



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104320176 B

(45)授权公告日 2017.08.29

(21)申请号 201410673650.2

(22)申请日 2014.11.21

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 104320176 A

(43)申请公布日 2015.01.28

(73)专利权人 中国电子科技集团公司第三十八研究所

地址 230001 安徽省合肥市高新技术开发区香樟大道199号

(72)发明人 吴瑞荣 王远 王庆华 张正宇 骆再红

(74)专利代理机构 合肥市浩智运专利代理事务所(普通合伙) 34124

代理人 方荣肖

(51)Int.Cl.

H04B 7/185(2006.01)

(56)对比文件

- US 2004259497 A1, 2004.12.23,
- US 2012057745 A1, 2002.05.16,
- CN 101304276 A, 2008.11.12,
- CN 102412912 A, 2012.04.11,
- CN 102566408 A, 2012.07.11,
- CN 102624470 A, 2012.08.01,
- CN 104132615 A, 2014.11.05,
- CN 102412863 A, 2012.04.11,

审查员 余晓

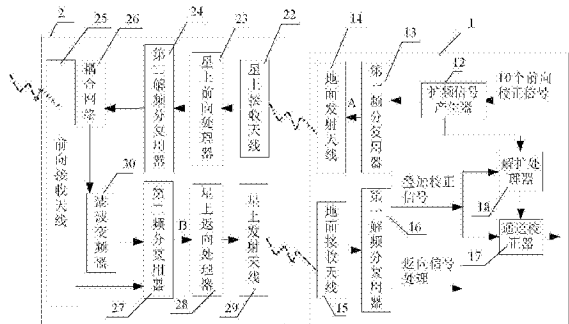
权利要求书2页 说明书5页 附图2页

(54)发明名称

一种卫星通信系统及其前向标校方法

(57)摘要

本发明公开了一种卫星通信系统及其前向标校方法。该卫星通信系统的地面站产生多个相互正交的扩频校正信号,并作为每个前向通道数据进行频分复用后由地面传输到星上,星上解频分复用后把各个通道中的校正信号接入卫星前向接收天线背面的耦合网络,输出校正信号的叠加信号,并作为一个返向通道数据传输到地面,地面站通过对叠加扩频校正信号的解扩处理获得前向通道时延、幅度及相位信息,进而完成前向标校。本发明无需设置多个标校站,减小了系统维护的复杂度;扩频校正信号在地面产生,而不是在星上直接产生,减小了星上设备量。



1. 一种卫星通信系统,其包括至少一个地面站以及与该地面站采用卫星通信的卫星:其中,该地面站包括第一频分复用器、地面发射天线、地面接收天线、第一解频分复用器、通道校正器;该卫星包括星上接收天线、星上前向处理器、第二解频分复用器、前向接收天线、第二频分复用器、星上返向处理器、星上发射天线;其特征在于:该地面站还包括扩频信号产生器、解扩处理器;该卫星还包括耦合网络、滤波变频器;

该扩频信号产生器用于使校正信号采用扩频信号的形式生成N个相互正交的扩频校正信号;该第一频分复用器用于把N个扩频校正信号分别调制到N个前向数据通道中进行频分复用;该地面发射天线用于将经该第一频分复用器频分复用后的信号作为该地面站的发射信号发送至该卫星;

该星上接收天线用于接收该地面站的发射信号;该星上前向处理器用于对该地面站的发射信号进行前向处理;该第二解频分复用器用于对经前向处理的信号进行解频分复用分离出分离出N个校正信号,并把N个校正信号送入卫星的该前向接收天线的辐射面背面的耦合网络;该耦合网络与该前向接收天线的每个前向发射通道相连,该耦合网络输出N个校正信号的叠加信号;该滤波变频器对叠加信号进行滤波并变频至卫星的返向接收通道的信号中心频点;该第二频分复用器用于把经过变频后的叠加校正信号作为一个单独通道与卫星的返向接收通道数据进行频分复用;该星上返向处理器用于把频分复用后的信号进行滤波、放大、变频处理作为该卫星的发射信号,该卫星的发射信号通过该星上发射天线传输至该地面站;

