



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 115085777 B

(45) 授权公告日 2024.08.06

(21) 申请号 202110280203.0

H04B 17/391 (2015.01)

(22) 申请日 2021.03.16

H04W 24/06 (2009.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

H04W 24/08 (2009.01)

申请公布号 CN 115085777 A

H04W 92/10 (2009.01)

(43) 申请公布日 2022.09.20

(56) 对比文件

(73) 专利权人 中国信息通信研究院

CN 106209284 A, 2016.12.07

地址 100191 北京市海淀区花园北路52号

CN 106230531 A, 2016.12.14

(72) 发明人 王志勤 郭宇航 乔尚兵 王飞龙

杨晓航 李雷 张翔 徐菲

魏贵明

审查员 王莹莹

(74) 专利代理机构 北京国昊天诚知识产权代理

有限公司 11315

专利代理师 南霆

(51) Int. Cl.

H04B 7/0413 (2017.01)

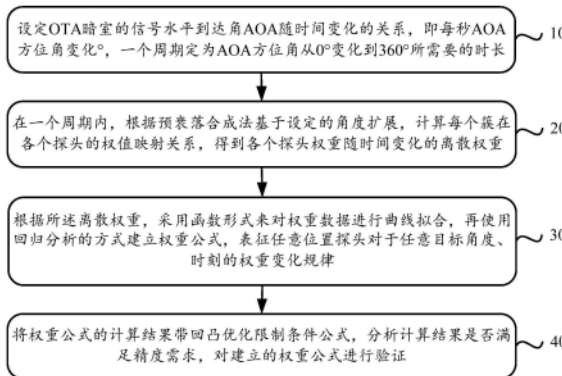
权利要求书1页 说明书7页 附图5页

(54) 发明名称

一种基于探头权重拟合的OTA动态信道实现方法

(57) 摘要

本申请公开了一种基于探头权重拟合的OTA动态信道实现方法,包含以下步骤:为构建MIMO OTA动态信道模型,首先设定OTA暗室的信号水平到达角AOA随时间变化的关系,即每秒AOA方位角变化 n° ;在一个周期内,根据预衰落合成法基于设定的角度扩展,计算每个簇在各个探头的权值映射关系,得到各个探头权重随时间变化的离散权重;根据所述离散权重,采用函数形式来对权重数据进行曲线拟合,再使用回归分析的方式建立权重公式,表征任意位置探头对于任意目标角度、时刻的权重变化规律,在不增加硬件成本的前提下,解决构建动态信道测试难度大、计算效率低的问题。



1. 一种基于探头权重拟合的OTA动态信道实现方法,其特征在于,包含以下步骤:

为构建MIMO OTA动态信道模型,首先设定OTA暗室的信号水平到达角AOA随时间变化的关系,即每秒AOA方位角变化 n° ,一个周期定为AOA方位角从 0° 变化到 360° 所需要的时长;

在一个周期内,根据预衰落合成法将一个周期内AOA的入射角度依次代入凸优化计算 $\min_{\omega} \|\rho_{\text{OTA}} - \rho_{\text{Target}}\|_2^2$,求得不同目标角度在各个探头的权值映射关系,得到各个探头权重随时间变化的离散权重;其中: ρ_{OTA} 表示OTA暗室中离散天线探头形成的空间相关性;通过为OTA暗室中各个探头赋予特定的功率权重值来形成单个簇的离散角度功率谱PAS,空间相关性作为对信道的空间特性建模的评价因子,它与PAS成傅里叶变换对;假设终端天线是理想的点源天线, ρ_{Target} 为目标信道的空间相关性; ω 为所求解的探头权重;

根据所述离散权重,采用函数形式来对权重数据进行曲线拟合,再使用回归分析的方式建立权重公式,表征任意位置探头对于任意目标角度、时刻的权重变化规律。

2. 如权利要求1所述方法,其特征在于,还包含以下步骤:

将权重公式的计算结果带回凸优化限制条件公式,分析计算结果是否满足精度需求,对建立的权重公式进行验证。

3. 如权利要求1所述方法,其特征在于,

OTA暗室等间隔布局十六对双极化探头,按照位置交错分为两组,奇数探头组用于下行链路。

4. 如权利要求1所述方法,其特征在于,

OTA系统拓展为3D球面探头环结构,除去在水平维度的探头环之外,在该环直径形成的3D球面上,按照相等的仰角在上下方分别摆放一个探头环,每个环上等角度间隔的均匀摆放探头。

5. 如权利要求4所述方法,其特征在于,上中下三个环分别放置8对、16对、8对双极化天线。

6. 如权利要求1所述方法,其特征在于,

为反映权重 ω 随时间 t 变化,所述权重公式为:

$$\omega(t) = a \times e^{-\left\{ \frac{\left\{ \left[\left\{ t + \left(\frac{3}{2}T - \frac{\theta_k}{n} \right) \right] \right\} T \right\} - \frac{180}{n}}{\frac{b}{n}} \right\}^2}$$

其中, T 表示一个周期时长, θ_k 表示第 k 个探头的位置, n 表示1s伴随着AOA变化 n° ," $\{$ "表示取余运算, a 和 b 的具体数值经过权重拟合得出。

7. 如权利要求6所述方法,其特征在于,针对特定的参数 T 、 θ_k 、 n 进行赋值可求出第 k 个目标探头上的拟合权重 ω 随时间 t 的动态变化过程。

8. 如权利要求1~7任意一项所述方法,其特征在于,以1个探头的拟合曲线为基准,其余探头处的拟合曲线由基准曲线根据来波方向角度循环移位得到。

9. 如权利要求1~7任意一项所述方法,其特征在于,每秒到达角AOA变化 1° 。

10. 如权利要求1~7任意一项所述方法,其特征在于,使用3GPP TR 38.901的CDL-B或者CDL-C模型进行信道建模。

一种基于探头权重拟合的OTA动态信道实现方法

技术领域

[0001] 本申请涉及无线通信技术领域,特别涉及一种基于探头功率权重拟合的OTA动态信道实现方法。

背景技术

[0002] 对于多进多出(Multiple-In Multiple-Out,MIMO)终端性能测试,无论是研发阶段,还是认证阶段,都强烈地依赖信道模型。传统无线终端一般利用空口测试(Over-The-Air,OTA)进行最终性能评估。OTA是利用电波暗室建立一个无反射的自由空间,以评估该无线终端的射频及天线的整体性能。

