



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102353955 B

(45) 授权公告日 2016. 05. 18

(21) 申请号 201110154122. 2

CN 101535834 A, 2009. 09. 16,

(22) 申请日 2011. 06. 03

US 6691003 B1, 2004. 02. 10,

(30) 优先权数据

审查员 李苏宁

102010029699. 6 2010. 06. 04 DE

(73) 专利权人 罗伯特·博世有限公司

地址 德国斯图加特

(72) 发明人 D·贝希勒

(74) 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司

72002

代理人 曾立

(51) Int. Cl.

G01S 13/95(2006. 01)

G01S 13/32(2006. 01)

(56) 对比文件

US 6633815 B1, 2003. 10. 14,

US 6633815 B1, 2003. 10. 14,

CN 101688913 A, 2010. 03. 31,

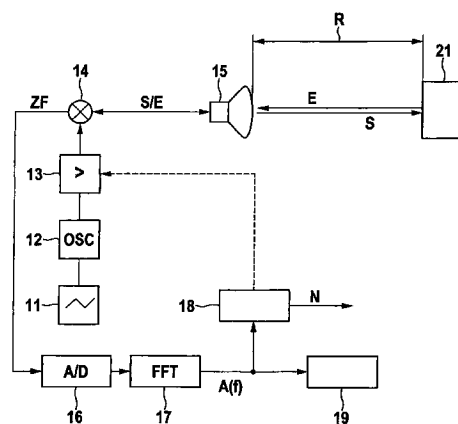
权利要求书1页 说明书8页 附图4页

(54) 发明名称

雷达传感器以及用于借助雷达传感器检测降水的方法

(57) 摘要

本发明涉及一种用于借助雷达传感器检测降水的方法,所述雷达传感器发射一个发射信号(S),使所述发射信号的频率(f_s)周期性地在前后相继的调制斜坡(31,32)中变化。为了确定降水,根据两个不同的标准来分析处理由所述雷达传感器接收的信号。所述方法的特征在于,第一标准涉及在经历一个调制斜坡(31,32)时接收到的信号;以及第二标准涉及在经历至少两个前后相继的调制斜坡(31,31',32,32')时接收到的信号比较。



1. 用于借助雷达传感器检测降水的方法,所述雷达传感器发射一个发射信号(S),使所述发射信号的频率(f_s)周期性地在前后相继的调制斜坡(31,32)中变化,其中,根据两个不同的标准来分析处理由所述雷达传感器接收的信号,并且在同时满足了两个标准时才认为识别到降水(22),其特征在于,

第一标准涉及在经历一个调制斜坡(31,32)时接收到的信号,

其中,为了分析处理所述第一标准,

在对应于第一距离间隔(INT1)的第一频率范围(51)上对所接收的信号进行积分,所述第一距离间隔小于用于检测降水(22)的极限距离(R_{lim}),以及

根据在所述第一距离间隔(INT1)上的积分的值认为满足了所述第一标准;

或者,

在对应于第一距离间隔(INT1)的第一频率范围(51)上对所接收的信号进行积分,所述第一距离间隔小于用于检测降水(22)的极限距离(R_{lim}),

在对应于第二距离间隔(INT2)的第二频率范围(52)上对所接收的信号进行积分,所述第二距离间隔大于所述极限距离(R_{lim}),

根据在所述第一距离间隔和所述第二距离间隔(INT1, INT2)上的积分的比值认为满足了所述第一标准;

以及

第二标准涉及在经历至少两个前后相继的调制斜坡(31,31',32,32')时在预给定的频率范围内接收到的信号的振幅或功率(P)的差(ΔP_k),以及根据所述差(ΔP_k)的方差(σ^2)的大小在超过一个阈值时认为满足了所述第二标准。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,在比预给定的时间段长地同时满足两个标准时才认为识别到降水(22)。

3. 根据权利要求1或2所述的方法,其特征在于,在分析处理所述第一标准时,在所述积分之前对所述信号进行滤波,所述滤波抑制由经定位的物体(21)导致的峰值。

4. 根据权利要求1或2所述的方法,其特征在于,对于所述至少两个前后相继的调制斜坡(31,31',32,32'),所述发射信号的发射功率(P_s)是不同的。

5. 根据权利要求1或2所述的方法,其特征在于,将所接收的信号与所述发射信号(S)的一部分混频成中频信号(ZF)并且对所述中频信号(ZF)进行分析处理。

6. 根据权利要求5所述的方法,其特征在于,对所述中频信号(ZF)进行频谱分析,并且对振幅谱($A(f)$)或功率密度谱($P(f)$)进行分析处理。

7. 雷达传感器,所述雷达传感器按照通过前后相继的调制斜坡(31,32)周期性地频率调制发射信号(S)的FMCW方法工作,所述雷达传感器被设置用于实施根据权利要求1至6中任一项所述的方法。

8. 根据权利要求7所述的雷达传感器,其特征在于,所述雷达传感器是用于车辆的雷达传感器。

雷达传感器以及用于借助雷达传感器检测降水的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于借助雷达传感器检测降水的方法,其中,所述雷达传感器发射一个发射信号,所述发射信号的频率周期性地在前后相继的调制斜坡中变化,其中,根据至少两个不同的标准分析处理由所述雷达传感器接收到的信号。本发明还涉及一种雷达传感器,所述雷达传感器被设置用于执行所述方法。

背景技术

[0002] 雷达传感器例如在机动车中用于检测车辆的周围环境以及定位和确定在前行驶的车辆或相向行驶的车辆的速度。雷达传感器可以用作独立的距离警告系统或者驾驶辅助系统的一部分,例如用于基于距离的自动速度控制(ACC-Adaptive Cruise Control: ACC-自适应巡航控制)。

[0003] 雨水形式的降水或者由街道喷溅的水花可能反射并且吸收所发射的发射信号的一部分,这样雷达辐射的有效距离减小并且因此可以可靠地定位物体的区域缩小。出于交通安全的原因,能够尽可能早并且可靠地确定雷达传感器的这种功能限制是重要的。

