



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103618576 B

(45) 授权公告日 2015. 07. 08

(21) 申请号 201310385954. 4

(22) 申请日 2013. 08. 29

(73) 专利权人 上海永畅信息科技有限公司
地址 200092 上海市杨浦区中山北二路
1121 号 209D 室

(72) 发明人 周毅

(74) 专利代理机构 上海天翔知识产权代理有限
公司 31224

代理人 刘常宝

(51) Int. Cl.

H04B 17/391(2015. 01)

H04L 25/02(2006. 01)

H04B 7/04(2006. 01)

(56) 对比文件

US 2011/0298653 A1, 2011. 12. 08, 全文.

CN 1573356 A, 2005. 02. 02, 说明书第 1 页第
1 段, 第 2 页第 6 段, 第 13 页第 5 段到第 14 页

第 2 段, 图 7.

CN 102332957 A, 2012. 01. 25, 说明书第

8-9, 13-17 段, 图 1-2.

US 2010/0073260 A1, 2010. 03. 25, 全文.

CN 102571243 A, 2012. 07. 11, 全文.

CN 101183493 A, 2008. 05. 21, 全文.

审查员 张婧

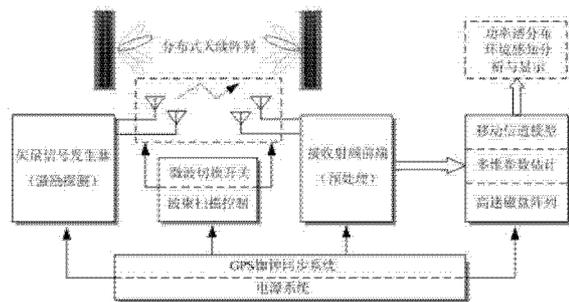
权利要求书2页 说明书7页 附图3页

(54) 发明名称

一种基于低复杂度建模的车联网多维信道感知系统

(57) 摘要

本发明公开了一种基于低复杂度建模的车联网多维信道感知系统,其利用分布式移动信道探测方法,通过布置于车身周围的分布式隐形微带感知天线阵列,进行时空域的多维扫描探测,采用基于离散椭圆序列(DPS)子空间的低复杂度建模算法,通过分析车辆移动过程中的信道传播特性,实时获取移动信道的多维时变参数,精确估计移动车辆的信道变化轨迹,分析车辆周围环境的变化情况,实现车联网移动信道的多维感知。本发明突破传统基于多种传感器进行车辆感知的局限性,利用先进的分布式移动信道探测和低复杂度建模技术,提高了车联网应用中的车辆环境感知能力。



1. 一种基于低复杂度建模的车联网多维信道感知系统,其特征在于,所述感知系统包括:

分布式天线阵列,所述分布式天线阵列布置在车身周围,进行时空域的多维扫描探测;

移动信道探测模块,所述移动信道探测模块控制分布式天线阵列的多维扫描,并实时获取信道扫描数据,实现高带宽、高分辨率的信道特征采集;所述移动信道探测模块控制分布式天线阵列进行多维扫描探测的过程如下:

1) 参数初始化:预置待测试的信道数,根据天线辐射方向图分布,为发射机和接收机分别选取两组合适的波束控制电压,电压值与所产生的天线辐射方向图一一对应;

2) 发射激励信号:固定发射机天线的其中一个馈电电压值,从而产生对应的发射天线方向图,利用宽带 PN 伪随机序列连续波作为激励信号,并进行 QPSK 调制;

3) 空域扫描测试:切换接收机天线对应的馈电电压,从而改变对应的接收天线的辐射方向图,进行扫描测试,并完成对应子信道的测试与数据存储;

4) MIMO 数据存储:重复步骤 2 和步骤 3,直到所有预设信道数的扫描都完成为止,在相干时间内完成高速数据采样与存储;

5) 高精度数据分析:对测试数据进行预处理,直接得到空域功率谱特征;并通过优化的高精度估计算法进行参数估计,提取多径参数用于模型构建;

多维信道分析与感知模块,所述多维信道分析与感知模块通过分析车辆移动过程中的信道传播特性,实时获取移动信道的多维时变参数,精确估计移动车辆的信道变化轨迹,感知车辆周围环境的变化情况。

2. 根据权利要求 1 所述的一种基于低复杂度建模的车联网多维信道感知系统,其特征在于,所述移动信道探测模块通过信号发射机和信号接收机发射和采集分布式天线阵列扫描信号,并通过高速微波切换开关,控制分布式天线阵列的多维扫描,通过高速数据采集系统,实时获取信道扫描数据,实现高带宽、高分辨率的信道特征采集,数据采用高速磁盘阵列进行存取。

