

1. 一种星载合成孔径雷达系统预失真方法,其特征在于,包括:

步骤A) 信号源设计,星载 SAR 信号源分机采用基于 SOPC 技术的设计方案;所述信号源设计,包括:

步骤 A1:星载 SAR 信号源分机采用波形数字存储直读方法,将要发射信号波形的数据存入存储器,在时钟的作用下,从存储器中读出数据,经过数模转换、滤波放大后形成星载 SAR 系统的发射信号;

步骤 A2:星载 SAR 信号源分机是基于 SOPC 技术,具有嵌入式处理器内核,具备软硬件在系统可编程的功能;

步骤 A3:在卫星发射之前,将要发射信号波形的理论数据 I 以及 I 的幅度 I_a 和相位 I_ϕ 的数据固化入星载 SAR 信号源分机中的波形存储器 M1;

步骤 A4:在卫星发射之前,星载 SAR 信号源分机处理器中固化预失真算法;

步骤 A5:星载 SAR 系统上电后,理论数据 I 以及 I 的幅度 I_a 和相位 I_ϕ 数据自动加载到星载 SAR 信号源处理器的内存 M2 中;

步骤 A6:星载 SAR 信号源分机具有接收监控定时分机发送的命令的能力;

步骤 B) 数据接口,星载 SAR 信号源分机与数据形成分机之间设计数据接口;

步骤 C) 系统预失真,在星载 SAR 系统监控定时分机的控制下,星载 SAR 信号源分机通过软件完成星载 SAR 系统的预失真;

所述步骤 C) 系统预失真,包括:

步骤 C1:在监控定时分机的控制下,星载 SAR 信号源分机通过与数据形成分机之间的数据接口读取星载 SAR 系统的输出数据 A;

步骤 C2:星载 SAR 信号源分机执行预失真软件,求取用于预失真的误差参数;

步骤 C3:星载 SAR 信号源分机执行预失真软件,用步骤 C2 求得的误差参数修正理论数据 I 的幅度 I_a 和相位 I_ϕ ,得到具有新的幅度 B_a 与相位 B_ϕ 的数据 B;

步骤 C4:星载 SAR 信号源分机执行预失真软件,将新数据 B 存入波形存储器 M3,在时钟的作用下,星载 SAR 信号源分机从 M3 中读出数据,经过数模转换、滤波放大后形成星载 SAR 系统的发射信号,完成星载 SAR 系统的预失真;

所述步骤 C) 的 C2 中,求取用于预失真的误差参数,其步骤包括:

步骤 C11:星载 SAR 信号源分机执行固化在其中的预失真软件,求取读入数据 A 的幅度 A_a 和相位 A_ϕ ;

步骤 C12:星载 SAR 信号源分机执行固化在其中的预失真软件,求取读入数据 A 的幅度和相位与理论数据 I 的幅度 I_a 和相位 I_ϕ 之间的误差 Δa 和 $\Delta \phi$ 。

2. 根据权利要求 1 所述的预失真方法,其特征在于:所述步骤 B) 数据接口,包括:在星载 SAR 信号源与数据形成两个分机之间设计数据接口,星载 SAR 信号源分机通过此接口读取星载 SAR 系统输出的数据。

3. 根据权利要求 2 所述的预失真方法,其特征在于:所述步骤 A) 的 A6 中,星载 SAR 信号源分机具有接收监控定时分机发送的命令的能力,是指星载 SAR 信号源分机设计有指令接收接口,预失真的算法通过监控定时分机的程序控制由信号源分机自动完成。

4. 根据权利要求 3 所述的预失真方法,其特征在于:所述步骤 C12 中,求取读入数据 A

的幅度和相位与理论数据 I 的幅度 I_a 和相位 I_φ 之间的误差 Δa 和 $\Delta\varphi$, 是根据信号的形式, 采用直接求差法求取绝对误差, 或者采用曲线拟合法求取所关注的误差项。