[0004] 文献 DE 199 45 268A1 公开了一种用于确定例如由于降水而导致的雷达传感器的灵敏度损失(“失明”)的方法,其中,根据不同的标准来检验多个参数。在此,在必要时对经检验并且根据这些标准分析处理的参数不同程度地进行加权。这些标准之一基于对由雷达传感器接收的信号的平均功率的分析处理。然而,所述方法的缺点在于,平均功率不仅取决于诸如降水的散射损失源的存在,而且还取决于很多其他因素,其中,取决于雷达传感器的具体特性、在安装到车辆中时的装配公差以及温度与老化影响。

[0005] 文献 DE 10 2006 054 320A1 描述了一种用于借助雷达传感器来检测降水的方法,所述方法同样基于对接收到的雷达信号的功率特征的分析处理。所述方法适用于多射束雷达传感器、尤其是 FMCW(Frequency Modulated Continuous Wave: 调频连续波) 雷达传感器。在所述方法中,分别单独地对多个雷达射束的接收到的雷达信号进行积分并且相互比较最终得到的积分。

[0006] 可以利用雷达传感器根据所发射的雷达信号与由物体反射并且接收到的雷达信号之间由于多普勒效应而产生的频率偏移来确定物体的速度。附加地,为了同时获得关于物体与雷达传感器的距离的信息,需要关于雷达信号的传播时间的信息。在 FMCW 雷达方法中,可以通过用(通常线性)变化的频率(频率斜坡)对所发射的雷达信号的频率进行频率调制的方式来获得这样的传播时间信息。

[0007] 所接收的雷达信号通常与所发射的信号的一部分混频成中频信号。通常借助于快速傅里叶变换(FFT-Fast Fourier Transform)来分析中频信号的频谱。在所述频谱中,在某个频率处的峰值中反映出由雷达系统检测到的物体,所述频率取决于所述物体与雷达传感器的距离和相对速度。

[0008] 雨滴或喷溅的水花在此意义上也是物体,其在离雷达传感器的距离不太大时——通常在直到约 10 米的距离时,在中频信号的频谱中留下较弱的峰值。在降水较强的情况

下,与以上所述的距离范围对应的频率范围中的峰值相加成背景信号——所谓的雨水杂波(Regenclutter)。由所述的距离范围决定地,通过雨水杂波提高了中频信号的背景。在车辆速度较低时,雨水杂波的信号位于中频信号的低频信号范围中。在速度较高时,雨水杂波的信号移至中频信号中的较高频率。此外,雨水杂波的频率位置取决于所发射的雷达信号的频率斜坡的斜率。雨水杂波的频率范围中的功率谱密度可用作存在降水的指示。然而,在此问题是经常出现以下情形:一个或多个实际物体的反射峰值同样位于所述频率范围内,由此会错误地检测降水。这样的情况尤其是在小巷中行驶或在隧道中行驶时、在紧邻载货车辆行驶时出现,或者在另一车辆紧后面排队时出现。

发明内容

[0009] 本发明的任务在于,说明一种用于检测降水的方法,所述方法可靠地识别降水并且相对干扰影响是稳健的。本发明的另一任务在于,提供一种雷达传感器,所述雷达传感器被设置用于实施所述的方法。

[0010] 根据本发明,所述任务通过开头部分所述类型的方法解决,所述方法的特征在于,第一标准涉及在经历一个调制斜坡时所接收的信号,而第二标准涉及在经历至少两个前后相继的调制斜坡时所接收的信号的比较。

[0011] 本发明利用:降水不仅反映在经历一个调制斜坡时所测量的频谱内的不同功率谱密度中,而且反映在在前后相继的调制斜坡期间所记录的不同频谱的比较中。

[0012] 在此,这些标准的差异性提高了识别降水时的可靠性。此外,另一优点在于,可能在这些标准之一中导致虚假的降水识别的易出错的情形恰好对于另一个标准是没有问题的。

[0013] 在所述方法的一个有利的构型中,当同时满足这两个标准时认为识别到降水。特别优选地,当比预给定的时间段长地同时满足这两个标准时才认为识别到降水。

[0014] 在从属权利要求中说明本发明其他有利的构型和进一步构型。

附图说明

[0015] 以下借助 11 幅附图根据实施例来进一步说明本发明。

[0016] 附图示出:

[0017] 图 1:用于实施用于检测降水的方法的雷达传感器的框图;

[0018] 图 2:用于表示发射信号中频率的时间相关性的示图;

[0019] 图 3:用于表示发射信号中发射功率的时间相关性的示图;

[0020] 图 4:在物体处和在降水处反射发射信号的原理图;

[0021] 图 5:在不存在降水时雷达传感器的中频信号的频谱的示例;

[0022] 图 6:在存在降水时雷达传感器的中频信号的频谱的示例;

[0023] 图 7:发射信号的不同发射功率的示意性中频频谱;

[0024] 图 8:在不存在降水时前后相继的中频频谱中的信号功率差的示图;

[0025] 图 9:在存在降水时前后相继的中频频谱中的信号功率差的示图;

[0026] 图 10 和图 11:在图 8 和图 9 中示出的前后相继的测量的信号功率差的方差的示图。

具体实施方式

[0027] 在图 1 中示意性地以框图示出的雷达传感器具有用于提供频率调制斜坡的斜坡发生器 11。斜坡发生器 11 控制高频 (HF) 振荡器 12, 所述高频振荡器 12 生成按照调制斜坡进行频率调制的雷达信号。所述雷达信号在 HF 放大器 13 中进行放大并且经由混频器 14 作为发射信号 S 输送给发射与接收天线 15。取代所示出的具有单基地天线方案的布置 (其中, 发射天线和接收天线是相同的) 还可以设置双基地方案, 其中, 发射天线和接收天线是分离的。

