



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103702336 A

(43) 申请公布日 2014. 04. 02

(21) 申请号 201310740985. 7

(51) Int. Cl.

H04W 16/18 (2009. 01)

(22) 申请日 2013. 12. 27

H04W 16/22 (2009. 01)

(71) 申请人 中国科学院自动化研究所

H04W 24/06 (2009. 01)

地址 100190 北京市海淀区中关村东路 95
号

申请人 东莞中国科学院云计算产业技术创新与育成中心

(72) 发明人 黄武陵 王飞跃 朱凤华 杨柳青
熊刚(74) 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任
公司 11021

代理人 宋焰琴

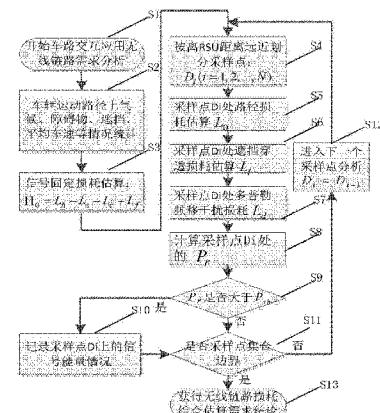
权利要求书2页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

一种车路交互无线网络部署的测评方法及装
置

(57) 摘要

本发明公开了一种车路交互无线网络部署的测评方法及装置。该方法包括：无线链路功率估算，对无线网络进行有效的规划，针对交通环境下的多种无线信号损耗进行分析，结合无线网络能量损耗模型估算无线链路评估结果，知道后续的实际部署；在运动状态下在车载节点前面放置不同遮挡物以进行无线网络等效遮挡模拟测试；通过采用基于采样的无线网络链路测评方法，让路侧节点处在正常的网络信号收发状态，用测试仪器或车载节点沿路采集网络信号强度数据，并进行统计分析；根据分析结果调整天线参数或发射功率对信号覆盖情况进行优化。通过上述方案，得到实际交通环境下、满足应用需求的综合优化无线网络部署方案，对于交通物联网规模化部署具有重要意义。



1. 一种车路交互无线网络部署的测评方法,其包括 :

 无线链路功率估算,用于对网络进行有效的规划,针对交通环境下的多种无线信号损耗进行分析,结合无线网络能量损耗模型估算无线链路评估结果,知道后续的实际部署;

 在运动状态下在车载节点前面放置不同遮挡物以进行无线网络等效遮挡模拟测试;

 通过采用基于采样的无线网络链路测评方法,让路侧节点处在正常的网络信号收发状态,用测试仪器或车载节点沿路采集网络信号强度数据,并进行统计分析;根据分析结果调整天线参数或发射功率对信号覆盖情况进行优化。

2. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于 :所述无线链路功率估算步骤进一步包括 :

 估算无线链路损耗,其包括自由空间中无线电波的路径损耗 L_0 、交通环境的天气及障碍物干扰等固定损耗 Π_0 、障碍物的穿透损耗 L_t 、多普勒频移效应损耗 L_d ,则无线链路功率的估算公式为 :

$$P_r = P_t + G_t - L_0 - \Pi_0 - L_t - L_d + G_r$$

 其中, P_r 为在交通环境下某点的无线信号功率, P_t 为无线设备的发射功率, G_t 为发射端无线设备的天线增益, G_r 为接收端无线设备的天线增益。

3. 如权利要求 2 所述的方法,其特征在于,无线链路功率估算步骤还包括根据所估算出的无线链路功率计算部署无线设备,其中无线设备和车载节点的最大距离为 :

$$d \leq e^{(P_t + G_t - (32.44 + 20 \lg f) - \Pi_0 - L_t - L_d + G_r - P_{th}) / 20}$$

 其中, f 为无线设备的功率, P_{th} 为无线设备的接收信号灵敏度阈值。

4. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于 :无线链路功率估算包括损耗综合估算,具体包括以下步骤 :

 步骤 1 :开始车路交互应用无线链路需求分析 ;

 步骤 2 :车辆运动路径上气候、障碍物遮挡、平均车速统计 ;

