



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105610528 B

(45)授权公告日 2018.05.08

(21)申请号 201510953893.6

H04B 1/7073(2011.01)

(22)申请日 2015.12.17

(56)对比文件

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 105610528 A

CN 102098082 A,2011.06.15,

CN 101394233 A,2009.03.25,

CN 101835237 A,2010.09.15,

(43)申请公布日 2016.05.25

US 2015304132 A1,2015.10.22,

(73)专利权人 中国铁路总公司

地址 100844 北京市海淀区复兴路10号

专利权人 北京交通大学

马恒彪.基于射线追踪与3D统计信道模型的对比方法研究与仿真.《中国硕士学位论文全文数据库信息科技辑》.2015,(第08期),

(72)发明人 艾渤 王琦 何睿斯 钟章队

官科 李岩 杨靖雅

何睿斯.车载网络复杂场景下无线信道测量与建模研究.《中国博士学位论文全文数据库工程科技II辑》.2015,(第06期),

(74)专利代理机构 北京正理专利代理有限公司

11257

代理人 张雪梅 白淑贤

审查员 庄俊贤

(51)Int.Cl.

H04B 17/391(2015.01)

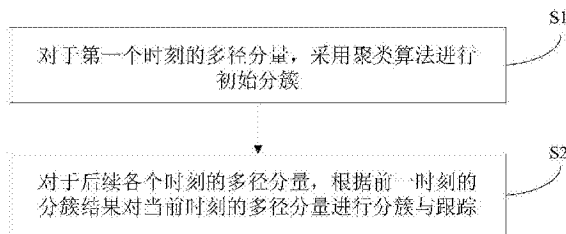
权利要求书2页 说明书8页 附图4页

(54)发明名称

一种针对时变信道多径分量的分簇与跟踪方法

(57)摘要

本发明公开了一种针对时变信道多径分量的分簇与跟踪方法,该方法包括以下步骤:对于第一个时刻的多径分量,采用聚类算法进行初始分簇;对于后续各个时刻的多径分量,根据前一时刻的分簇结果对当前时刻的多径分量进行分簇与跟踪。本发明利用时变信道的特性以及相邻时刻多径分量之间的联系,仅对第一个时刻的多径分量使用传统聚类算法进行初始分簇,而对接下来的各个时刻的多径分量不再利用传统聚类算法来分簇,而是利用时变信道的特性,直接基于前一时刻的分簇结果对下一时刻的多径簇进行分簇与跟踪,因此能够显著提升分簇与跟踪的准确性,且降低其复杂度。



1. 一种针对时变信道多径分量的分簇与跟踪方法,其特征在于,包括以下步骤:

S1、对于第一个时刻的多径分量,采用聚类算法进行初始分簇;

S2、对于后续各个时刻的多径分量,根据前一时刻的分簇结果对当前时刻的多径分量进行分簇与跟踪;

步骤S2包括:

S201、计算当前时刻所有多径分量所对应的散射点与前一时刻的所有簇心的距离;

S202、根据计算得到的距离,将当前时刻的各个多径分量划分到与之距离最近的前一时刻的簇中;

S203、确定前一时刻的所有簇的最大范围门限和最小密度门限;

S204、根据所述最大范围门限判定当前时刻是否有新簇产生;

S205、如果判定出当前时刻有新簇产生,根据所述最小密度门限判定所述新簇是否为噪声,如果判定所述新簇为噪声,则删除该新簇。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,在步骤S201中,根据以下公式(1)计算当前时刻的多径分量所对应的散射点与前一时刻的所有簇心的距离:

$$d_{ik}(y_i, u_k) = \sqrt{\|d_r\|^2 + \|d_\phi\|^2} \quad (1)$$

其中, u_k 为前一时刻第 k 个簇的簇心, y_i 为当前时刻第 i 个多径分量, $d_{ik}(y_i, u_k)$ 为当前时刻第 i 个多径分量所对应的散射点与前一时刻第 k 个簇的簇心的距离, d_r 为当前时刻第 i 个多径分量所对应的散射点与前一时刻第 k 个簇的簇心之间的归一化时延差值, d_ϕ 为当前时刻第 i 个多径分量所对应的散射点与前一时刻第 k 个簇的簇心之间的归一化到达角差值。

3. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,根据以下公式(2)确定前一时刻的所有簇的最大范围门限:

$$TH_{1,k} = \max \{d_{jk}(x_j, u_k)\} \quad (2)$$

其中,前一时刻包括 K 个簇, $TH_{1,k}$ 为第 k 个簇的最大范围门限, $1 \leq k \leq K$; u_k 为前一时刻第 k 个簇的簇心, x_j 为前一时刻第 j 个多径分量, $d_{jk}(x_j, u_k)$ 为前一时刻第 j 个多径分量所对应的散射点与前一时刻第 k 个簇的簇心的距离。

4. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,根据以下公式(3)确定前一时刻的所有簇的最小密度门限 TH_2 :

$$TH_2 = \max \left\{ \frac{\text{number}(k)}{\pi [d_{jk}(x_j, u_k)]^2} \right\} \quad (3)$$

其中, u_k 为前一时刻第 k 个簇的簇心, x_j 为前一时刻第 j 个多径分量, $d_{jk}(x_j, u_k)$ 为前一时刻第 j 个多径分量所对应的散射点与前一时刻第 k 个簇的簇心的距离, $\text{number}(k)$ 为前一时刻第 k 个簇中的多径分量所对应的散射点的点数。

5. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,步骤S204包括:

根据步骤S203中确定的最大范围门限对当前时刻的所有多径分量进行判定,如果某个或某些多径分量所对应的散射点与距其最近的前一时刻的簇心之间的距离大于该簇的最大范围门限,则将所述某个或某些多径分量划分为新簇中的多径分量,判定有新簇产生;

由不同簇心的最大范围门限所判定的多径分量属于不同的新簇,由同一个簇心的最大

范围门限所判定的多径分量属于相同的新簇。

6. 根据权利要求5所述的方法,其特征在于,步骤S204还包括:

当所述新簇中的多径分量所对应的散射点的点数小于5个时,判定该新簇为噪声。

7. 根据权利要求5所述的方法,其特征在于,步骤S205包括:

根据步骤S203中确定的最小密度门限对当前时刻产生的新簇进行判定,如果所述新簇中的多径分量所对应的散射点的密度小于所述最小密度门限,则判定所述新簇为噪声。

8. 根据权利要求1至7中任意一项所述的方法,其特征在于,所述方法还包括:

在基于射线跟踪法的仿真器中建立仿真场景,获取并存储仿真结果,并将所述仿真结果与分簇的结果进行比较,评价分簇的准确性。

9. 根据权利要求1至7中任意一项所述的方法,其特征在于,步骤S1中的聚类算法为基于密度的聚类算法。

一种针对时变信道多径分量的分簇与跟踪方法

技术领域

[0001] 本发明涉及无线移动通信技术领域,尤其涉及一种针对时变信道多径分量的分簇与跟踪方法。

背景技术

[0002] 近年来,车对车通信由于能够显著提升智能交通系统的效率和安全性,而得到了研究学者的广泛关注。对于车对车通信电波传播的研究,更是整个车对车无线通信系统研究的基础。然而与传统蜂窝通信系统不同,车对车通信因为其显著的信道时变特性而变得更加复杂。

[0003] 针对复杂的时变信道,建立准确的车对车通信信道模型来描述电波传播特性成为必须。其中,基于散射体簇的信道模型因为其准确描述信道物理特性成为一类重要的模型,并被许多工业界标准化组织(如3GPP、COST等)应用。

[0004] 在基于散射体簇的信道模型中,根据示意场景中反散射体的分布,电波传播过程中产生的多径分量通过多径的时延、离开角以及到达角被分成不同的多径簇,显然,模型建立的基础首先就是对多径分量进行分簇。对多径簇定义的过程大多依赖于传统数学分布产生。在过去几年的时间内,已有相关学者针对这一问题提出了肉眼观察分簇的一些方法以及针对非时变信道的自动分簇方法,然而这些方法显然难以实现对时变信道多径簇的追踪。此外,虽然针对追踪方法也有部分研究成果,但是这些研究成果往往需要基于对时变过程中每一个时刻多径分量分簇的结果,而一旦分簇结果在某一时刻产生偏差,就会大大影响跟踪的效果。

[0005] 也就是说,现有方法主要是在每个离散时刻对多径簇进行分簇,并未从算法本身考虑时变现象,不仅复杂度高,而且准确度也较低。例如,如果利用k-means算法,其分簇数目必须为先验数值,无法满足时变信道条件下散射体簇数目不断变化的要求。而DBSCAN算法虽然可以解决散射体簇数目不断变化的问题,但是其分簇的准确性在许多时刻都比较低。

[0006] 综上所述,如何建立一个针对时变信道多径分量的低复杂度和高准确度的分簇方法,以及如何利用时变信道特性实现多径簇跟踪,成为本领域亟待解决的技术问题。

发明内容

[0007] 本发明的目的在于提供一种针对时变信道多径分量的分簇与跟踪方法,以提高时变信道条件下多径分量分簇及跟踪的准确性,并降低复杂度。

[0008] 为达到上述目的,本发明采用下述技术方案:

[0009] 一种针对时变信道多径分量的分簇与跟踪方法,包括以下步骤:

[0010] S1、对于第一个时刻的多径分量,采用聚类算法进行初始分簇;

[0011] S2、对于后续各个时刻的多径分量,根据前一时刻的分簇结果对当前时刻的多径分量进行分簇与跟踪。

[0012] 优选地,所述步骤S2包括:

[0013] S201、计算当前时刻所有多径分量所对应的散射点与前一时刻的所有簇心的距离;

[0014] S202、根据计算得到的距离,将当前时刻的各个多径分量划分到与之距离最近的前一时刻的簇中;

[0015] S203、确定前一时刻的所有簇的最大范围门限和最小密度门限;

[0016] S204、根据所述最大范围门限判定当前时刻是否有新簇产生;

[0017] S205、如果判定出当前时刻有新簇产生,根据所述最小密度门限判定所述新簇是否为噪声,如果判定所述新簇为噪声,则删除该新簇。

[0018] 优选地,在步骤S201中,根据以下公式(1)计算当前时刻的多径分量所对应的散射点与前一时刻的所有簇心的距离:

$$[0019] \quad d_{ik}(y_i, u_k) = \sqrt{\|d_\tau\|^2 + \|d_\phi\|^2} \quad (1)$$

[0020] 其中, u_k 为前一时刻第 k 个簇的簇心, y_i 为当前时刻第 i 个多径分量, $d_{ik}(y_i, u_k)$ 为当前时刻第 i 个多径分量所对应的散射点与前一时刻第 k 个簇的簇心的距离, d_τ 为当前时刻第 i 个多径分量所对应的散射点与前一时刻第 k 个簇的簇心之间的归一化时延差值, d_ϕ 为当前时刻第 i 个多径分量所对应的散射点与前一时刻第 k 个簇的簇心之间的归一化到达角差值。

[0021] 优选地,根据以下公式(2)确定前一时刻的所有簇的最大范围门限:

$$[0022] \quad TH_{1,k} = \max \{d_{jk}(x_j, u_k)\} \quad (2)$$

[0023] 其中,前一时刻包括 K 个簇, $TH_{1,k}$ 为第 k 个簇的最大范围门限, $1 \leq k \leq K$; u_k 为前一时刻第 k 个簇的簇心, x_j 为前一时刻第 j 个多径分量, $d_{jk}(x_j, u_k)$ 为前一时刻第 j 个多径分量所对应的散射点与前一时刻第 k 个簇的簇心的距离。

[0024] 优选地,根据以下公式(3)确定前一时刻的所有簇的最小密度门限 TH_2 :

$$[0025] \quad TH_2 = \max \left\{ \frac{\text{number}(k)}{\pi [d_{jk}(x_j, u_k)]^2} \right\} \quad (3)$$

[0026] 其中, u_k 为前一时刻第 k 个簇的簇心, x_j 为前一时刻第 j 个多径分量, $d_{jk}(x_j, u_k)$ 为前一时刻第 j 个多径分量所对应的散射点与前一时刻第 k 个簇的簇心的距离, $\text{number}(k)$ 为前一时刻第 k 个簇中的多径分量所对应的散射点的点数。

[0027] 优选地,所述步骤S204包括:

[0028] 根据步骤S203中确定的最大范围门限对当前时刻的所有多径分量进行判定,如果某个或某些多径分量所对应的散射点与距其最近的前一时刻的簇心之间的距离大于该簇的最大范围门限,则将所述某个或某些多径分量划分为新簇中的多径分量,判定有新簇产生;

[0029] 由不同簇心的最大范围门限所判定的多径分量属于不同的新簇,由同一个簇心的最大范围门限所判定的多径分量属于相同的新簇。

[0030] 优选地,所述步骤S204还包括:

- [0031] 当所述新簇中的多径分量所对应的散射点的点数小于5个时,判定该新簇为噪声。
- [0032] 优选地,所述步骤S205包括:
- [0033] 根据步骤S203中确定的最小密度门限对当前时刻产生的新簇进行判定,如果所述新簇中的多径分量所对应的散射点的密度小于所述最小密度门限,则判定所述新簇为噪声。
- [0034] 优选地,所述方法还包括:
- [0035] 在基于射线跟踪法的仿真器中建立仿真场景,获取并存储仿真结果,并将所述仿真结果与分簇的结果进行比较,评价分簇的准确性。
- [0036] 优选地,步骤S1中的聚类算法为基于密度的聚类算法。
- [0037] 本发明具有以下有益效果:
- [0038] 利用时变信道的特性以及相邻时刻多径分量之间的联系,仅对第一个时刻的多径分量使用传统聚类算法进行初始分簇,而对接下来的各个时刻的多径分量不再利用传统聚类算法来分簇,而是利用时变信道的特性,直接基于前一时刻的分簇结果对下一时刻的多径簇进行分簇与跟踪,因此能够显著提升分簇与跟踪的准确性,且降低其复杂度。

附图说明

- [0039] 下面结合附图对本发明的具体实施方式作进一步详细的说明。
- [0040] 图1是本发明实施例中所提供的针对时变信道多径分量的分簇与跟踪方法的流程图;
- [0041] 图2是本发明实施例中步骤S2的具体流程图;
- [0042] 图3是本发明实施例中的仿真场景示意图;
- [0043] 图4是利用射线跟踪法在仿真场景中针对 s_1 时刻得到的多径分量示意图;
- [0044] 图5是DBSCAN算法实现的示意图;
- [0045] 图6(a)-图6(b)是对时变的多径分量进行分簇与跟踪的方法的实现步骤示意图;
- [0046] 图7(a)-图7(f)分别给出了六个典型时刻对时变的多径分量进行分簇与跟踪得到的结果示意图;
- [0047] 图8(a)-图8(f)是六个典型时刻的仿真场景与仿真结果图;
- [0048] 图9是本发明方法及DBSCAN算法在每一时刻下的分簇准确度的对比图。

具体实施方式

- [0049] 为了更清楚地说明本发明,下面结合优选实施例和附图对本发明做进一步的说明。附图中相似的部件以相同的附图标记进行表示。本领域技术人员应当理解,下面所具体描述的内容是说明性的而非限制性的,不应以此限制本发明的保护范围。
- [0050] 图1是本发明实施例中所提供的针对时变信道多径分量的分簇与跟踪方法的流程图。通常,信道测量过程中时变信道的多径分量信息存储在随时间离散且间隔较短的多个时刻中,该方法包括以下步骤:
- [0051] S1、对于第一个时刻的多径分量,采用聚类算法进行初始分簇;
- [0052] S2、对于后续各个时刻的多径分量,根据前一时刻的分簇结果对当前时刻的多径分量进行分簇与跟踪。

[0053] 这里步骤S1中所述的聚类算法是指传统的聚类算法,或者说是现有技术中已有的聚类算法。例如,步骤S1中所采用的聚类算法可以是DBSCAN (Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise) 算法,但不局限于DBSCAN算法,也可以是其他的传统聚类算法。

[0054] 如上所述,现有的方法在每个离散时刻均需要采用传统聚类算法对多径分量进行分簇,并未从算法本身考虑时变现象,不仅复杂度高,而且准确度也较低。本发明所提供的方法利用时变信道的特性以及相邻时刻多径分量之间的联系,仅对第一个时刻的多径分量使用传统聚类算法进行初始分簇,而对接下来的各个时刻的多径分量不再利用传统聚类算法来分簇,而是利用时变信道的特性,直接基于前一时刻的分簇结果对下一时刻的多径簇进行分簇与跟踪,因此能够显著提升分簇与跟踪的准确性,且降低其复杂度。

[0055] 具体地,如图2所示,所述步骤S2包括:

[0056] S201、计算当前时刻所有多径分量所对应的散射点与前一时刻的所有簇心的距离;

[0057] S202、根据计算得到的距离,将当前时刻的各个多径分量划分到与之距离最近的前一时刻的簇中;

[0058] S203、确定前一时刻的所有簇的最大范围门限和最小密度门限;

[0059] S204、根据所述最大范围门限判定当前时刻是否有新簇产生;

[0060] S205、如果判定出当前时刻有新簇产生,根据所述最小密度门限判定所述新簇是否为噪声,如果判定所述新簇为噪声,则删除该新簇。

[0061] 本发明的核心就是利用时变信道的特性以及相邻时刻多径分量之间的联系,并结合经典的聚类算法,对多径分量的散射点进行分簇与跟踪,即本发明方法本身便考虑了多径信道的时变特性,通过对信道测量过程中获取的时变信道多径参数进行定义,揭示了信号传播过程中多径分量成簇的现象,并可以自然反应多径分量的生灭过程。

[0062] 本发明可针对时变信道多径分量进行准确的分簇,并结合信道的时变特性对多径簇进行跟踪,显著提升了跟踪的准确度且降低了算法的复杂度,可用于4G与5G无线通信系统中基于散射体簇的电波传播信道模型的建立。

[0063] 优选地,在步骤S201中,根据以下公式(1)计算当前时刻的多径分量所对应的散射点与前一时刻的所有簇心的距离:

$$[0064] \quad d_{ik}(y_i, u_k) = \sqrt{\|d_\tau\|^2 + \|d_\varphi\|^2} \quad (1)$$

[0065] 其中, u_k 为前一时刻第k个簇的簇心, y_i 为当前时刻第i个多径分量, $d_{ik}(y_i, u_k)$ 为当前时刻第i个多径分量所对应的散射点与前一时刻第k个簇的簇心的距离, d_τ 为当前时刻第i个多径分量所对应的散射点与前一时刻第k个簇的簇心之间的归一化时延差值, d_φ 为当前时刻第i个多径分量所对应的散射点与前一时刻第k个簇的簇心之间的归一化到达角差值。

[0066] 这里 d_τ 和 d_φ 都分别通过在该时刻下的最大时延以及最大到达角差值进行了归一化,目的是确保分簇过程中时延与角度分量所占权重相同。在本实施方式中,采用了欧氏距离进行测量,可以理解的是,这里的距离并不局限于使用欧式距离,也可以依据具体数据形

式使用其他距离度量,如曼哈顿距离等,此处不再赘述。

[0067] 优选地,根据以下公式(2)确定前一时刻的所有簇的最大范围门限:

$$[0068] \quad TH_{1,k} = \max \{d_{jk}(x_j, u_k)\} \quad (2)$$

[0069] 其中,前一时刻包括K个簇, $TH_{1,k}$ 为第k个簇的最大范围门限, $1 \leq k \leq K$; u_k 为前一时刻第k个簇的簇心, x_j 为前一时刻第j个多径分量, $d_{jk}(x_j, u_k)$ 为前一时刻第j个多径分量所对应的散射点与前一时刻第k个簇的簇心的距离。