该地面接收天线用于接收来自该卫星的发射信号;该第一解频分复用器用于将该卫星的发射信号解频分复用获得叠加校正信号;该解扩处理器使用发送端产生的N个相互正交的扩频校正信号进行解扩处理,进而获得得到每个前向通道的幅度衰减、相位变化及时延信息;该通道校正器用于以第一个前向通道的幅度衰减、相位变化及时延信息为基准,对其他前向通道数据的幅度、相位及时延进行校正。

2. 如权利要求1所述的卫星通信系统,其特征在于:该第二频分复用器用于把经过变频后的叠加校正信号作为一个单独通道与卫星的返向接收通道数据进行频分复用,把返向接收通道信号的中心频率最大调制到 f_h ,把叠加校正信号调制到中心频点 $f_h + \Delta$,其中 Δ 为数据通道与校正信号的频率间隔。

3. 一种卫星通信中的前向标校方法,其应用于如权利要求1所述的卫星通信系统中,用于补偿卫星与地面站之间前向馈电段采用频分复用方式传输通道信号过程中不同通道受环境影响造成的不同失真,其特征在于:该卫星通信中的前向标校方法包括以下步骤:

第一步,地面站:产生N个相互正交的扩频校正信号,并把N个校正信号分别调制到N个前向数据通道中进行频分复用,地面站把频分复用后的信号进行射频处理使用天线发射出去;

第二步,卫星:接收到该地面站的信号,进行滤波、放大、下变频、解频分复用,分离出N个校正信号,并把N个校正信号送入该前向接收天线辐射面背面的耦合网络;该耦合网络与每个前向发射通道相连,该耦合网络输出N个校正信号的叠加信号;对叠加信号进行滤波并变频至卫星返向接收通道的信号中心频点;把经过变频后的叠加校正信号作为一个单独通道与卫星的返向接收通道数据进行频分复用;把频分复用后的信号进行滤波、放大、变频处理,通过星地返向馈电链路传输至地面站;

第三步,返回地面:对接收的信号进行解频分复用获得叠加校正信号,并使用发送端产生的N个相互正交的扩频校正信号进行解扩处理,进而获得得到每个前向通道的幅度衰减、相位变化及时延信息,地面站以第一个前向通道的幅度衰减、相位变化及时延信息为基准,对其他前向通道数据的幅度、相位及时延进行校正。

4.如权利要求3所述的卫星通信中的前向标校方法,其特征在于:把经过变频后的叠加校正信号作为一个单独通道与卫星的返向接收通道数据进行频分复用:把返向接收通道信号的中心频率最大调制到 f_h ,把叠加校正信号调制到中心频点 $f_h + \Delta$,其中 Δ 为数据通道与校正信号的频率间隔。

一种卫星通信系统及其前向标校方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种卫星通信系统及该卫星通信系统的卫星通信中的标校手段,具体是一种卫星通信系统及其前向标校方法。

背景技术

[0002] 基于地面波束形成的卫星通信系统,由于卫星前向传输波束在地面形成,则每个通道数据加权后需要通过前向馈电链路由地面传输到星上,多个前向通道的数据通常通过频分复用方式合成宽带信号通过前向星地馈电链路传输到星上。卫星接收到前向馈电链路的宽带信号后,分离出多个前向通道的数据,并分别送入卫星用户段的前向发射通道,进而形成波束。但是,由于前向馈电链路无线信道及微波组件的影响,会导致频分复用合成的宽带信号不同频段经历不同的信道衰落,即卫星接收到的不同通道会经历不同的幅度衰减、相位变化和时延,影响用户段的前向波束形成性能。因此,需要采取一定的技术手段改善信号星地传输过程中不同通道受环境影响不同的状况。前向标校指的是对地面站到卫星的前向链路中的信号传输采用一定的标校手段,以修正不同前向通道信号之间的时延、幅度、相位差值。