 步骤 3 :无线信号固定损耗估算 : $\Pi_0 = L_h - L_s - L_c - L_f$;其中, L_h 表示环境能量损耗, L_s 表示材料引起的损耗, L_c 表示信号能量衰弱的多径损耗, L_f 是交通环境障碍物的反射、散射、衍射及折射引起的损耗 ;

 步骤 4 :按离无线设备的距离远近划分采样点 : D_i ($i = 1, 2, \dots, N$) ;

 步骤 5 :采样点 D_i 处路径损耗估算 L_0 、遮挡穿透损耗估算 L_t 、最高速度下的多普勒频移干扰损耗估算 L_d ;

 步骤 6 :采样点 D_i 处的无线链路功率 P_r 计算 : $P_r = P_t + G_t - L_0 - \Pi_0 - L_t - L_d + G_r$;其中, P_r 为在交通环境下某点的无线信号功率, P_t 为无线设备的发射功率, G_t 为发射端无线设备的天线增益, G_r 为接收端无线设备的天线增益。

 步骤 7 :判断采样点 D_i 处的 P_r 是否大于接收信号灵敏度阈值 P_{th} ,如果不是,则转到步骤 9,如果是,则转步骤 8 ;

 步骤 8 :记录采样点 D_i 上的信号能量情况 ;

 步骤 9 :判断 D_i 是否到采样点集合边界,如果是,则转到步骤 11,如果是,则转步骤 10 ;

 步骤 10 :进入下一个采样点分析, $D_i = D_{i+1}$;

 步骤 11 :获得最后的无线链路需求结论。

5. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于 :在运动状态下在车载节点前面放置不同遮

挡物以进行无线网络等效遮挡模拟测试具体包括：

将无线设备安装在路侧，第一车载节点和第二车载节点分别安装在目标车辆的头部和尾部，模拟有遮挡和无遮挡情况，进行测试数据对比之后得到两组测评数据的比较结果。

6. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于：基于采样的无线网络链路测评方法具体包括：

通过运动路径上的边界值采样的无线网络链路测评方法，采样参数包括自定义的丢包率以及信号强度，用于验证无线链路信号能量分布。

7. 一种车路交互无线网络部署的测评装置，其包括：

无线链路功率估算模块，用于对网络进行有效的规划，针对交通环境下的多种无线信号损耗进行分析，结合无线网络能量损耗模型估算无线链路评估结果，知道后续的实际部署；

模拟测试模块，用于在运动状态下在车载节点前面放置不同遮挡物以进行无线网络等效遮挡模拟测试；

无线网络链路测评模块，其通过采用基于采样的无线网络链路测评方法，让路侧节点处在正常的网络信号收发状态，用测试仪器或车载节点沿路采集网络信号强度数据，并进行统计分析；根据分析结果调整天线参数或发射功率对信号覆盖情况进行优化。

一种车路交互无线网络部署的测评方法及装置

技术领域

[0001] 本发明属于信息处理技术领域，具体地涉及与交通物联网相关的一种车路交互无线网络部署的评测方法及装置。

背景技术

[0002] 随着交通物联网的兴起，无线网络在交通应用中得到普及。由于交通环境较为复杂，无线网络应用前需要先进行适用性研究，特别是针对车路交互等动态环境下的应用。

[0003] 交通专用无线网络事先规划主要包括部署环境、覆盖范围、接入点数量及带宽与速率要求以及通讯安全性等分析。

[0004] 由于在交通应用中不容易开展现场测试，所以需要在部署无线网络之前先做无线链路需求估算，通过建立交通环境的无线网络通讯模型，获得的理论模型下的无线网络参数估算，对后续的部署起到指导作用。此外，由于交通环境多样化，如果针对不同环境开展部署前的无线网络评估，则工作量较大，需要通过模型结合测试的方法来简化部署复杂性。而且，由于车路交互等动态交通应用中，针对高速移动的目标车辆不易开展无线网络性能评估，需要研究通过实际采样测试评估，获得现场部署的无线网络质量的测评结论，避免理论分析与实际环境下的偏差。根据测试结果进行确认、优化及调整，从而得到最佳部署方案。结合规范化的测评方法和流程，有利于交通专用无线网络的快捷及规模部署。