[0028] 如在图 1 中示例性地示出的, 由发射与接收天线 15 发射的发射信号 S 由与雷达传感器的距离为 R 的物体 21 反射。反射信号由发射与接收天线 15 接收并且作为接收信号 E 又输送给混频器 14。混频器 14 将接收信号 E 与发射信号 S 的一部分进行混频并且输出混频结果作为中频信号 ZF。在模 / 数转换器 16 中的数字化后, 对中频信号 ZF 进行频率分析。为此, 模 / 数转换器 16 的输出端与频率分析器 17 相连接, 所述频率分析器 17 例如实施快速傅里叶变换 (FFT) 并且在其输出端上输出振幅谱 A(f), 即中频信号 ZF 的与频率 f 有关的振幅。一方面, 振幅谱 A(f) 输送给检测装置 18, 所述检测装置 18 实施降水检测并且在识别到降水时输出降水信号 N, 所述降水信号 N 例如输送给驾驶辅助装置并且影响其控制行为。此外, 振幅谱 A(f) 还被提供给分析处理单元 19, 所述分析处理单元 19 识别由雷达传感器检测到的物体 21 并且确定所述物体 21 相对于雷达传感器的距离和相对速度。替换地, 频率分析器 17 可以取代振幅谱 A(f) 输出功率谱 P(f), 根据所述功率谱 P(f) 进行接下来的分析处理。

[0029] 在图 1 中示出的雷达传感器按照 FMCW 方法工作。在图 2 中示例性地示出了发射信号 S 的频率 f_s 的时间相关性, 所述时间相关性由斜坡发生器 11 控制。频率 f_s 是斜坡状地、以上升和下降的调制斜坡 31、32、31' 和 32' 的交替序列进行调制的。这些调制斜坡分别具有持续时间 T (这里例如为 2ms) 和例如 0.6GHz 的调制幅度 (Modulationshub)。所示出的调制斜坡 31 和 31' 具有相同的调制 (调制斜坡的斜率和持续时间相同), 这同样适用于调制斜坡 32 和 32'。在示出的示例中, 调制斜坡 31 和 32 或者 31' 和 32' 的斜率的绝对值是相同的。然而, 不必如此, 还可以设置具有不同绝对值的斜率的调制斜坡。还可以考虑包括两个以上不同调制斜坡的调制循环周期。

[0030] 在此, 对于所有调制斜坡 31、31'、32、32' 而言, 发射信号 S 的所发射的发射功率 P_s 都是相同的。然而, 在某些情形中, 例如结合图 7 到 11 所示出的, 使发射功率 P_s 变化是有利的。为此, 可以通过检测装置 18 如此控制放大器 13, 使得在经历 (durchfahren) 调制斜坡 31' 和 32' 期间以比在调制斜坡 31 和 32 期间更小的发射功率 P_s 发射所述发射信号。这在图 3 中示出, 其中, 将调制斜坡 31 和 32 概括成周期 I, 而将调制斜坡 31' 和 32' 概括成周期 II。如可由线段 33 和 33' 看出的, 在周期 II 期间, 发射功率 P_s 相对于周期 I 下降了 9dB。相应地在随后的周期中循环地重复这种方案。在经历每个调制斜坡时, 确定中频信号 ZF 的振幅谱 A(f) 并且将其输送给用于降水的检测装置 18 和分析处理单元 19。

[0031] 根据本发明, 为了检测降水, 根据两个不同的标准来分析处理由雷达传感器接收的信号, 其中, 这些标准之一涉及在经历一个调制斜坡期间接收到的信号, 而第二标准基于在经历至少两个前后相继的调制斜坡时接收到的信号的比较。以下根据实施例来进一步解

释这两个标准。在此,例如可以由图 1 中示出的雷达传感器实施用于分析处理信号和用于检验所述标准的相应方法。

[0032] 图 4 首先示出在此示例性地表示为雨滴的降水 22 对由发射与接收天线 15 接收的雷达信号的影响。如通过箭头象征性表示的,发射信号 S 不仅被物体 21 反射,而且还在降水 22 的各个水滴处被反射。这一方面导致大量反向散射信号,这等同于发射信号的散射,而另一方面导致在物体 21 处反射后由发射与接收天线 15 接收的信号的衰弱。在相对于雷达传感器的相对速度为 0 时,与雷达传感器间隔小于最小距离 R_{min} 的物体由于在所述物体处反射的信号的传播时间较短而不能由雷达传感器检测到——在中频信号 ZF 中所述信号在其频率方面与发射信号 S 的区别太小并且不能与所述发射信号 S 区分开来。然而,在考虑物体相对于雷达传感器的相对速度不为 0 的情况下,最小距离 R_{min} 可以根据相对速度减小直至值 0。此外,对于如同降水 22 的水滴那样小的并且相应地具有较小的反向散射的物体而言,存在最大的检测距离 R_{lim} ,其通常在十米到几十米的范围内。在图 4 中示例性地示出了这些检测极限。仅在 R_{min} 与 R_{lim} 之间的距离范围中,由于降水水滴处的信号反向散射导致的雨水杂波高于雷达传感器的噪声背景。

[0033] 图 5 以曲线 41 示出对于不存在降水的情形振幅谱 $A(f)$ 的典型变化过程。在所示的示例中,从噪声背景 42 显著突出的峰值 43 表示经定位的物体 21。在假定雨滴相对于背景的水平速度是可忽略的并且因此由车辆速度得出相对于雷达传感器的水平相对速度的情况下,用于检测降水的检测极限 R_{min} 和 R_{lim} 可以转换成相应的频率 $f(R_{min})$ 和 $f(R_{lim})$,所述频率 $f(R_{min})$ 和 $f(R_{lim})$ 绘制在图 5 中的横坐标上。在此,经定位的物体 21 仍位于降水的检测极限内。不考虑峰值 43,对于所有剩余的频率(并且因此距离),通过噪声背景 42 的水平给出曲线 41 的平均高度,所述水平近似地在整个距离范围上是恒定的。

[0034] 与之对比,图 6 示出在存在降水 22 时振幅谱 $A(f)$ 的曲线 41n 的变化过程。在此,峰值 43n 同样表示物体 21——例如车辆,其距离在此大于极限距离 R_{lim} 。不考虑物体 21 在图 5 和 6 中示出的情况下的不同距离,峰值 43n 的较低高度也可以归因于由于水滴处的反射和通过降水 22 的水滴的吸收而导致的雷达信号的衰弱。另一方面,这些水滴处的反射引起所提及的雨水杂波,可以在图 6 中在峰值 43n 之外看到背景信号 45 的形式的所述雨水杂波,所述背景信号 45 高于噪声背景 42。从极限距离 R_{lim} 起,不再可以区分雨水杂波的背景信号 45 与噪声背景 42 并且因此不再可检测出雨水杂波的背景信号 45。