[0003] 通常采用的前向标校方法是在地面设置标校站,利用标校站进行校正,前向链路的校正信号由地面站发出,经过星上前向处理通道,到达不同的标校站,校正站将得到的幅度、相位、时延差值传给地面站,完成前向标校的过程。传统的设置标校站校正通道信号的方法设备量大,使系统复杂,维护代价也高,浪费人力、物力。

发明内容

[0004] 基于传统的阵外设置标校站的前向标校手段,对天线形变、馈源与天线之间距离发生变化、馈源本身由于温度变化引起的形变等引起的通道间幅度、相位和时延差进行校正,结果较为准确,但成本高,系统复杂,为了解决这一问题,本发明提出了一种卫星通信系统及其卫星通信中的前向标校方法。

[0005] 本发明是这样实现的,一种卫星通信系统,其包括至少一个地面站以及与该地面站采用卫星通信的卫星;该地面站包括第一频分复用器、地面发射天线、地面接收天线、第一解频分复用器、通道校正器、扩频信号产生器、解扩处理器;该卫星包括星上接收天线、星上前向处理器、第二解频分复用器、前向接收天线、第二频分复用器、星上返向处理器、星上发射天线、耦合网络、滤波变频器;

[0006] 该扩频信号产生器用于使校正信号采用扩频信号的形式生成N个相互正交的扩频校正信号;该第一频分复用器用于把N个扩频校正信号分别调制到N个前向数据通道中进行频分复用;该地面发射天线用于将经该第一频分复用器频分复用后的信号作为该地面站的发射信号发送至该卫星;

[0007] 该星上接收天线用于接收该地面站的发射信号;该星上前向处理器用于对该地面站的发射信号进行前向处理;该第二解频分复用器用于对经前向处理的信号进行解频分复

用分离出N个校正信号,并把N个校正信号送入卫星的该前向接收天线的辐射面背面的耦合网络;该耦合网络与该前向接收天线的每个前向发射通道相连,该耦合网络输出N个校正信号的叠加信号;该滤波变频器对叠加信号进行滤波并变频至卫星的返向接收通道的信号中心频点;该第二频分复用器用于把经过变频后的叠加校正信号作为一个单独通道与卫星的返向接收通道数据进行频分复用;该星上返向处理器用于把频分复用后的信号进行滤波、放大、变频处理作为该卫星的发射信号,该卫星的发射信号通过该星上发射天线传输至该地面站;

[0008] 该地面接收天线用于接收来自该卫星的发射信号;该第一解频分复用器用于将该卫星的发射信号解频分复用获得叠加校正信号;该解扩处理器使用发送端产生的N个相互正交的扩频校正信号进行解扩处理,进而获得得到每个前向通道的幅度衰减、相位变化及时延信息;该通道校正器用于以第一个前向通道的幅度衰减、相位变化及时延信息为基准,对其他前向通道数据的幅度、相位及时延进行校正。

[0009] 作为上述方案的进一步改进,该第二频分复用器用于把经过变频后的叠加校正信号作为一个单独通道与卫星的返向接收通道数据进行频分复用,把返向接收通道信号的中心频率最大调制到 f_h ,把叠加校正信号调制到中心频点 $f_h + \Delta$,其中 Δ 为数据通道与校正信号的频率间隔。

[0010] 本发明还提供一种卫星通信中的前向标校方法,其应用于上述卫星通信系统中,用于补偿卫星与地面站之间前向馈电段采用频分复用方式传输通道信号过程中不同通道受环境影响造成的不同失真,其中:该卫星通信中的前向标校方法包括以下步骤:

[0011] 第一步,地面站:产生N个相互正交的扩频校正信号,并把N个校正信号分别调制到N个前向数据通道中进行频分复用,地面站把频分复用后的信号进行射频处理使用天线发射出去;

[0012] 第二步,卫星:接收到该地面站的信号,进行滤波、放大、下变频、解频分复用,分离出N个校正信号,并把N个校正信号送入该前向接收天线辐射面背面的耦合网络;该耦合网络与每个前向发射通道相连,该耦合网络输出N个校正信号的叠加信号;对叠加信号进行滤波并变频至卫星返向接收通道的信号中心频点;把经过变频后的叠加校正信号作为一个单独通道与卫星的返向接收通道数据进行频分复用;把频分复用后的信号进行滤波、放大、变频处理,通过星地返向馈电链路传输至地面站;