发明内容

[0005] 为了克服现有技术存在的上述问题，本发明提出了一种车路交互无线网络部署的测评方法。

[0006] 根据本发明的一方面，其提供了一种车路交互无线网络部署的测评方法，其包括：

[0007] 无线链路功率估算，用于对网络进行有效的规划，针对交通环境下的多种无线信号损耗进行分析，结合无线网络能量损耗模型估算无线链路评估结果，知道后续的实际部署；

[0008] 在运动状态下在车载节点前面放置不同遮挡物以进行无线网络等效遮挡模拟测试；

[0009] 通过采用基于采样的无线网络链路测评方法，让路侧节点处在正常的网络信号收发状态，用测试仪器或车载节点沿路采集网络信号强度数据，并进行统计分析；根据分析结果调整天线参数或发射功率对信号覆盖情况进行优化。

[0010] 根据本发明另一方面，其提供了一种车路交互无线网络部署的测评装置，其包括：

[0011] 无线链路功率估算模块，用于对网络进行有效的规划，针对交通环境下的多种无线信号损耗进行分析，结合无线网络能量损耗模型估算无线链路评估结果，知道后续的实际部署；

[0012] 模拟测试模块,用于在运动状态下在车载节点前面放置不同遮挡物以进行无线网络等效遮挡模拟测试;

[0013] 无线网络链路测评模块,其通过采用基于采样的无线网络链路测评方法,让路侧节点处在正常的网络信号收发状态,用测试仪器或车载节点沿路采集网络信号强度数据,并进行统计分析;根据分析结果调整天线参数或发射功率对信号覆盖情况进行优化。

[0014] 本发明提出一种车路交互无线网络部署的测评方法,包括车路交互应用无线链路需求估算,运动状态下的无线网络等效遮挡模拟测试方法,基于采样的无线网络链路测评方法。首先,针对交通环境下的多种无线信号损耗,进行无线网络能量损耗模型估算,获得无线链路的理论评估结果,避免在复杂交通现场下开展难度较大的测试,并对后续的实际部署具有指导性作用。其次,通过等效遮挡模拟测试方法,避免了多车协同测评时的高速车辆运行带来的危险,降低了测试成本。通过采用基于采样的无线网络链路测评方法,简化了测评流程,保证了测评结论的可靠性。通过上述方法,可以得到实际交通环境下的满足应用需求的综合优化的部署方案,对于大规模部署交通物联网具有重要的意义。

[0015] 通过运动路径上的边界值采样的无线网络链路测评方法,采样参数包括自定义的丢包率(PER)以及信号强度(RSSI),用于验证无线链路信号能量分布。

[0016] 综上,利用本发明的方法,能够得到实际交通环境下、满足应用需求的综合优化无线网络部署方案,对于交通物联网规模化部署具有重要意义。

附图说明

[0017] 图1是本发明中车路交互无线网络部署示意图;

[0018] 图2是本发明中无线链路损耗综合估算流程图;

[0019] 图3是本发明中运动状态下的无线网络等效遮挡模拟测评示意图;

[0020] 图4是本发明中无线设备和车载节点运动路径上的采样点划分示意。

具体实施方式

[0021] 为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚明白,以下结合具体实施例,并参照附图,对本发明作进一步的详细说明。

[0022] 本发明提出的一种车路交互无线网络部署的测评方法,其包括车路交互应用无线链路估算,运动状态下的无线网络等效遮挡模拟测试方法,基于采样的无线网络链路测评方法。

[0023] 首先,无线链路估算用于对网络进行有效的规划。针对交通环境下的多种无线信号损耗进行分析,结合无线网络能量损耗模型估算无线链路评估结果,对后续的实际部署具有指导性作用。

[0024] 其次,由于在慢速的城市交通环境下,路侧节点和车载节点无线链路之间经常存在一辆或者多辆车了遮挡,通过对不同车辆对无线网络损耗的经验分析,本专利提出在车载节点前面放置不同遮挡物的一种等效遮挡模拟的测试方法。通过等效遮挡模拟测试方法,避免了多车协同测评时的高速车辆运行带来的危险。

[0025] 最后,通过采用基于采样的无线网络链路测评方法,让路侧节点处在正常的网络信号收发状态,用测试仪器或车载节点沿路采集网络信号强度数据。采用合适的统计处理

