



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109283534 A

(43)申请公布日 2019.01.29

(21)申请号 201811084048.X

(22)申请日 2018.09.18

(71)申请人 中国科学院沈阳自动化研究所

地址 110016 辽宁省沈阳市沈河区南塔街
114号

(72)发明人 杜劲松 高扬 李鹏 高洁 王伟

(74)专利代理机构 沈阳科苑专利商标代理有限公司 21002

代理人 李巨智

(51) Int. Cl.

G01S 13/93(2006.01)

G01S 13/50(2006.01)

G01S 13/58(2006.01)

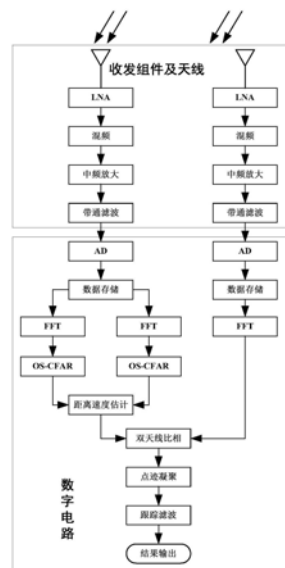
权利要求书3页 说明书5页 附图2页

(54)发明名称

一种基于毫米波雷达的路口并道辅助预警系统及方法

(57)摘要

本发明涉及一种基于毫米波雷达的路口并道辅助预警系统及方法,系统包括:信号发射模块、信号接收模块、信号处理模块和信息显示模块;方法包括:中频信号分为两组频率信号;将每组频率信号分别进行FFT和OS-CFAR过程,通过相位处理进行距离与速度估计;另一组中频信号进行FFT处理,提取与主通道FFT结果相对应的频率点数据,进行干涉比相,得到点迹的角度信息,得出点迹的方位信息;将位置与速度值相近的若干点迹信息进行凝聚处理,并对凝聚后的目标进行跟踪滤波。本发明采用毫米波雷达作为路口车辆信息检测方式,通过向感兴趣区域发射微波实现对车辆的实时信息显示及跟踪,再通过信息显示屏为驾驶员提供交通信息,已达到避免交通事故的目的。



1. 一种基于毫米波雷达的路口并道辅助预警系统,应用于交汇的道路路口处,其特征在于,包括:

信号发射模块,包括一个发射天线,并通过SPI控制功放输出,向天线正前方周期性的发射具有一定波束宽度的微波波束;

信号接收模块,包括两个接收天线和中频处理模块,两个接收天线接收检测区域内目标的两路反射信号,中频处理模块对接收到的两路反射信号进行信号预处理,并将预处理后的两路中频信号输出到信号处理模块;

信号处理模块,连接信号接收模块,接收信号接收模块输出的两路中频信号,进行放大滤波、AD采样与数据存储,其中一个天线的中频信号分为两组频率信号;将每组频率信号分别进行FFT和OS-CFAR过程,通过相位处理进行距离与速度估计,得到点迹的距离信息与速度信息;另一组中频信号进行FFT处理,提取与主通道FFT结果相对应的频率点数据,进行干涉比相,得到点迹的角度信息,进而可以计算出点迹的方位信息;将位置与速度值相近的若干点迹信息进行凝聚处理,得到目标的位置与速度信息,并对凝聚后的目标进行跟踪滤波,输出处理结果;

信息显示模块,连接信号处理模块,接收处理结果,用于显示目标的距离、速度和轨迹信息。

2. 根据权利要求1所述的基于毫米波雷达的路口并道辅助预警系统,其特征在于:所述两个接收天线相距一定的距离,使同一目标达到两个天线具有不同时延,产生不同的相角。

3. 根据权利要求1所述的基于毫米波雷达的路口并道辅助预警系统,其特征在于:所述信号预处理包括:滤波、放大和下变频操作。

4. 根据权利要求1所述的基于毫米波雷达的路口并道辅助预警系统,其特征在于:所述通过相位处理进行距离与速度估计包括以下过程:

系统采用MFSK连续波调制体制,差拍信号频率为:

$$f_B = f_R - f_D = -\frac{f_{sw}}{T_{chirp}} \frac{2}{c} \cdot R + 2 \frac{v}{\lambda}$$

