[19]中华人民共和国国家知识产权局

[51]Int. Cl[7]
H04B 1/04

[12]发明专利说明书

[21] ZL 专利号 97102571.1

[45]授权公告日 2002 年 12 月 25 日

[11]授权公告号 CN 1097348C

[22]申请日 1997.2.24 [21]申请号 97102571.1

[30]优先权

[32]1996.2.26 [33]US [31]606621

[73]专利权人 朗迅科技公司

地址 美国新泽西

[72]发明人 米切尔·詹姆斯·甘斯

审查员 冯晓明

[74]专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利商标事务所

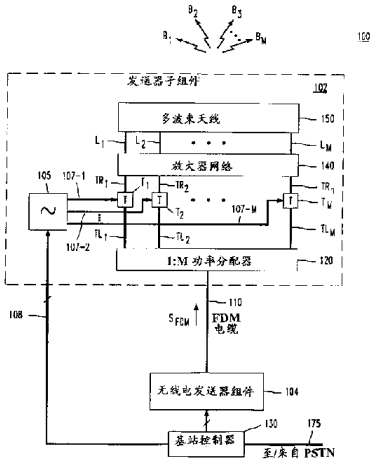
代理人 范本国

权利要求书 8 页 说明书 15 页 附图 11 页

[54]发明名称 多波束无线通信系统

[57]摘要

一种无线通信系统中的多波束发送系统，包括无线电发送器组件和发送器子组件。无线电发送器组件用于调制并频率变换多个输入信号。这些信号随后被合成以形成第一 FDM 信号一它随后发送到发送器子组件。发送器子组件包括用于把第一 FDM 信号分成多个第二 FDM 信号的功率分配器和多个频率变换器。各个频率变换器把至少一个信号置于预定的变换频带中。一个多波束天线的各波束发送被相应的频率变换器置于变换频带之内的至少一个信号。



ISSN1008-4274

1.用在无线通信系统中的多波束发送系统，包括:

a）无线电发送器组件，用于接收多个输入信息携带信号并从其产生一个第一频分复用信号;

b）一个发送器子组件，包括:

i）与所述无线电发送器耦合的一个功率分配器，用于将所述第一频分复用信号分成多个与所述第一频分复用信号有关的第二频分复用信号;

ii）与所述功率分配器相耦合的多个频率变换器，其每一个都用于对所述第二频分复用信号之一进行频率变换并借此将其中的至少一个所述信息携带信号置于预定的变换频带内；以及

iii）一个多波束天线，用于辐射多个天线波束，其中每一个天线波束都发送由相应的频率变换器置于所述变换频带之内的至少一个所述信息携带信号。

2.根据权利要求1的用在无线通信系统中的多波束发送系统，其中:

所述第一频分复用信号具有在一个第一频率范围内的频率分量，该第一频率范围之内有M个子频带;

各个所述频率变换器都可用于把相应的第二频分复用信号变换到相同的预定变换频带中；且

所述多个天线波束包括M个天线波束，其中各个天线波束都辐射所述信息携带信号—这些信息携带信号处在所述第一频分复用信号的所述M个子频带的相应一个之内。

3.根据权利要求2的用在无线通信系统中的多波束发送系统，其中各个所述频率变换器都可用不同的频移来变换相应的第二频分复用信号。

4.根据权利要求2的用在无线通信系统中的多波束发送系统，其中所述预定的变换频带的带宽小于所述第一频率范围的带宽。

5.根据权利要求2的用在无线通信系统中的多波束发送系统，其中各个所述子频带和所述预定变换频带具有基本相同的带宽。

6.根据权利要求4的用在无线通信系统中的多波束发送系统，其中所述多个输入信息携带信号的数目大于所述多个天线波束的数目。

7.根据权利要求6的用在无线通信系统中的多波束发送系统，其中当基本上所有的所述信息携带信号都被置于与任何给定的一个所述天线波束相应的所述第一频分复用信号的子频带中时， 所述给定的所述天线波束都可用于辐射基本上所有的所述输入信息携带信号。