[0035] 现在,在第一标准的一个构型中通过如下方式实现降水的检测:在与位于最小距离 R_{min} 与极限距离 R_{lim} 之间的距离间隔 INT1 对应的第一频率间隔 51 上对振幅谱 $A(f)$ 或者作为振幅谱的平方的功率密度谱 $(A(f))^2$ 进行积分。因为噪声背景 42 对于给定类型的雷达定位装置而言是已知的,所以在无降水情形中对于所述积分可以预期的值是已知的。如果所述积分的当前值显著较大,则这指出存在降水。然而,影响雷达定位装置的灵敏度的干扰影响——尤其是温度效应和老化效应,以及雷达传感器的特定安装条件都可能影响噪声背景 42 的高度。

[0036] 为了实现相对于这种干扰影响的较大独立性,在用于降水检测的第一标准的另一个构型中,可以不仅在位于极限距离 R_{lim} 以下、即可能出现雨水杂波的区域内的间隔 INT1 上进行积分,而且在与位于极限距离 R_{lim} 以上、即物体峰值以外的功率密度仅由噪声背景 42 确定的区域内的第二距离范围 INT2 对应的第二频率范围 52 上进行积分。第二距离范围

INT2 的宽度可以等于第一距离间隔 INT1 的宽度。为了检测降水, 不仅考虑积分 INT1, 而且还考虑积分 INT1 与积分 INT2 的比值。

[0037] 然而, 如果如在图 5 中示出的情形中那样至少一个物体 21 (峰值 43) 位于距离间隔 INT1 中 (在降水检测时应当在所述距离间隔 INT1 上进行积分), 则在无降水情形中峰值 43 也会导致积分 INT1 的值相对于积分 INT2 的值增大并且它们的比值改变。不能确定间隔 INT1 上的积分的增大是仅仅由物体引起的还是附加地也由降水引起的。

[0038] 因此, 为了确定积分, 优选不直接对振幅谱 $A(f)$ 进行积分, 而是首先使振幅谱 $A(f)$ 经历滤波过程, 所述滤波过程使单个峰值不予考虑。在图 5 和 6 中作为曲线 44 或 44n 绘出了这种滤波过程的结果。曲线 44 和 44n 遵循曲线 41 或 41n 的经平滑的变化过程, 然而其中由物体引起的峰值 43 或 43n 在一定程度上是“隐没”的。现在, 通过曲线 44 和 44n 的积分而不是通过曲线 41 和 41n 的积分来确定间隔 INT1 和 INT2 上的积分, 从而所获得的值尽可能与在间隔 INT1 中是否存在物体无关。

[0039] 在雷达传感器中经常根据噪声估计来确定每个频率值或距离值的检测阈值, 由物体引起的峰值 43、43n 必须至少超过所述检测阈值, 以便能够可靠地检测相应的物体。曲线 44 和 44n 基本上平行于这样的检测阈值并且可以通过模拟的方式获得或者由这样的检测阈值来确定曲线 44 和 44n, 其中, 为了确定间隔 INT1 和 INT2 上的积分在所述曲线 44 和 44n 上进行积分。

[0040] 为了检验第一标准, 在图 1 中示出的检测装置 18 具有比较级, 所述比较级用于相互比较在第一和第二间隔范围 INT1 和 INT2 上形成的积分并且例如确定这两个积分彼此的比值。所述比值直接提供降水强度的度量, 其中, 接近 1 的比值表示无降水的状态。如果所述比值超过大于 1 的预给定值, 则满足了降水检测的第一标准。此外, 可以定义第一距离范围 INT1 中积分的最小值, 在认为满足了第一标准之前必须与这两个积分的比值无关地超过所述最小值 (最小雨水反向散射功率)。然而, 在第一距离范围 INT1 中存在多个物体时, 尽管所描述的滤波过程隐没物体峰值, 但仍可能在不存在降水的情况下错误地满足第一标准。在此, 有问题的行驶情况例如是在隧道中行驶或在小巷中行驶。

[0041] 第二标准涉及中频信号 ZF 的至少两个振幅谱 $A(f)$ 的比较, 所述至少两个振幅谱 $A(f)$ 在至少两个前后相继经历的调制斜坡期间获得。

[0042] 图 7 示例性地示出所接收的功率谱密度的示意性功率谱 $P(f) = (A(f))^2$, 所述功率谱在具有相同调制的两个前后相继的调制斜坡——例如调制斜坡 31 和 31' 中获得。作为示例再次假定, 单个物体 21 位于定位范围内, 所述单个物体 21 在频谱中可分别识别为峰值 43 或 43'。这两个频谱的区别在于所发射的发射信号的发射功率, 所述发射信号根据在图 3 中示出的示图变化。

[0043] 在周期 I (图 7 中的左侧) 中, 峰值 43 在峰值频率处具有最大信号功率 P_1 。与之相反, 在周期 II (图 7 中的右侧) 中, 峰值 43' 由于发射功率的下降而仅仅具有较小的最大信号功率 P_2 。当不存在降水和任何其他散射损失时, 如果在多个前后相继的循环周期上或者更确切地说在具有交替地较高和较低的发射功率的循环周期对上跟踪所涉及的物体 21, 则信号功率 P_1 与 P_2 之间的差 ΔP 应当仅仅取决于功率下降并且因此保持一个基本上恒定的值。所述假设是合理的, 因为在实践中单个循环周期的持续时间例如仅仅 4ms 并且实际物体 (例如在前行驶的车辆) 具有相对较小的动态性, 从而在几毫秒或几十毫秒的时间段

内峰值 43 的峰值高度实际上不会改变。

[0044] 相反,在降水时则表现不同。如在图 4 中示出的那样,降水 22 的雨滴中的每一个的效果如同较小的反射目标或者在根据图 7 的频谱中留下小峰值的物体。这些峰值分散在宽的频带上并且如以上所述作为所谓的雨水杂波贡献于图 7 中的频谱的背景。

