对应的直射路径出现概率作为最优直射路径出现概率。

2. 根据权利要求1所述的一种基于直射路径出现概率的传播图论的信道仿真方法,其特征在于,视距传播路径包括传播路径受到阻挡后的直射路径。

3. 根据权利要求2所述的一种基于直射路径出现概率的传播图论的信道仿真方法,其特征在于,所述视距传播路径还包括发射端和接收端之间存在多个分布散乱的散射体的环境下的直射路径。

4. 根据权利要求1所述的一种基于直射路径出现概率的传播图论的信道仿真方法,其特征在于,所述发射端与接收端之间调整后的信道传递函数如下所示:

$$H(f) = PD(f) + R(f) (I - B(f))^{-1} T(f)$$

其中, $D(f)$ 为发射端到接收端的直射路径的信道传递函数, $R(f)$ 代表离散化的散射体到接收端信道传递函数, $T(f)$ 代表发射端到离散化的散射体的信道传递函数, $B(f)$ 代表离散化的散射体之间的信道传递函数, $P$ 为直射路径出现概率的概率分布。

5. 根据权利要求4所述的一种基于直射路径出现概率的传播图论的信道仿真方法,其特征在于,所述直射路径出现概率的概率分布具体如下所示:

$$P = \begin{cases} 1, & p \\ 0, & 1 - p \end{cases}$$

其中, $p$ 为直射路径出现概率。

6. 根据权利要求1所述的一种基于直射路径出现概率的传播图论的信道仿真方法,其特征在于,所述误差具体为均方根误差。

7. 根据权利要求1所述的一种基于直射路径出现概率的传播图论的信道仿真方法,其特征在于,所述第一比例的取值范围为5%-20%。

8. 根据权利要求7所述的一种基于直射路径出现概率的传播图论的信道仿真方法, 其特征在于, 所述第二比例的取值范围为1%-5%。

9. 根据权利要求8所述的一种基于直射路径出现概率的传播图论的信道仿真方法, 其特征在于, 所述第一比例优选为10%, 所述第二比例优选为1%。

## 一种基于直射路径出现概率的传播图论的信道仿真方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及无线通信技术领域,尤其是涉及一种基于直射路径出现概率的传播图论的信道仿真方法。

### 背景技术

[0002] 在无线电波的传播环境中,当发射端和接收端的直射路径受到阻挡,或发射端和接收端处于数量众多且分布散乱的散射体之中,可能会削弱发射端与接收端之间信号的强度,或者使部分信号相位发生偏转,致使其到达接收端的时间略微晚于直射路径,与直射路径有一定的相位差,导致功率降低或完全抵消,从而不能明显观察到信道中的直射路径,表现为具有一定阻挡下的视距传播路径(Obstructed Line-of-Sight, OLoS)。常见的无线信道建模方法,比如射线追踪法、Hata模型、ITU模型等并未考虑OLoS,而且现阶段的传播图论方法也无法实现OLoS的仿真。

### 发明内容

[0003] 本发明的目的就是为了克服上述现有技术存在的缺陷而提供一种基于直射路径出现概率的传播图论的信道仿真方法,通过调整直射路径的出现概率,模拟存在视距传播路径OLoS的环境下的信道特征。

[0004] 本发明的目的可以通过以下技术方案来实现:

[0005] 一种基于直射路径出现概率的传播图论的信道仿真方法,具体包括以下步骤:

[0006] S1、构建目标测量区域的数字地图;

[0007] S2、判断所述数字地图对应的环境是否为具有预设比例阻挡下的OLoS环境,若是则转至步骤S3,否则结束;

[0008] S3、根据直射路径出现概率的概率分布,调整发射端与接收端之间的信道传递函数;

[0009] S4、所述直射路径出现概率进行迭代优化,直到直射路径出现概率对应的信道传递函数的误差值达到最小值,得到最优直射路径出现概率;

[0010] S5、根据所述最优直射路径出现概率对应的信道传递函数进行信道特征仿真,得到发射端与接收端之间的信道模型。

[0011] 所述视距传播路径包括传播路径受到阻挡后的直射路径。

[0012] 进一步地,所述视距传播路径还包括发射端和接收端之间存在多个分布散乱的散射体的环境下的直射路径。

[0013] 所述发射端与接收端之间调整后的信道传递函数如下所示:

[0014] 
$$H(f) = PD(f) + R(f) (I - B(f))^{-1} T(f)$$

[0015] 其中,  $D(f)$  为发射端到接收端的直射路径的信道传递函数,  $R(f)$  代表离散化的散射体到接收端信道传递函数,  $T(f)$  代表发射端到离散化的散射体的信道传递函数,  $B(f)$  代表离散化的散射体之间的信道传递函数,  $P$  为直射路径出现概率的概率分布。

[0016] 进一步地,所述直射路径出现概率的概率分布具体如下所示:

$$P = \begin{cases} 1, & p \\ 0, & 1 - p \end{cases}$$

[0018] 其中,p为直射路径出现概率。

[0019] 所述步骤S4中直射路径出现概率进行迭代优化具体为:

[0020] S401、所述直射路径出现概率由100%开始按照预设的第一比例依次下调,并计算每次下调后直射路径出现概率对应的信道特征量计算值与实际值之间的误差;

[0021] S402、记录信道特征量计算值与实际值之间的误差最小时对应的直射路径出现概率,所述直射路径出现概率分别加减第一比例,将加减后的直射路径出现概率作为上下限获得优化区间;

[0022] S403、所述直射路径出现概率由优化区间的上限按照预设的第二比例依次下调,并计算每次下调后直射路径出现概率对应的信道特征量计算值与实际值之间的误差,将误差最小时对应的直射路径出现概率作为最优直射路径出现概率。

[0023] 进一步地,所述误差具体为均方根误差。

[0024] 进一步地,所述第一比例的取值范围为5%-20%。

[0025] 进一步地,所述第二比例的取值范围为1%-5%。

[0026] 进一步地,所述第一比例优选为10%,所述第二比例优选为1%。

[0027] 所述步骤S5中采用传播图论的方法对信道特征进行仿真。

[0028] 所述步骤S3中采用传播图论的方法调整发射端与接收端之间的信道传递函数,根据直射路径出现概率的概率分布来计算每一个直射路径是否存在于传播信道中。

[0029] 与现有技术相比,本发明具有以下有益效果:

[0030] 本发明在原有传播图论信道仿真基础上增加了直射路径出现概率,通过直射路径出现概率的概率分布来调整发射端与接收端之间的信道传递函数,并对直射路径出现概率进行优化,使最终的信道模型能够有效模拟存在视距传播路径0LoS的环境,提高了基于传播图论的信道仿真的准确度。

## 附图说明

[0031] 图1为本发明的结构示意图;

[0032] 图2为本发明实施例一中仿真环境的示意图;

[0033] 图3为本发明实施例一中信道传播路径的示意图;

[0034] 图4为本发明实施例一中改进后的传播图论模型仿真值与测量值的对比图;

[0035] 图5为本发明实施例一中改进后的传播图论模型仿真值均值与测量值均值的对比图。

## 具体实施方式

[0036] 下面结合附图和具体实施例对本发明进行详细说明。本实施例以本发明技术方案为前提进行实施,给出了详细的实施方式和具体的操作过程,但本发明的保护范围不限于下述的实施例。

[0037] 实施例一

[0038] 如图1所示,一种基于直射路径出现概率的传播图论的信道仿真方法,具体包括以下步骤:

[0039] S1、构建目标测量区域的数字地图;

[0040] S2、判断数字地图对应的环境是否为具有预设比例阻挡下的0LoS环境,若是则转至步骤S3,否则结束;

[0041] S3、根据直射路径出现概率的概率分布,调整发射端与接收端之间的信道传递函数;

[0042] S4、直射路径出现概率进行迭代优化,直到直射路径出现概率对应的信道传递函数的误差值达到最小值,得到最优直射路径出现概率;

[0043] S5、根据最优直射路径出现概率对应的信道传递函数进行信道特征仿真,得到发射端与接收端之间的信道模型。

[0044] 本实施例中,步骤S1中的数字地图如图2所示,以某建筑为中心,大小为2km×2km的区域,图中圆点表示建筑物离散化得到的散射点,星号点表示发射端,即车载发射天线在运动轨迹中提取的样本点,五角星表示位于中心建筑物顶端的接收端。

[0045] 视距传播路径包括传播路径受到阻挡后的直射路径。

[0046] 视距传播路径还包括发射端和接收端之间存在多个分布散乱的散射体的环境下的直射路径。

[0047] 发射端与接收端之间调整后的信道传递函数如下所示:

$$[0048] \quad H(f) = PD(f) + R(f) (I - B(f))^{-1} T(f)$$

[0049] 其中,D(f)为发射端到接收端的直射路径的信道传递函数,R(f)代表离散化的散射体到接收端信道传递函数,T(f)代表发射端到离散化的散射体的信道传递函数,B(f)代表离散化的散射体之间的信道传递函数,P为直射路径出现概率的概率分布。