8.根据权利要求1的用在无线通信系统中的多波束发送系统，其中所述发送器子组件进一步包括耦合在所述频率变换器与所述多波束天线之间的放大器网络， 用于放大被所述频率变换器所变换的信号。

9.根据权利要求2的用在无线通信系统中的多波束发送系统，其中所述无线电发送器组件包括:

多个无线电发送器， 其每一个都用于接收至少一个所述输入信息携带信号并从其产生一个调制无线电信号;

多个另外的频率变换器， 其每一个都用于响应于加到其上的一个控制信号而把所述无线电信号中的一个频率变换到所述第一频率范围中的一个可调谐窄频带上，从而提供多个经变换的无线电信号; 以及

一个功率合成器，用于合成所述经变换的无线电信号以形成所述第一频分复用信号。

10.根据权利要求9的用在无线通信系统中的多波束发送系统， 其中所述可调谐窄频带的宽度为大约30kHz。

11.根据权利要求9的用在无线通信系统中的多波束发送系统， 其中所述发送器子组件被设置在一个第一设备位置， 且所述无线电发送器组件被设置在一个第二设备位置，且其中所述发送系统进一步包括一个频分复用电缆—该频分复用 电缆把所述无线电发送器组件的所述功率合成器耦合至所述发送器子组件的所述功率分配器，所述频分复用电缆输送所述第一频分复用信号。

12.根据权利要求1的用在无线通信系统中的多波束发送系统， 其中所述多波束天线包括多个天线阵列， 各个所述天线阵列包括与多个天线元件相耦合的多波束形成网络， 而各个所述天线阵列形成在相对于所述发送器

子组件的给定角扇区内的多个波束。

13.根据权利要求9的用在无线通信系统中的多波束发送系统，进一步包括与所述无线电发送器组件耦合的一个基站控制器，所述基站控制器用于接收来自电话网络的电话信息携带信号并把从所述电话信号导出的所述输入信息携带信号提供给所述无线电发送器，所述基站控制器还用于把所述控制信号提供给所述另外的频率变换器中的有关的频率变换器以控制所述可调谐窄频带。

14.根据权利要求2的用在无线通信系统中的多波束发送系统，其中所述发送器子组件进一步包括用于提供频率不同的多个正弦信号的频率合成器，各个所述正弦信号被提供到所述频率变换器之一，各个所述频率变换器包括:

一个混频器，用于把所述相应的第二频分复用信号与所述正弦信号中相应的一个进行混频，以产生一个频率变换频分复用信号；以及

一个带通滤波器，它具有与所述预定变换频带大体上对应的通过频带，用于滤掉所述变换频分复用信号的频率分量。

15.根据权利要求8的用在无线通信系统中的多波束发送系统，其中所述放大器网络包括:

一个第一功率分享网络，它具有与所述频率变换器中有关的频率变换器相耦合的多个第一输入端口，用于把各个所述频率变换信号分到其多个第一输出端口上，从而在各个所述第一输出端口上形成具有所有所述频率变换信号的信号功率的复合信号;

多个放大器，其每一个都耦合至所述第一输出端口之一上，各个所述放大器放大所述复合信号之一以提供一个放大的复合信号;

一个第二功率分享网络，它具有多个第二输入端口一其每一个都耦合至所述放大器中有关的一个，用于重组各个所述放大的复合信号从而在其相应的第二输出端口上提供多个放大的频率变换信号;

所述第二输出端口与所述多波束天线相耦合，其中各个所述放大的频率变换信号由所述天线波束中相应的一个进行辐射。

16.根据权利要求15的用在无线通信系统中的多波束发送系统，其中所

述第一和第二功率分享网络每一个都包括一个巴特勒矩阵。

17.根据权利要求16的用在无线通信系统中的多波束发送系统，其中所述多波束天线包括多个天线阵列， 各个所述天线阵列包括与多个天线元件相耦合的多波束形成网络，各个所述多波束形成网络包括:

具有N个输入端口的巴特勒矩阵，所述N 个输入端口的每一个都耦合到所述第二功率分享网络的所述第二输出端口之一上，且各个所述巴特勒矩阵有N 个输出端口—这些输出端口耦合至所述天线元件的相应元件上，并形成N个波束，而所述N 个波束的每一个都能够携带至少一个所述放大的频率变换信号。

18.一种无线通信系统，包括:

A）一个多波束发送系统，包括:

i）一个无线电发送器组件，用于接收多个输入信息携带信号并从其产生一个第一频分复用 信号;

ii）一个发送器子组件，包括:

a）与所述无线电发送器相耦合的一个功率分配器，用于把所述第一频分复用信号分成与所述第一频分复用信号有关的多个第二频分复用信号;

b）与所述功率分配器耦合的多个第一频率变换器，其每一个都用于对所述第二频分复用信号之一进行频率变换并从而把其中的至少一个所述信息携带信号置于一个预定的变换频带之内;

c）一个多波束天线，用于辐射多个天线波束，其中各个天线波束发送由一个相应的第一频率变换器置于所述变换频带之内的至少一个所述信息携带信号;

B）一个接收系统，包括:

i）一个接收器子组件，包括:

a）一个接收天线，用于形成多个波束并能够经过所述多个波束接收从无线终端发出的多个频带受限的进入信号;

b）多个第二频率变换器，其每一个都用于对接收的进入信号进行频率变换，以提供经变换的接收信号;

c）一个功率合成器，用于合成所述经变换的接收信号以形成一个第三频分复用信号；以及

ii）与所述接收器子组件耦合的一个无线电接收器组件，用于从所述第三频分复用信号提取所述接收的进入信号。

19.根据权利要求18的无线通信系统，其中所述多波束天线和所述接收天线包括一个公共天线。

20.根据权利要求18的无线通信系统，进一步包括一个基站控制器一该基站控制器用于从一个电话网络接收电话信息携带信号并把从所述电话信号导出的所述输入信息携带信号提供给所述无线电发送器组件；

所述基站控制器进一步被用于接收由所述无线电接收器组件提取的所述进入信号以把相应的电话信号提供给所述电话网络。

21.根据权利要求18的无线通信系统，其中：

所述第一频分复用信号具有在一个第一频率范围中的频率分量，而该第一频率范围中有M个频率子频带；

各个所述第一频率变换器都被用于把相应的第二频分复用信号变换到相同的预定变换频带；且

所述多个天线波束包括M个天线波束，其中各个所述天线波束发送在所述第一频分复用信号的所述M个子频带的相应一个之内的所述信息携带信号。

22.根据权利要求21的无线通信系统，其中所述无线电发送器组件包括：

多个无线电发送器，其每一个都用于接收至少一个所述输入信息携带信号并从其产生一个调制无线电信号；

多个第三频率变换器，其每一个都用于响应于加到其上的一个控制信号而把所述无线电信号之一频率变换到在所述第一频率范围之内的一个可调谐窄频带，从而提供多个经变换的无线电信号；以及

一个功率合成器，用于合成所述经变换的无线电信号以形成所述第一频分复用信号。

23.根据权利要求22的无线通信系统，其中所述无线电接收器组件包

括:

一个另外的功率分配器，用于把所述第三频分复用信号分成与所述第三频分复用信号有关的多个第四频分复用信号;

多个第四频率变换器，其每一个都用于对所述第四频分复用信号进行频率变换;

多个无线电接收器，其每一个都耦合至所述第四频率变换器之一且其每一个都用于把至少一个进入信号隔离在相应的经变换的第四频分复用信号之内。

24.根据权利要求23的无线通信系统,其中所述另外的功率分配器被进一步用于把所述第三频分复用信号分成多个与所述第三频分复用信号有关的第五频分复用信号，且其中所述无线电接收器组件进一步包括:

多个第五频率变换器，其每一个都与所述无线电接收器之一相应且其每一个都用于响应于从基站控制器加到其上的一个控制信号而以不同的频移对所述第五频分复用信号之一进行频率变换；以及

多个附加的无线电接收器，其每一个都与所述第五频率变换器中有关的一个以及所述基站控制器相耦合，用于测量相应经变换的第五频分复用信号的一个预定频带中的接收信号功率，各个所述附加无线电接收器向所述基站控制器提供一个输出信号—该输出信号包括了测量到的信号功率—以使所述基站控制器为与无线终端的各个通信期间从所述天线波束中确定出一个合适的天线波束。

25.根据权利要求23的无线通信系统,其中所述另外的功率分配器被进一步用于把所述第三频分复用信号分成与所述第三频分复用信号有关的附加的频分复用信号，且其中所述无线电接收器组件进一步包括:

一个附加的频率变换器，用于响应于从一个基站控制器加到其上的一个控制信号而以不同的频移对所述附加的频分复用信号进行频率变换;

一个附加的无线电接收器，它与所述附加的频率变换器和所述基站控制器相耦合，用于测量在附加的变换频分复用信号的一个预定频带中的接收信号功率;

所述附加无线电接收器向所述基站控制器提供表示测量到的信号功

率的一个输出信号， 以使所述基站控制器能够为与所述无线终端的各个通信期间从所述天线波束中确定出一个合适的天线波束。

26.根据权利要求 18 的无线通信系统，其中所述发送器子组件进一步包括耦合在所述多个第一频率变换器与所述多波束天线之间的一个放大器网络， 且其中所述接收器子组件进一步包括多个耦合在接收天线与相应的所述第二频率变换器之间的多个接收放大器。

27.根据权利要求 18 的无线通信系统，其中所述发送器子组件和所述接收器子组件都被配置在一个第一设备位置， 且其中所述无线电发送器组件和所述无线电接收器组件都被配置在一个第二设备位置。

28.根据权利要求 27 的无线通信系统，其中所述第一设备位置位于基站塔的顶部，且所述第二设备位置是一个地面位置， 且其中所述通信系统进一步包括输送所述第一频分复用信号并把所述无线电发送器组件耦合至所述发送器子组件的一个第一频分复用电缆以及输送所述第三频分复用 信号并把所述无线电接收器组件耦合至所述接收器子组件的一个第二频分复用电缆。

29.用于把多个输入信息携带信号从一个基站发送至相应的多个无线终端的方法，包括:

对所述输入信号进行调制、频率变换并随后组合所述输入信号， 以形成一个第一频分复用 信号;

把所述第一频分复用信号从第一设备位置发送至第二设备位置;

在所述第二设备位置分配所述第一频分复用信号以提供与所述第一频分复用 信号有关的多个第二频分复用信号;

对各个所述第二频分复用信号进行频率变换，从而把其中的至少一个所述信息携带信号置于一个预定的变换频带中; 以及

经过多个天线波束发送被置于各个所述变换频带中的所述信息携带信号， 其中每一个天线波束都指向相对于所述第二设备位置的不同的方向。

30.根据权利要求 29 的用于把多个输入信息携带信号从一个基站发送至相应的各个无线终端的方法，进一步包括在所述发送步骤之前在一种功

率分享设置中对所述变换频带之内的所述信息携带信号进行放大。

31.根据权利要求 29 的用于把多个输入信息携带信号从一个基站发送至相应的各个无线终端的方法，进一步包括在所述第二设备位置接收由无线终端经过相应的所述天线波束而发送的进入信息携带信号;

对接收的各个所述进入的信号进行频率变换以提供经变换的接收信号;

对所述经变换的接收信号进行合成以形成一个第三频分复用信号;

把所述第三频分复用信号发送到一个接收设备位置;