其中, f_R 为由目标距离引起的频率, f_D 为多普勒频率, f_{sw} 为调制频率, T_{chirp} 为脉冲信号调制周期, c 为光速, R 为目标距离, v 为目标速度, λ 为信号波长;

$$k = \frac{v}{\Delta v} - \frac{R}{\Delta R}$$

其中, k 是傅里叶频谱的索引(归一化整数频率), $\Delta R = c / (2B)$, $\Delta v = c / (2f_0 T_{chirp})$,其中 B 为信号带宽, f_0 为发射信号载频;

相位差由距离和多普勒频率引起,相位差 $\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1$ 可根据下式计算

$$\Delta\varphi(m) = \varphi_2 - \varphi_1 = 2\pi \left(f_{shift} \frac{2}{c} R + f_D T_{sa} \right)$$

其中, $f_D = -\frac{2v}{\lambda}$, $T_{sa} = \frac{T_{Chirp}}{2(N-1)}$, $\Delta v = \frac{\lambda}{2T_{Chirp}}$, f_{shift} 为偏移频率, N 为步进长度;

$$\Delta\varphi = \frac{\pi}{N-1} \cdot \frac{v}{\Delta v} - 4\pi \cdot R \cdot \frac{f_{Shift}}{c}$$

结合上面两个公式,得到目标的距离和速度信息

$$R = \frac{c\Delta R}{\pi} \cdot \frac{(N-1) \cdot \Delta\varphi - \pi \cdot \kappa}{c - 4 \cdot (N-1) \cdot f_{Shift} \cdot \Delta R}$$

$$v = \frac{(N-1) \cdot \Delta v}{\pi} \cdot \frac{c \cdot \Delta\varphi - 4\pi \cdot f_{Shift} \cdot \Delta R \cdot \kappa}{c - 4 \cdot (N-1) \cdot f_{Shift} \cdot \Delta R}。$$

5. 根据权利要求1所述的基于毫米波雷达的路口并道辅助预警系统,其特征在于:所述双天线干涉比相,得到目标的方位信息,包括以下过程:

假设目标到达两个天线的相位中心分别为 R_1 和 R_2 ,两个接收天线之间的相位差可以表示为

$$\varphi = \frac{2\pi}{\lambda} (R_1 - R_2) = \frac{2\pi d}{\lambda} \sin\theta$$

进而可以求解目标的方位角 θ

$$\theta = \arcsin\left(\frac{\lambda\varphi}{2\pi d}\right)$$

通过所得目标的距离信息,可得目标的方位信息(R_x, R_y)为

$$R_x = R \cdot \sin\theta$$

$$R_y = R \cdot \cos\theta$$

其中, λ 为信号波长, d 为两个接收天线的距离, R 为目标距离。

6. 根据权利要求1所述的基于毫米波雷达的路口并道辅助预警系统,其特征在于:所述凝聚处理包括:

步骤1:过滤原始点迹中的虚假点迹;

步骤2:利用目标参数信息从原始点迹数据中分离出属于同一批目标的点迹数据;

步骤3:对同一批目标的点迹数据进行距离、方位上的凝聚处理,得到目标唯一的距离估值和方位估值。

7. 根据权利要求6所述的基于毫米波雷达的路口并道辅助预警系统,其特征在于:所述过滤原始点迹中的虚假点迹为将超出识别范围的点迹进行滤除,其中,超出识别范围包括点迹位置在识别范围之外,或点迹速度值超过预设的范围。

8. 根据权利要求1~7任一项所述系统的路口并道辅助预警方法,其特征在于,包括以下步骤:

步骤1:信号发射模块通过SPI控制功放输出,向天线正前方周期性的发射具有一定波束宽度的微波波束;

步骤2:两个接收天线接收检测区域内目标的两路反射信号,中频处理模块对接收到的两路反射信号进行信号预处理,并将预处理后的两路中频信号输出到信号处理模块;

步骤3:信号处理模块接收两路中频信号,进行放大滤波、AD采样与数据存储,其中一个天线的中频信号分为两组频率信号;将每组频率信号分别进行FFT和IOS-CFAR过程,通过相位处理进行距离与速度估计,得到点迹的距离信息与速度信息;另一组中频信号进行FFT处理,提取与主通道FFT结果相对应的频率点数据,进行干涉比相,得到点迹的角度信息,进而可以计算出点迹的方位信息;将位置与速度值相近的若干点迹信息进行凝聚处理,得到目

标的位置与速度信息,并对凝聚后的目标进行跟踪滤波,输出处理结果;