3. 根据权利要求 1 所述的一种基于低复杂度建模的车联网多维信道感知系统,其特征在于,多维信道分析与感知模块通过对分布式天线阵列扫描所获取的移动信道数据进行实时多维特征提取,估计时域、空域、频域多维信道分布参数,根据统计特性建立高精度移动信道模型,再通过对移动信道的多维功率谱特征分布以及时变参数分布的跟踪估计,获取移动车辆周边的环境变换特征,解析多维信道与环境的映射关系,实现精准的环境感知。

4. 根据权利要求 3 所述的一种基于低复杂度建模的车联网多维信道感知系统,其特征在于,所述多维信道分析与感知模块中采用基于离散椭球序列子空间的低复杂度建模算法建立高精度移动信道模型。

5. 根据权利要求 3 所述的一种基于低复杂度建模的车联网多维信道感知系统,其特征在于,多维信道分析与感知模块还通过对信道的多维特征进行提取,产生移动信道建模所需的信道样本,根据样本空间特性,建立神经网络结构,经过预处理和权重参数初始化之后,进行模型的训练,最终得到优化的神经网络模型,利用神经网络对移动信道模型进行训练得到粒子滤波跟踪的初始值,获得观测值后应用似然函数计算每一个粒子的权值,并进行权值归一化操作,经过重采样更新权值后,即可由后验分布得到信道估计值,从而进一步

优化移动信道模型的环境适应性。

一种基于低复杂度建模的车联网多维信道感知系统

技术领域

[0001] 本发明属于车联网通信领域,涉及一种基于低复杂度建模的车联网多维信道感知系统和方法,尤其针对物联网通信与感知系统的设计与优化需求,可广泛应用于车联网移动信道的探测、特征提取、模型构建与环境感知等。

背景技术

[0002] 车联网利用当前正在快速发展的传感技术、网络技术、计算技术、控制技术、智能技术等,对道路和交通进行全面感知,实现多个系统间大范围、大容量数据的交互,对每一辆汽车进行交通全程控制,对每一条道路进行交通全时空控制,以提供交通效率和交通安全为主的网络与应用。同时,随着社会的发展,人们对车联网的需求,除了关注交通效率与交通安全之外,还希望利用网络,满足自身对信息、娱乐、车辆远程诊断与控制等多方面的需求。由“物联网”衍生的“车联网”,将成为未来智慧城市的重要标志,中国的“十二五”规划中明确提出要大力推动基于车载信息化的物联网战略向纵深发展。

[0003] 车联网最核心的问题之一是车辆环境的智能感知,并将感知的环境信息体现到车辆的控制与协同上,让整个车辆网络处于最佳运行状态,从而提高交通运行效率,避免交通事故的发生。

[0004] 传统的环境感知手段主要采用各类传感器进行数据获取,如视频传感器、雷达传感器、红外传感器等。这些感知手段局限性较大,无法实现车辆环境的全方位感知,而且易受光照、温度、气候变化等环境因素的影响,造成感知能力受限。由于车联网的通信技术是车辆协同的保障,通信的媒介是无线传播信道,分析移动信道的变化特征是车联网无线通信系统优化设计的前提,而移动信道的探测技术同时又能为车联网环境感知提供重要的信息源。为了保证车联网无线通信系统设计的可靠性和稳定性,需要精确地获取车联网移动信道传播特性,并构建移动信道模型,目前尚缺乏分布式移动传播信道的通用模型,而模型的建立又为车联网环境感知以及车联网系统的评估提供了重要依据。通过分布式移动信道的时空多维参数的提取与建模,实时掌握车辆周边环境的变化情况,构建时域、频域、空域多维映射关系,通过多维参数功率谱的解析,提取车联网环境的有效感知信息。

发明内容

[0005] 本发明针对现有车辆环境感知手段局限性较大,易受环境影响,无法实现车辆环境的全方位感知等问题,而提供一种基于低复杂度建模的车联网多维信道感知系统。该系统能够实现车辆环境的实时全方位感知,且精度高,不易受环境影响。

[0006] 为了达到上述目的,本发明采用如下的技术方案:

[0007] 一种基于低复杂度建模的车联网多维信道感知系统,所述感知系统包括:

[0008] 1) 分布式天线阵列,所述分布式天线阵列布置在车身周围,进行时空域的多维扫描探测;

[0009] 2) 移动信道探测模块,所述移动信道探测模块控制分布式天线阵列的多维扫描,

并实时获取信道扫描数据,实现高带宽、高分辨率的信道特征采集;

[0010] 3) 多维信道分析与感知模块,所述多维信道分析与感知模块通过分析车辆移动过程中的信道传播特性,实时获取移动信道的多维时变参数,精确估计移动车辆的信道变化轨迹,感知车辆周围环境的变化情况。

[0011] 在本发明的优选实例中,所述移动信道探测模块通过信号发射机和信号接收机发射和采集分布式天线阵列扫描信号,并通过高速微波切换开关,控制分布式天线阵列的多维扫描,通过高速数据采集系统,实时获取信道扫描数据,实现高带宽、高分辨率的信道特征采集,数据采用高速磁盘阵列进行存取。