[0013] 第三步,返回地面:对接收的信号进行解频分复用获得叠加校正信号,并使用发送端产生的N个相互正交的扩频校正信号进行解扩处理,进而获得得到每个前向通道的幅度衰减、相位变化及时延信息,地面站以第一个前向通道的幅度衰减、相位变化及时延信息为基准,对其他前向通道数据的幅度、相位及时延进行校正。

[0014] 作为上述方案的进一步改进,把经过变频后的叠加校正信号作为一个单独通道与卫星的返向接收通道数据进行频分复用:把返向接收通道信号的中心频率最大调制到 f_h ,把叠加校正信号调制到中心频点 $f_h + \Delta$,其中 Δ 为数据通道与校正信号的频率间隔。

[0015] 与现有技术相比,本发明具有如下优点:

[0016] 1、本发明采用的前向标校方法无需在地面设置多个标校站,可以减少建设和维护标校站带来的一系列问题;

[0017] 2、本发明阵内前向标校的设计,使得耦合网络本身是星上系统的一部分,大大降

低了整个系统的空间和设备量,同时也降低了复杂度。

附图说明

[0018] 图1为本发明实施例1提供的卫星通信系统的结构示意图,即为本发明前向标校方法的示意图。

[0019] 图2为图1中地面站10个标校信号前向通道频分复用图。

[0020] 图3为图1中星上耦合网络输出的10个叠加标校信号示意图。

[0021] 图4为图1中星上通道频分复用后信号频域示意图。

[0022] 图5为本发明实施例2提供的卫星通信系统的结构示意图,即本发明所述地面多站联合前向标校方法的系统框架图。

具体实施方式

[0023] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白,以下结合附图及实施例,对本发明进行进一步详细说明。应当理解,此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本发明,并不用于限定本发明。

[0024] 实施例1:

[0025] 一并参阅图1、图2、图3及图4,描述本发明卫星通信系统的第一个实施例,星通信系统包括至少一个地面站1以及与该地面站1采用卫星通信的卫星2。本实施例中地面有一个地面站1,地面站1有10个前向通道的数据需要传输到星上即卫星2,每个通道的数据带宽为7MHz,10个通道的数据采用频分复用的方式进行传输,考虑各个通道的隔离,进行频分复用时每个相邻频点的间隔取为10MHz。

[0026] 地面站1包括扩频信号产生器12、第一频分复用器13、地面发射天线14、地面接收天线15、第一解频分复用器16、通道校正器17、解扩处理器18。该卫星包括星上接收天线22、星上前向处理器23、第二解频分复用器24、前向接收天线25、耦合网络26、第二频分复用器27、星上反向处理器28、星上发射天线29、滤波变频器30。

[0027] 该扩频信号产生器12用于使校正信号采用扩频信号的形式生成N个相互正交的扩频校正信号;该第一频分复用器13用于把N个扩频校正信号分别调制到N个前向数据通道中进行频分复用;该地面发射天线14用于将经该第一频分复用器13频分复用后的信号作为该地面站1的发射信号发送至该卫星2。

[0028] 该星上接收天线22用于接收该地面站1的发射信号;该星上前向处理器23用于对该地面站1的发射信号进行前向处理;该第二解频分复用器24用于对经前向处理的信号进行解频分复用分离出N个校正信号,并把N个校正信号送入卫星2的该前向接收天线25的辐射面背面的耦合网络26;该耦合网络26与该前向接收天线25的每个前向发射通道相连,该耦合网络26输出N个校正信号的叠加信号;该滤波变频器30对叠加信号进行滤波并变频至卫星2的返回接收通道的信号中心频点;该第二频分复用器27用于把经过变频后的叠加校正信号作为一个单独通道与卫星2的返回接收通道数据进行频分复用;该星上反向处理器28用于把频分复用后的信号进行滤波、放大、变频处理作为该卫星2的发射信号,该卫星2的发射信号通过该星上发射天线29传输至该地面站1。