[0045] 如果观察信号功率差 ΔP , 则 ΔP 在不存在降水时应当是基本上恒定的。然而,降水 22 的雨滴在近区中垂直方向上较高的相对动态性也会在位于调制斜坡 31 与 31' 之间的 4ms 时间间隔中导致信号功率差 ΔP 的显著的统计波动。因此,信号功率差 ΔP 的分散 (Streuung) 或方差是存在降水的合适度量。

[0046] 图 8 到 11 示出说明这种效应的实验测量的结果。

[0047] 这些实验测量分别在约 10 分钟的时间段上进行。在图 8 中,相对时间 t 绘制了所述时间段内对信号功率差 ΔP 的一些单独测量的结果。在此根据预给定的信号频谱范围内经积分的信号功率而不是如在图 7 中示出的那样根据物体峰值的高度来确定信号功率差 ΔP 。通过测量点 53 表示对信号功率差 ΔP 的每个单独确定,所述测量点 53 说明两个前后相继的循环周期之间的信号功率差 ΔP 。图 8 中的曲线 54 说明通过单独测量的 (具有合适的时间常数的) 低通滤波形成的平均值。

[0048] 在图 8 中示出的结果是在干燥测量中记录的,也就是说,仅仅检测到物体 21 而不存在降水。

[0049] 与之相反,图 9 示出相应的测量点 53' 和存在降水时测量的平均曲线 54'。可以看出,降水实际上对平均的信号功率差 (曲线 54') 没有影响,但是会导致由测量点 53' 象征性表示的单独测量的显著较强的分散。所述分散或方差因此形成检测降水的第二标准的基础并且此外还形成定量地确定降水强度的基础。

[0050] 如果观察一系列前后相继的单独测量,其中, k 说明单独测量的索引,则例如可以根据以下公式确定方差:

$$[0051] \quad \sigma_k^2 = a(\Delta P_k - \text{AVE}(\Delta P_k))^2 + (1-a) \cdot \sigma_{k1}^2 \quad (1)$$

[0052] 其中:

[0053] σ_k^2 单独测量 k 的信号功率差的估计方差,

[0054] a 滤波器系数,

[0055] ΔP_k 当前的单独测量的结果,并且

[0056] $\text{AVE}(\Delta P_k)$ 单独测量 k 的信号功率差的 (估计) 平均值。

[0057] 可以使用经低通滤波的值作为估计平均值 $\text{AVE}(\Delta P_k)$, 所述经低通滤波的值通过图 8 和 9 中的曲线 54 和 54' 说明。对于滤波器系数 a , 合适的值例如为 0.05。

[0058] 图 10 和 11 示出对于根据图 8 的干燥测量或者根据图 9 的降水时的测量根据公式 (1) 的方差 σ_k^2 的时间变化。在根据图 11 的降水测量中, 方差非常快速地在显著高于根据图 10 的干燥测量的方差的水平上摆动。

[0059] 为了检验第二标准, 在图 1 中示出的检测装置 18 因此具有用于确定方差 σ_k^2 的分析处理单元和将方差 σ_k^2 与合适的阈值进行比较的比较级。如果超过所述阈值, 则认为满足了第二标准。在此所述的结合第二标准的方法的优点在于, 可以实现在尤其是存在物体 21——例如在前行驶的车辆等等时检测降水。对第一标准的可靠性起负作用的高物体密度也不会限制所述方法的可用性。

[0060] 在这里所述的第二标准的实施例中,发射信号的功率周期性地变化。为了识别灵敏度损失,以峰值 43 选择振幅谱或功率频谱中灵敏地响应发射功率变化的特征。由借助快速相继出现的调制斜坡进行相对测量决定地,所述测量对干扰因素——如雷达传感器的温度或老化等等的响应不灵敏。优选地,应当针对其中发射功率不同但在时间上尽可能少地彼此分开的调制斜坡进行这些特征的振幅(或功率)的分析处理,使得经定位的物体的动态性实际上不会影响这些特征。如果例如一个测量循环周期包括两个或更多个不同的调制斜坡,则符合目的地在每个测量循环周期之后改变发射功率。虽然根据图 3 仅仅在两个发射功率水平之间进行变换,但通常也可以在三个或更多个发射功率水平之间进行变换。另一方面,不一定在每个测量循环周期之后进行发射功率的变换。例如,在具有恒定发射功率的多个测量循环周期之后插入一个发射功率下降的测量循环周期便足够了。同样可以暂时关闭检测装置 18 并且仅仅在某些间隔中激活检测装置 18,其中,检测装置 18 随后如此控制放大器 13,使得系统过渡到特定的失明模式中,在所述失明模式中发射信号的调制和功率下降在失明识别或散射损失源的识别方面是最优的。

[0061] 替换地,还可以在发射功率恒定的情况下实施结合第二标准描述的方法。同样,可以在存在降水时观察到诸如峰值的特征的振幅(或功率)中的增大的方差。然而,所述差异可能不那么显著。

[0062] 如已经提及的,第二标准相对第一标准不同在于,高物体密度——例如在小巷中行驶或在隧道中行驶时也不会导致降水的错误识别。相反其他影响却可能会错误地导致第二标准的满足,如以下所述的那样。

[0063] 如在公式(1)中所说明的,为了确定信号功率差的方差 σ_k^2 ,需要单独测量 k 的信号功率差的平均值 $AVE(\Delta P_k)$ 。借助于低通滤波由多个前后相继的测量确定所述平均值(平滑的平均值)。然而,在信号功率差快速变化时低通滤波器的时间常数会导致平均值的错误的值(滤波器的延迟(Nachlaufen)),由此错误地并且尤其过大地确定方差 σ_k^2 。信号功率差的快速变化可能由雷达传感器突然失明导致,例如是由于喷到其发射与接收天线上或者其雷达透镜或雷达护板(罩)上的融雪。作为过大地确定的方差 σ_k^2 的结果,可能错误地满足第二标准。然而,突然的失明不会影响第一标准,其中,比较频谱的同样遭遇失明的不同频率范围。