[0012] 进一步的,所述移动信道探测模块控制分布式天线阵列进行多维扫描探测的过程如下:

[0013] 1) 参数初始化:预置待测试的信道数为 $M \times N$, 其对应的信道索引参数分别为 $i=1, j=1$ 。根据天线方向图校准,为发射机和接收机分别选取两组合适的波束控制电压,即 $[V_1, K, V_M]$ 和 $[V_1', K, V_N']$, 其对应的天线辐射方向图分别为 $[\theta_1, K, \theta_M]$ 和 $[\theta_1', K, \theta_N']$;

[0014] 2) 发射激励信号:固定发射机天线的其中一个馈电电压值 V_1 , 从而产生对应的发射天线方向图 θ_1 , 其中 $i=1, K, M$; 利用宽带 PN 伪随机序列连续波作为激励信号, 并进行 QPSK 调制;

[0015] 3) 空域扫描测试:切换接收机天线对应的馈电电压 V_j' , 从而改变对应的接收天线的辐射方向图 θ_j' , 其中 $j=1, K, N$; 进行扫描测试, 并完成对应子信道的测试与数据存储。

[0016] 4) MIMO 数据存储:重复步骤 2 和步骤 3, 直到所有预设信道数的扫描都完成为止, 即 $i > M$ 且 $j > N$; 在相干时间内完成高速数据采集与存储;

[0017] 5) 高精度数据分析:对测试数据进行预处理, 直接得到空域功率谱特征; 并通过优化的高精度估计算法进行参数估计, 提取多径参数用于模型构建。

[0018] 进一步的, 多维信道分析与感知模块通过对分布式天线阵列扫描所获取的移动信道数据进行实时多维特征提取, 估计时域、空域、频域多维度信道分布参数, 根据统计特性建立高精度移动信道模型, 再通过对移动信道的多维功率谱特征分布以及时变参数分布的跟踪估计, 获取移动车辆周边的环境变换特征, 解析信道与环境的映射关系, 实现精准的环境感知。

[0019] 再进一步的, 所述多维信道分析与感知模块中采用基于离散椭球序列子空间的低复杂度建模算法建立高精度移动信道模型。

[0020] 再进一步的, 多维信道分析与感知模块还通过对信道的多维特征进行提取, 产生移动信道建模所需的信道样本, 根据样本空间特性, 建立神经网络结构, 经过预处理和权重参数初始化之后, 进行模型的训练, 最终得到优化的神经网络模型, 利用神经网络对移动信道模型进行训练得到粒子滤波跟踪的初始值, 获得观测值后应用似然函数计算每一个粒子的权值, 并进行权值归一化操作, 经过重采样更新权值后, 即可由后验分布得到信道估计值, 从而进一步优化移动信道模型的环境适应性。

[0021] 本发明突破传统基于多种传感器进行车辆感知的局限性, 利用先进的分布式移动信道探测和低复杂度、高精度建模技术, 提高了车联网应用中的车辆周边环境感知能力。

[0022] 由于采用了上述方案,本发明在具体实施时,具有以下特点:

[0023] 1、分布式阵列天线技术,构建时空信道探测,实现全方位扫描。

[0024] 2、多维时空频特征提取,构建移动信道模型,实现高精度解析。

[0025] 3、低复杂度建模算法,构建高效信道分析,实现实时感知。

附图说明

[0026] 以下结合附图和具体实施方式来进一步说明本发明。

[0027] 图 1 是移动信道探测感知的基本原理图;

[0028] 图 2 是移动信道探测感知系统总体架构图;

[0029] 图 3 是移动信道扫描探测流程图;

[0030] 图 4 是多维信道分析与感知模块结构图;

具体实施方式

[0031] 为了使本发明实现的技术手段、创作特征、达成目的与功效易于明白了解,下面结合具体图示,进一步阐述本发明。

[0032] 移动信道探测感知的基本原理如图 1 所示,图中为 V2V 通信场景示意图,通过分布式阵列天线探测方法,可直接获取空域信道特征,有效提高移动信道空间解析度,为后续的实时信道多维分析提供了保障。利用波束扫描天线的空间组合,实现环形天线阵列,天线辐射方向图的切换采用直流馈电控制方式,而天线间的切换采用高速微波切换开关来实现。该方法可通过测试信号直接得到发射和接收空间功率谱,省去了数据计算所必要的数据存储时间,实时性好。还可通过增加辐射方向图的数量来增加空间阵列响应矢量间的正交性,从而提高了信道多维特性分析的精确度。