[0003] 多电波暗室(Multi Probe Anechoic Chamber,MPAC,)是目前国际主流的MIMO OTA测试方法,其标准已为CTIA、ITU、3GPP多个权威国际组织所采用。在多探头法中,通过在暗室中布设多个探头,在被测终端周围产生符合特定信道模型所要求的、具有一定时延、多普勒以及功率分布的测试环境,从而最终测试得到待测设备在特定信道环境下的性能。

[0004] 以往构建的OTA基于几何统计的(Geometry-based Stochastic Channel Model,GSCM)信道模型,往往是静态的,其时延与角度信息不随时间而改变,如3GPP TR38.901、3GPP TR38.827所提出的基于簇延迟线(Clustered Delay Line,CDL)的信道模型及其各种变体。此类信道的OTA建模方案相对简单,对于PFS凸优化算法的调用也相对有限。

[0005] 应该注意到,随着5G通信理论与信道建模技术的完善,对于CDL角度参数时变的动态信道模型的OTA建模变得必要而迫切。目前是德科技针对此类模型的传导测试,提出了基于波束索引而进行天线方向图的时变调整,从而开展动态信道建模的方案,并没有拓展到OTA的相关测试领域。从探头算法角度出发,进行OTA动态信道的设计实现,相关专利还处于空白状态。

[0006] 构建动态信道测试解决方案,可以从硬件设计与算法实现两个层面入手,硬件上一种方案是使用程式化的转台,在OTA布局与信道文件固定的情况下,根据目标信道的角度变化进行转台(终端)的旋转,以模拟信道的角度变化;另一种方案是采用非固定的探头布局,根据测试信道的需要进行角度的调整。这两种方案均需要硬件与信道特性的同步,在针对角度随时间非均匀变化的情况时,实现难度非常大。

[0007] 算法实现方面,对于此类模型,采用PFS算法求解探头权重需要反复进行凸优化计算,由此带来的时间复杂度会急剧升高;若探头角度调整或簇的方向周期性往复、复杂度更会呈指数型增长。因而需要找到一种合适的方式来提升计算效率,保证建模准确度。

发明内容

[0008] 本申请实施例提供一种基于探头功率权重拟合的OTA动态信道实现方法,在不增加硬件成本的前提下,解决构建动态信道测试难度大、计算效率低的问题。

[0009] 本申请实施例提供的一种基于探头权重拟合的OTA动态信道实现方法,采用的技术方案,包含以下步骤:

[0010] 为构建MIMO OTA动态信道模型,首先设定OTA暗室的信号水平到达角AOA随时间变化的关系,即每秒AOA方位角变化 n° ,一个周期定为AOA方位角从 0° 变化到 360° 所需要的时长;

[0011] 在一个周期内,根据预衰落合成法基于设定的角度扩展,计算每个簇在各个探头的权值映射关系,得到各个探头权重随时间变化的离散权重;

[0012] 根据所述离散权重,采用函数形式来对权重数据进行曲线拟合,再使用回归分析的方式建立权重公式,表征任意位置探头对于任意目标角度、时刻的权重变化规律。

[0013] 进一步地,还包含以下步骤:

[0014] 将权重公式的计算结果带回凸优化限制条件公式,分析计算结果是否满足精度需求,对建立的权重公式进行验证。

[0015] 优选地,OTA暗室等间隔布局十六对双极化探头,按照位置交错分为两组,奇数探头组用于下行链路。

[0016] 优选地,OTA系统拓展为3D球面探头环结构,除去在水平维度的探头环之外,在该环直径形成的3D球面上,按照相等的仰角在上下方分别摆放一个探头环,每个环上等角度间隔的均匀摆放探头。

[0017] 进一步地,上中下三个环分别放置8对、16对、8对双极化天线。

[0018] 优选地,为反映权重 ω 随时间 t 变化,所述权重公式为:

$$[0019] \quad \omega(t) = a \times e^{-\left\{ \frac{\left\{ \left[t + \left(\frac{3}{2}T - \frac{\theta_k}{n} \right) \right] T - \frac{180}{n}}{b/n} \right\}^2}{b/n} \right\}^2}$$

[0020] 其中, T 表示一个周期时长, θ_k 表示第 k 个探头的位置, n 表示1s伴随着AOA变化 n° ,“ \setminus ”表示取余运算, a 和 b 的具体数值经过权重拟合得出。

[0021] 针对特定的参数 T 、 θ_k 、 n 进行赋值可求出第 k 个目标探头上的拟合权重 ω 随时间 t 的动态变化过程。以1个探头的拟合曲线为基准,其余探头处的拟合曲线由基准曲线根据来波方向角度循环移位得到。

[0022] 本申请还给出了使用3GPP TR 38.901的CDL-B或者CDL-C模型进行信道建模的结果。

[0023] 本申请实施例采用的上述至少一个技术方案能够达到以下有益效果:

[0024] 本发明提供了一种基于探头功率权重拟合的OTA动态信道实现方法。在MIMO OTA动态信道模型的构建过程中,基于信道来波角度随时间均匀变化的假设,对OTA各探头构成不同目标角度时的功率权重进行优化;再根据优化结果进行回归拟合,由此建立探头权重与探头位置、目标角度的相关函数,从而在保证结果精度的前提下,调用函数实现不同探头各个时刻(角度)功率权重的快速求解。该方案无需增加任何硬件成本,仅仅针对软件算法进行优化,适用于所有固定探头的OTA测试系统。避免了探头权重求解中反复进行的凸优化计算,对于快速移动、角度往复变化的信道模型效果显著。既兼顾了信道建模的准确度,又极大降低了系统的复杂度。

附图说明

[0025] 此处所说明的附图用来提供对本申请的进一步理解,构成本申请的一部分,本申

请的示意性实施例及其说明用于解释本申请,并不构成对本申请的不当限定。在附图中:

[0026] 图1为本申请的方法实施例流程图;

[0027] 图2为5G FR1 MIMO OTA终端性能测试系统;

[0028] 图3为OTA探头设置示意图;

[0029] 图4为中环8探头位置示意图;

[0030] 图5(1)~(4)为基于离散素材权重拟合曲线结果,其中图5(1): $\theta_k=0^\circ$,图5(2): $\theta_k=90^\circ$,图5(3): $\theta_k=180^\circ$,图5(4): $\theta_k=270^\circ$;

[0031] 图6为公式拟合权重与素材权重仿真结果。

具体实施方式

[0032] 为使本申请的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合本申请具体实施例及相应的附图对本申请技术方案进行清楚、完整地描述。显然,所描述的实施例仅是本申请一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本申请中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本申请保护的范围。