5. 根据权利要求 1 所述的预失真方法, 其特征在于: 所述步骤 C) 系统预失真步骤 C1 至 C4, 是在监控定时分机发出启动系统预失真命令后, 信号源分机通过执行已经固化在其中的预失真软件完成的, 不需要外界辅助设备的参与, 同时在将经过预失真的数据 B 写入数据存储器 M3 的过程中不需要打开信号源的机箱, 不需要人的干预, 自动在轨进行。

6. 根据权利要求 1 所述的预失真方法, 其特征在于: 所述步骤 C) 中的软件, 即在卫星发射之前, 固化在星载 SAR 信号源分机处理器中的预失真程序的具体步骤:

步骤 1: 星载 SAR 系统上电, M1 的数据自动加载到 M2;

步骤 2: 判断监控定时分机的命令, 如果启动在轨预失真功能, 则转步骤 3, 如果不启动在轨预失真功能, 则将 M2 中固定的预失真数据存入波形存储的存储器 M3;

步骤 3: 信号源分机读取 M2 中的理论数据 I 以及 I 的幅度 I_a 和相位 I_φ 的数据;

步骤 4 在监控计算机的控制下, 信号源分机通过与数据形成分机之间的数据接口读取星载 SAR 系统输出的数据 A;

步骤 5: 求取读入数据幅度 A_a 和相位 A_φ ;

步骤 6: 求取读入数据 A 的幅度 A_a 和相位 A_φ 与理论数据 I 的幅度 I_a 和相位 I_φ 之间的误差 Δa 和 $\Delta\varphi$;

步骤 7: 用求得的幅度误差 Δa 和相位误差 $\Delta\varphi$ 修正理论数据 I 的幅度 I_a 和相位 I_φ , 得到具有新的幅度 B_a 与相位 B_φ 的数据 B;

步骤 8: 将新数据 B 存入波形存储器 M3。

一种星载合成孔径雷达系统预失真方法

技术领域

[0001] 本发明涉及微波遥感技术领域,是一种星载合成孔径雷达(SAR)系统预失真方法。

背景技术

[0002] 实际的系统不可避免的存在各种误差或者非线性,预失真技术是通过测量或分析得到实际系统的特性,将测得的系统特性与理想的系统特性比较,得到系统的误差函数,再用误差函数修正实际的系统,使得实际系统的特性尽可能接近理想的系统。预失真技术是用于校正系统误差、非线性以及失真的一种有效方法。目前在微波辐射计、微波高度计、雷达等领域广泛应用,用于校正系统收发信道的非线性和各种误差。

[0003] 现有的预失真技术在航天系统应用中,存在着下述的问题:

[0004] 1) 在实际系统中,随着时间的推移,由于器件不断老化,以及可能出现的温度变化或者电压变化,系统的特性也就发生了变化,原来用于预失真的参数不能跟踪系统的这种变化,使得预失真的效果达不到最好,在非航天应用中,可以适时地改变预失真参数,以保证系统特性的线性化。但在航天应用中,一旦系统发射入轨后,不能改变系统的预失真参数。

[0005] 2) 航天系统中,由于系统高可靠性的要求,一般采用硬件冗余设计,即每台设备既有主机,又有同样的一台备份机。一旦系统中某台设备故障,就启动备份机工作。在这种情况下,系统的特性就发生了变化,原来的预失真参数不能随系统特性的变化而改变。

[0006] 3) 实际的预失真参数的测量一般是在地面常温常压下进行,不能在空间环境下进行,预失真参数不能真实地反映空间环境下系统的特性。

[0007] 4) 对于航天产品来说,多次对机箱的拆装会带来不可靠因素,在航天产品中要求尽量少拆装机箱。目前的预失真方法需要重新打开信号源机箱结构,对信号源中写入的数据重新修改,待预失真过程完成后再组装机箱。如果在发射前需要多次进行预失真,则会受到上述因素的限制。