[0033] 图 2 所示为本发明提供的车联网多维信道感知系统的整体架构图。由图可知,整个感知系统主要包括分布式天线阵列、移动信道探测模块以及多维信道分析与感知模块。通过车身周围布置的全方位智能天线阵列,进行时空域的多维扫描探测,天线阵列可实现水平域和仰俯域的波束扫描。通过分析车辆移动过程中的信道传播特性,实时获取移动信道的多维时变参数,精确估计移动车辆的信道变化轨迹,感知车辆周围环境的变化情况。移动信道探测模块能有效发射和采集分布式天线阵列扫描信号,通过高速微波切换开关,控制分布式天线阵列的多维扫描,通过高速数据采集系统,实时获取信道扫描数据,实现高带宽、高分辨率的信道特征采集,数据采用高速磁盘阵列进行存取。在整个过程中,需要保持严格的时间同步从而保证获取精准的信道脉冲响应,系统采用 GPS 铷钟实现同步,该时钟将高稳定性铷振荡器与 GPS 高精度授时、测频及时间同步技术有机的结合在一起,使铷振荡器输出频率驯服同步于 GPS 卫星铯原子钟信号上,提高了频率信号的长期稳定性和准确度。

[0034] 分布式移动信道扫描探测的基本流程如图 3 所示,其主要实现步骤为:

[0035] 1) 参数初始化。预置待测试的信道数为 $M \times N$, 其对应的信道索引参数分别为 $i=1, j=1$ 。根据天线方向图校准,为发射机和接收机分别选取两组合适的波束控制电压,即 $[V_1, K, V_M]$ 和 $[V_1', K, V_N']$, 其对应的天线辐射方向图分别为 $[g_1, K, g_M]$ 和 $[g_1', K, g_N']$ 。

[0036] 2) 发射激励信号。固定发射机天线的其中一个馈电电压值 V_i , 从而产生对应的发射天线方向图 \mathcal{S}_i , 其中 $i=1, K, M$; 利用宽带 PN 伪随机序列连续波作为激励信号, 并进行 QPSK 调制。

[0037] 3) 空域扫描测试。切换接收机天线对应的馈电电压 V_j' , 从而改变对应的接收天线的辐射方向图 \mathcal{S}_j' , 其中 $j=1, K, N$; 进行扫描测试, 并完成对应子信道的测试与数据存储。

[0038] 4) MIMO 数据存储。重复步骤 2 和步骤 3, 直到所有预设信道数的扫描都完成为止, 即 $i > M$ 且 $j > N$; 在相干时间内完成高速数据采集与存储。

[0039] 5) 高精度数据分析。对测试数据进行预处理, 直接得到空域功率谱特征; 并通过优化的高精度估计算法进行参数估计, 提取多径参数用于模型构建。

[0040] 多维信道分析与感知模块通过对分布式天线阵列扫描所获取的移动信道数据进行实时多维特征提取, 估计时域、空域、频域多维度信道分布参数, 根据统计特性建立高精度移动信道模型, 再通过对移动信道的多维功率谱特征分布以及时变参数分布的跟踪估计, 获取移动车辆周边的环境变换特征, 解析信道与环境的映射关系, 实现精准的环境感知。

[0041] 另外, 多维信道分析与感知模块还通过对信道的多维特征进行提取, 产生移动信道建模所需的信道样本, 根据样本空间特性, 建立神经网络结构, 经过预处理和权重参数初始化之后, 进行模型的训练, 最终得到优化的神经网络模型, 利用神经网络对移动信道模型进行训练得到粒子滤波跟踪的初始值, 获得观测值后应用似然函数计算每一个粒子的权值, 并进行权值归一化操作, 经过重采样更新权值后, 即可由后验分布得到信道估计值, 从而进一步优化移动信道模型的环境适应性。

[0042] 由于分布式路径分量的数量大, 用传统的复指数求和法构建基于几何的分布式移动信道模型, 计算复杂度很高, 非常耗时。因此本发明采用基于离散椭球序列 (DPS) 子空间的低复杂度建模算法, 其计算时间可独立于信道传播路径的数量, 利用 DPS 波动函数有效地降低了移动信道几何模型构建的复杂度, DPS 子空间低复杂度算法特别适用于车联网时变信道的模型构建中, 计算效率显著提高。

[0043] 该多维信道分析与感知模块在实现时, 可利用现场可编程逻辑门阵列 (FPGA) 和数字信号处理器 (DSP) 构成嵌入式双核处理系统来实现, 其中 DSP 负责低复杂度建模算法的实现, FPGA 负责分布式并行数据的处理与计算, 并针对分布式移动信道的多维复杂特性, 引入神经网络优化的机制, 结合 FPGA 的并行处理特性, 构建更为实用的移动信道模型。

[0044] 参见图 4, 多维信道分析与感知模块具体要包括 DSP 模块、FPGA 模块和经验模型 (即移动信道模型)。DSP 模块主要由传播模型和 DPS 子空间映射模块构成, 用于完成移动信道模型的建立、参数计算、DPS 子空间映射; FPGA 模块主要由卷积模块和神经网络优化模块组成, 用于完成输入样本与信道脉冲响应的卷积, 从而获取信道特征, 同时还要利用神经网络优化机制来进行移动信道模型自适应校准。