[0070] 这里的最大范围门限定义为该时刻下簇中所有散射点与簇心距离的最大值。

[0071] 优选地,根据以下公式(3)确定前一时刻的所有簇的最小密度门限 TH_2 :

$$[0072] \quad TH_2 = \max \left\{ \frac{\text{number}(k)}{\pi [d_{jk}(x_j, u_k)]^2} \right\} \quad (3)$$

[0073] 其中, u_k 为前一时刻第k个簇的簇心, x_j 为前一时刻第j个多径分量, $d_{jk}(x_j, u_k)$ 为前一时刻第j个多径分量所对应的散射点与前一时刻第k个簇的簇心的距离, $\text{number}(k)$ 为前一时刻第k个簇中的多径分量所对应的散射点的点数。

[0074] 这里的最小密度门限定义为该时刻下所有簇中单位面积内最小点数的值(即最小的点数密度)。

[0075] 进一步地,所述步骤S204具体包括:

[0076] 根据步骤S203中确定的最大范围门限对当前时刻的所有多径分量进行判定,如果某个或某些多径分量所对应的散射点与距其最近的前一时刻的簇心之间的距离大于该簇的最大范围门限,则将所述某个或某些多径分量划分为新簇中的多径分量,判定有新簇产生;由不同簇心的最大范围门限所判定的多径分量属于不同的新簇,由同一个簇心的最大范围门限所判定的多径分量属于相同的新簇。

[0077] 也就是说,由不同簇心的最大范围门限所判定的散射点定义的新簇不同,而由同一个簇心的最大范围门限所判定的散射点定义的新簇相同。

[0078] 为避免将点数过少的噪声信号判定为新簇,上述步骤S204还可以包括以下步骤:

[0079] 当所述新簇中的多径分量所对应的散射点的点数小于5个时,判定该新簇为噪声。

[0080] 进一步地,所述步骤S205包括:

[0081] 根据步骤S203中确定的最小密度门限对当前时刻产生的新簇进行判定,如果所述新簇中的多径分量所对应的散射点的密度小于所述最小密度门限,则判定所述新簇为噪声。

[0082] 也就是说,当判定出的新簇点数过少或者点数密度过低时,均可以将该新簇判定为噪声,从而删除,以确保分簇及跟踪的准确性。

[0083] 进一步地,为了验证本发明方法的准确性,所述方法还可以包括以下步骤:

[0084] 在基于射线跟踪法的仿真器中建立仿真场景,获取并存储仿真结果,并将所述仿真结果与分簇结果进行比较,评价分簇的准确性。

[0085] 依据射线跟踪仿真器的仿真结果,可以定义出本发明所提供的分簇方法的准确度,即与仿真器获取的仿真结果相比,本发明的分簇方法将每一时刻多径分量判定至正确的簇的比例。

[0086] 下面以一个具体的实施例对本发明进行详细的阐述。

[0087] 为了便于描述,在使用本发明方法对多径分量进行分簇与跟踪的同时,在基于射线跟踪法的仿真器中同步建立仿真场景,如图3所示。该仿真的中心频率为5.9GHz,仿真场景包括了多幢楼房以及若干交通标示,楼房的平均高度为10m。发射机TX与接收机RX的天线分别放置于两辆车的车顶,高度为1.4m。发射机TX与接收机RX所在车辆相向而行,速度均为20m/s。整个仿真的区域长度大约20m,并通过射线跟踪法记录下了36个时刻的信道电波传播信息。其中,相邻时刻的时间间隔为25ms,相当于行车50cm。所述仿真场景的具体参数如表1所示。

[0088] 表1

[0089]

参数	数值
中心载频	5.9 GHz
发射机与接收机移动速度	20 m/s
相邻时刻的时间间隔	25 ms
记录的时刻总数	36
发射机与接收机的天线高度	1.4 m
周围建筑物平均高度	10 m

[0090] 设定36个时刻分别为 s_1, s_2, \dots, s_{36} ,图4给出了利用射线跟踪法在仿真场景中针对 s_1 时刻得到的多径分量示意图。

[0091] 相应地,同时采用本发明所提供的方法对时变信道的多径分量进行分簇和跟踪,与上述仿真场景类似,信道测量过程中多径分量的信息也是存储在随时间离散的多个时刻 s_1, s_2, \dots, s_{36} 中,其具体过程如下:

[0092] 步骤1,确定第一个时刻 s_1 的多径分量的初始分簇。

[0093] 针对第一个时刻 s_1 的多径分量,使用DBSCAN算法进行初始分簇,DBSCAN算法的实现原理如下:假设某个点的领域半径为Eps,则DBSCAN算法的基本思路就是保证该点领域半径Eps范围内包含的点数大于等于最小点数(MinPts)。然而对于某个簇内的所有点,并不是都能满足以上要求,对于位于簇边缘的点,其领域范围内包含的点数大大小于位于簇中心的点。为了解决这一问题,DBSCAN算法提出了直接密度可达、密度可达以及密度相连三个概念,并在密度相连概念的基础上定义了DBSCAN算法,即:如果某个点对于一个簇内的其他所有点都密度可达,则这个点也属于该簇;如果多个点被划分为一个簇,则这些点直接都应当密度相连。

[0094] 图5是DBSCAN算法实现的示意图。假设 $MinPts=3$,以所有点为圆心的圆半径相同,均为Eps。则位于簇中心的三个点满足其领域半径点数大于等于 $MinPts$,而位于簇外缘的三个点不满足该条件。依据DBSCAN算法的定义, O_1 和 O_2 两个点均与S点直接密度可达,因此 O_1 和 O_2 两点密度可达;基于相同依据,P点与S点密度可达,因此P点与 O_1 和 O_2 两点密度相连;同理可以最终推得,图5中所有六个点均彼此密度相连,按照DBSCAN的定义,应被划分到同一个簇中。

[0095] 上述的点可相当于本发明中针对时变信道的多径分量在某一时刻所对应的散射点。通过DBSCAN算法, s_1 时刻的多径分量被划分为K个簇,与之对应的K个簇心也被找到。这

里顺序分配给每个簇一个ID(从1到K)。

[0096] 步骤2,针对接下来的每一个时刻 $s_2, \dots, s_{i-1}, s_i, s_{i+1}, \dots, s_36$,计算当前时刻 s_i 所有多径分量所对应的散射点与前一时刻 s_{i-1} 所有簇心之间的距离。

[0097] 如上所述,这里可以采用欧氏距离进行度量计算,即根据上述公式(1)计算当前时刻 s_i 的多径分量所对应的散射点与前一时刻 s_{i-1} 的簇心的距离:

$$[0098] \quad d_{ik}(y_i, u_k) = \sqrt{\|d_\tau\|^2 + \|d_\varphi\|^2} \quad (1)$$