[0008] 因此,在空间环境下获取预失真的参数,并能根据系统在轨运行的情况及时改变预失真参数是预失真技术在星载 SAR 系统中应用需要解决的问题。

发明内容

[0009] 本发明的目的是克服现有技术存在的问题,提出基于 SOPC(System On Programmable Chip) 技术的一种星载合成孔径雷达(SAR)系统预失真方法,改变了现有星载 SAR 系统中信号源分机设计方案,可以有效地解决现有技术中,预失真参数不能实时跟踪系统特性的变化,使得系统整体性能指标下降的缺陷,同时在很大程度上简化了现有预失真的过程和需要的辅助设备,并且不会引起星载 SAR 硬件系统的复杂化。

[0010] 为达到上述目的,本发明的技术解决方案是:

[0011] 一种星载合成孔径雷达系统预失真方法,其包括:

[0012] 步骤 A) 信号源设计,星载 SAR 信号源分机采用基于 SOPC 技术的设计方案;

[0013] 步骤 B) 数据接口,星载 SAR 信号源分机与数据形成分机之间设计数据接口;

[0014] 步骤 C) 系统预失真,在星载 SAR 系统监控定时分机的控制下,星载 SAR 信号源分机通过软件完成星载 SAR 系统的预失真。

[0015] 所述的预失真方法,其所述步骤 A) 信号源设计,包括:

[0016] 步骤 A1:星载 SAR 信号源分机采用波形数字存储直读方法,将要发射信号波形的数据存入存储器,在时钟的作用下,从存储器中读出数据,经过数模转换、滤波放大后形成星载 SAR 系统的发射信号;

[0017] 步骤 A2:星载 SAR 信号源分机是基于 SOPC 技术,具有嵌入式处理器内核,具备软硬件在系统可编程的功能;

[0018] 步骤 A3:在卫星发射之前,将要发射信号波形的理论数据 I 以及 I 的幅度 I_a 和相位 I_ϕ 的数据固化入星载 SAR 信号源分机中的波形存储器 M1;

[0019] 步骤 A4:在卫星发射之前,星载 SAR 信号源分机处理器中固化预失真算法;

[0020] 步骤 A5:星载 SAR 系统上电后,理论数据 I 以及 I 的幅度 I_a 和相位 I_ϕ 数据自动加载到星载 SAR 信号源处理器的内存 M2 中;

[0021] 步骤 A6:星载 SAR 信号源分机具有接收监控定时分机发送的命令的能力。

[0022] 所述的预失真方法,其所述步骤 B) 数据接口,包括:在星载 SAR 信号源与数据形成两个分机之间设计数据接口,星载 SAR 信号源分机通过此接口读取星载 SAR 系统输出的数据。

[0023] 所述的预失真方法,其所述步骤 C) 系统预失真,包括:

[0024] 步骤 C1:在监控定时分机的控制下,星载 SAR 信号源分机通过与数据形成分机之间的数据接口读取星载 SAR 系统的输出数据 A;

[0025] 步骤 C2:星载 SAR 信号源分机执行预失真软件,求取用于预失真的误差参数;

[0026] 步骤 C3:星载 SAR 信号源分机执行预失真软件,用步骤 C2 求得的误差参数修正理论数据 I 的幅度 I_a 和相位 I_ϕ ,得到具有新的幅度 B_a 与相位 B_ϕ 的数据 B;

[0027] 步骤 C4:星载 SAR 信号源分机执行预失真软件,将新数据 B 存入波形存储器 M3,在时钟的作用下,星载 SAR 信号源分机从 M3 中读出数据,经过数模转换、滤波放大后形成星载 SAR 系统的发射信号,完成星载 SAR 系统的预失真。

[0028] 所述的预失真方法,其所述步骤 A) 的 A6 中,星载 SAR 信号源分机具有接收监控定时分机发送的命令的能力,是指星载 SAR 信号源分机设计有指令接收接口,预失真的算法通过监控定时分机的程序控制由信号源分机自动完成。