[0045] 由此形成的多维信道分析与感知模块进行移动信道分析的流程如下:

[0046] 1) 利用现场可编程逻辑门阵列 (FPGA) 和数字信号处理器 (DSP) 构成嵌入式双核处理器系统, 由 DSP 负责低复杂度建模算法的实现, FPGA 负责分布式并行数据的处理与计算, 并利用神经网络优化的机制, 结合 FPGA 并行处理特性, 构建多维信道分析与感知模块;

[0047] 2) DSP 模块对移动信道探测数据进行实时多维特征提取,分析移动信道的时空频分布参数,建立高精度、多维度移动信道模型,再通过对移动信道的多维功率谱特征分布以及时变参数分布的跟踪估计,获取移动车辆周边的环境变换特征,与周边环境散射分量建立映射关系;

[0048] 3) DSP 模块中的传播模型利用高速 DSP 计算传播路径多维参数,并由 DSP 模块中的 DPS 子空间映射模块将所得路径参数进一步分解为子空间系数以便进行 DPS 低复杂度建模;FPGA 模块中的卷积模块对输入样本和信道脉冲响应完成卷积,以此来获取信道实时变化特征,感知环境的动态变化;同时神经网络优化模块通过对信道的多维特征进行提取,产生移动信道建模所需的信道样本,根据样本空间特性,建立神经网络结构,经过预处理和权重参数初始化之后,进行模型的训练,最终得到优化的神经网络模型,利用神经网络对移动信道模型进行训练得到粒子滤波跟踪的初始值,获得观测值后应用似然函数计算每一个粒子的权值,并进行权值归一化操作,经过重采样更新权值后,即可由后验分布得到信道估计值,从而进一步优化移动信道模型的环境适应性。

[0049] 针对移动信道输入输出的复杂非线性特性,本发明利用小波神经网络进行信道建模与仿真。小波神经网络具有很强的非线性处理能力以及快速收敛性能,因此能实现移动信道快速衰落特性的建模与仿真,并能有效地学习和掌握不同环境下信道的传播特性。小波变换在时域和频域上同时具有良好的局部化特性,再加上神经网络的自适应学习能力,因此能较好地处理非线性系统。同时利用典型场景中的实测数据训练神经网络模型,进一步优化模型。

[0050] 根据小波变换原理,在希尔伯特空间选取小波母函数,对小波母函数进行伸缩、平移和旋转变换,即可得到小波基函数。当确定了小波基函数的数量之后,即可得到小波神经网络的输出。采用基于梯度下降算法的学习机制对小波神经网络进行训练,基本流程如下:

[0051] 1) 对所有权重参数进行初始化,并设置初值;

[0052] 2) 根据梯度算法计算权重参数;

[0053] 3) 利用步骤 2 中计算的参数更新小波神经网络的输出;

[0054] 4) 评估有效性误差是否满足精度要求;

[0055] 5) 如果误差计算满足精度要求,则停止训练;否则返回到步骤 2。

[0056] 多径传播环境以及车辆终端的快速移动,使得分布式移动信道具有双选择性,也即:快速移动通信环境所导致的时间选择性;多径时延扩展长度大于码元周期时造成的频率选择性衰落。粒子滤波可自由选择跟踪空间,并且适用于参数出现非高斯分布的非线性时变系统,所以非常适合对信道功率谱中的多分量进行跟踪建模。数据估计与建模的基本流程如下:

[0057] 1) 利用小波神经网络对双选择性信道进行训练,得到粒子滤波跟踪的初始值;

[0058] 2) 获得观测值,由 AR 模型更新粒子集;

[0059] 3) 应用似然函数计算每一个粒子的权值;

[0060] 4) 对步骤 3 所得权值进行归一化;

[0061] 5) 进行重采样:对具有大权值的样本,重复采样;而小权值样本,抛弃处理。如此获得的随机样本分布趋于后验分布;

[0062] 仿真分析:1)假设在仿真时间段 $t \in [0, T]$ 和频率范围 $f \in [f_c - B/2, f_c + B/2]$ 内,信道处于广义平稳(WSS)状态,即传播路径的复值权重及其相位在此间隔内不会发生剧烈的变化,路径延时线性变化且可以通过 Doppler 频移进行建模;2)假设仿真信道在时域和延域上均存在带限,即有最大 Doppler 频移和最大延时的限制。因此,可以在带限内利用减少的子空间来进行仿真,从而计算时间不再依赖于信道传播多径的数量。

[0063] 基于以上假设,漫散射信道的时变频率响应可以表示为:

[0064]

$$H^{(D)}(f, t) = \sum_{k=1}^{N_D} \rho_k^{(D)} \exp[-j2\pi\Delta f \tau_k^{(D)}] \exp[j2\pi t \nu_k^{(D)}]$$