[0029] 该地面接收天线15用于接收来自该卫星2的发射信号;该第一解频分复用器16用

于将该卫星2的发射信号解频分复用获得叠加校正信号;该解扩处理器18使用发送端产生的N个相互正交的扩频校正信号进行解扩处理,进而获得得到每个前向通道的幅度衰减、相位变化及时延信息;该通道校正器17用于以第一个前向通道的幅度衰减、相位变化及时延信息为基准,对其他前向通道数据的幅度、相位及时延进行校正。

[0030] 地面站1产生10个7MHz带宽的相互正交扩频校正信号,作为10个前向通道的信号进行频分复用,地面站1对前向校正信号使用第一频分复用器13进行频分复用后信号A的频域信号示意图图示2;地面站1把信号A使用地面发射天线14发射出去。

[0031] 卫星2使用星上接收天线22接收地面发射天线14的信号,使用星上前向处理器23对信号进行滤波、放大、变频等处理,然后使用第二解频分复用器24对信号进行解频分复用,获得10个扩频校正信号,并把10个扩频校正信号送入卫星2的前向接收天线25辐射面背面的耦合网络26;耦合网络26与每个前向发射通道相连,耦合网络26输出10个扩频校正信号的叠加信号,叠加校正信号的频域示意图见图示3;卫星2对叠加校正信号进行滤波并变频至卫星2的返向接收通道的信号中心频点,卫星2把经过变频后的叠加校正信号作为一个单独通道与卫星的10个返向接收通道数据进行频分复用,频分复用后的信号B的频域示意图见图示4,然后对信号B使用星上返向处理器28进行滤波、放大、变频处理,并使用星上发射天线29发射出去。

[0032] 地面站1使用地面接收天线15接收星上发射天线29的信号,并使用第一解频分复用器16进行解频分复用获得10个返向通道信号及叠加校正信号,地面站1对叠加校正信号使用10个扩频码进行解扩处理,并与发送的10个扩频校正信号进行幅度、相位和时延比对,进而获得10个前向通道的幅度衰落、相位变化和时延信息,地面站1以第一个前向通道的幅度衰减、相位变化及时延信息为基准,对其他通道数据的幅度、相位及时延进行校正,完成前向标校工作。

[0033] 本发明中,前向校正信号采用相互正交的多个扩频信号,经星上耦合后叠加在一起通过返向链路传回地面,由于扩频信号具有正交性,则叠加并不会影响地面站1的解扩处理。另外,本发明中前向校正信号是由地面站1产生的发射到星上,再有星上耦合后经返向链路传回地面站1,避免了传统标校方法需要标校站的问题,从而简化了系统设计,便与后期维护。

[0034] 实施例2:

[0035] 本发明的另一个实施例是采用分布式地面站的场景,请参见图5,地面布设两个地面站即地面站一3和地面站二4,系统前向有80个通道数据需要由地面传输到星上即卫星5。返向有40个通道数据需要由星上传输到地面,每个前向通道数据和返向通道数据带宽均为7MHz。星上配置两个定向接收天线即星上接收天线一51和星上接收天线二52,分别指向地面站一3和地面站二4。

[0036] 地面站一3向星上接收天线一51传输40个前向通道数据,40个通道的数据采用频分复用的方式进行传输,考虑各个通道的隔离,进行频分复用时每个相邻频点的间隔取为10MHz。地面站二4向星上接收天线二52传输另外40个前向通道数据,40个通道的数据采用频分复用的方式进行传输,考虑各个通道的隔离,进行频分复用时每个相邻频点的间隔取为10MHz。

[0037] 地面站二4产生80个相互正交的7MHz带宽的扩频校正信号,其中的40个送入地面

站一3,作为40个前向通道的信号进行频分复用。地面站一3对前向校正信号使用第一频分复用器一31进行频分复用后使用地面发射天线一33发射出去;地面站二4把另外40个扩频校正信号使用第二频分复用器二32进行频分复用后使用地面发射天线二34发射出去。