[0033] 本发明提供了一种基于探头功率权重拟合的OTA动态信道实现方案,通过分析不同目标角度下,OTA各个探头凸优化计算出的离散功率权重值,拟合建立一个探头权重随时间变化的函数公式。在保证回归精度的基础上,可以直接调用该函数快速准确的计算出探头对于特定角度的权重,从而降低信道建模的时间复杂度。该方案完全保留现有硬件系统布局,仅在此基础上进行软件算法的优化。适用于2D/3D不同MIMO OTA暗室布局、不同角度变化特性的GSCM动态信道模型。

[0034] 以下结合附图,详细说明本申请各实施例提供的技术方案。

[0035] 图1为本申请方法的实施例流程图,包括步骤10~40。

[0036] 步骤10、目标角度以OTA暗室的信号水平到达角AOA为例,首先设定AOA随时间变化的关系,即每秒AOA方位角变化 n° ,一个周期定为AOA方位角从 0° 变化到 360° 所需要的时长。

[0037] 步骤20、在一个周期内,选取合适的时间点,根据预衰落合成法基于特定的角度扩展,优化计算出每个簇在各个探头的权值映射关系,得到各个探头权重随时间变化的离散权重。

[0038] 步骤30、根据步骤20中优化出的离散权重,分析每个探头在一个周期内的权重变化,基于连续PAS可能存在的几类分布函数,通过MATLAB工具箱采用合适的函数形式来对权重数据进行曲线拟合,并使用回归分析寻找各个探头间的权重变化的统一分布规律,从而建立一个数学函数来表征任意位置探头对于任意目标角度(时刻)的权重变化情况,称为权重公式。

[0039] 步骤40、对建立的权重公式进行验证,将权重公式的计算结果带回凸优化限制条件公式(5)(6),分析计算结果是否满足精度需求,确保计算结果的科学准确。

[0040] 以下重点解释步骤10~40中所涉及的术语、方法和公式。

[0041] 图2为5G FR1 MIMO OTA终端性能测试系统。

[0042] 3GPP TR 38.827规定了5G FR1阶段OTA测试系统的暗室探头布局,采用十六对双极化探头等间距圆周排布。在构成目标测试信道时,对不同位置的探头,根据其方位角度特性,分配不同的功率权重,各探头加权后的信号矢量汇聚于OTA测试区域,从而实现特定方

向信道来波的角度模拟。

[0043] 该OTA暗室与5G基站、信道模拟器、功放单元等一同构成了5G FR1 MIMO OTA终端性能测试系统。

[0044] 测试系统中,OTA暗室等间隔布局十六对双极化探头,按照位置交错分为两组。奇数探头组用于下行链路,信号经过功率放大器(Power Amplifier,PA)放大后到达暗室中心,偶数探头组在暗室空间收到终端发送的上行信号后,经由低噪放(Low Noise Amplifier,LNA)回到信道模拟器,再通过特定的上行信道回归基站。在保证下行链路畅通的情况下,使上行通过不同的链路进行通信,从而更为真实的还原外场互易的信道特性以及开展双向链路测量。

[0045] 此外,该OTA系统还可以拓展为3D球面探头环结构,除去在水平维度的探头环之外,在该环直径形成的3D球面上,按照相等的仰角在上下方分别摆放一个探头环,每个环上等角度间隔的均匀摆放探头。上中下三个环分别放置8对、16对、8对双极化天线,以适配三维信道模型的构建。

[0046] 图3为OTA探头设置示意图(θ_k 是第k个探头的角度位置)。

[0047] OTA测试系统信道模型的构建,需要在暗室中还原每个簇的时延、功率、方位角以及交叉极化比等信息,这就需要针对每个簇的目标角度,对暗室中的探头进行功率权值的分配。在MPAC系统中,有两种较为通用的探头权重赋值算法:预衰落合成法(Pre-Faded signal Synthesis,PFS)和平面波合成法(Plane Wave Synthesis,PWS)。其中PFS算法由于不受系统的相位波动影响,鲁棒性更强,其弱点在于无法精准模拟角度扩展很小的直射径信号。本发明主要基于PFS算法,现对其进行重点介绍。

[0048] PFS算法基于簇的概念,每条簇在空间域上都有其特定的角度功率谱(Power Azimuth Spectrum,PAS)用来描述功率随入射角变化的情况,单个簇是由均匀分布的离散探头共同合成,组成同一簇的天线探头都具有独立的衰落系数序列,通过为OTA暗室中各个探头赋予特定的功率权重值来形成单个簇的离散PAS,从而模拟目标信道的连续PAS。在PFS算法中,选择空间相关性作为对信道的空间特性建模的评价因子,它与PAS成傅里叶变换对。空间相关性是接收信号相似性的统计量度,相关角度符号的说明见图3。水平到达角(Angle Of Arrival,AoA)以角度为 ϑ_p 的平面波射入到间距为d的天线阵列,天线法向与水平面夹角为 ϑ_a , ϑ 是平面波相对于天线元向的角度。忽略天线极化,对于一对天线u和v而言,假设终端天线是理想的点源天线,对于信道模型下的连续功率角频谱,可以写为:

$$\begin{aligned}
 \rho_{Target}(d_{VAP}, \vartheta_a) &= \int_{-\pi}^{\pi} \exp\left\{-j \frac{2\pi}{\lambda} (\bar{r}_u - \bar{r}_v) \cdot \overline{\vartheta}_p\right\} P(\vartheta_p) d\vartheta_p \\
 &= \int_{-\pi}^{\pi} \exp\left\{-j \frac{2\pi d_{VAP}}{\lambda} \sin(\vartheta_p - \vartheta_a)\right\} P(\vartheta_p) d\vartheta_p \quad (1)
 \end{aligned}$$

[0050] ρ_{Target} 即为目标信道的空间相关性,是关于虚拟天线对u和v间的距离 d_{VAP} 以及相对位置(角度)的函数。其中, \bar{r}_u 和 \bar{r}_v 分别表示探头天线u和v的位置矢量, $\overline{\vartheta}_p$ 表示空间信号的单位向量, $P(\vartheta)$ 为信道的PAS,其分布满足 $\int_{-\pi}^{\pi} P(\vartheta) d\vartheta=1$,可以由下式进行计算:

$$[0051] \quad P(\varnothing) = \frac{\beta}{\sqrt{2\sigma}} e^{-\frac{\sqrt{2}|\varnothing-\varnothing_p|}{\sigma}} \quad (2)$$