[0065] 式中, N_D 表示漫散射分量的传播路径数量; $f = f_c + \Delta f$ 由载波频率 f_c 和频率偏移 Δf 组成; $\tau_k^{(D)} = \tau_k^{(D)}(t=0)$ 表示仿真时间开始时的初始延时;路径权重可以通过 $\rho_k^{(D)} = \gamma_k^{(D)}(t=0) \cdot \exp[-j2\pi f_c \tau_k^{(D)}]$ 进行更新计算。

[0066] 那么,路径的 Doppler 频移可以根据几何模型计算为:

[0067]

$$\nu_k^{(D)} = \frac{f_c}{c_0} [v_{Tx} \cos(\phi_k(t=0)) + v_{Rx} \cos(\varphi_k(t=0))]$$

[0068] 式中, v_{Tx} 和 v_{Rx} 分别表示 Tx 和 Rx 的速度。

[0069] 由于传统的复指数求和仿真时间取决于多径数量,故采用多维 DPS 序列作为基本矢量函数来近似式时变频率响应中的复指数求和计算。其优点在于 DPS 子空间规模相对于多径数量要少很多,从而模型仿真复杂度随之降低。

[0070] 假设 t 和 f 分别表示离散时间和频率,令 $v_d(t, f)$ 表示时频二维 DPSS 序列,其中 $(t, f) \in \{0, \dots, T\} \times \{f_0, \dots, f_Q\}$,带限范围为 $(\tau_k^{(D)}, \nu_k^{(D)}) \in [0, \tau_{\max}^{(D)}] \times [-\nu_{\max}^{(D)}, \nu_{\max}^{(D)}]$ 。则,时变频率响应的 DPS 基本矢量可表示为:

[0071]
$$H^{(D)}(f, t) \approx \sum_{d=0}^{D-1} \alpha_d v_d(t, f)$$

[0072] 式中, α_d 表示 DPS 基本矢量系数,其可以计算为:

[0073]

$$\alpha_d = \sum_{k=1}^{N_D} \rho_k^{(D)} \lambda_d(\tau_k^{(D)}, \nu_k^{(D)})$$

[0074] 式中, $\lambda_d(\tau_k^{(D)}, \nu_k^{(D)})$ 表示基于 DPSS 的复指数函数的映射,其能利用近似的 DPS 波动函数计算而得。

[0075] 对高速公路上的车辆通信信道进行仿真评估,假设 Tx 移动速度为 90km/h, Rx 位于高速公路中间的一个固定位置。设置 Tx 与 Rx 的初始距离为 100m。随机放置 5 个移动离散点和 6 个静态离散点。高速公路两旁设置两个漫散射区域,每个区域随机分布 2000 条散射路径,漫散射区域面积为 500m×5m。仿真中利用 IEEE 802.11p 车辆通信协议的标准参数设置,带宽 $B=10\text{MHz}$,载波频率 $f_c=5.9\text{GHz}$,数据帧长度 $T=296 \mu\text{s}$,子载波数量 $M=64$ 。观察到在

整个仿真时段信道的变化情况,引入 DPSS 子空间低复杂度算法使得整个仿真时间相比复指数求和的方法减少了 30%,其中漫散射分量在 $1\mu\text{s}$ 延时之后可以观察到。

[0076] 计算信道在空间的功率谱时,采用虚拟天线阵列扫描技术实施全方位波束扫描探测。通过改变天线阵列馈电电压来控制天线波束方向和宽度的变化。在移动信道相干时间内通过控制电压快速切换、控制天线依次扫描空域中的多个角度,则可通过扫描探测信号直接得到每一个方向上接收到的信号强度,从而可以方便的得到发射和接收功率的角度分布谱,省去了数据计算所必要的数据存储时间,从而保障了实时处理的能力。

[0077] 本发明突破传统基于多种传感器进行车辆感知的局限性,利用先进的分布式移动信道探测技术,通过布置于车身周围的分布式隐形微带感知天线阵列,进行时空域的多维扫描探测,通过分析车辆移动过程中的信道传播特性,实时获取移动信道的多维时变参数,精确估计移动车辆的信道变化轨迹,感知车辆周围环境的变化情况,实现车联网应用中的车辆定位、识别与环境感知功能。

[0078] 以上显示和描述了本发明的基本原理、主要特征和本发明的优点。本行业的技术人员应该了解,本发明不受上述实施例的限制,上述实施例和说明书中描述的只是说明本发明的原理,在不脱离本发明精神和范围的前提下,本发明还会有各种变化和改进,这些变化和改进都落入要求保护的本发明范围内。本发明要求保护范围由所附的权利要求书及其等效物界定。