[0029] 所述的预失真方法,其所述步骤 C) 的 C2 中,求取用于预失真的误差参数,其步骤包括:

[0030] 步骤 C11:星载 SAR 信号源分机执行固化在其中的预失真软件,求取读入数据 A 的幅度 A_a 和相位 A_ϕ ;

[0031] 步骤 C12:星载 SAR 信号源分机执行固化在其中的预失真软件,求取读入数据 A 的幅度和相位与理论数据 I 的幅度 I_a 和相位 I_ϕ 之间的误差 Δa 和 $\Delta \phi$ 。

[0032] 所述的预失真方法,其所述步骤 C12 中,求取读入数据 A 的幅度和相位与理论数据

I 的幅度 I_a 和相位 I_ϕ 之间的误差 Δa 和 $\Delta\phi$, 是根据信号的形式, 采用直接求差法求取绝对误差, 或者采用曲线拟合法求取所关注的误差项。

[0033] 所述的预失真方法, 其所述步骤 C) 系统预失真步骤 C1 至 C4, 是在监控定时分机发出启动系统预失真命令后, 信号源分机通过执行已经固化在其中的预失真软件完成的, 不需要外界辅助设备的参与, 同时在将经过预失真的数据 B 写入数据存储 M3 的过程中不需要打开信号源的机箱, 不需要人的干预, 自动在轨进行。

[0034] 所述的预失真方法, 其所述步骤 C) 中的软件, 即在卫星发射之前, 固化在星载 SAR 信号源分机处理器中的预失真程序的具体步骤:

[0035] 步骤 1: 星载 SAR 系统上电, M1 的数据自动加载到 M2;

[0036] 步骤 2: 判断监控定时分机的命令, 如果启动在轨预失真功能, 则转步骤 3, 如果不启动在轨预失真功能, 则将 M2 中固定的预失真数据存入波形存储的存储器 M3;

[0037] 步骤 3: 信号源分机读取 M2 中的理论数据 I 以及 I 的幅度 I_a 和相位 I_ϕ 的数据;

[0038] 步骤 4 在监控计算机的控制下, 信号源分机通过与数据形成分机之间的数据接口读取星载 SAR 系统输出的数据 A;

[0039] 步骤 5: 求取读入数据幅度 A_a 和相位 A_ϕ ;

[0040] 步骤 6: 求取读入数据 A 的幅度 A_a 和相位 A_ϕ 与理论数据 I 的幅度 I_a 和相位 I_ϕ 之间的误差 Δa 和 $\Delta\phi$;

[0041] 步骤 7: 用求得的幅度误差 Δa 和相位误差 $\Delta\phi$ 修正理论数据 I 的幅度 I_a 和相位 I_ϕ , 得到具有新的幅度 B_a 与相位 B_ϕ 的数据 B;

[0042] 步骤 8: 将新数据 B 存入波形存储器 M3。

[0043] 本发明的有益效果是: 在采用了一种星载 SAR 系统信号源的基础上, 实现了星载 SAR 系统预失真可以在轨进行, 同时简化了现有技术中星载 SAR 预失真的过程。现有技术的预失真不能跟踪系统特性的变化而在轨进行预失真, 而且预失真过程繁多, 不但需要具有专用的数据记录设备, 计算机、可移动存储介质等硬件设备的辅助, 同时还要打开信号源机箱 (打开机箱不能在轨进行)。本发明的预失真方法可以有效地解决该问题, 并且不需要现有技术中的辅助硬件设备, 而且大大简化了预失真的过程, 不会引起星载 SAR 硬件系统的复杂化。该发明亦可以用于非航天系统, 简化预失真过程和避免重复拆装机箱。

附图说明

[0044] 图 1 是目前星载 SAR 系统预失真流程图;

[0045] 图 2 是本发明一种星载合成孔径雷达系统预失真方法流程图;