在所述接收设备位置分配所述第三频分复用信号以提供与所述第三频分复用 信号有关的多个第四频分复用信号; 以及

提取各个所述第四频分复用信号中的至少一个所述进入的信号。

多波束无线通信系统

技术领域

本发明一般地涉及无线通信，且更具体地涉及一种多天线-波束无线通信系统及其基站电子设备。

背景技术

现有技术中的无线通信基站一般采用一或多个宽波束天线来在基站的给定半径内发送和接收至无线终端（例如移动电话）的信息携带信号。借助这种方法， 各个方位角中的宽波束一般能够被用作与相对于基站在大角度范围内行进的移动无线终端进行通信的通路。

宽波束系统的一个缺点是通信范围小。一般地， 在一定的发送功率下，无线终端能够进行通信的距离与基站天线的增益成正比， 而与立体角波束宽度成反比。更具体地说，该距离的 n 次幂与基站天线增益成正比，其中 n 一般在三与四之间。通信范围小会给实际的系统造成严重的成本限制，特别是在乡村地区， 因为将需要大量的基站来覆盖较大的地理区域。

宽波束系统的另一个缺点是发送功率的利用效率低。例如， 在频分多址（频分复用 A）系统中，一个窄频道—例如 30kHz 宽—被专用于各无线终端的通信。一般地， 各个宽波束把携带有很多通信信道的信息携带信号的频分复用（频分复用）信号发送给相应的无线终端。由于各个无线终端在一个时刻只位于一个角方向， 且用于该无线终端的信号功率是在大的角度区域中发送的，因而功率被浪费了。另外， 与其他通信过程发生干扰的可能性会很高， 因为各个无线终端必须滤掉很多不希望的信号以进行通信。当这种滤波不完善时，就经常产生干扰。 基站接收器面临着类似的问题。

解决上述宽波束系统限制的一种方案， 在共同转让的共同未决美国专利申请 S/N 08/506286—标题为“功率分享线性放大器网络”—中得到了公布。其中，公布了一种多波束通信系统， 其每一个都采用了一种功率分享放大器网络—它包括一对功率分享网络—诸如巴特勒 矩阵—以及耦合在其间的多个放大器。 该系统的功率分享方面比各波束都采用专用的功率放大器的分段窄波束系统好。即， 在功率分享放大器网络中的各个放大器对所要发送的所有信息携带信号进行放大， 从而改善了系统的可靠性并增大了统计意义上的通信业务量处理能力。借助各个波束专用的单独的天线，或者借助于几个多波束天线，都能够形成高增益波束。然而， 所公布的系

统通常采用切换网络来把调制信号切换到适当的天线波束以进行发送和接收。对于具有大量用户的系统， 这种切换网络可能是复杂和高成本的。另外， 如果用于调制信息携带信号的基站无线电设备位于基站塔的底部，而天线位于塔的顶部—如通常的情况那样， 则对连接无线电设备和天线的电缆的要求可能变得很严格。

发明内容

本发明提供了用在无线通信系统中的多波束发送系统，包括：a）无线电发送器组件，用于接收多个输入信息携带信号并从其产生一个第一频分复用信号；b）一个发送器子组件，包括：i）与所述无线电发送器耦合的一个功率分配器，用于将所述第一频分复用信号分成多个与所述第一频分复用信号有关的第二频分复用信号；ii）与所述功率分配器相耦合的多个频率变换器， 其每一个都用于对所述第二频分复用信号之一进行频率变换并借此将其中的至少一个所述信息携带信号置于预定的变换频带内；以及 iii）一个多波束天线，用于辐射多个天线波束，其中每一个天线波束都发送由相应的频率变换器置于所述变换频带之内的至少一个所述信息携带信号。本发明提供了一种无线通信系统，包括：A）一个多波束发送系统，包括：i）一个无线电发送器组件，用于接收多个输入信息携带信号并从其产生一个第一频分复用（频分复用）信号；ii）一个发送器子组件，包括：a）与所述无线电发送器相耦合的一个功率分配器，用于把所述第一频分复用信号分成与所述第一频分复用信号有关的多个第二频分复用信号；b）与所述功率分配器耦合的多个第一频率变换器，其每一个都用于对所述第二频分复用信号之一进行频率变换并从而把其中的至少一个所述信息携带信号置于一个预定的变换频带之内；c）一个多波束天线，用于辐射多个天线波束，其中各个天线波束发送由一个相应的第一频率变换器置于所述变换频带之内的至少一个所述信息携带信号；B）一个接收系统，包括：i）一个接收器子组件，包括：a）一个接收天线，用于形成多个波束并能够经过所述多个波束接收从无线终端发出的多个频带受限的进入信号；b）多个第二频率变换器，其每一个都用于对接收的进入信号进行频率变换，以提供经变换的接收信号；c）一个功率合成器，用于合成所述经变换的接收信号以形成一个第三频分复用信号；以及ii）与所述接收器子组件耦合的一个无线电接收器组件，用于从所述第三频分复用信号提取所述接收的进入信号。