[0038] 卫星2使用星上接收天线一51接收地面发射天线一33的信号,使用星上前向处理器一53对信号进行滤波、放大、变频等处理,然后使用第二解频分复用器一55对信号进行解频分复用,获得40个扩频校正信号。卫星2使用星上接收天线二52接收地面发射天线二34的信号,使用星上前向处理器二54对信号进行滤波、放大、变频等处理,然后使用第二解频分复用器二56对信号进行解频分复用,获得另外40个扩频校正信号,共计获得80个扩频校正信号。

[0039] 卫星2把获得的80个扩频校正信号送入卫星2的前向接收天线25辐射面背面的耦合网络26,耦合网络26与每个前向发射通道相连,耦合网络26输出80个扩频校正信号的叠加信号。卫星2对叠加校正信号使用滤波变频器30进行滤波并变频至卫星2的返向接收通道的信号中心频点,卫星2把经过变频后的叠加校正信号作为一个单独通道与卫星的40个返向接收通道数据使用第二频分复用器27进行频分复用,然后使用星上返向处理器28进行滤波、放大、变频处理,并使用星上发射天线29发射出去。

[0040] 地面站二4使用地面接收天线15接收星上发射天线29的信号,并使用第一解频分复用器16进行解频分复用获得40个返向通道信号及叠加校正信号。地面站二4对叠加校正信号使用80个扩频码进行解扩处理,并与发送的80个扩频校正信号进行幅度、相位和时延比对,进而获得80个前向通道的幅度衰落、相位变化和时延信息,地面站以第一个前向通道的幅度衰减、相位变化及时延信息为基准,对其他通道数据的幅度、相位及时延进行校正,完成前向标校工作。

[0041] 本实施例地面布设两个地面站,分别负责部分前向通道信号的传输,是本发明的简单扩展。

[0042] 本发明中,前向校正信号采用相互正交的多个扩频信号,经星上耦合后叠加在一起通过返向链路传回地面,由于扩频信号具有正交性,则叠加并不会影响地面站的解扩处理。另外,本发明中前向标校信号是由地面站产生的发射到星上,再有星上耦合后经返向链路传回地面,避免了传统标校方法需要标校站的问题,从而简化了系统设计,便与后期维护。

[0043] 综上所述,本发明地面站产生多个相互正交的扩频校正信号,并作为每个前向通道数据进行频分复用后由地面传输到星上,星上解频分复用后把各个通道中的校正信号接入卫星前向接收天线背面的耦合网络,输出校正信号的叠加信号,并作为一个返向通道数据传输到地面,地面站通过对叠加扩频校正信号的解扩处理获得前向通道时延、幅度及相位信息,进而完成前向标校。本发明无需设置多个标校站,减小了系统维护的复杂度;扩频校正信号在地面产生,而不是在星上直接产生,减小了星上设备量。

[0044] 以上所述仅为本发明的较佳实施例而已,并不用以限制本发明,凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