[0046] 图 3 是本发明固化在星载 SAR 信号源分机处理器中的预失真程序的流程图。

具体实施方式

[0047] 下面将结合附图对本发明加以详细说明, 应指出的是, 所描述的实施例仅在便于对本发明的理解, 而对本发明不起任何限定作用。

[0048] 图 1 为目前星载 SAR 系统预失真流程图, 图 2 是本发明一种星载合成孔径雷达系统预失真方法流程图, 其中, 实线框表示相同处理方式, 虚线框表示不同处理方式。

[0049] 如图 1 和图 2 所示,本发明对于星载 SAR 系统的预失真方法,区别于现有技术的工作流程。本发明方法采用基于 SOPC 技术的信号源分机设计方案,在信号源分机与数据形成分机之间设计数据接口的基础上,预失真的过程全部是在信号源分机内部通过执行相应的软件完成的。不需要现有技术中辅助硬件设备,以及人工打开信号源机箱等操作,并且可以根据环境条件以及主机或备机的不同工作状态实时启动预失真程序,完成星载 SAR 系统的预失真。

[0050] 本发明的方法是采用基于 SOPC 技术的星载 SAR 信号源分机,以采用 Xilinx 公司的 Virtex-4FX 系列 FPGA 实现星载 SAR 信号源分机为实施例,采用数字波形存储直读方法实现,将要发射信号波形的理论数据 I 以及 I 的幅度 I_a 和相位 I_ϕ 的数据存入 FPGA 片外波形存储器 M1, M1 为 PROM(Program Read Only Memory);星载 SAR 系统上电后,理论数据 I 以及 I 的幅度 I_a 和相位 I_ϕ 数据加载到 FPGA 的片内存储器 M2 中, M2 为 FPGA 的块 RAM(Random Access Memory),系统掉电后, M2 中的数据丢失;在接到监控定时分机发送的预失真命令后,执行其中固化的预失真程序,求解出新的经过预失真的参数,存入用于波形存储的存储器 M3 中, M3 为 FPGA 的块 RAM,系统掉电后, M3 中的数据丢失。根据工作环境和星载 SAR 系统主备机工作状态的变化可以通过监控定时分机随时启动预失真过程,使得星载 SAR 系统的性能达到最优。如果不需要启动实时预失真功能,可以将固定的系统预失真数据与理论数据 I 以及 I 的幅度 I_a 和相位 I_ϕ 的数据一并存入片外波形存储器 M1,在预失真程序中将固定的预失真数据调入波形存储的存储器 M3 亦可。

[0051] 本发明的一种星载合成孔径雷达系统预失真方法,其具体步骤是:

[0052] 步骤 A) 信号源设计,星载 SAR 信号源分机采用基于 SOPC 技术的设计方案;包括:

[0053] 步骤 A1:星载 SAR 信号源分机采用波形数字存储直读方法,将要发射信号波形的数据存入存储器,在时钟的作用下,从存储器中读出数据,经过数模转换、滤波放大后形成星载 SAR 系统的发射信号;

[0054] 步骤 A2:星载 SAR 信号源分机是基于 SOPC 技术,具有嵌入式处理器内核,具备软硬件在系统可编程的功能;

[0055] 步骤 A3:在卫星发射之前,将要发射信号波形的理论数据 I 以及 I 的幅度 I_a 和相位 I_ϕ 的数据固化入星载 SAR 信号源分机中的波形存储器 M1;

[0056] 步骤 A4:在卫星发射之前,星载 SAR 信号源分机处理器中固化预失真算法;

[0057] 步骤 A5:星载 SAR 系统上电后,理论数据 I 以及 I 的幅度 I_a 和相位 I_ϕ 数据自动加载到星载 SAR 信号源处理器的内存 M2 中;

[0058] 步骤 A6:星载 SAR 信号源分机具有接收监控定时分机发送的命令的能力,该能力,是指星载 SAR 信号源分机设计有指令接收接口,预失真的算法通过监控定时分机的程序控制由信号源分机自动完成。