[0050] 直射路径出现概率的概率分布具体如下所示:

$$[0051] \quad P = \begin{cases} 1, & p \\ 0, & 1 - p \end{cases}$$

[0052] 其中,p为直射路径出现概率。

[0053] 步骤S4中直射路径出现概率进行迭代优化具体为:

[0054] S401、直射路径出现概率由100%开始按照预设的第一比例依次下调,并计算每次下调后直射路径出现概率对应的信道特征量计算值与实际值之间的误差;

[0055] S402、记录信道特征量计算值与实际值之间的误差最小时对应的直射路径出现概率,直射路径出现概率分别加减第一比例,将加减后的直射路径出现概率作为上下限获得优化区间;

[0056] S403、直射路径出现概率由优化区间的上限按照预设的第二比例依次下调,并计算每次下调后直射路径出现概率对应的信道特征量计算值与实际值之间的误差,将误差最小时对应的直射路径出现概率作为最优直射路径出现概率。

[0057] 误差具体为均方根误差。

[0058] 第一比例的取值范围为5%-20%。

[0059] 第二比例的取值范围为1%-5%。

[0060] 第一比例优选为10%,第二比例优选为1%。

[0061] 步骤S5中采用传播图论的方法对信道特征进行仿真,本实施例中,仿真的是接收功率。如图3所示为所选取的环境中信道传播的示意图,其中直线代表环境中部分传播路径,圆点代表该环境中散射体离散化的散射点,图3为只考虑其中一个接收端时环境中信道的传播路径。

[0062] 步骤S3中采用传播图论的方法调整发射端与接收端之间的信道传递函数,根据直射路径出现概率的概率分布来计算每一个直射路径是否存在于传播信道中。

[0063] 如图4所示为,在图3的传播环境下,以396.5MHz为中心频点,带宽为8MHz,改进后的传播图论模型仿真数据与实测数据的对比图,发射功率为30dBm,发射和接收天线增益都为0;图4中,横轴代表收发端之间的对数距离,纵轴代表接收功率,圆点代表实测数据样本,即接收功率,星点代表传播图论模型在实测相应的地点上仿真得到的信道数据样本。图4的结果显示优化后的传播图论模型仿真的数据散点与实测数据点基本重合,其随着距离变化的趋势大致相同;从逐点对比的角度看,得到传播图论模型仿真数据与实测数据的RMSEE为8.5801dB。

[0064] 如图5所示为对传播信道路径损耗采用一定宽带的距离窗口进行滑动平均,获得的传播图论模型仿真数据的大尺度路径损耗变化趋势,与实测数据得到的变化趋势对比图。图5的结果显示,仿真值和测量值之间的距离非常接近,通过实际计算得到,本发明中改进后的传播图论模型仿真的接收功率与实测数据之间的RMSEE为1.3800dB。

[0065] 此外,需要说明的是,本说明书中所描述的具体实施例子,所取名称可以不同,本说明书中所描述的以上内容仅仅是对本发明结构所做的举例说明。凡依据本发明构思的构造、特征及原理所做的等效变化或者简单变化,均包括于本发明的保护范围内。本发明所属技术领域的技术人员可以对所描述的具体实例做各种各样的修改或补充或采用类似的方法,只要不偏离本发明的结构或者超越本权利要求书所定义的范围,均应属于本发明的保护范围。