[0099] 其中, u_k 为前一时刻第 k 个簇的簇心, y_i 为当前时刻第 i 个多径分量, $d_{ik}(y_i, u_k)$ 为当前时刻第 i 个多径分量所对应的散射点与前一时刻第 k 个簇的簇心的距离, d_τ 为当前时刻第 i 个多径分量所对应的散射点与前一时刻第 k 个簇的簇心之间的归一化时延差值, d_φ 为当前时刻第 i 个多径分量所对应的散射点与前一时刻第 k 个簇的簇心之间的归一化到达角差值。

[0100] 步骤3,确定当前时刻 s_i 多径分量的初始划分。依据上一步骤计算得到的距离 $d_{ik}(y_i, u_k)$,将当前时刻 s_i 的每一个多径分量 y_i 划分到与其距离最近的前一时刻 s_{i-1} 的簇中,并分配给对应的簇ID。

[0101] 步骤4,确定前一时刻 s_{i-1} 所有簇的最大范围门限 $TH_{1,k}$;以及步骤5,确定前一时刻 s_{i-1} 所有簇的最小密度门限 TH_2 。如上所述,分别可采用上述公式(2)和(3)对这两个值进行计算。

$$[0102] \quad TH_{1,k} = \max \{d_{jk}(x_j, u_k)\} \quad (2)$$

$$[0103] \quad TH_2 = \max \left\{ \frac{\text{number}(k)}{\pi [d_{jk}(x_j, u_k)]^2} \right\} \quad (3)$$

[0104] 其中,前一时刻包括 K 个簇, $TH_{1,k}$ 为第 k 个簇的最大范围门限, $1 \leq k \leq K$; u_k 为前一时刻第 k 个簇的簇心, x_j 为前一时刻第 j 个多径分量, $d_{jk}(x_j, u_k)$ 为前一时刻第 j 个多径分量所对应的散射点与前一时刻第 k 个簇的簇心的距离, $\text{number}(k)$ 为前一时刻第 k 个簇中的多径分量所对应的散射点的点数。

[0105] 步骤6,判定当前时刻 s_i 是否有新簇产生。依据上一步骤中得到的最大范围门限 $TH_{1,k}$,对当前时刻 s_i 的所有多径分量进行判定:如果某个或某些多径分量对应的散射点与前一时刻 s_{i-1} 距其最近的簇心的距离大于该簇在前一时刻 s_{i-1} 的最大范围门限 $TH_{1,k}$,则这些散射点被判定为新簇中的点,并赋予新的簇ID。

[0106] 由前一时刻 s_{i-1} 的同一个簇判定的新簇的点将赋予相同的ID。优选地,根据时变场景的特征,设定新簇产生的最小点数为5,否则该新簇被定义为噪声,并且将不赋予其任何ID。

[0107] 步骤7,判定当前时刻 s_i 新簇的合理性。依据上述步骤中得到的最小密度门限 TH_2 ,对当前时刻 s_i 所产生的新簇进行判定:如果该簇的散射点密度小于前一时刻 s_{i-1} 所有簇的最小密度门限,则认为该新簇中的点为噪声,并删除相应所有点的ID。

[0108] 为了进一步阐述本发明所提出的上述分簇与跟踪方法,下面通过图6(a)-图6(b)对上述过程进行详细说明。

[0109] 假设在 s_{i-1} 时刻,共有两个簇 M_1 和 M_2 ,其对应的簇心分别为 u_1 和 u_2 ,此外用于DBSCAN算法判定的 $\text{MinPts}=3$ 。在 s_i 时刻,多径分量对应的散射点共有9个: y_1, \dots, y_9 。图6(a)中,通过步骤1至步骤3,确定了当前时刻 s_i 多径分量的初始划分,即 y_1, \dots, y_5 属于簇 M_1 ,而 y_6, \dots, y_9 属于簇 M_2 ;图6(b)中,通过步骤4至步骤7,判定了当前时刻 s_i 新簇的产生,即针对 y_1, \dots, y_5 ,依据步骤4的门限 $\text{TH}_{1,k}$,判定 y_1, \dots, y_3 可能属于新产生的簇,同理, y_9 也可能属于新产生的簇。接下来依据步骤5的门限 TH_2 ,确定 y_1, \dots, y_3 属于新产生的簇,并分配ID号3给这三个点组成的新簇 M_3 ,同时确定 y_9 属于噪声。

[0110] 需要说明的是,上述步骤1、步骤3和步骤6通过对实际系统参数的调整,亦可推广到其他场景的无线通信系统中。

[0111] 在本实施例中,收发信机在移动过程中散射体簇有六个变化最为显著的时刻,分别是 $s_1, s_{17}, s_{21}, s_{24}, s_{31}, s_{36}$ 。图7(a)-图7(f)分别给出了六个典型时刻对时变的多径分量进行分簇与跟踪得到的结果示意图,图中按照顺序对各个簇的ID进行了标注(即图中的数字标号1-7)。为验证分簇与跟踪结果的可靠性,图8(a)-图8(f)给出了六个典型时刻的仿真场景与仿真结果图。

[0112] 可以看出,第一个时刻 s_1 中,通过DBSCAN算法,多径分量总共被分为了5个多径簇;随着时间的推移,收发信机彼此相向而行,在第十七个时刻 s_{17} ,编号为3和5的两个散射体簇范围逐渐变大,原因在于产生这两个簇的建筑物被收发信机所看到的部分变大,散射径数目随着变多;在第二十个时刻 s_{21} ,编号为6的新簇被算法所发现,虽然其距离编号为3的簇很近,该簇随后在第二十四时刻 s_{24} 之后消失,而产生该簇的原因也可以与仿真场景中相应编号的楼房左侧墙面对应;在接下来的时间时刻内,我们通过算法发现了编号为7的新簇,而编号为2和3的簇则逐渐消失。因此,通过顺序地赋予每个簇唯一的ID,利用时变的跟踪过程中相同簇ID没有发生改变的特点,整个时变信道散射体簇的生灭过程都被准确跟踪。

[0113] 最后,本发明还可以对分簇与跟踪方法的准确性进行评估。即,依据射线跟踪仿真器的仿真结果,可以定义出本发明所提供的分簇方法的准确度,即与仿真器获取的仿真结果相比,本发明的分簇方法将每一时刻多径分量判定至正确的簇的比例。

[0114] 在本实施例中,将本发明方法及DBSCAN算法在每一时刻下的分簇准确度进行了对比,并在图9中给出。可以看出,本发明所提供的方法能够显著提高时变信道下多径分量的分簇与跟踪的准确度。