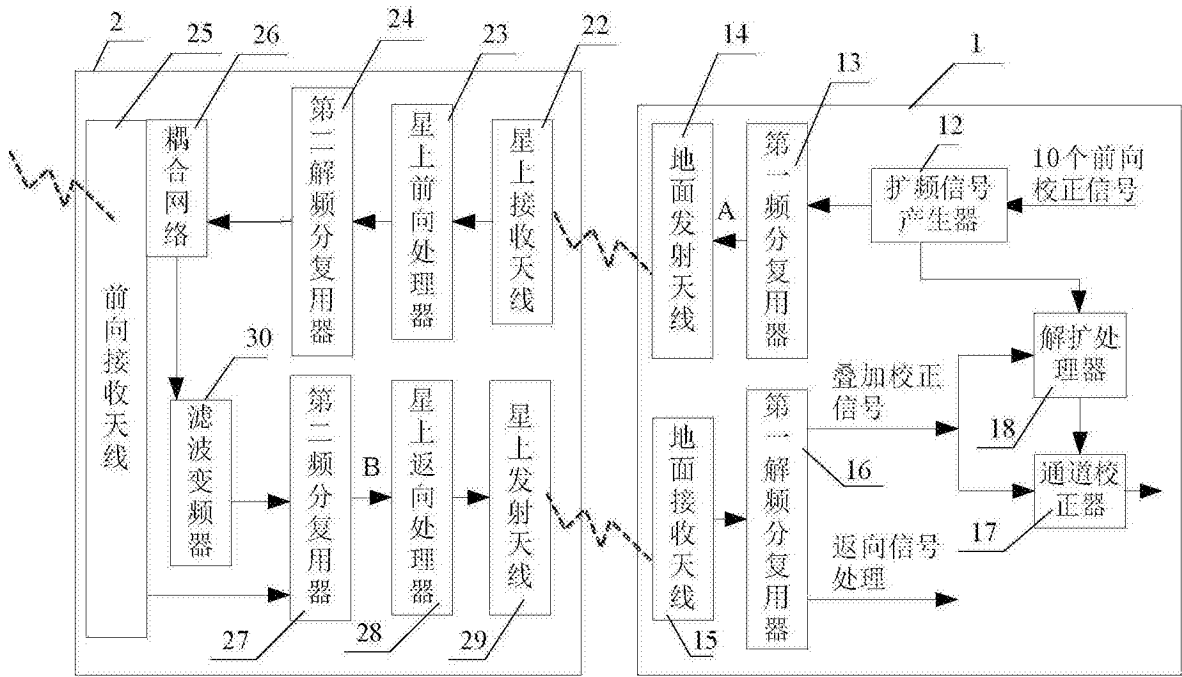


图1

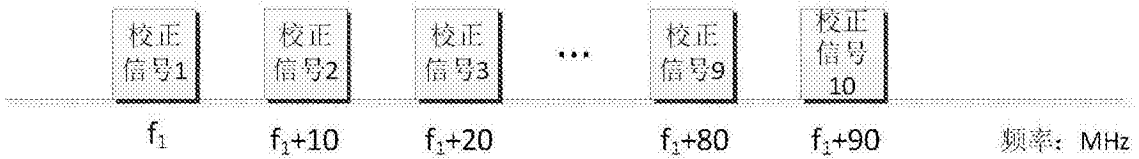


图2

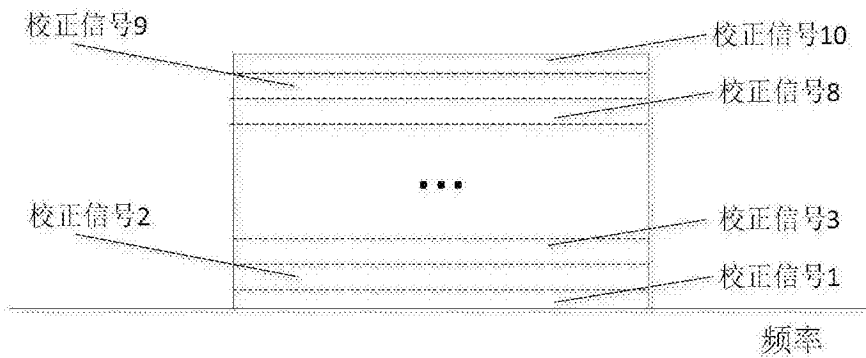