[0052] 其中, β 表示归一化参数, σ 表示角度扩展(Angular Spread, AS), 可以看出, PAS取决于簇的水平到达角 \varnothing_p 以及AS, 即信号在接收天线上的到达角度会发生展宽, 对于2D场景, 可以用水平到达角角度扩展(ASA, Azimuth angle Spread of Arrival)进行描述。

[0053] 在MPAC中, 信道模型中的连续PAS由来自离散多探针天线的信号模拟, 可以通过式(1)推导得出。测试区域中离散天线探头的空间相关函数为:

$$[0054] \quad \rho_{OTA}(d_{VAP}, \varnothing_a) = \sum_{k=1}^K \omega_k \exp\left\{-j \frac{2\pi d_{VAP}}{\lambda} (\theta_k - \varnothing_a)\right\} \quad (3)$$

[0055] ρ_{OTA} 表示OTA暗室中离散天线探头形成的空间相关性, θ_k 为第k个探头的角度, ω_k 即为第k个探头的权重。

[0056] 衡量OTA建模标准的评价因子是空间相关性误差, 即: $|\rho_{OTA} - \rho_{Target}|$, 目的是尽可能使OTA暗室内形成的拟合空间相关性与目标信道的空间相关性保持一致。在优化空间相关性误差函数的过程中, 一旦确定探头数量以及探头位置, 则优化函数可以用凸优化问题表示:

$$[0057] \quad \min_{\omega} \|\rho_{OTA} - \rho_{Target}\|_2^2 \quad (4)$$

$$[0058] \quad \text{s.t.} \|\omega\|_1 = 1, 0 \leq \omega_k \leq 1, k \in [1, N] \quad (5)$$

$$[0059] \quad |\overline{\varnothing}_{OTA} - \overline{\varnothing}_p| \leq \epsilon_{AOA} \quad (6)$$

[0060] ω 即为所需求解的探头权重, 需要注意的一个限制条件是探头权重要满足归一化条件, 且不能小于0。 $\overline{\varnothing}_{OTA}$ 为OTA系统拟合出的实际角度方向, $\overline{\varnothing}_p$ 是目标角度方向, 两者的误差应保持在特定的范围之内, 即 \in_{AOA} 。 $\overline{\varnothing}_{OTA}$ 与探头位置 θ_k 以及探头权重 ω_k 有关, 由以下式子进行表示:

$$[0061] \quad \overline{\varnothing}_{OTA} = \sum_{k=1}^N x_k \omega_k \quad (7)$$

$$[0062] \quad x_k = \begin{cases} \theta_k - 2\pi, & \theta_k - \varnothing_p > \pi \\ \theta_k, & -\pi < \theta_k - \varnothing_p < \pi \\ \theta_k + 2\pi, & \theta_k - \varnothing_p < -\pi \end{cases} \quad (8)$$

[0063] 对于特定的信道模型, 终端侧接收波束的角度方向往往是非均匀的, 则在信道建模过程中, 对于单个簇而言, 信号将会映射到不同的天线探头上, 若映射到探头上的信号较多, 则该探头的权重越大, 反之, 映射到探头上的信号较小, 则探头权重越小。因此可以根据上述方案, 计算出每个簇在各个探头的功率权值映射关系, 将其添加到信道公式的对应链路, 即可还原出标准中所定义的信道模型。

[0064] 图4为中环8探头位置示意图。

[0065] 本实施例首先确定探头位置, 再针对各个来波角度优化出不同探头的功率权重; 然后基于该离散素材权重结果进行回归拟合, 建立权重随时间/角度变化的函数公式, 并对拟合结果进行准确性分析。该方案还可拓展到3D OTA、任意位置的探头布局、不同角度扩展的情况上。

[0066] 以2D信道模型单向链路中环8探头、探头间间隔45°均匀分布的结构为例, OTA布局

示意图如图4所示。设每秒到达角AOA变化 1° ，则一个周期 $T=360s$ ，在一个周期内AOA的方位角以 1° 为间隔依次从 0° 到 360° 变化。对于预衰落合成法，将一个周期内AOA的所有入射角度依次代入凸优化计算，可以求得不同目标角度在各个探头的权值映射关系，继而得到8组探头随时间变化的权重值，称为素材权重。依次对各个探头上的素材权重采用统一的函数公式进行回归拟合，分析8个探头的素材权重，选择合适的函数与参数方案。

[0067] 3GPP TR 38.901中给出了基于不同参数适用于不同场景的CDL模型，对于非视距(Non Line-Of-Sight, NLOS)的场景，由于CDL-B以及CDL-C模型的簇分布比较集中，将基站引入MIMO OTA测试中时可覆盖的簇比较全面，因此通常选择这两个模型进行信道建模，以下举例说明拟合结果。

[0068] 图5为基于离散素材权重拟合曲线结果。

[0069] 对于CDL-B模型中定义的角度扩展 $ASA=22^\circ$ ，分析凸优化后的8组素材权重分布，选择利用MATLAB对素材权重在一个周期内进行正态回归，得出拟合曲线。 0° 、 90° 、 180° 及 270° 探头处的权重拟合结果如图5所示(注：因为MATLAB工具无法在一个周期内对不完整的正态分布进行逼近，所以图5中 0° 位置处没有对目标权重进行拟合)。

[0070] 其中，点状线表示优化出的素材权重，曲线表示对素材权重正态逼近后的拟合曲线，可以看到，每个探头上随时间变化的权重均服从正态分布，拟合效果较好。数据表示各个探头上服从的正态分布都具有一致的期望和方差，不同之处是仅在时间上进行了平移，因此，可以建立探头角度 θ_k 、权重 ω 随时间 t 变化的数学通式来统一表征各个探头的权重分布。

[0071] 以 180° 位置处探头的拟合曲线为基准，其余探头处的拟合曲线都可由基准曲线根据来波方向角度循环移位得到，因此可以得到如下公式：

$$[0072] \quad \omega(t) = 0.7702e^{-\left\{ \frac{\left\{ \left[t + \left(\frac{3}{2}T - \frac{\theta_k}{n} \right) \right] \setminus T - \frac{180}{n}}{33.6357} \right\}^2}{n}} \quad (9)$$

[0073] 其中，式(9)的期望和方差取自各个探头正态分布期望和方差的均值， T 表示一个周期时长， θ_k 表示第 k 个探头的位置， n 表示每 $1s$ 伴随着AOA变化 n° ，该公式是基于每秒到达角AOA变化 1° 建立的，可根据实际需求设定 n 的值。“ \setminus ”表示取余运算。针对特定的参数 T 、 θ_k 、 n 进行赋值，即可快速求出第 k 个目标探头上的拟合权重 ω 随时间 t 的动态变化过程。经步骤10~40的拟合方法，结果为 $a=0.7702$ ， $b=33.6357$ 。