方法得出结果,通过调整天线参数或发射功率等方式对信号覆盖情况进行优化。简化了测评流程,保证了车路交互网络的可靠性。

[0026] 通过上述方法,可以得到实际交通环境下的满足应用需求的综合优化的部署方案,对于大规模部署交通物联网具有重要的意义。

[0027] 图 1 示出了本发明中车路交互无线网络部署示意图。如图 1 所示,在车路交互应用场景中,路侧节点无线设备 (RSU) 1 安装在有一定高度的立杆上,车载节点 (OBU) 2 安装在车上;RSU1 和 OBU2 节点之间需要一定的通讯距离以保证应用的有效性。RSU1 和 OBU2 节点之间存在多种遮挡 3,包括其他移动和静止的车辆、树木、建筑物隔墙等等。

[0028] 在交通场景的实际分析中,只考虑 RSU1 和 OBU2 在近似同一平面内的无线信号覆盖与损失情况。根据无线电磁波的传播模型和路径损耗模型,估算出在位于 RSU1 设备之外的交通环境下某点的无线信号功率 P_r ,无线链路损耗包括自由空间中无线电磁波的路径损耗 L_0 、交通环境的天气及障碍物干扰等固定损耗 Π_0 、障碍物的穿透损耗 L_t 、多普勒频移效应损耗 L_d 等,其综合估算公式为:

$$[0029] P_r = P_t + G_t - L_0 - \Pi_0 - L_t - L_d + G_r$$

[0030] 其中, P_t 为 RSU 无线设备的发射功率, G_t 为 RSU 无线设备的天线增益,此两项均为已知。 L_0 为自由空间中无线电磁波的路径损耗:

$$[0031] L_0 = 32.44 + 20\lg f + 20\lg d$$

[0032] 其中, f 是 RSU/OBU 的工作频率,单位 MHz; d 是 RSU 和 OBU 之间距离,单位 km。

[0033] 计算固定无线信号能量损耗 Π_0 :

$$[0034] \Pi_0 = L_h - L_s - L_c - L_f$$

[0035] 其中, L_h 、 L_s 、 L_c 、 L_f 是交通环境下的固定无线信号能量损耗组成,在典型交通环境下这些损耗值均可经过实际测试得到: L_h 表示交通环境下的大气、灰尘和湿气浓度引起的环境能量损耗,例如,取 10dBm; L_s 表示线缆及其接头等材料引起的损耗,例如,取 6~8dBm; L_c 表示电磁波遇到障碍物时,在不同路径上的多径效应引起信号能量衰弱的多径损耗,例如,取 8dBm; L_f 是交通环境障碍物的反射、散射、衍射及折射引起的损耗,例如,取 10dBm。

[0036] 其中, G_r 是接收端无线设备天线增益,可视为 OBU 的实际天线配置得到增益值。

[0037] 其中, L_t 表示的障碍物的穿透损耗需要据实际的遮挡场景中的遮挡物来计算。

[0038] L_d 表示车载 OBU 与 RSU 之间高速相对运动时,由于多普勒频移效应,引起频偏 $2\Delta f$ 造成的接收机解调性能下降而引起的能量损耗。如果在低速应用中,进行无线能量估算时,而 L_d 较小。车载 OBU 相对于路侧 RSU 相对高速运动时存在多普勒频移效应,RSU 接收的频率与车载 OBU 发射的频率存在一定载波频率偏差为 $2\Delta f$,其 $\Delta f = f/c*v*\cos\alpha$,其中 $\alpha \in (0, \pi)$ 是 OBU 移动方向与信号传播方向的角度; v 是 OBU 和 RSU 相对移动速度,当 RSU 位置固定时可等效为 OBU 移动速度; c 为电磁波在自由空间的传播速度即 3×10^8 米 / 秒。 d 为 OBU 运动方向与 RSU 间的垂直距离, t 为运行时间。由于 $\cos\alpha = vt / \sqrt{v^2t^2 + d^2}$, 可