图3

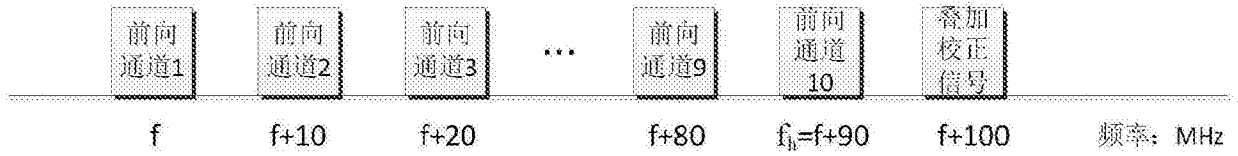


图4

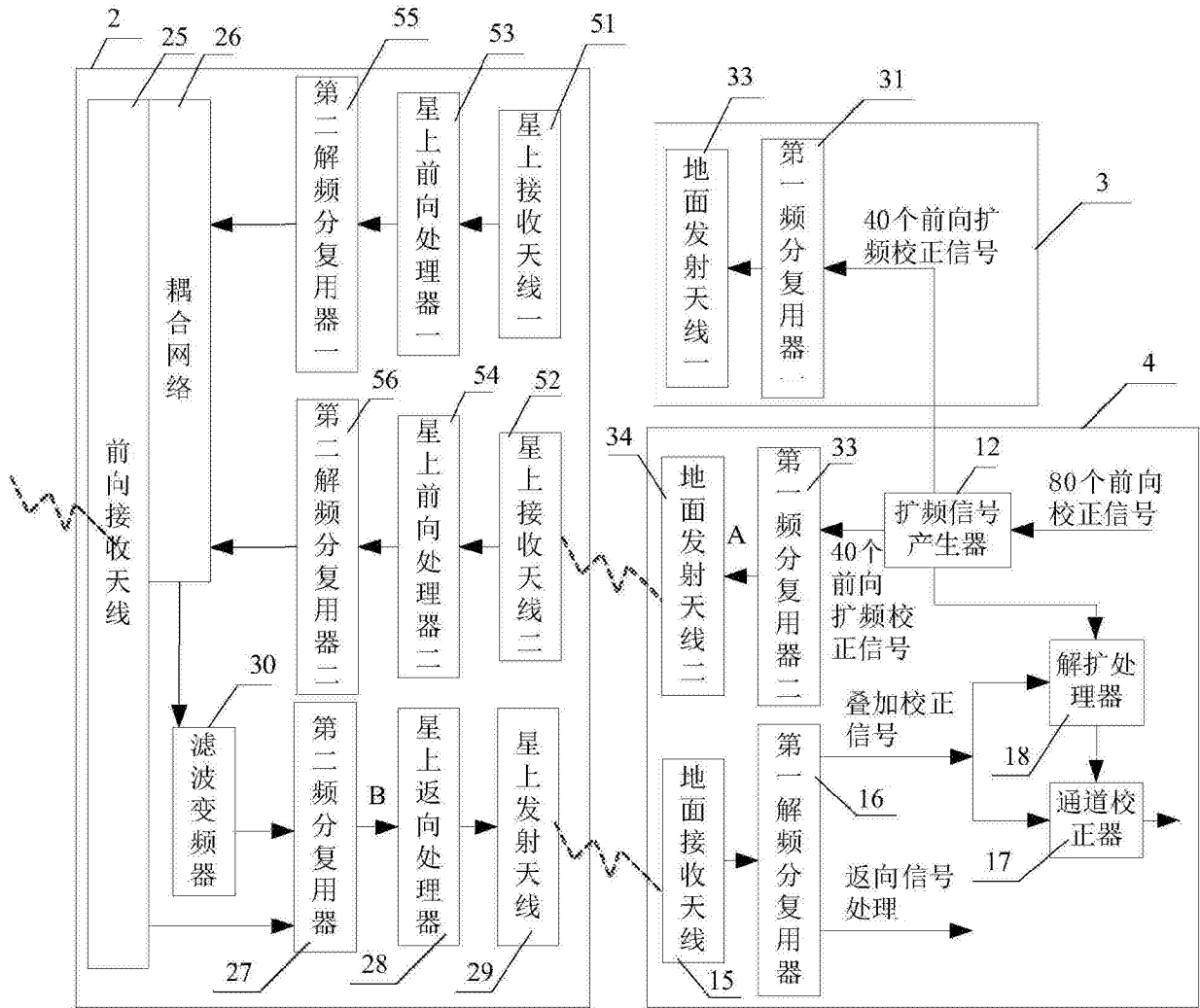


图5