[0074] 对于CDL-C模型中定义的 $ASA=15^\circ$ ，同样可求出相应的权重公式。与 $ASA=22^\circ$ 时的权重公式相比，不同在于系数的变化。

$$[0075] \quad \omega(t) = 0.8565e^{-\left\{ \frac{\left\{ \left[t + \left(\frac{3}{2}T - \frac{\theta_k}{n} \right) \right] \setminus T - \frac{180}{n}}{29.7962} \right\}^2}{n}} \quad (10)$$

[0076] 经步骤10~40的拟合方法，结果为 $a=0.8565$ ， $b=29.7962$ 。对于2D NLOS场景下的CDL-B和CDL-C信道模型，通过以上权重公式计算出的权重可以拟合由PFS算法优化出的权重，该公式适用于计算角度动态变化信道下的探头权重，即直接计算出不同时刻、不同位置的探头功率权重，避免了信道建模过程中凸优化操作的反复进行，且完全匹配现有测试系统布局，在保证结果准确度的前提下有效的降低了计算复杂度。

[0077] 图6为公式拟合权重与素材权重仿真结果。

[0078] 为实施方案验证,将直接由权重公式求出的权重与素材权重作比较,可以看到,拟合结果同样也能较好复现出 0° 位置处探头的素材权重,这进一步证明了方案的有效性。结果如图6所示。对于拟合出的权重公式还需要进行可行性分析,以确保计算结果的准确性。验证需要满足两个条件,其中一个重要的条件是必须满足式(5)中的限制,即探头权重要满足归一化条件,且不能小于0;另一个则是需要将函数计算出的权重乘上AOA角度,与目标角度比较,确保误差 ϵ 在可接受范围内。验证结果如下表所示:

[0079] 表1验证结果

	比较条件	$\Sigma\omega$	Max(ϵ)
[0080]	ASA=22°	1.0204	3.6744
[0081]	ASA=15°	1.0053	3.1096

[0082] 从表中可以看出ASA为22°和15°时均满足 $\Sigma\omega=1$,并且角度误差 ϵ 最大误差在3度左右。因此,拟合公式所计算出的权重结果可以较为准确的复现素材权重。就提高构建动态信道模型时间效率的角度出发,应用此方案高效准确。

[0083] 为了通过算法的方式构建动态信道测试解决方案,本申请提出了一种较为有效的方案,就是基于特定的假设条件,对不同角度来波方向,不同探头上的功率权重进行拟合,收敛出一套可以进行调用的规律性数学通式,以期适用于不同种类的信道模型、不同方案的暗室布局。在不增加硬件成本的情况下,提高计算效率,降低时间复杂度。

[0084] 以上所述仅为本申请的实施例而已,并不用于限制本申请。对于本领域技术人员来说,本申请可以有各种更改和变化。凡在本申请的精神和原理之内所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本申请的权利要求范围之内。