步骤4:信息显示模块接收处理结果,显示目标的距离、速度和轨迹信息。

一种基于毫米波雷达的路口并道辅助预警系统及方法

技术领域

[0001] 本发明涉及雷达动目标检测领域,具体地说是一种基于毫米波雷达的路口并道辅助预警系统及方法。

背景技术

[0002] 道路上的交叉路口一般都是事故的高发区,因为这个路面往往车辆比较多,不仅有机动车,甚至还有非机动车和行人混行,在这个地方交通也容易堵塞,稍微不慎就很容易发生交通事故,统计数据显示,90%的重特大交通事故都发生在交叉路口。

[0003] 传统中行人或机动车辆进入交叉路口主要按照交通信号灯的指示,但对于无信号灯的路口,行人及车辆仅能通过瞭望来预判来往车辆,然而即使路口存在交通信号灯的指示,也会出现不遵守交通秩序的情况发生,这对于准备进入路口的车辆尤其是行人具有很大的潜在危险。如果存在一种方式能够在路口处显示交通实时信息,提示驾驶员该路口车辆和行人的位置和速度情况,就能提前采取等待或减速以实现交通事故的减少。本系统采用毫米波雷达作为路口车辆信息检测方式,通过向感兴趣区域发射微波实现对车辆的实时信息显示及跟踪,再通过信息显示屏为驾驶员提供交通信息,已达到避免交通事故的目的。

发明内容

[0004] 针对现有技术的不足,本发明提供一种基于毫米波雷达的路口并道辅助预警系统及方法,解决交叉路口的交通事故频发的问题。

[0005] 本发明为实现上述目的所采用的技术方案是:

[0006] 一种基于毫米波雷达的路口并道辅助预警系统,应用于交汇的道路路口处,其特征在于,包括:

[0007] 信号发射模块,包括一个发射天线,并通过SPI控制功放输出,向天线正前方周期性的发射具有一定波束宽度的微波波束;

[0008] 信号接收模块,包括两个接收天线和中频处理模块,两个接收天线接收检测区域内目标的两路反射信号,中频处理模块对接收到的两路反射信号进行信号预处理,并将预处理后的两路中频信号输出到信号处理模块;

[0009] 信号处理模块,连接信号接收模块,接收信号接收模块输出的两路中频信号,进行放大滤波、AD采样与数据存储,其中一个天线的中频信号分为两组频率信号;将每组频率信号分别进行FFT和OS-CFAR过程,通过相位处理进行距离与速度估计,得到点迹的距离信息与速度信息;另一组中频信号进行FFT处理,提取与主通道FFT结果相对应的频率点数据,进行干涉比相,得到点迹的角度信息,进而可以计算出点迹的方位信息;将位置与速度值相近的若干点迹信息进行凝聚处理,得到目标的位置与速度信息,并对凝聚后的目标进行跟踪滤波,输出处理结果;

[0010] 信息显示模块,连接信号处理模块,接收处理结果,用于显示目标的距离、速度和轨迹信息。

[0011] 所述两个接收天线相距一定的距离,使同一目标达到两个天线具有不同时延,产生不同的相角。

[0012] 所述一定波束宽度是指发射天线的波束宽度,在本系统中为 $54^\circ \times 14^\circ$ 。

[0013] 所述信号预处理包括:滤波、放大和下变频操作。

[0014] 所述通过相位处理进行距离与速度估计包括以下过程:

[0015] 系统采用MFSK连续波调制体制,差拍信号频率为:

$$[0016] \quad f_B = f_R - f_D = -\frac{f_{sw}}{T_{chirp}} \cdot \frac{2}{c} \cdot R + 2 \frac{v}{\lambda}$$

[0017] 其中, f_R 为由目标距离引起的频率, f_D 为多普勒频率, f_{sw} 为调制频率, T_{chirp} 为脉冲信号调制周期, c 为光速, R 为目标距离, v 为目标速度, λ 为信号波长;

$$[0018] \quad \kappa = \frac{v}{\Delta v} - \frac{R}{\Delta R}$$

[0019] 其中, κ 是傅里叶频谱的索引(归一化整数频率), $\Delta R = c / (2B)$, $\Delta v = c / (2f_0 T_{chirp})$,其中 B 为信号带宽, f_0 为发射信号载频;