得到 $\Delta f = (f/c)*(v^2t / \sqrt{v^2t^2 + d^2})$ 。如果 RSU 安装在较近的路侧,则 d 值可以忽略。如果 $2\Delta f$ 的值较大,将会使解调性能下降,从而导致接收性能恶化,其接收功率下降值,通过实际测试的曲线拟合得到。在本发明实施例中由于车辆速度不超过 200km/h,所以可以针对 900MHz 无线频段取功率损耗经验值为 1.5dbm,可以针对 2.4GHz 无线频段取功率损耗经验

值为 6dbm。

[0039] Π_0 较为固定,较多考虑自由空间传播的路径损耗和穿透障碍物的能量损耗衰减。

[0040] 最后,无线网络传输中要求覆盖区域范围之内一定传输速率下的误帧率低于一定值,其接收信号电平大于设备接收机灵敏度阈值要求 P_{th} ,以便从中区分出信号和噪声。交通环境下车路交互无线网络链路覆盖范围估计方法:当 OBU 接收信号功率 P_r 大于其接收信号灵敏度阈值时 P_{th} ,可以计算出最大距离。由于 $P_r = P_t + G_t - L_0 - \Pi_0 - L_t - L_d + G_r$, $P_r \geq P_{th}$ 且有 $L_0 = 32.44 + 20\lg f + 20\lg d$, 所以得到: $P_t + G_t - (32.44 + 20\lg f + 20\lg d) - \Pi_0 - L_t - L_d + G_r \geq P_{th}$, 进一步得到: $20\lg d \leq P_t + G_t - (32.44 + 20\lg f) - \Pi_0 - L_t - L_d + G_r - P_{th}$, 最后得到: $d \leq e^{(P_t + G_t - (32.44 + 20\lg f) - \Pi_0 - L_t - L_d + G_r - P_{th})/20}$

[0041] 图 2 示出了本发明总无线链路损耗综合估算方法流程图。如图 2 所示,其步骤如下:

[0042] 步骤 S1 :开始车路交互应用无线链路需求分析;

[0043] 步骤 S2 :车辆运动路径上气候、障碍物、遮挡、平均车速等情况统计;

[0044] 步骤 S3 :信号固定损耗估算: $\Pi_0 = L_h - L_s - L_c - L_f$;

[0045] 步骤 S4 :按离 RSU 距离远近划分采样点: D_i ($i = 1, 2, \dots, N$) ;

[0046] 步骤 S5 :采样点 D_i 处路径损耗估算 L_0 ;

[0047] 步骤 S6 :采样点 D_i 处遮挡穿透损耗估算 L_t ;

[0048] 步骤 S7 :采样点 D_i 处多普勒频移干扰损耗 L_d (采用道路最高限速下的估算值);

[0049] 步骤 S8 :计算采样点 D_i 处的 P_r : $P_r = P_t + G_t - L_0 - \Pi_0 - L_t - L_d + G_r$;

[0050] 步骤 S9 :判断采样点 D_i 处的 P_r 是否大于 P_{th} ,如果不是,则转到步骤 S11,如果是,则转步骤 S10;

[0051] 步骤 S10 :记录采样点 D_i 上的信号能量情况;

[0052] 步骤 S11 :判断 D_i 是否到采样点集合边界,如果是,则转到步骤 S13,如果否,则转步骤 S12;

[0053] 步骤 S12 :进入下一个采样点分析, $D_i = D_{i+1}$,转步骤 S4;

[0054] 步骤 S13 :获得无线链路损耗综合估算结论。

[0055] 在开展运动状态下的无线网络测评时,包括车载 OBU 前方有车辆遮挡和无车辆遮挡两种情况。如果车载 OBU 与 RSU 的通讯链路前方无其他车辆遮挡情况下,则遮挡穿透损耗 $L_t = 0$;如果 OBU 与 RSU 的通讯链路上存在其他车辆遮挡,则需要通过模拟车辆遮挡情况来方便开展测试。