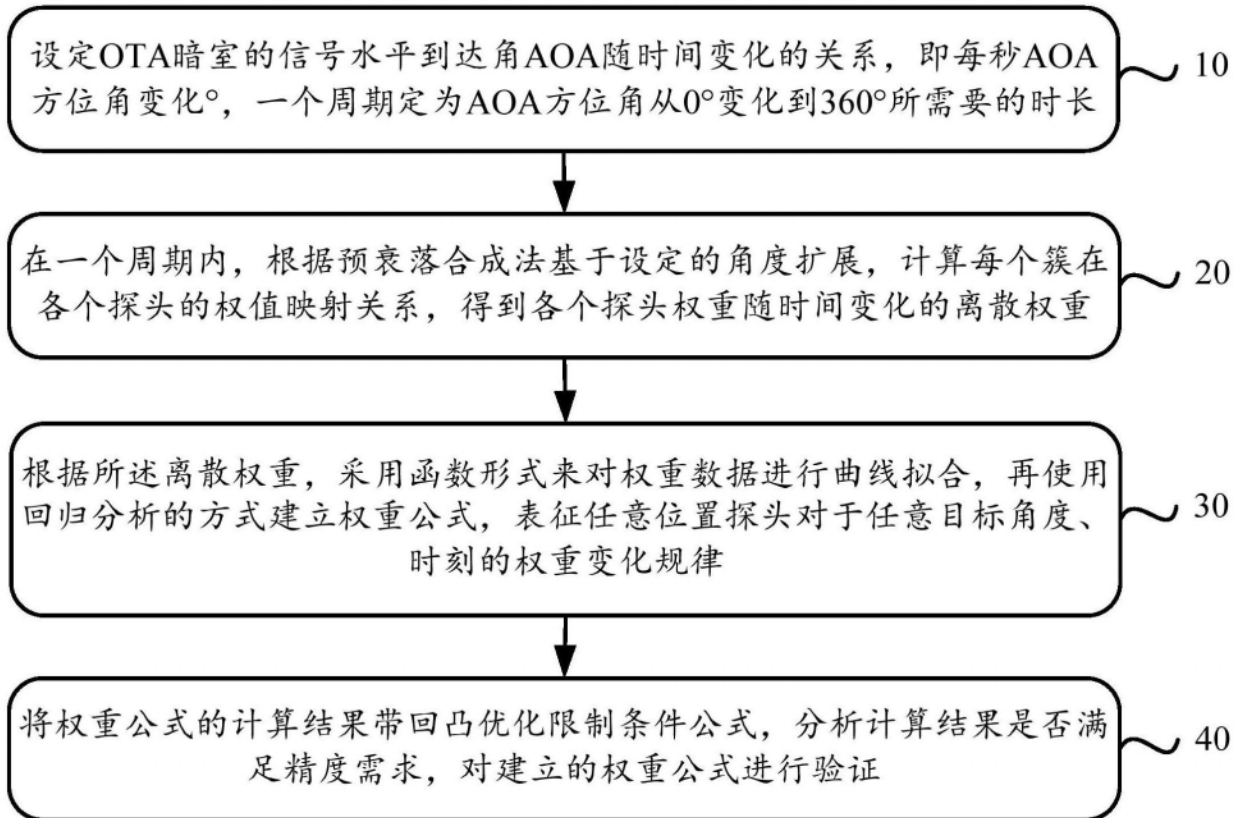


图1

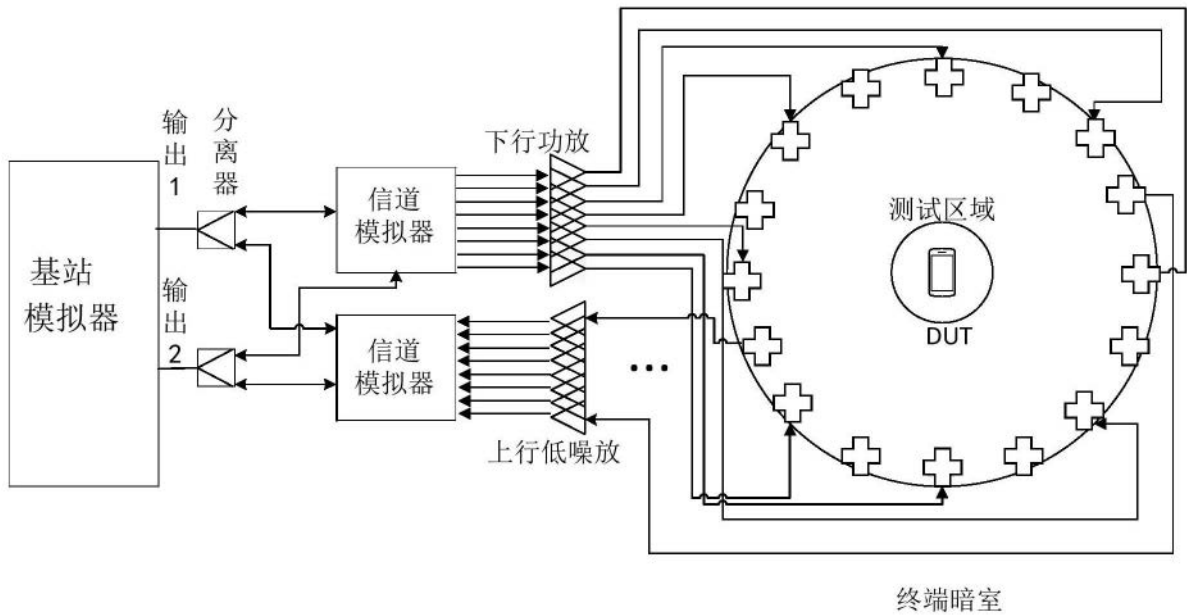


图2

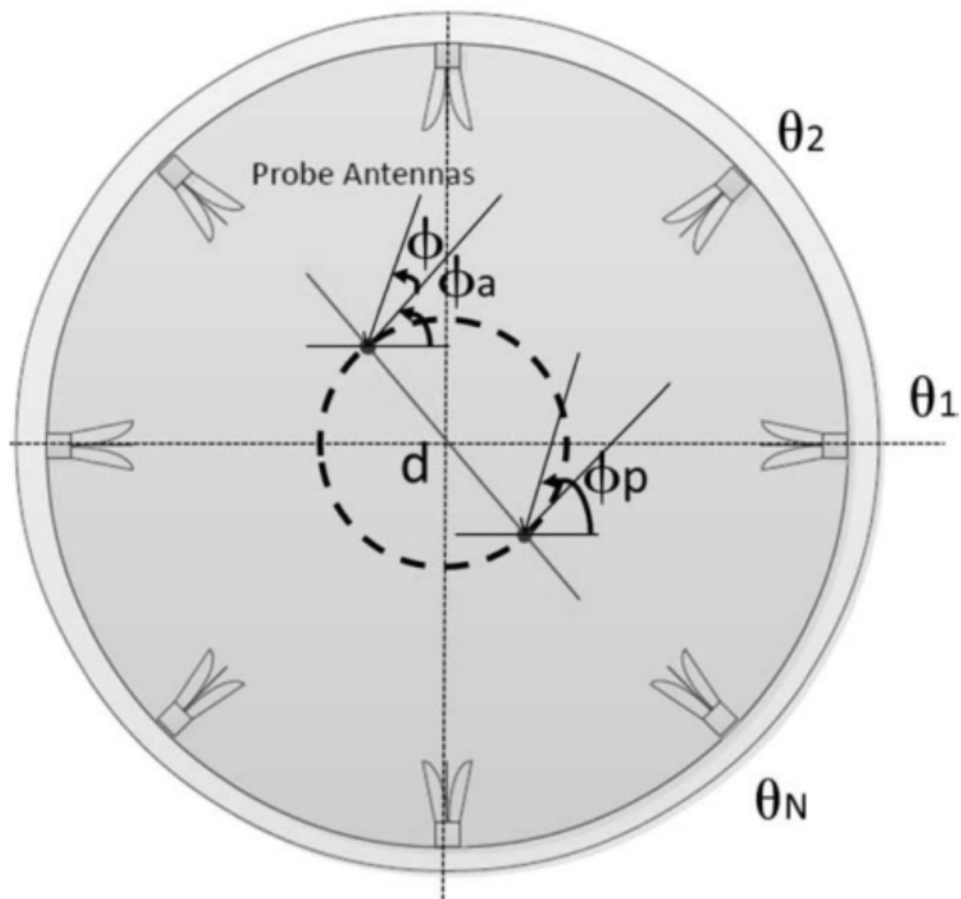


图3

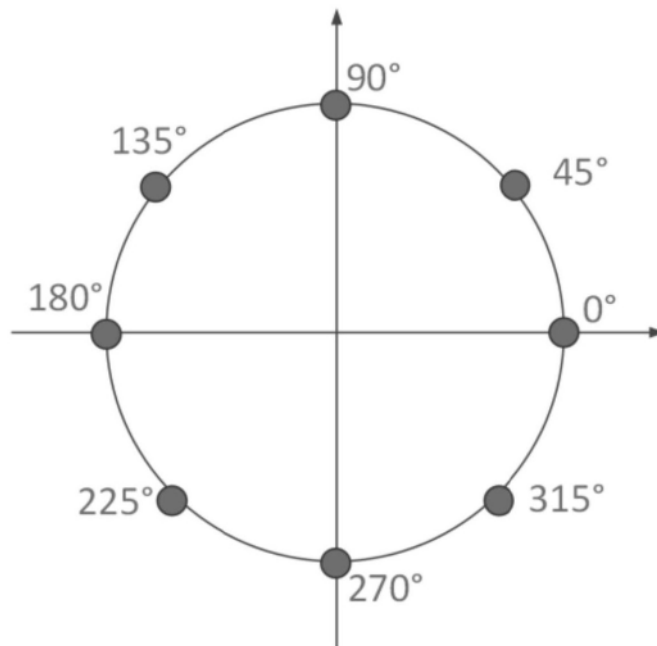