本发明提供了用于把多个输入信息携带信号从一个基站发送至相应的多个无线终端的方法，包括：对所述输入信号进行调制、频率变换并随后组合所述输入信号， 以形成一个第一频分复用（频分复用）信号；把所述第一频分复用信号从第一设备位置发送至第二设备位置；在所述第二设备

位置分配所述第一频分复用信号以提供与所述第一频分复用 信号有关的多个第二频分复用信号；对各个所述第二频分复用信号进行频率变换，从而把其中的至少一个所述信息携带信号置于一个预定的变换频带中；以及经过多个天线波束发送被置于各个所述变换频带中的所述信息携带信号，其中每一个天线波束都指向相对于所述第二设备位置的不同的方向。

在本发明所示的实施例中， 适合于用在无线通信系统基站上的一种发送系统，能够在避免现有技术系统 的复杂 RF 切换和电缆特性要求的情况下，在多个天线波束上发送信息携带信号。

所示实施例的发送器系统包括一个无线电发送器组件—它能够被安装在基站塔的底部， 以及一个发送器子组件—它能够被安装在基站塔的顶部。 该无线电发送器组件用于调制并频率变换多个输入信息携带信号。这些信号随后被合成起来形成一个第一频分复用信号—该信号能够经过连接至塔上的单个的频分复用电缆而被传送到发送器子组件。

发送器子组件包括一个功率分配器—它用于把第一频分复用信号分成多个第二频分复用信号，以及多个频率变换器—其每一个用于变换第二频分复用 信号中的一个。 因而各个频率变换器将至少一个信息携带信号置于预定的变换频带内。可选地，变换频带对于各个频率变换器都是相同的，并具有比 第一频分复用信号的带宽窄的带宽。一个多波束天线辐射出多个天线波束，各个天线波束发送由相应的频率变换器置于变换频带中的至少一个信息携带信号。

能够通过控制例如在塔的底部的无线电发送器组件中的其他频率变换器而动态分配无线电发送器组件要把信息携带信号输入其中的信道。以此方式， 借助任何一个天线波束都能够发送任何或所有信息携带信号。

一个接收器系统可以与所示实施例的发送器系统结合使用。 该接收器系统包括一个接收器子组件和一个无线电接收器组件。 该接收器子组件在多个波束上接收来自无线终端的信号， 最好是利用与发送所用的相同的多波束天线。 在各个波束上接收的信号被另外的频率变换器变换，并随后被合成起来以形成一个第三频分复用信号。该第三频分复用 信号被传送到无线电接收器组件，该组件可以位于基站塔的底部。 该无线电接收器组件最好包括多个频率变换器和相应的无线电接收器， 以将进入信号隔离在第三频分复用信号之内，并准备好随后要发送至电话网络的信号。可选地，提供了至 少一个附加的频率变换器和无线电接收器， 它们与基站控制器相结合并一起为各个无线终端用户确定适合的或更好的天线波束。