[0056] 图 3 示出了本发明中运动状态下的无线网络等效遮挡模拟测评示意图。如图 3 所示,RSU 路侧节点 1 安装在路侧支杆上,车载 OBU1 和车载 OBU2 完全相同配置,两者之间放置有遮挡物 K。OBU1 与 RSU1 通讯表示没有前车遮挡情况;OBU2 与 RSU1 通讯时需要穿透遮挡物 K,表示等效模拟有前车遮挡的情况,并且可以根据所需模拟的前车遮挡情况来灵活设定遮挡 K。例如根据测试需要来选择车辆类型,车辆信号穿透损耗值可通过测试可得到;例如小汽车穿透功率损耗为 13dbm,公交和大巴车辆穿透功率损耗为 25dbm。常见不同种类和规格的物体的无线功率损耗值可以查询相应的表格获得,从而可以确定遮挡物 K,通常遮挡物 K 采用多层玻璃、木材和钢铁制作的隔离板。

[0057] 图 4 示出了本发明中 RSU 和 OBU 运动路径上的采样点划分示意图。如图 4 所示,

针对 RSU 和 OBU 的相对运动路径, 将零点 D_0 和最远点 D_n 进行等分, 细化出采样点集合 D_i ($i = 1, 2, \dots, N$)。采样参数包括信号强度 (RSSI), 可以通过频谱分析仪或者无线网络芯片自带的功能来采集。采样参数还丢包率 (PER), 可以通过在测试的时间 T 内, RSU 收到 OBU 发送的数据包数除以 OBU 在测试的时间 T 固定发送的总包数 ($M-N$), 得到丢包率估算值:

$$[0058] P = \frac{\text{Receive_Num}}{M - N} \times 100\%$$

[0059] 在上述采样点划分需要遵守下面规则, 以确定采样点集合边界, 验证无线网络部署的有效性。

[0060] 在节点之间有遮挡、没有直射链路时, 接收信号是服从瑞利分布。采用采样区间划分和均匀采样数等方法进行信号强度采样。采样区间 D_i-D_{i-1} 长为 20λ 至 40λ (λ 为无线信号波长), 信号快衰落对信号均值的影响分别小于 1.56dB 至 1dB ; 在保证样本点间独立分布时, 均匀采样数 $N > 36$, 则其算术平均统计量与均值真值差 (近似等于标准差) 小于等于 1dB 的概率为 90% 。若取统计区间为 40λ , 则样本间距小于等于 1.11λ , 可保证样本间无关性。

[0061] 当车路交互环境较为简单, 节点之间没有遮挡、存在直射链路路径时, 接收信号是服从莱斯分布的。采用极大似然估计方法来估计参数, 减少区间内的采样点数。设 $Z_i = r(x_i)$ 为某点 x_i 处的接收信号强度, 得到它的概率密度为:

$$[0062] f_y(y) = f(y^2) \cdot 2y = \frac{2}{(2\sigma^2)^{n/2} \cdot \Gamma(n/2)} \cdot e^{-\frac{y^2}{2\sigma^2}} \cdot y^{n-1}, y > 0$$

[0063] 上式较为复杂, 难得到 EY 和 DY 的解析式, 可以采用 Matlab 等软件进行近似求解。

[0064] 估值 \bar{r} 均值的表达形式为:

$$[0065] \hat{m} = E\bar{r} = E\left[\sqrt{\frac{\pi}{2}} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^N z_i^2 / 2N}\right] = \sqrt{\frac{\pi}{2}} \cdot \sqrt{\frac{1}{2N}} \cdot EY$$

[0066] 估值 \bar{r} 方差的表达形式为:

$$[0067] \hat{\sigma}_r^2 = D\bar{r} = \frac{\pi}{2} \cdot \frac{1}{2N} \cdot DY$$

[0068] 取参数 $P_g = \frac{\hat{m} + \hat{\sigma}_r}{\hat{m}}$, 取对数后得到: $P_g(\text{dB}) = 20\lg(\frac{\hat{m} + \hat{\sigma}_r}{\hat{m}})$ 将上面带入本式, 可

以得出, 当采样数 $N = 17$ 时, 估值标准差偏离均值 1dB 。 N 越大, 算法收敛的越好。可以证得, 当 $N > 28$ 时, 就可以保证估值偏离均值在 1db 范围内的概率为 90% 。相比没有直接链路时需要较少的采样点。