图4

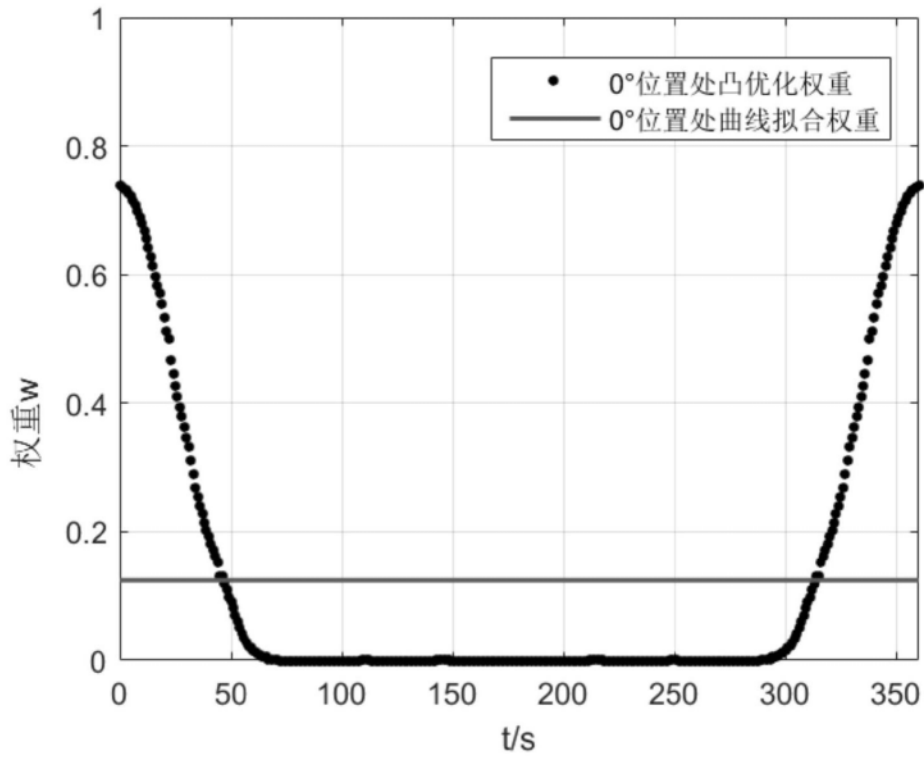


图5(1)

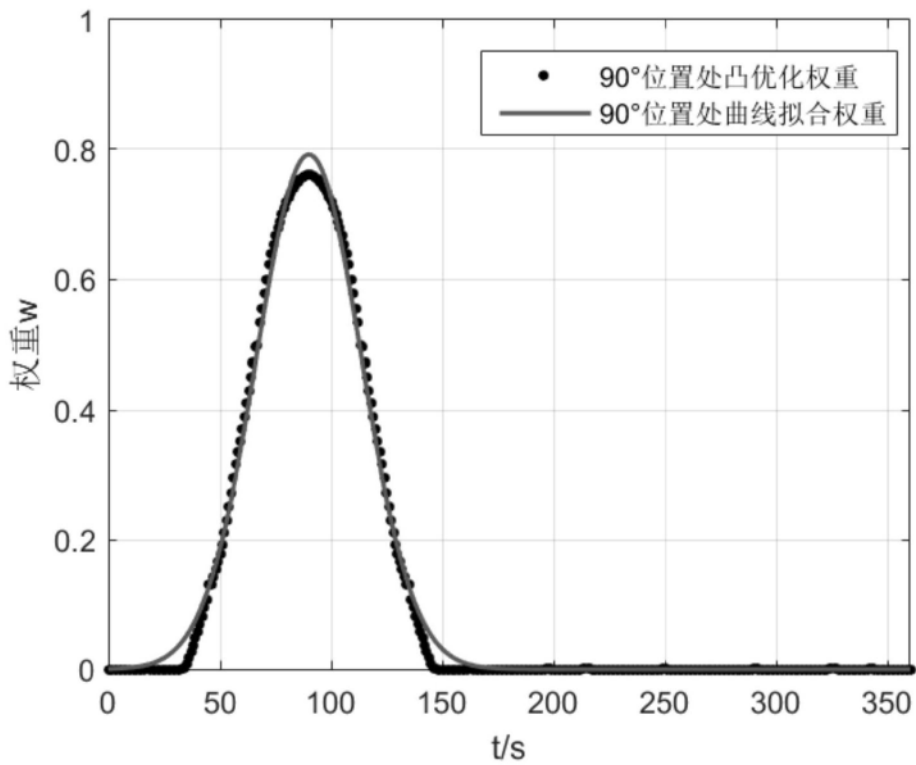


图5(2)

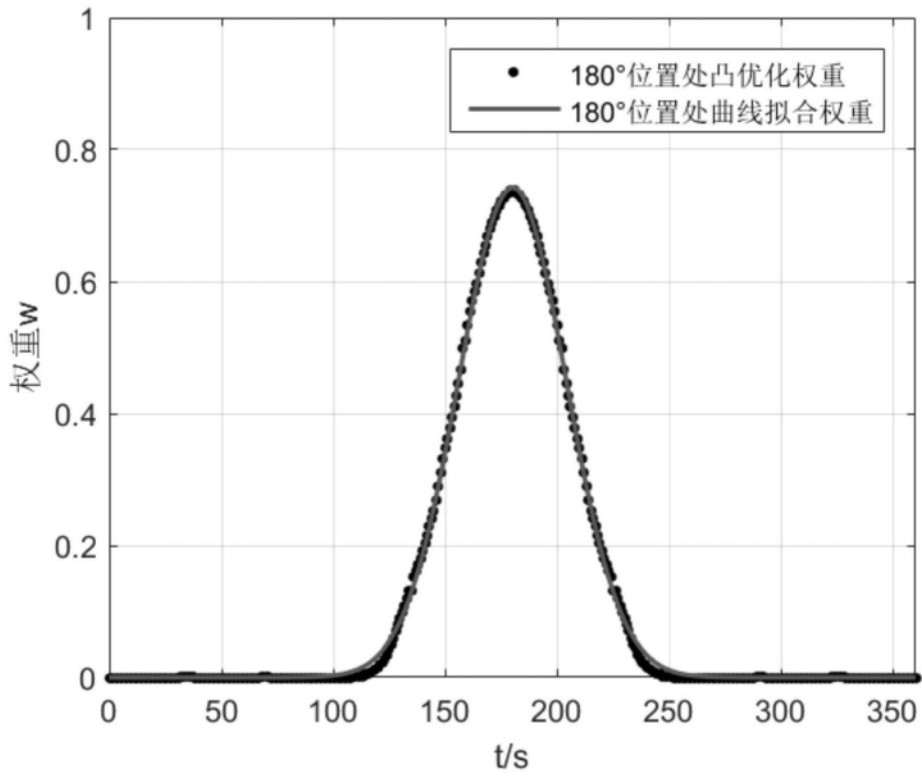


图5(3)