[0115] 本发明结合无线通信时变信道的特色提出了针对传输多径分量的自动分簇与跟踪方法。该方法中,通过结合时变信道的特色,对信道测量或仿真过程中获取的时变信道多径参数进行了定义,并揭示了信号传播过程中多径分量成簇的现象。在此基础上,结合经典的计算机聚类算法,通过初始分簇和对分簇结果的跟踪两大步骤,显著提升了分簇和跟踪的准确度且降低了算法的复杂度,为建立4G与5G无线通信系统下,时变信道基于散射体簇的电波传播信道模型奠定了基础。

[0116] 显然,本发明的上述实施例仅仅是为清楚地说明本发明所作的举例,而并非是对本发明的实施方式的限定,对于所属领域的普通技术人员来说,在上述说明的基础上还可以做出其它不同形式的变化或变动,这里无法对所有的实施方式予以穷举,凡是属于本发明的技术方案所引伸出的显而易见的变化或变动仍处于本发明的保护范围之列。

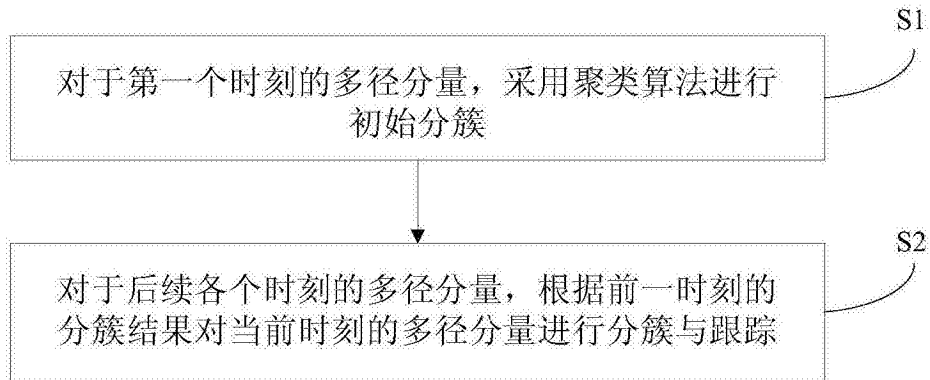


图1

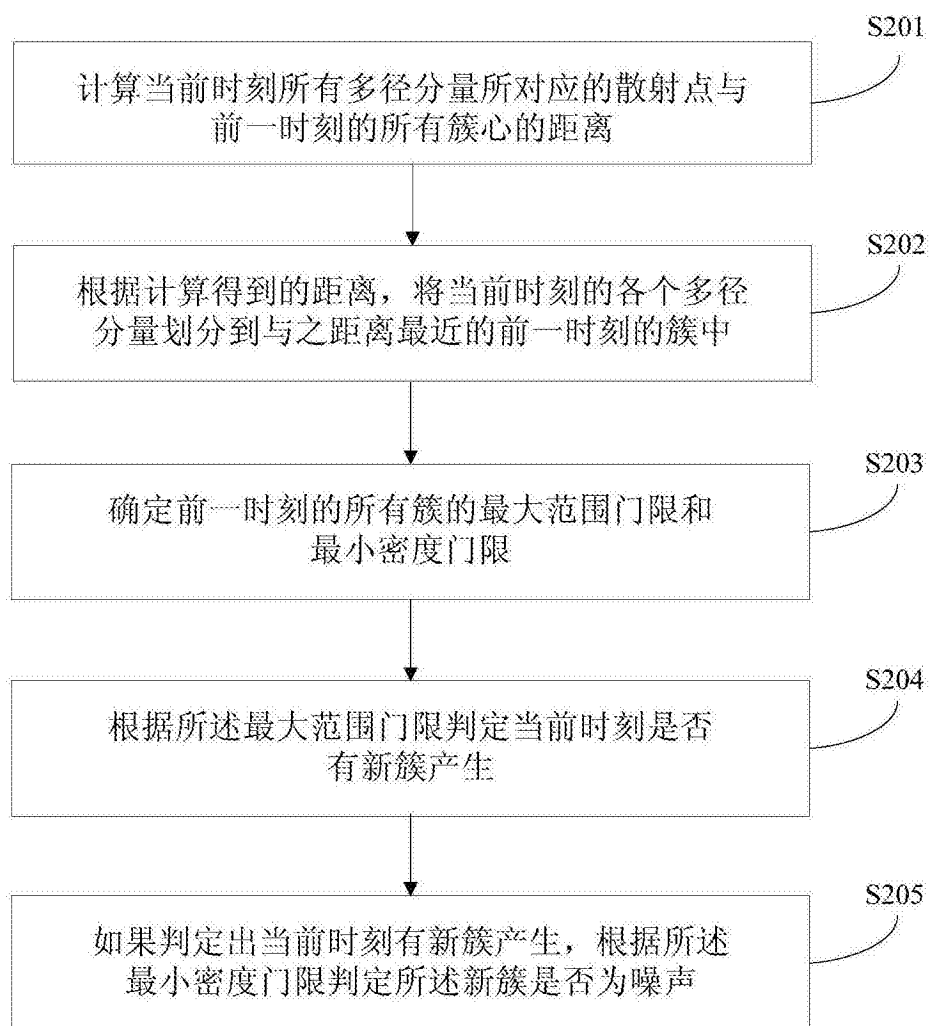


图2

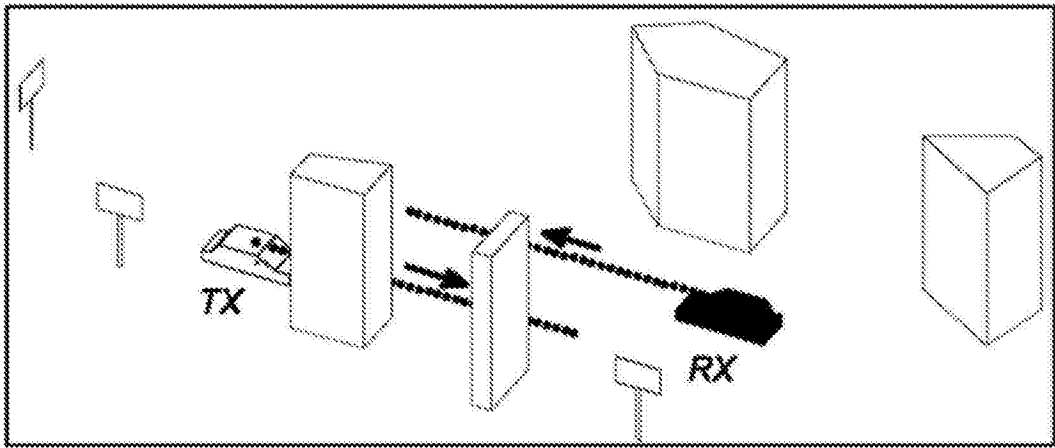


图3

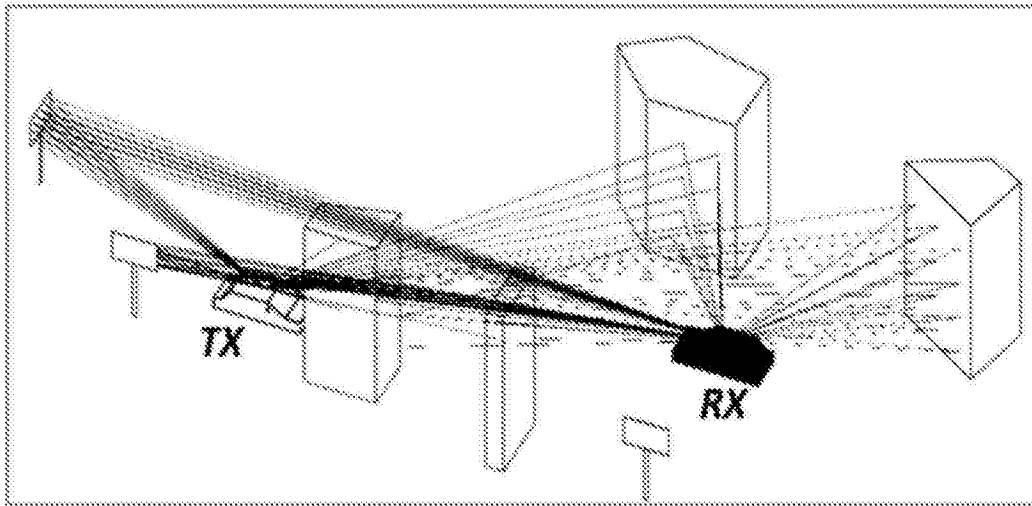


图4

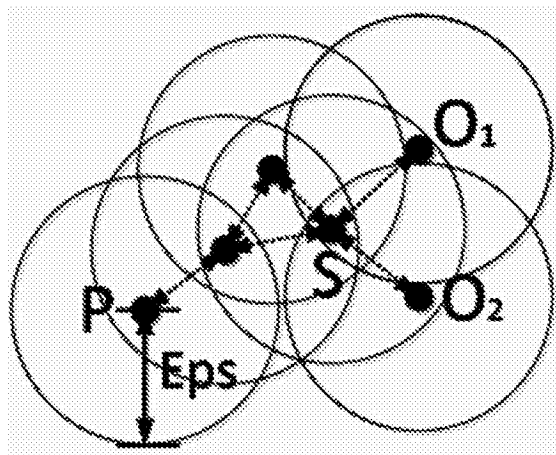


图5

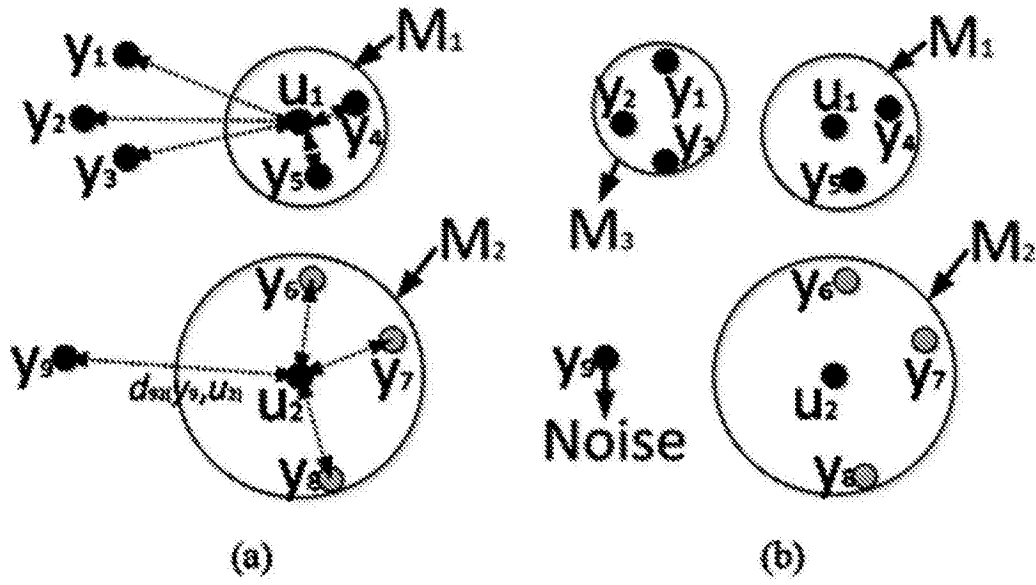


图6 (a)-图6 (b)