[0069] 以上所述的具体实施例, 对本发明的目的、技术方案和有益效果进行了进一步详细说明, 应理解的是, 以上所述仅为本发明的具体实施例而已, 并不用于限制本发明, 凡在本发明的精神和原则之内, 所做的任何修改、等同替换、改进等, 均应包含在本发明的保护范围之内。

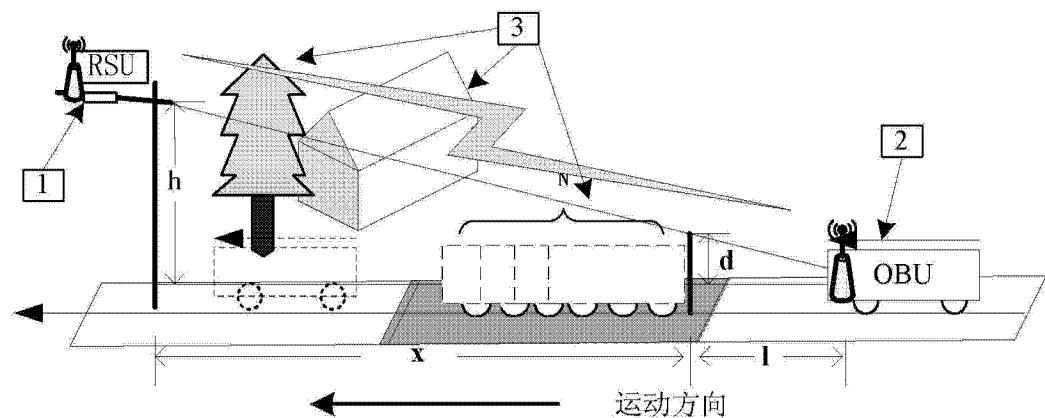