[0020] 相位差由距离和多普勒频率引起,相位差 $\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1$ 可根据下式计算

$$[0021] \quad \Delta\varphi(m) = \varphi_2 - \varphi_1 = 2\pi \left(f_{shift} \frac{2}{c} R + f_D T_{sa} \right)$$

[0022] 其中, $f_D = -\frac{2v}{\lambda}$, $T_{sa} = \frac{T_{Chirp}}{2(N-1)}$, $\Delta v = \frac{\lambda}{2T_{Chirp}}$, f_{shift} 为偏移频率, N 为步进长度;

$$[0023] \quad \Delta\varphi = \frac{\pi}{N-1} \cdot \frac{v}{\Delta v} - 4\pi \cdot R \cdot \frac{f_{Shift}}{c}$$

[0024] 结合上面两个公式,得到目标的距离和速度信息

$$[0025] \quad R = \frac{c\Delta R}{\pi} \cdot \frac{(N-1) \cdot \Delta\varphi - \pi \cdot \kappa}{c - 4 \cdot (N-1) \cdot f_{Shift} \cdot \Delta R}$$

$$[0026] \quad v = \frac{(N-1) \cdot \Delta v}{\pi} \cdot \frac{c \cdot \Delta\varphi - 4\pi \cdot f_{Shift} \cdot \Delta R \cdot \kappa}{c - 4 \cdot (N-1) \cdot f_{Shift} \cdot \Delta R} \circ$$

[0027] 所述双天线干涉比相,得到目标的方位信息,包括以下过程:

[0028] 假设目标到达两个天线的相位中心分别为 R_1 和 R_2 ,两个接收天线之间的相位差可以表示为

$$[0029] \quad \varphi = \frac{2\pi}{\lambda} (R_1 - R_2) = \frac{2\pi d}{\lambda} \sin \theta$$

[0030] 进而可以求解目标的方位角 θ

$$[0031] \quad \theta = \arcsin \left(\frac{\lambda \varphi}{2\pi d} \right)$$

[0032] 通过所得目标的距离信息,可得目标的方位信息(R_x, R_y)为

$$[0033] \quad R_x = R \cdot \sin \theta$$

$$[0034] \quad R_y = R \cdot \cos \theta$$

[0035] 其中, λ 为信号波长, d 为两个接收天线的距离, R 为目标距离。

[0036] 所述凝聚处理包括:

[0037] 步骤1:过滤原始点迹中的虚假点迹;

[0038] 步骤2:利用目标参数信息从原始点迹数据中分离出属于同一批目标的点迹数据;

[0039] 步骤3:对同一批目标的点迹数据进行距离、方位上的凝聚处理,得到目标唯一的距离估值和方位估值。

[0040] 所述过滤原始点迹中的虚假点迹为将超出识别范围的点迹进行滤除,其中,超出识别范围包括点迹位置在识别范围之外,或点迹速度值超过预设的范围。

[0041] 一种基于毫米波雷达的路口并道辅助预警方法,包括以下步骤:

[0042] 步骤1:信号发射模块通过SPI控制功放输出,向天线正前方周期性的发射具有一定波束宽度的微波波束;

[0043] 步骤2:两个接收天线接收检测区域内目标的两路反射信号,中频处理模块对接收到的两路反射信号进行信号预处理,并将预处理后的两路中频信号输出到信号处理模块;

[0044] 步骤3:信号处理模块接收两路中频信号,进行放大滤波、AD采样与数据存储,其中一个天线的中频信号分为两组频率信号;将每组频率信号分别进行FFT和OS-CFAR过程,通过相位处理进行距离与速度估计,得到点迹的距离信息与速度信息;另一组中频信号进行FFT处理,提取与主通道FFT结果相对应的频率点数据,进行干涉比相,得到点迹的角度信息,进而可以计算出点迹的方位信息;将位置与速度值相近的若干点迹信息进行凝聚处理,得到目标的位置与速度信息,并对凝聚后的目标进行跟踪滤波,输出处理结果;

[0045] 步骤4:信息显示模块接收处理结果,显示目标的距离、速度和轨迹信息。

[0046] 本发明具有以下有益效果及优点:

[0047] 1.本发明采用毫米波雷达传感器作为目标检测方式,可对检测范围内的车辆及行人的距离及速度信息进行高精度测量;

[0048] 2.本发明可将检测到的目标距离及速度信息实时呈现在显示屏上,为交汇路口处的车辆提供待并入车道的实时路况信息,起到防撞预警的作用。

附图说明

[0049] 图1为本发明的方法流程图;