[0059] 步骤 B) 数据接口,星载 SAR 信号源分机与数据形成分机之间设计数据接口;包括:在星载 SAR 信号源与数据形成两个分机之间设计数据接口,星载 SAR 信号源分机通过此接口读取星载 SAR 系统输出的数据。

[0060] 步骤 C) 系统预失真,在星载 SAR 系统监控定时分机的控制下,星载 SAR 信号源分机通过软件完成星载 SAR 系统的预失真;包括:

[0061] 步骤 C1:在监控定时分机的控制下,星载 SAR 信号源分机通过与数据形成分机之

间的数据接口读取星载 SAR 系统的输出数据 A。

[0062] 步骤 C2 :星载 SAR 信号源分机执行预失真软件,求取用于预失真的误差参数,其步骤包括:

[0063] 步骤 C21 :星载 SAR 信号源分机执行固化在其中的预失真软件,求取读入数据 A 的幅度 A_a 和相位 A_φ ;

[0064] 步骤 C22 :星载 SAR 信号源分机执行固化在其中的预失真软件,求取读入数据 A 的幅度和相位与理论数据 I 的幅度 I_a 和相位 I_φ 之间的误差 Δa 和 $\Delta\varphi$ 。

[0065] 求取误差 Δa 和 $\Delta\varphi$,是根据信号的形式,采用直接求差法求取绝对误差,或者采用曲线拟合法求取所关注的误差项。

[0066] 步骤 C3 :星载 SAR 信号源分机执行预失真软件,用步骤 C2 求得的误差参数修正理论数据 I 的幅度 I_a 和相位 I_φ ,得到具有新的幅度 B_a 与相位 B_φ 的数据 B。

[0067] 步骤 C4 :星载 SAR 信号源分机执行预失真软件,将新数据 B 存入波形存储器 M3,在时钟的作用下,星载 SAR 信号源分机从 M3 中读出数据,经过数模转换、滤波放大后形成星载 SAR 系统的发射信号,完成星载 SAR 系统的预失真。

[0068] 在步骤 C) 中的系统预失真步骤 C1 至 C4,是在监控定时分机发出启动系统预失真命令后,信号源分机通过执行已经固化在其中的预失真软件完成的,不需要外界辅助设备的参与,同时在将经过预失真的数据 B 写入数据存储器 M3 的过程中不需要打开信号源的机箱,不需要人的干预,自动在轨进行。

[0069] 本发明固化在 FPGA 中的预失真程序的具体执行步骤,请见图 3:

[0070] 步骤 1 :星载 SAR 系统上电, M1 的数据自动加载到 M2;

[0071] 步骤 2 :判断监控定时分机的命令,如果启动在轨预失真功能,则转步骤 3,如果不启动在轨预失真功能,则将 M2 中固定的预失真数据存入波形存储的存储器 M3;

[0072] 步骤 3 :信号源分机读取 M2 中的理论数据 I 以及 I 的幅度 I_a 和相位 I_φ 的数据;

[0073] 步骤 4 在监控计算机的控制下,信号源分机通过与数据形成分机之间的数据接口读取星载 SAR 系统输出的数据 A;

[0074] 步骤 5 :求取读入数据幅度 A_a 和相位 A_φ ;

[0075] 步骤 6 :求取读入数据 A 的幅度 A_a 和相位 A_φ 与理论数据 I 的幅度 I_a 和相位 I_φ 之间的误差 Δa 和 $\Delta\varphi$;

[0076] 步骤 7 :用求得的幅度误差 Δa 和相位误差 $\Delta\varphi$ 修正理论数据 I 的幅度 I_a 和相位 I_φ ,得到具有新的幅度 B_a 与相位 B_φ 的数据 B;

[0077] 步骤 8 :将新数据 B 存入波形存储器 M3;