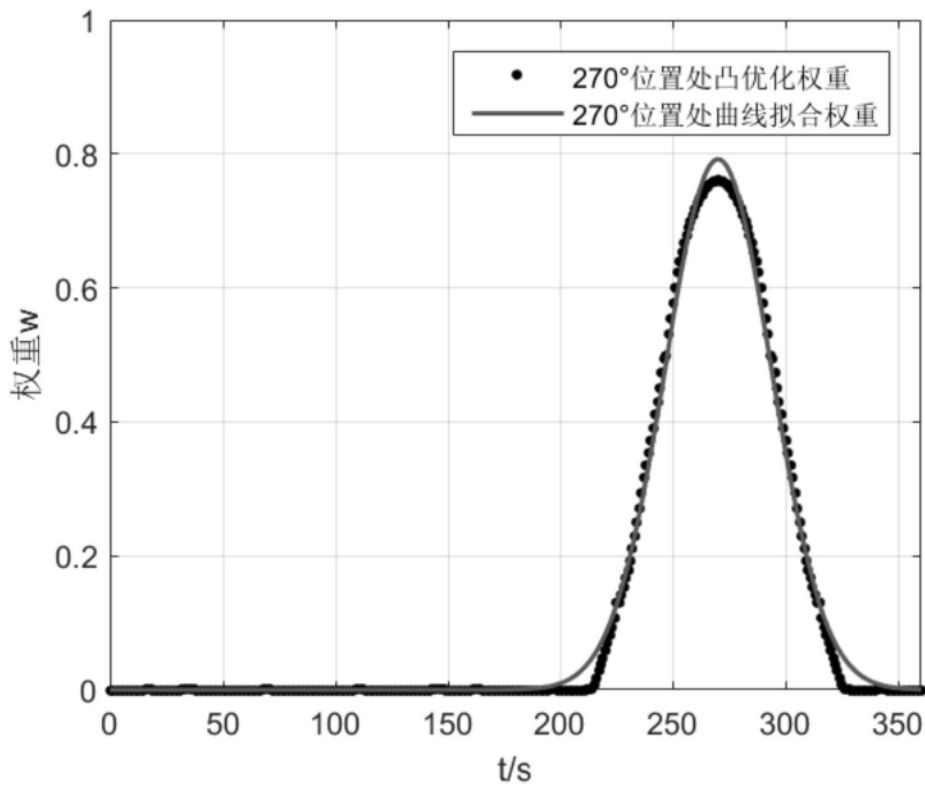


图5(4)

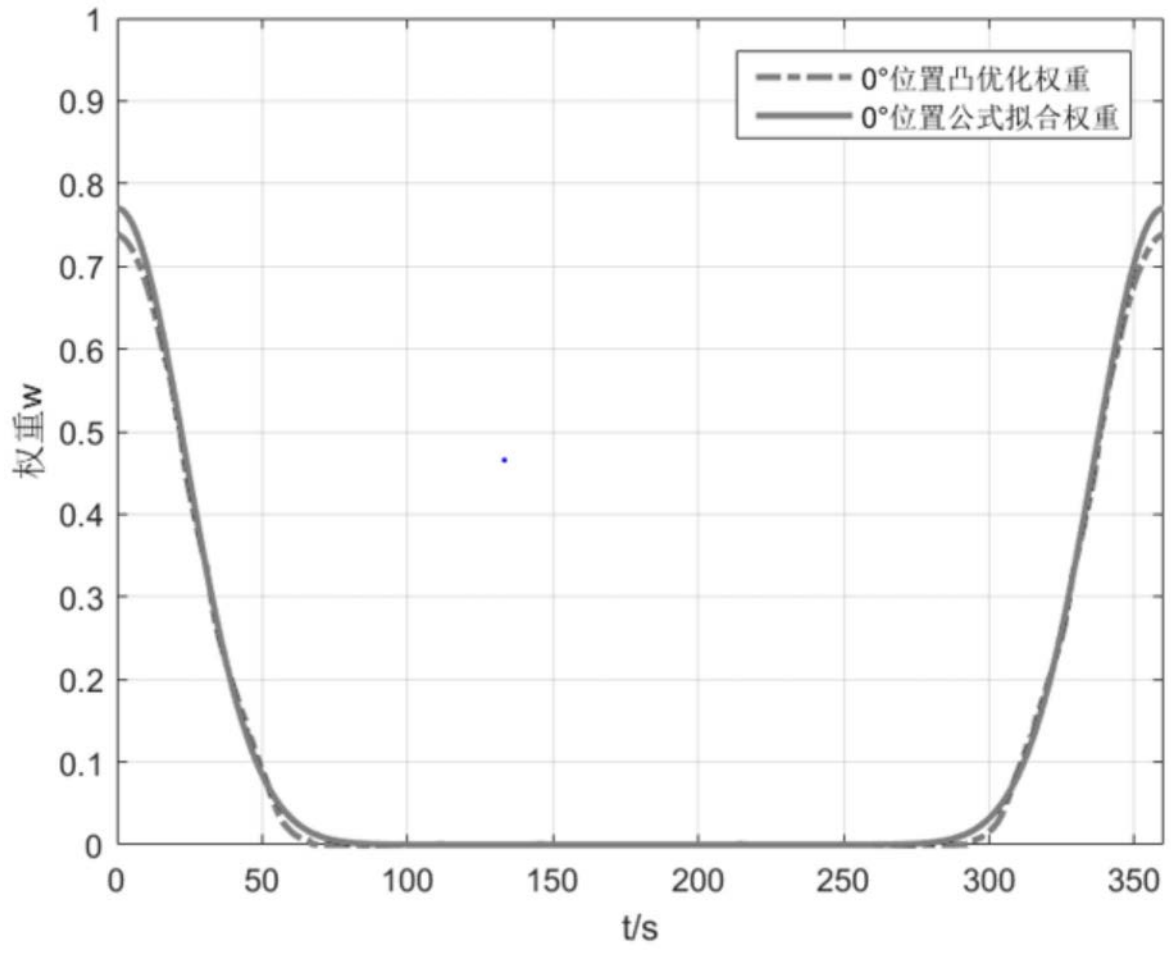


图6