[0050] 图2为毫米波雷达微波收发组件原理框图;

[0051] 图3为目标点迹凝聚处理流程图。

具体实施方式

[0052] 下面结合附图及实施例对本发明做进一步的详细说明。

[0053] 为使本发明的上述目的、特征和优点能够更加明显易懂,下面结合附图对本发明的具体实施方式做详细的说明。在下面的描述中阐述了很多具体细节以便于充分理解本发明。但本发明能够以很多不同于在此描述的其他方式来实施,本领域技术人员可以在不违背发明内涵的情况下做类似改进,因此本发明不受下面公开的具体实施的限制。

[0054] 除非另有定义,本文所使用的所有的技术和科学术语与属于本发明的技术领域的技术人员通常理解的含义相同。本文中在发明的说明书中所使用的术语只是为了描述具体

的实施例的目的,不是旨在于限制本发明。

[0055] 如图1所示为本发明的方法流程图。

[0056] 步骤1:天线1和天线2分别接收来目标的反射信号 $S_1(t)$ 和 $S_2(t)$, $S_1(t)$ 和 $S_2(t)$ 经过LNA、混频、中频放大、带通滤波和AD处理,得到 $S_1(n)$ 和 $S_2(n)$;

[0057] 步骤2:将原始发射信号 $S_0(n)$ 和 $S_1(n)$ 分别进行FFT(傅里叶变换)和OS-CFAR(有序统计恒虚警)处理,通过频率和相位差,获取目标的距离和速度信息:

$$[0058] \quad R = \frac{c\Delta R}{\pi} \cdot \frac{(N-1) \cdot \Delta\varphi - \pi \cdot \kappa}{c - 4 \cdot (N-1) \cdot f_{Shift} \cdot \Delta R}$$

$$[0059] \quad v = \frac{(N-1) \cdot \Delta v}{\pi} \cdot \frac{c \cdot \Delta\varphi - 4\pi \cdot f_{Shift} \cdot \Delta R \cdot \kappa}{c - 4 \cdot (N-1) \cdot f_{Shift} \cdot \Delta R}$$

[0060] 步骤3:将 $S_2(n)$ 进行FFT,结合步骤2中的距离和速度信息,然后将双天线接收到的信号进行干涉比相,求解点迹的方位信息,然后将点迹信息进行凝聚与跟踪滤波,最终输出处理结果。

[0061] 本发明的用的一发双收天线中的两个接收天线距离为 d ,对于远场目标,回波到达两个天线相位中心的波程差不同,因此回波的相位也不同,利用这一个特性可以求解出回波的到达方向。

[0062] 假设目标到达两个天线的相位中心分别为 R_1 和 R_2 ,两个天线单元之间的相位差可以表示为

$$[0063] \quad \varphi = \frac{2\pi}{\lambda}(R_1 - R_2) = \frac{2\pi d}{\lambda} \sin \theta$$

[0064] 进而可以求解目标的方位角 θ

$$[0065] \quad \theta = \arcsin\left(\frac{\lambda\varphi}{2\pi d}\right)$$

[0066] 此外,还可以采用比相单脉冲的方法进行角度测量。假设两个天线单元接收信号为 S_1 和 S_2 ,则和、差通道信号分别为

$$[0067] \quad \Sigma(\theta) = S_1 + S_2, \Delta(\theta) = S_1 - S_2$$

[0068] 由于 S_1 和 S_2 的幅度相同而相位差为 φ ,故

$$[0069] \quad S_1 = S_2 e^{-j\varphi}$$

[0070] 由此可得

$$[0071] \quad \Sigma(\theta) = S_2(1 + e^{-j\varphi}), \Delta(\theta) = S_2(1 - e^{-j\varphi})$$

[0072] 进而可以得到

$$[0073] \quad \frac{\Delta}{\Sigma} = \frac{1 - e^{-j\varphi}}{1 + e^{-j\varphi}} = j \tan\left(\frac{\theta}{2}\right)$$

[0074] 这是一个纯虚数,其模值为

$$[0075] \quad \left|\frac{\Delta}{\Sigma}\right| = \tan\left(\frac{\theta}{2}\right)$$