[0064] 总体上接收到较少反向散射的功率的情况,例如在下过雪的但空闲的乡村道路上行驶时(在识别区域中没有任何其他车辆),在第二标准的错误满足方面也是有问题的,因为散射通常由于较小的接收功率而增多。然而所述情况对于第一标准而言是没有问题的,因为在反向散射的接收功率在总体上较小时也不会超过干燥时的最小降雨反向散射功率并且因此不会满足第一标准。

[0065] 可能在这些标准之一中导致虚假的降水识别的分别易于出错的情况对于另一个标准而言恰好是没有问题的。

[0066] 因此,检测装置 18 被如此设置,使得其仅仅在同时满足了第一标准和第二标准时才认为检测到降水并且在其输出端上输出降水信号 N。此外可以提出仅仅在比预给定的时间段长地同时满足这两个标准时才认为确定了降水。

[0067] 在以上所描述的示例中,根据中频信号 ZF 的振幅谱 $A(f)$ 进行所接收的雷达信号的分析处理。然而,在一个经修改的构型方案中,也可以直接分析处理中频频谱 ZF 的、在模

/ 数转换器 16 中获得的时间信号。

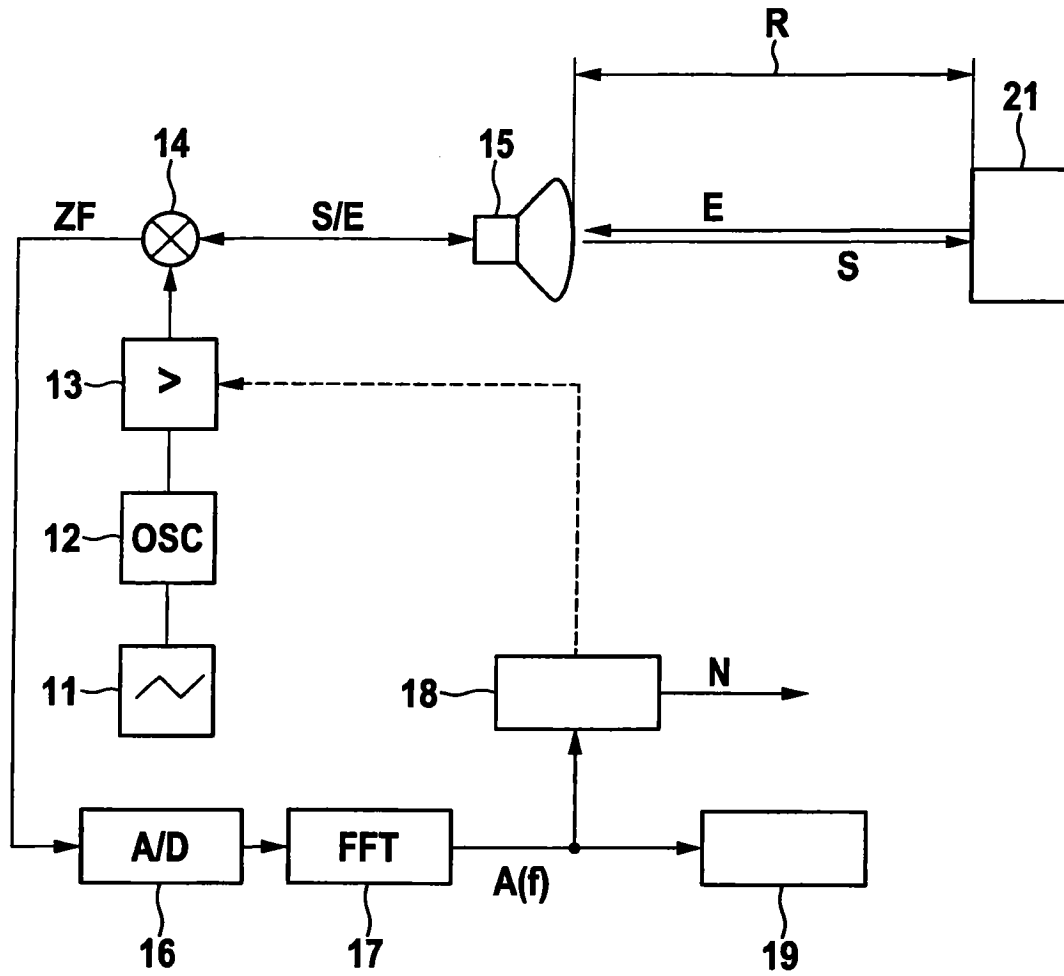


图 1

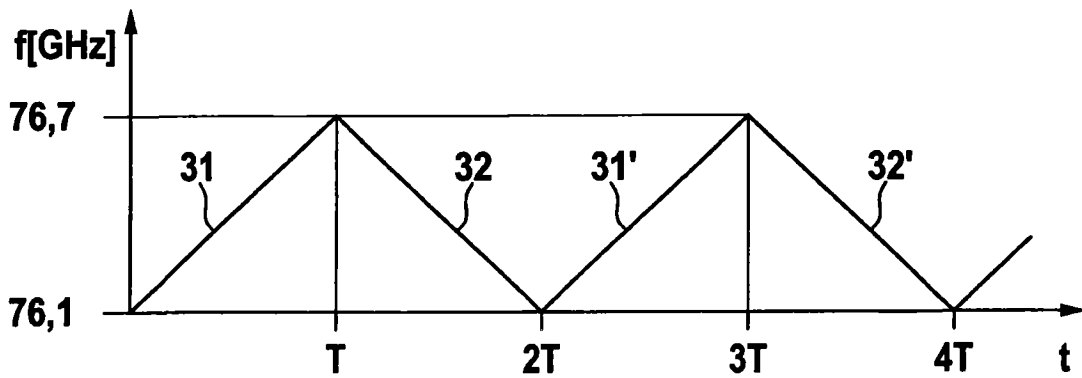


图 2

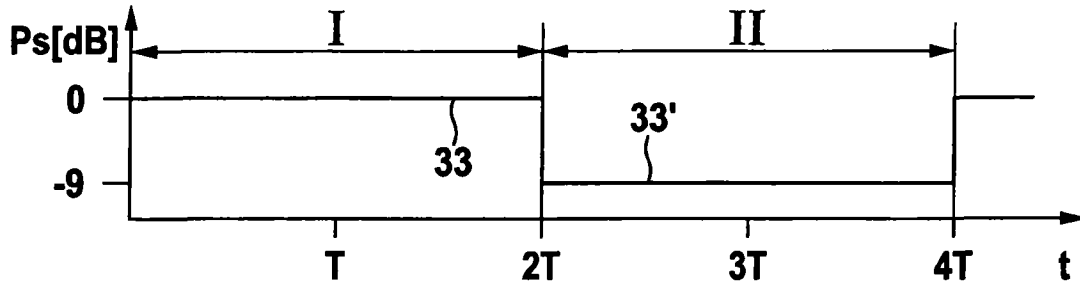


图 3

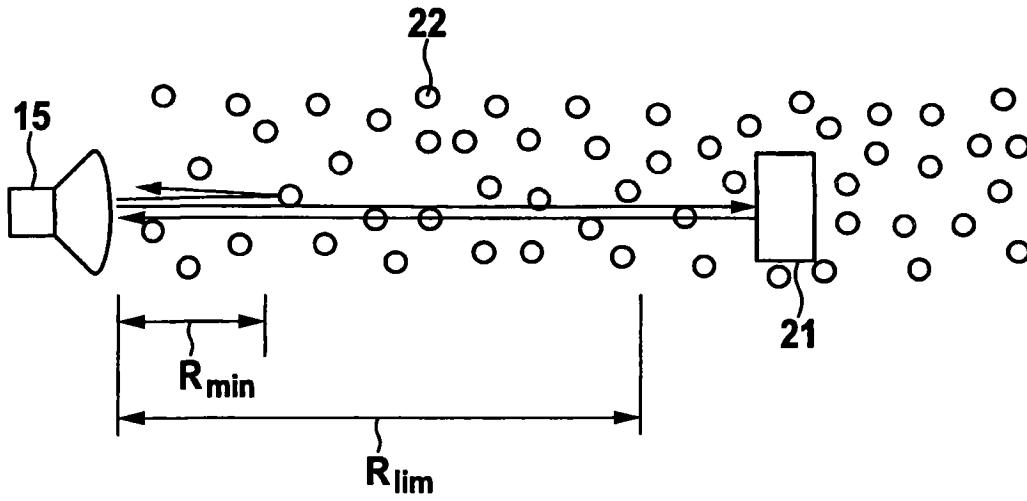


图 4