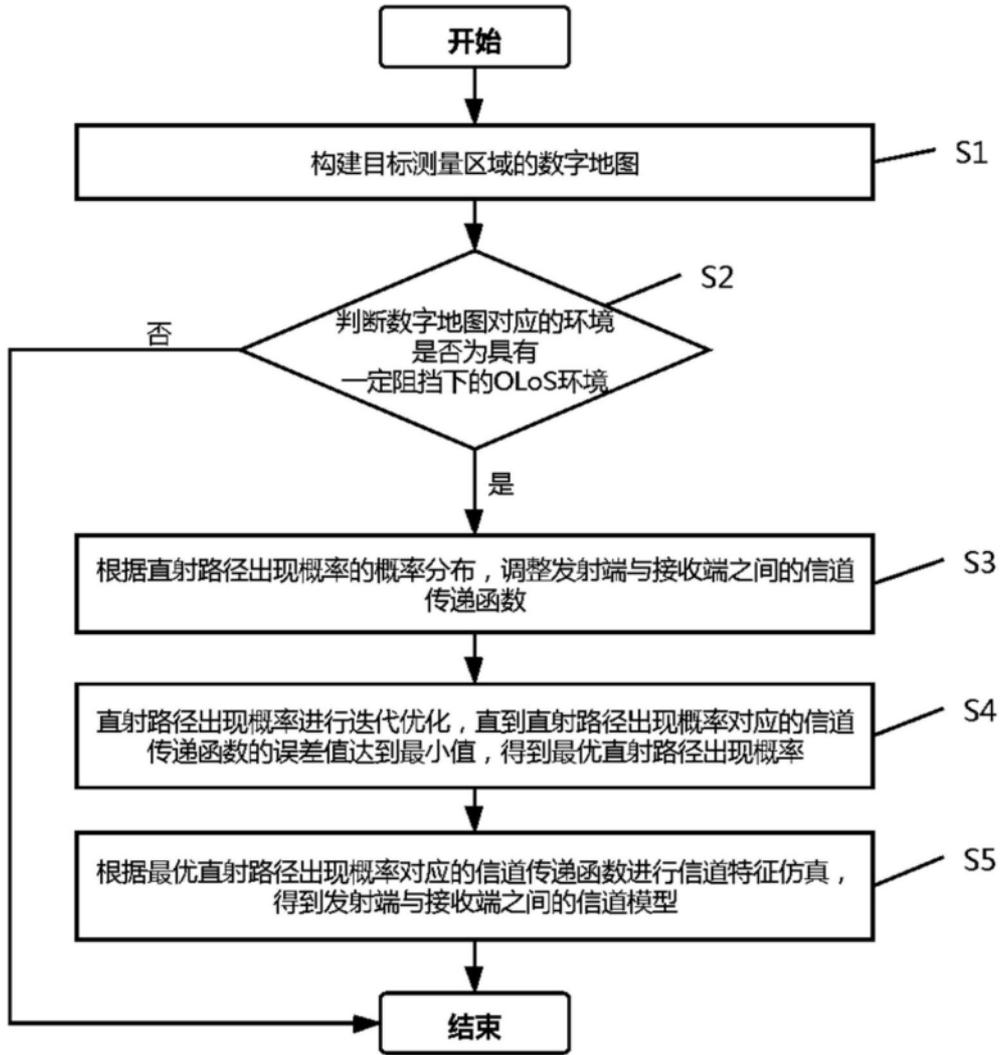


图1

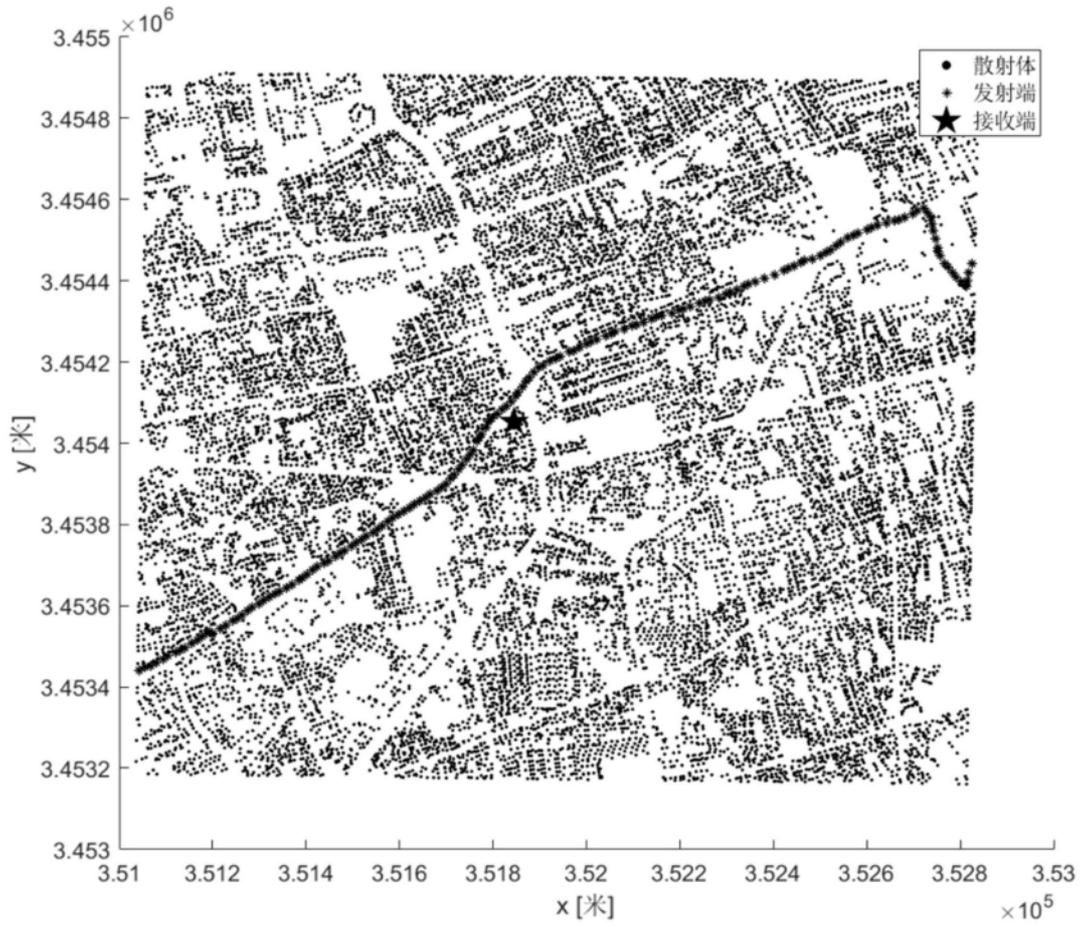