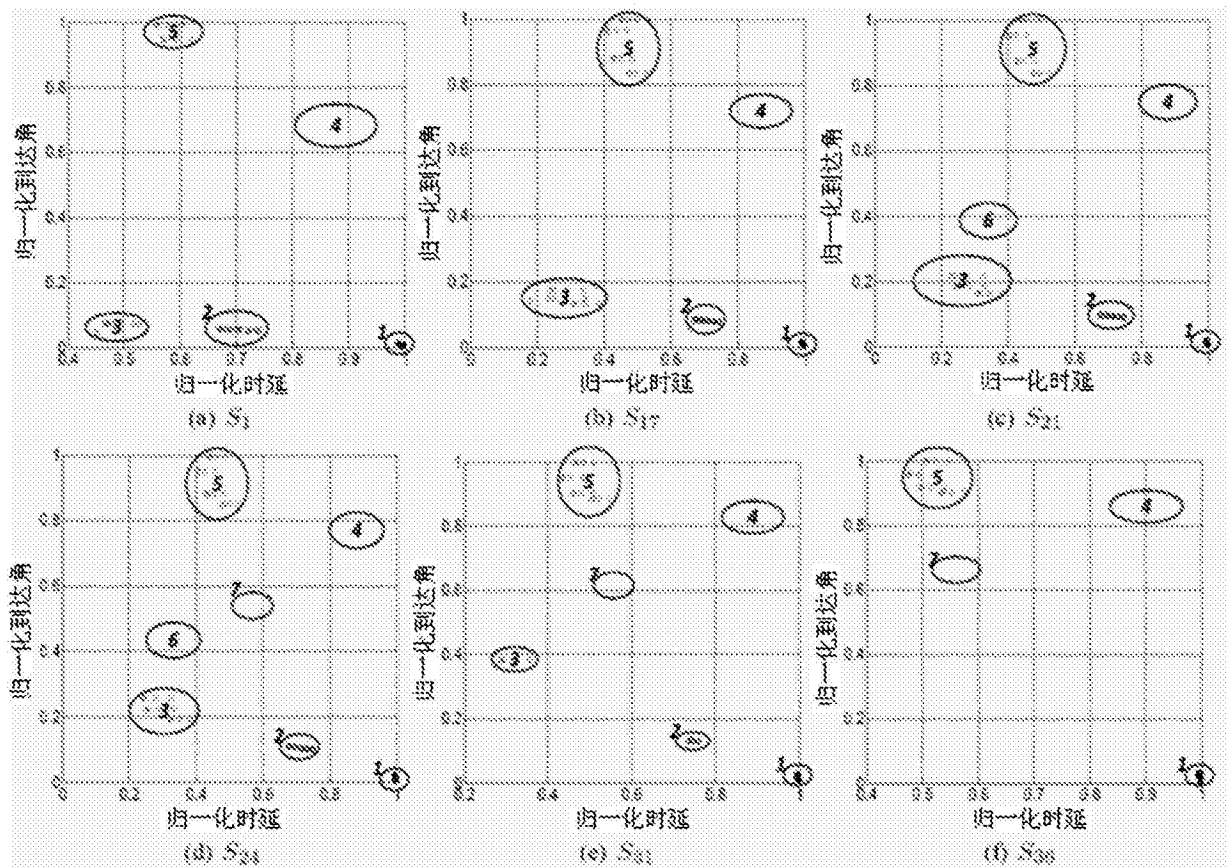


图7 (a)-图7 (f)

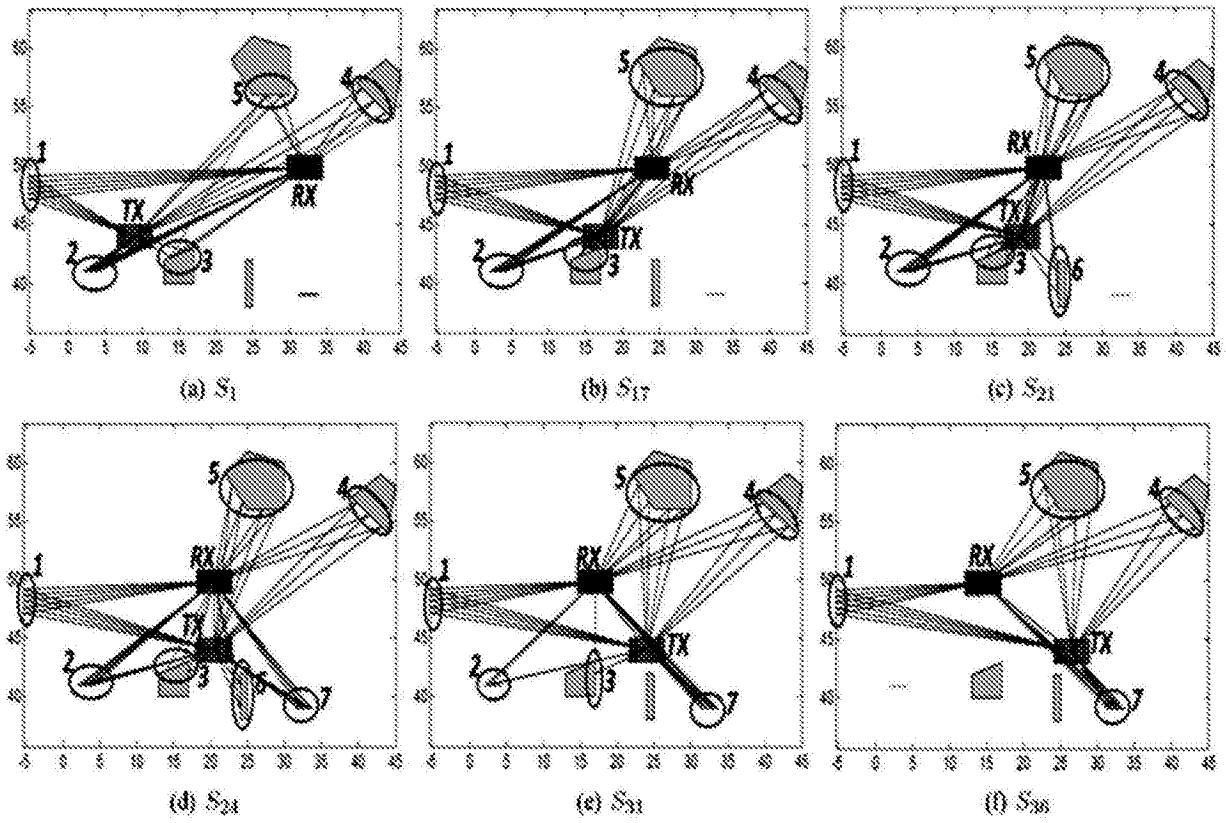


图8 (a)-图8 (f)

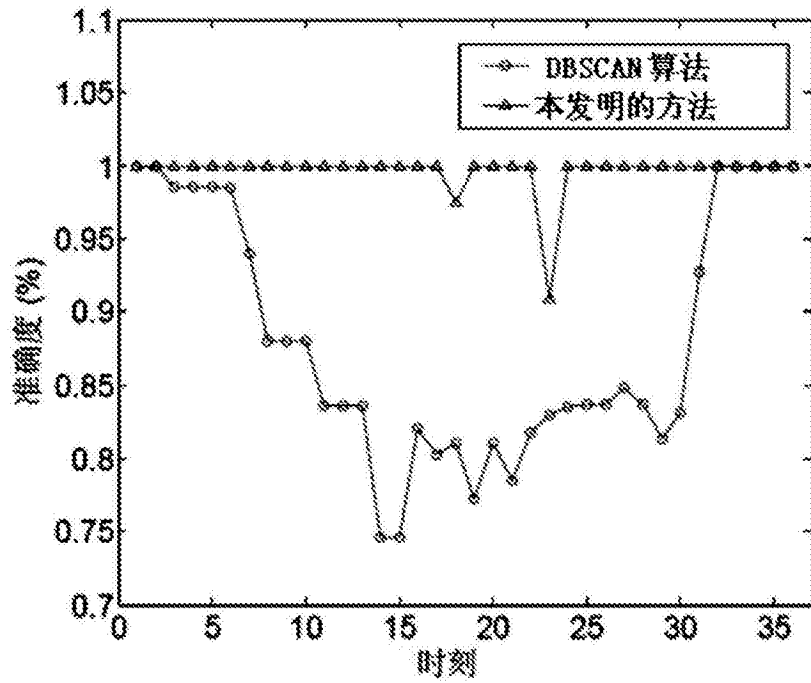


图9