[0076] 这种比相单脉冲跟踪器经常被成为半角跟踪器。

[0077] 系统包括：

[0078] 信号发射模块，通过数字处理与控制电路产生线性调频信号，并通过SPI控制功放输出，向检测区域周期性的发射具有一定张角的微波波束；

[0079] 信号接收模块，系统采用的微带天线为1发2收模式，天线1和天线2以不同角度和方位，同时接收来自于路面及车辆的微波反射信号，该模块对接收天线收到的两路回波信号分别进行低噪放、去斜等处理，并将滤波放大后的中频信号输出到信号处理模块；

[0080] 信号处理模块，雷达传感器接收到目标的回波，经过低噪放、混频、中频放大，带通滤波、AD采样、数据存储。将两个频率的信号分别进行FFT、OS-CFAR，通过相位处理进行距离与速度估计。然后将双天线接收到的信号进行干涉比相，求解点迹的方位信息。将点迹信息进行凝聚于跟踪滤波，最终输出处理结果；

[0081] 信息显示模块，通过232通讯接口接收信号处理模块输出的信号处理结果，将目标的距离、速度及轨迹信息采用示意图的方式在信息显示板呈现出来，为交汇路口处的车辆及行人提供待并入车道的实时路况信息，起到防撞预警的作用。信息显示模块可根据交汇路口实际情况，定制适用于该路口实际路面情况的交通信息显示方式，可实时显示路口处交通车辆的位置和速度信息。

[0082] 如图2所示，为毫米波雷达微波收发组件原理框图。

[0083] 通用数字处理与控制电路控制英飞凌芯片的锁相环与倍频器，产生线性调频信号，并通过SPI控制功放输出。对接收天线收到的两路回波信号分别进行低噪放、去斜，将滤波放大后的中频信号输出给功能板。

[0084] 微波组件与微带天线一体化集成设计，元器件放置在天线板背面。以英飞凌BGT24MR12芯片作为收发器，外置频率合成器ADF4158，与BGT24MR12构成“PLL+VCO”组合。ARM向ADF4158的内置寄存器发送频率控制字，实现发射信号参数控制。ARM通过SPI实现对收发芯片BGT24MR12的控制。发射通道用腔体进行隔离，在关键部位（收发芯片、频率合成器）粘贴吸波材料。接收部分需要保证双通道的一致性设计。印制板顶层射频线，并铺覆射频地；模拟地位于中间层，两层地用磁珠连接。

[0085] 如图3所示，为目标点迹凝聚处理流程图。

[0086] 点迹凝聚处理是对录入的原始点迹数据做相应的处理。一般点迹凝聚处理分为三步：第一步是过滤原始点迹中的虚假点迹；第二步是利用目标参数信息从原始点迹数据中分离出属于同一批目标的点迹数据；第三步是对同一批目标的点迹数据进行距离、方位上的凝聚处理，得到目标唯一的距离估值和方位估值。