图2

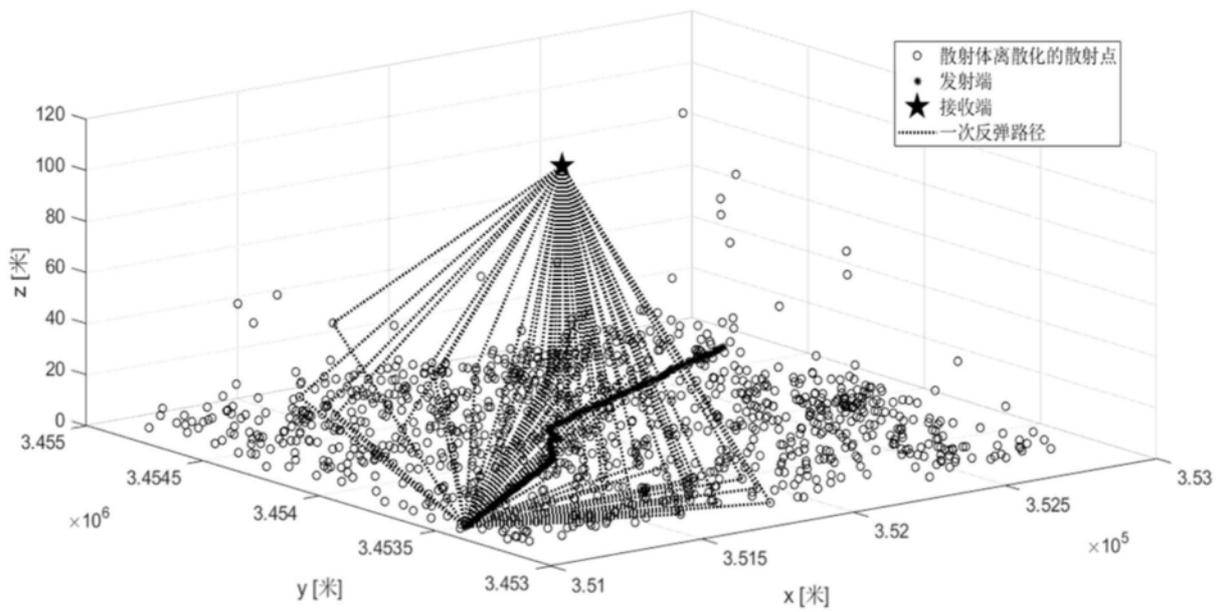


图3