[0078] 以上所用到的实施例,并非对本发明作任何形式上的限制,凡是依据本发明的技术实质进行的相关修改,均仍属于本发明权利要求保护的范围。

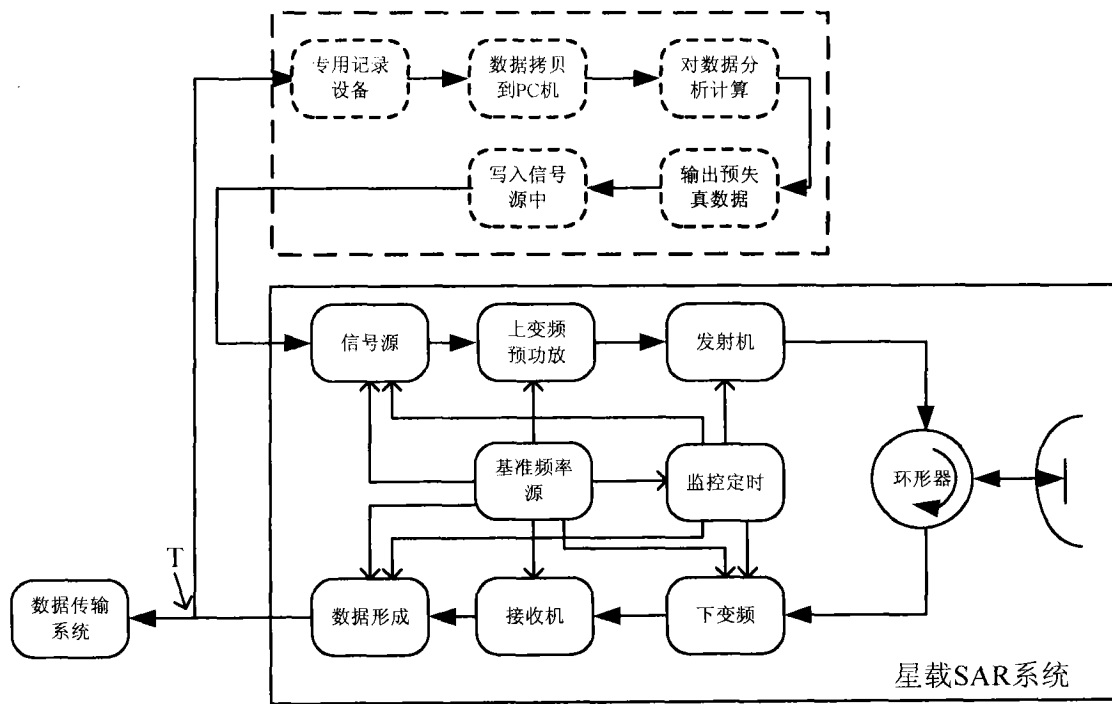