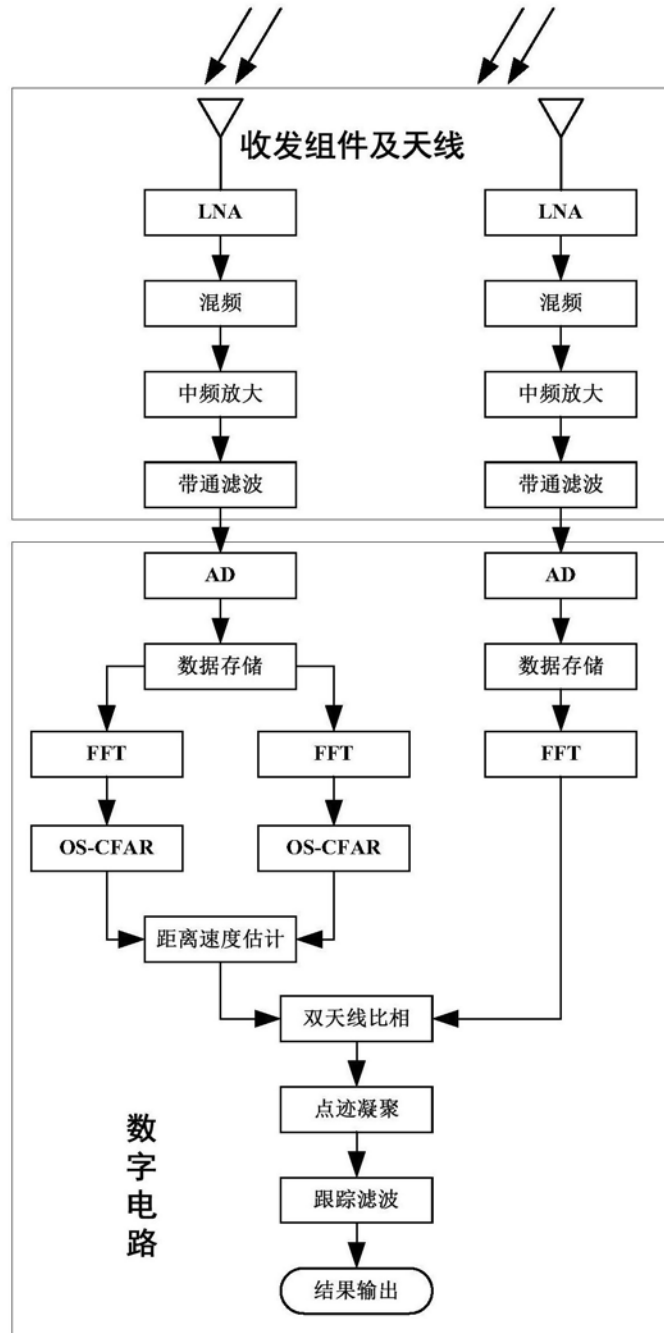


图1

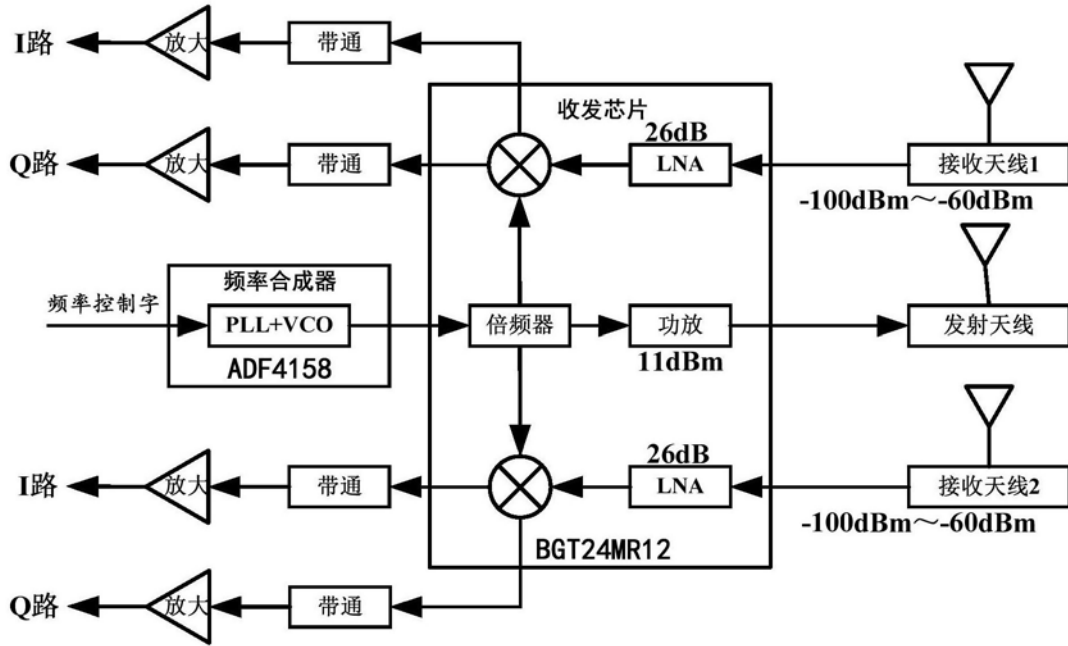


图2

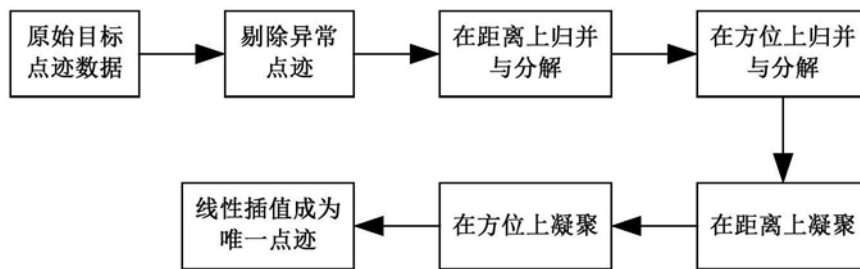


图3