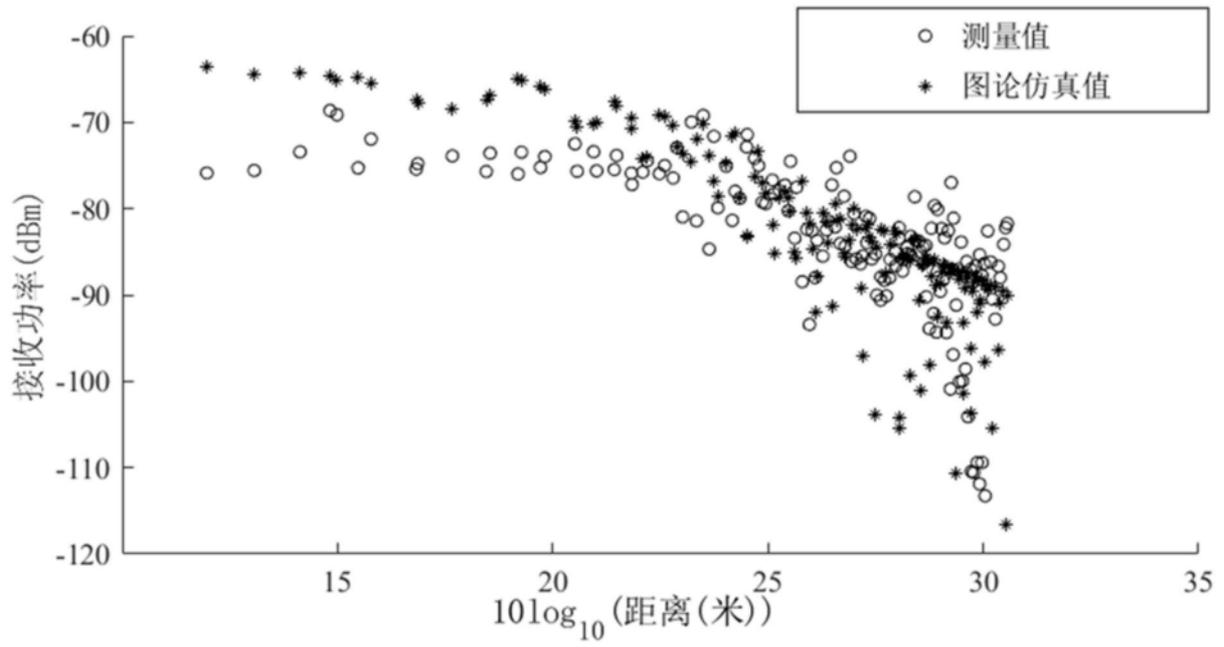


图4

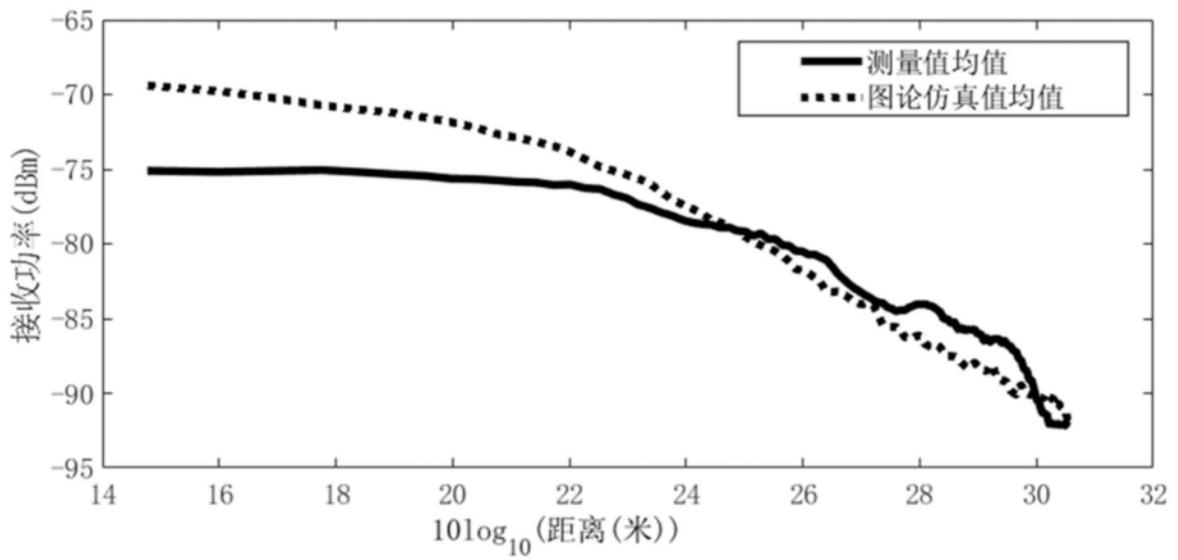


图5