图 1

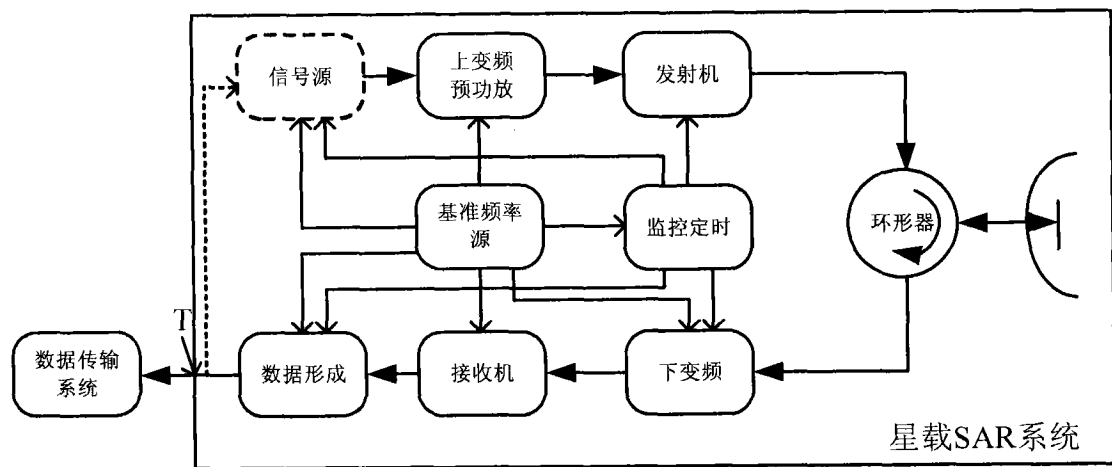


图 2

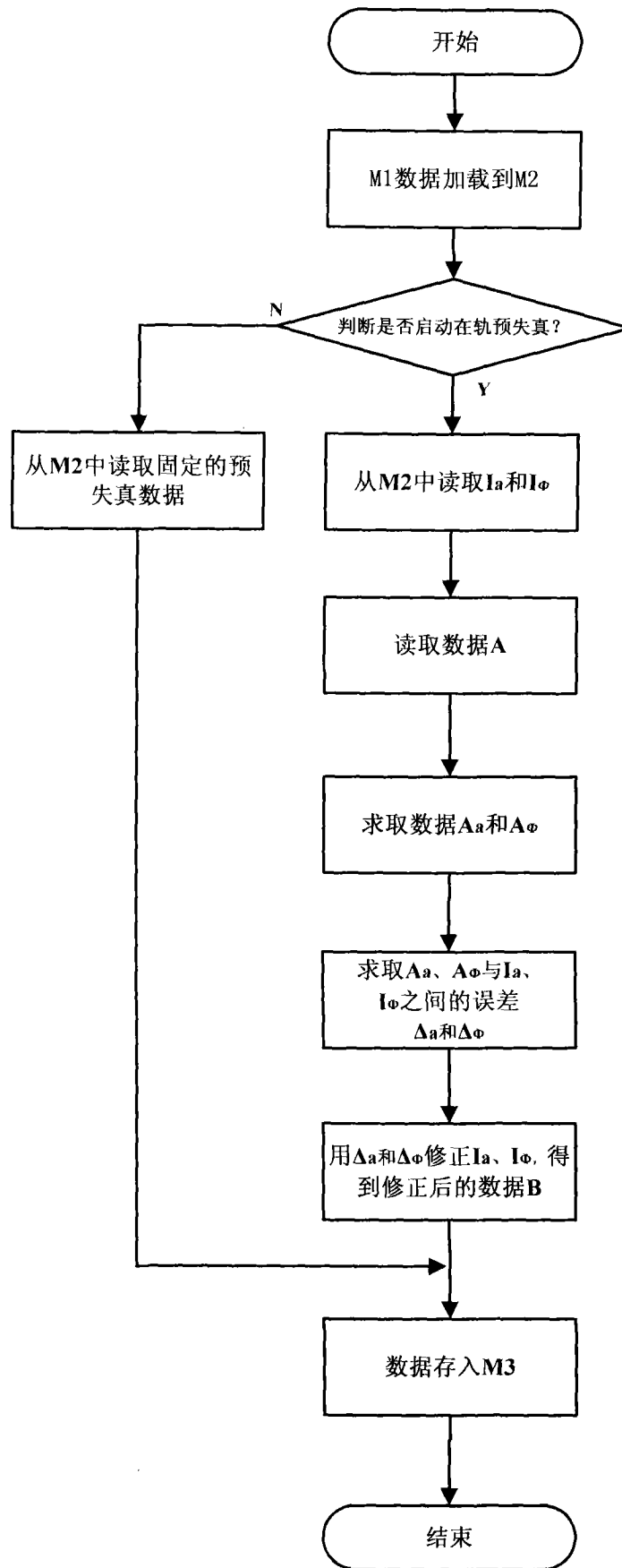


图 3