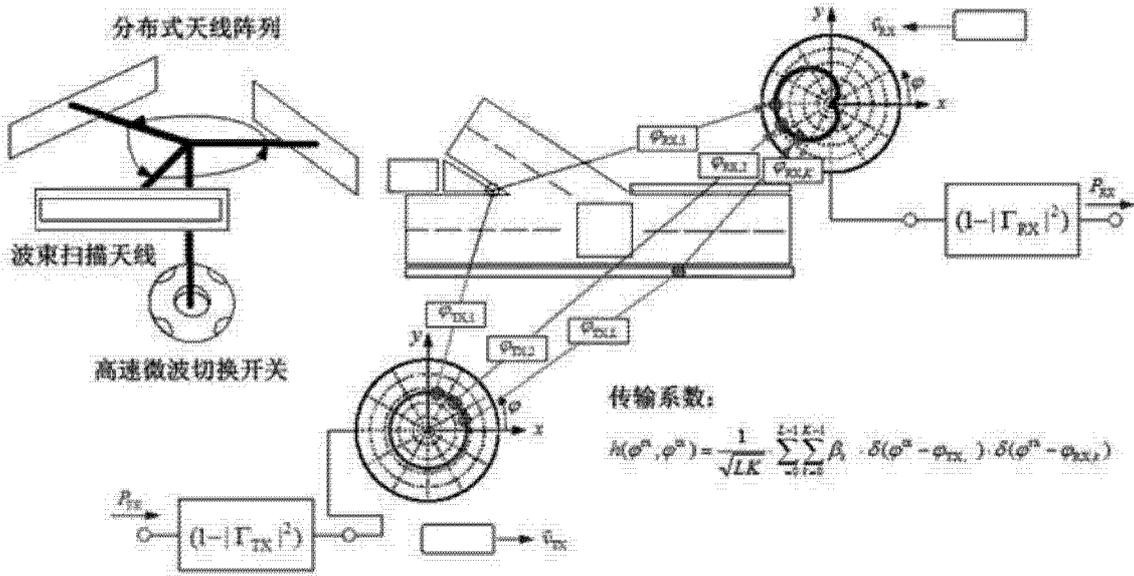


图 1

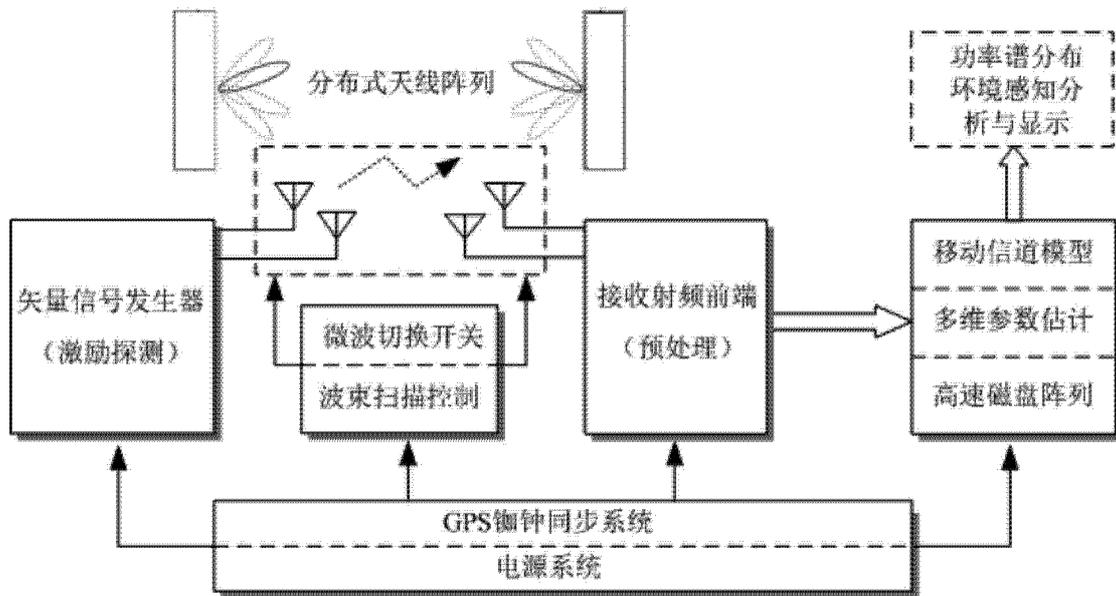


图 2