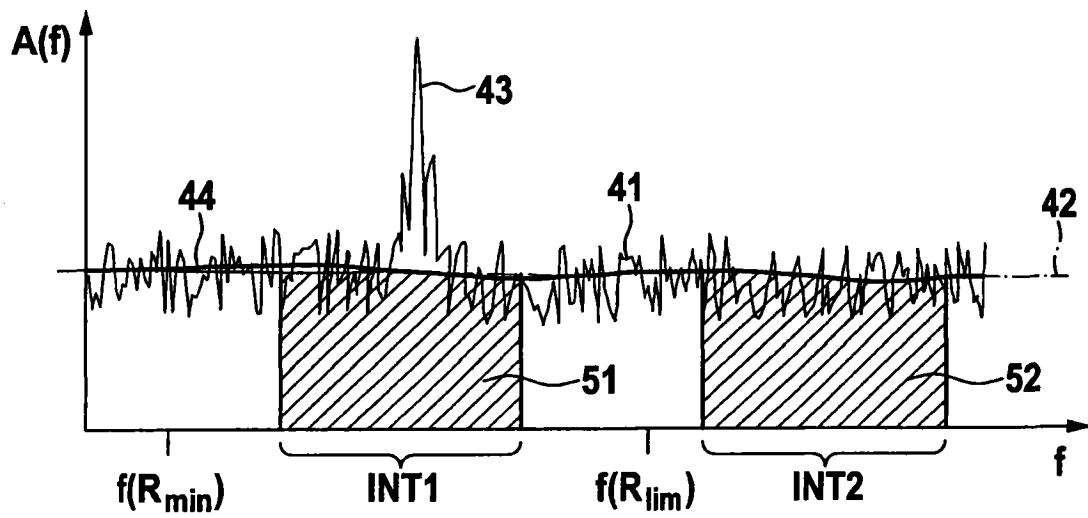


图 5

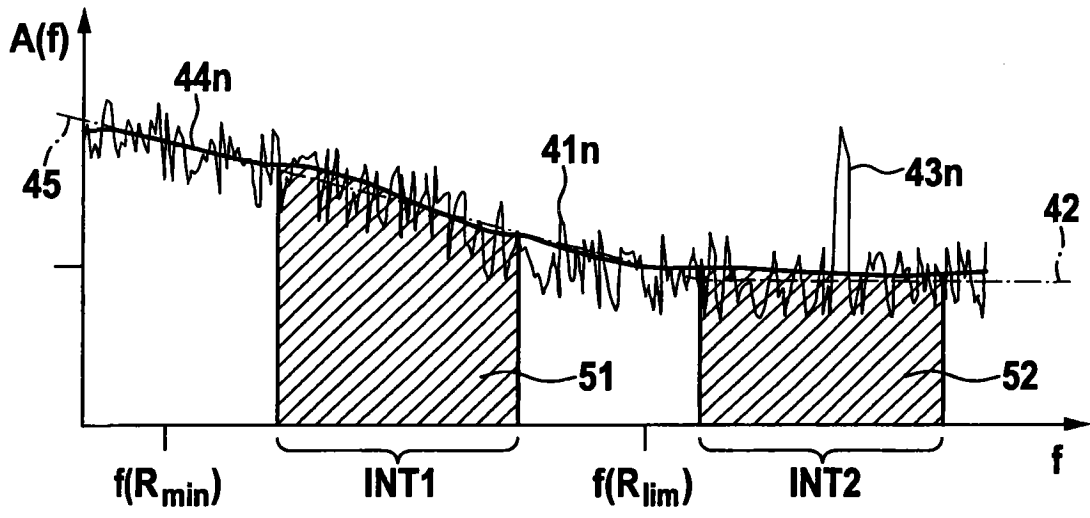


图 6

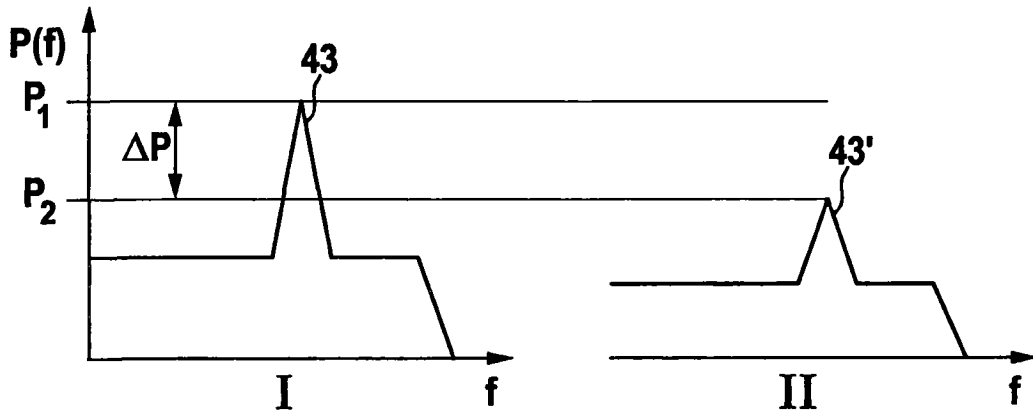


图 7

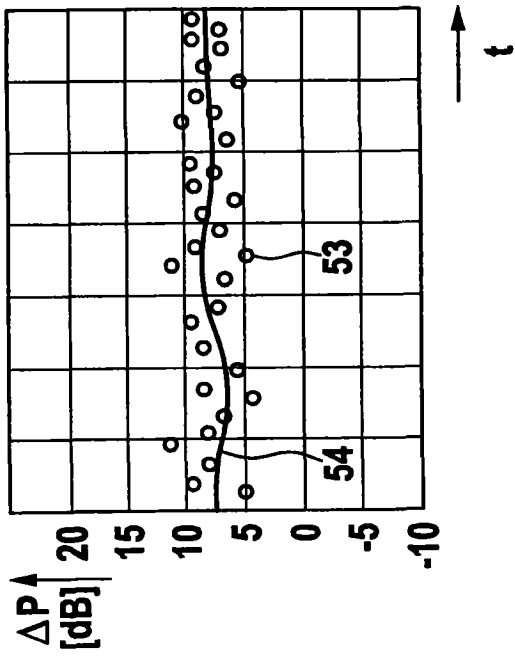


图 8

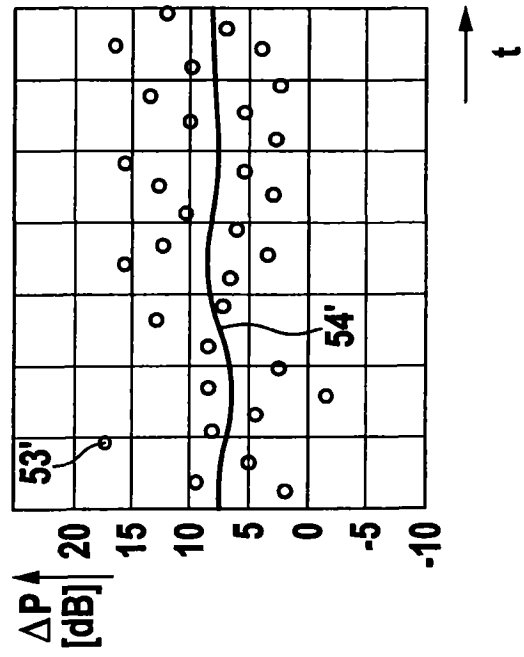


图 9

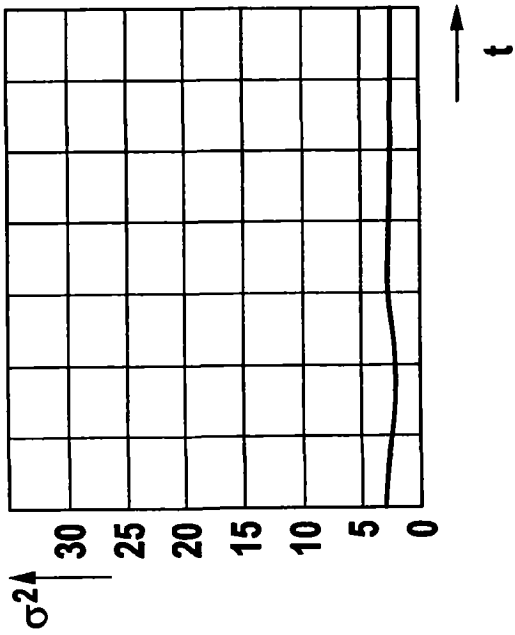


图 10

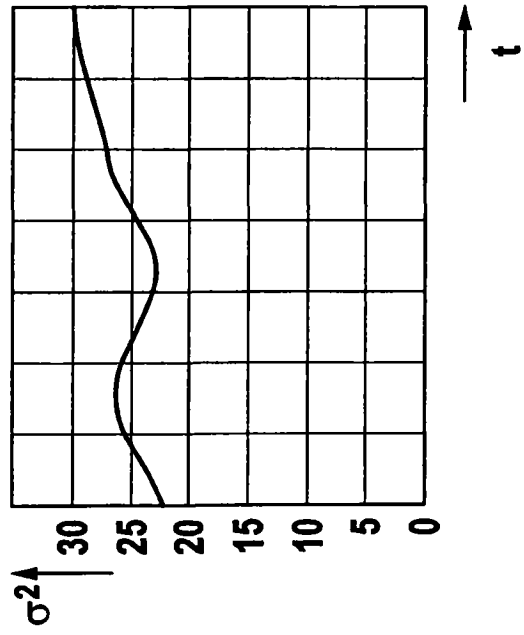


图 11