图 1

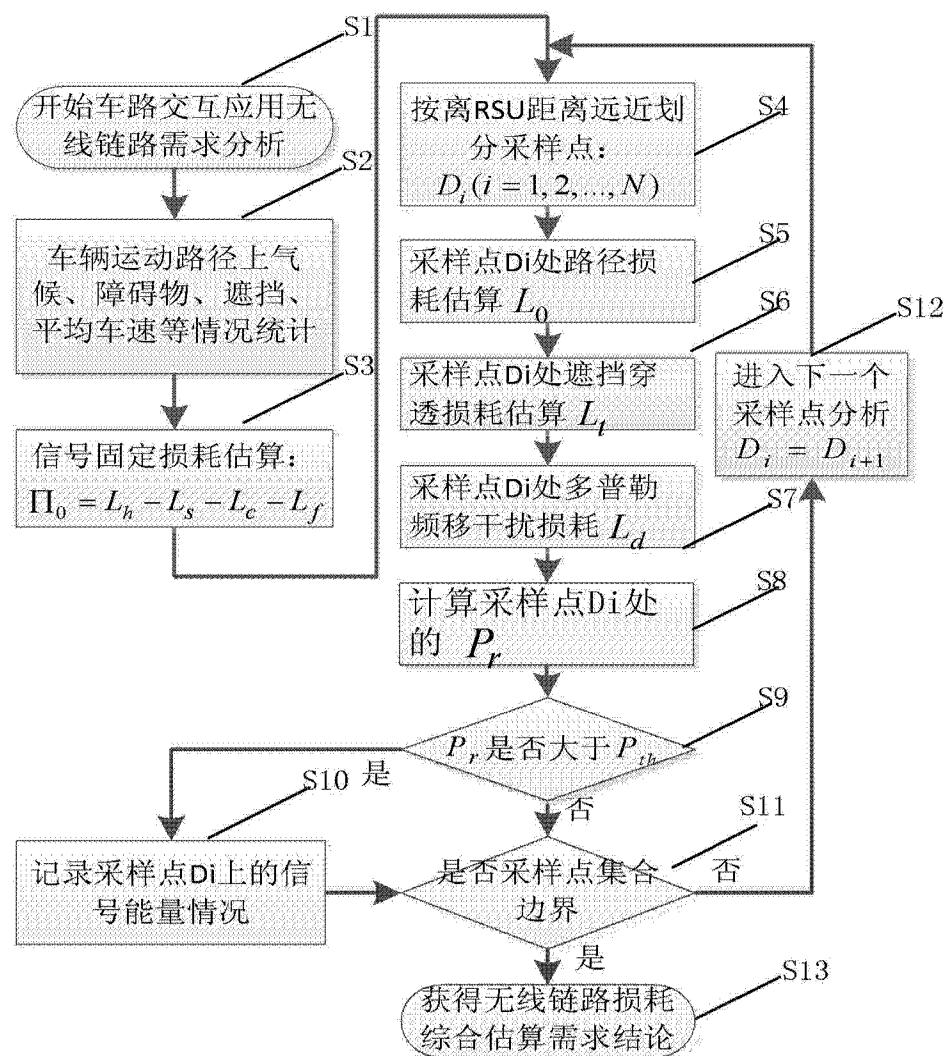


图 2

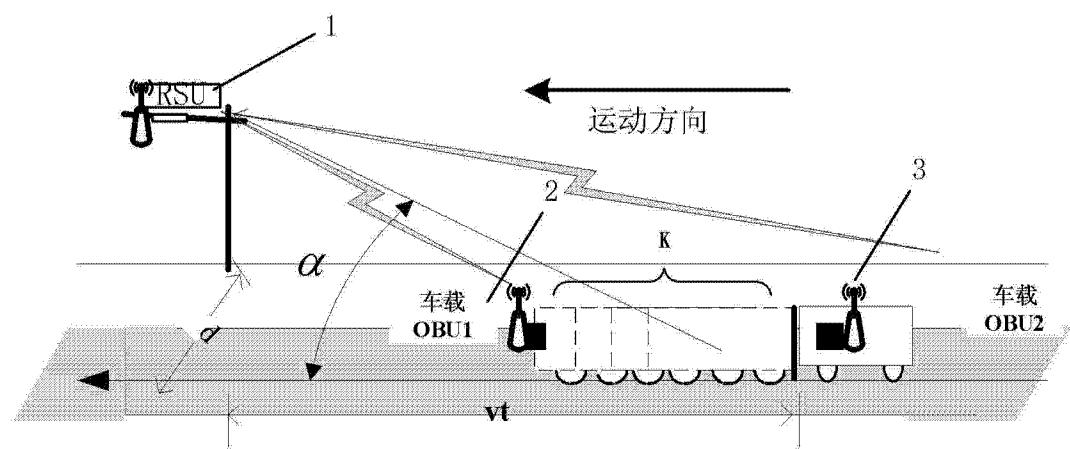


图 3

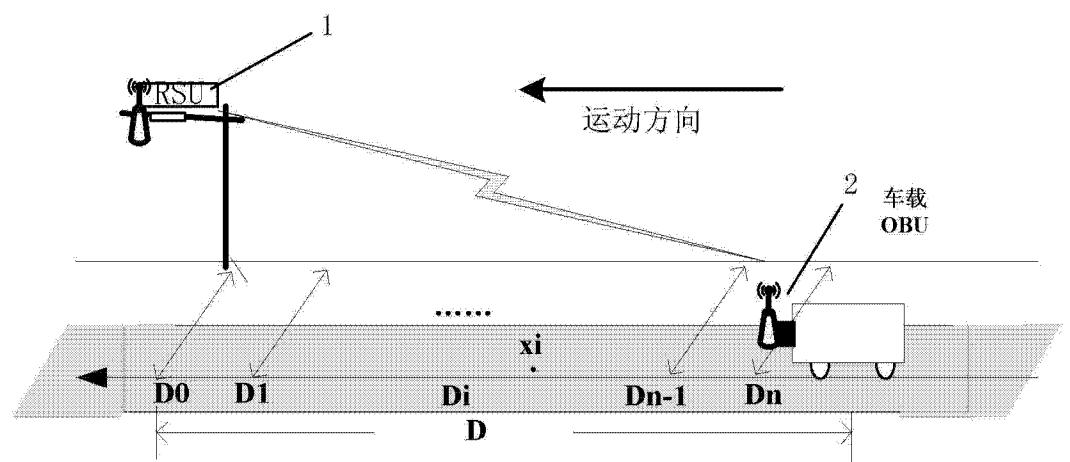


图 4