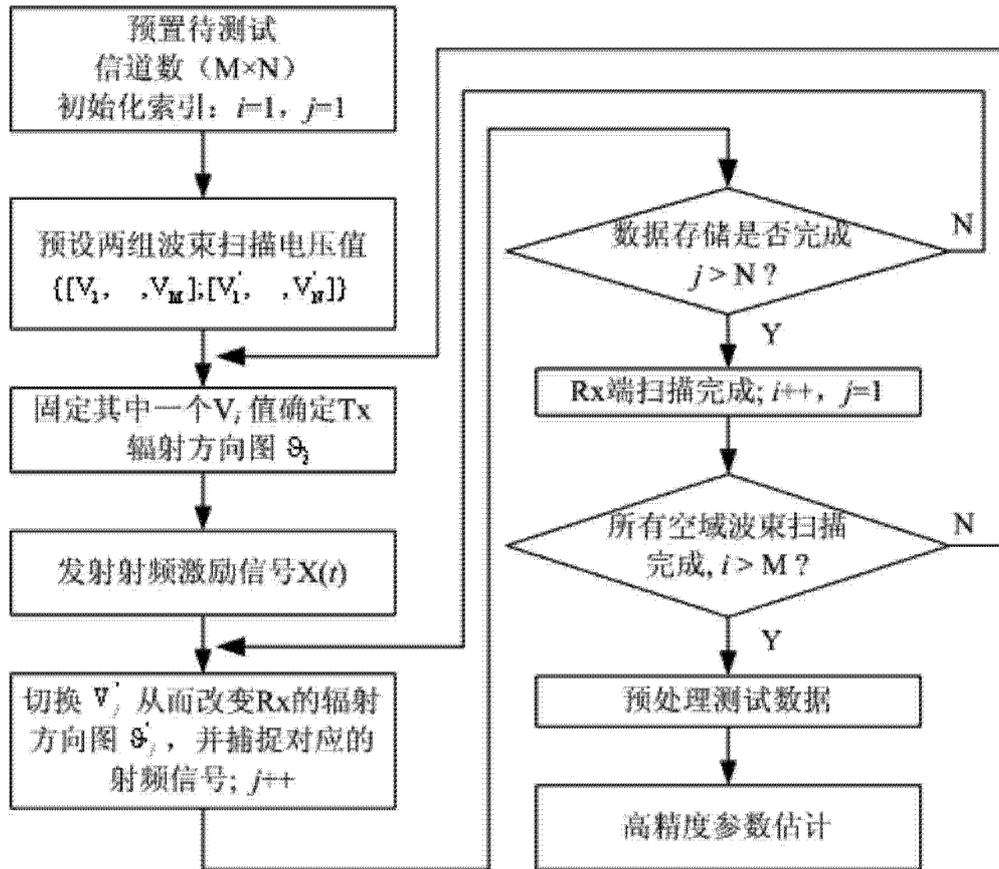


图 3

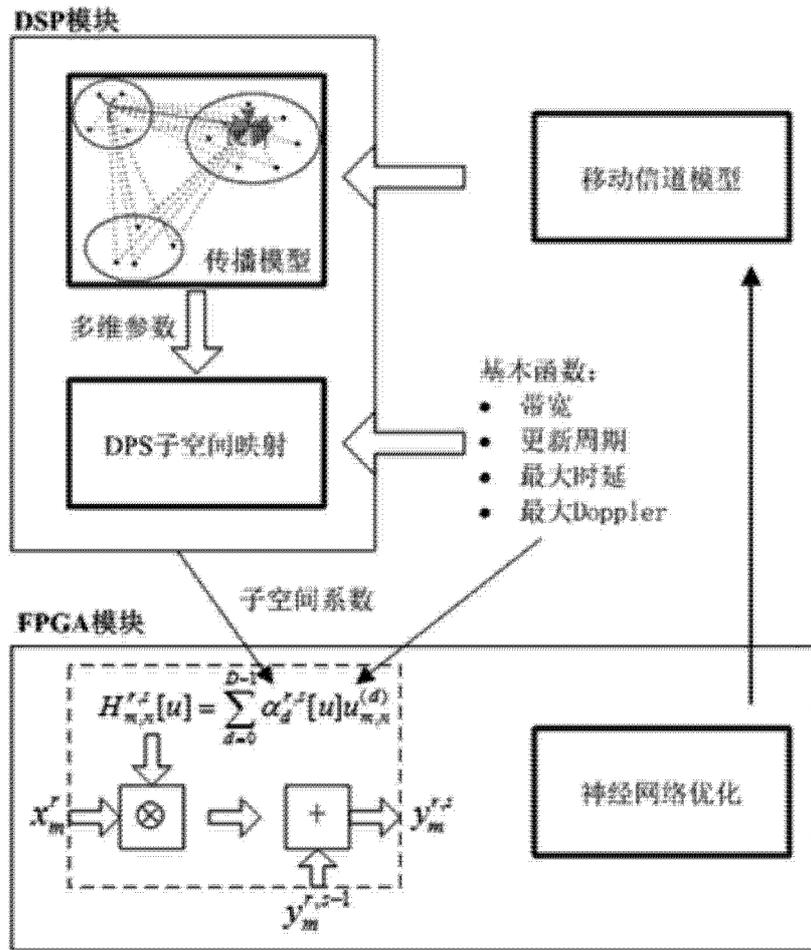


图 4