附图说明

为了更好地理解本发明，需要结合附图来参见其示例性实施例； 在附

图中相同的标号表示了相同的元件或特征。在附图中:

图 1A 是根据本发明的示例性发送器系统的框图;

图 1B 是一个无线电发送器组件的框图;

图 2A 和 2B 是信号频率变换器的示意图;

图 3 示意显示了一个示例性的放大器网络;

图 4 显示了一个示例性多波束天线的示意图;

图 5 是根据本发明的接收系统的示意图;

图 6 和 7 是示例性的无线电接收器组件的示意框图;

图 8A 和 8B 分别显示了可用于频分复用电缆信道和辐射信道的示例性频率;

图 9 显示了交叠的天线波束; 且

图 10 是根据本发明的无线通信系统的示意图。

具体实施方式

为了说明本发明的原理, 以下描述本发明的一个最佳实施例, 它形成了无线通信系统中基站电子设备的一部分。但应该理解的是, 所述的实施例只是示例性的, 且本发明也可以被采用在其他类型的系统中, 例如在卫星通信或广播系统中。

图 1 示意显示了根据本发明的发送器系统的一个实施例, 它被总的标为 100。发送系统 100 包括由一个频分复用(频分复用)电缆 110 互连的发送器子组件 102 和无线电发送器组件 104。频分复用电缆 110 一般是低损耗高屏蔽同轴电缆。子组件 102 特别适合于被设置在第一设备位置—诸如在无线通信系统(例如移动电话系统)中的基站塔(未显示)的顶部。无线电发送器组件 104 可被设置在第二设备位置, 诸如在基站塔底部的设备外壳中。

基站控制器 130 经过诸如铜导线、光纤或微波线路的通信线路 175, 与一个公共交换电话网络(PSTN)相接口。如在传统设备中那样, 信息携带信号经过无线交换中心(未显示)而在基站控制器与 PSTN 之间进行收发。该信息携带信号能够包括语音信号或电子数据, 诸如电子邮件或传真数据。基站控制器 130 把从 PSTN 接收的信息携带信号提供给无线电发送器组件 104 中的无线电设备。在无线电发送器组件 104 中, 信息携带信号

经调制、频率变换后又被合成起来以形成 FDM 电缆 110 上的 FDM 信号 S_{FDM}。该 FDM 信号中的频率限定信道，在基站控制器 130 的控制下，能够被动态分配给各个信息携带信号。在 FDM 电缆的多至 M 个的 FDM 信道中，信号 S_{FDM} 携带了多至 K 个的信息携带信号，其中 K 通常大于 M。因此，M 个信道中的每一个都能够携带多个信息携带信号。应该注意的是，信号的频分多路复用，也能够与码分多址（CDMA）或时分多址（TDMA）相结合地进行。

在发送器子组件 102 中，信号 S_{FDM} 被一个 1: M 的功率分配器 120 分成 M 个 FDM 信号—其每一个出现在 M 条输出线 TL_1 至 TL_M 之一上。在线 TL_1 至 TL_M 上的 M 个信号中的每一个，都是信号 S_{FDM} 的衰减形式（通过功率分配器），并被加到相应的频率变换器 T_1 至 T_M 上。（在此公布的频率变换器用标号 T 表示）。各个频率变换器 T_1 至 T_M 被用来对有关的 FDM 信号进行频率变换并最好还对其进行滤波，从而将信息携带信号隔离在 FDM 电缆上的 M 个频道上。频率变换器 T_1 至 T_M 中的每一个都经过相应的控制线 107-1 至 107-M 而被耦合到一个公共频率合成器 105。在各条线 107-1 至 107-M 上最好提供不同的本机振荡频率。这使得各个频率变换器能够将信息信号隔离在 FDM 电缆上唯一、永久分配的频带上，这将在下面进一步说明。

线 TR_1 至 TR_M 上的隔离信号被加到放大器网络 140 上，在该网络，最好是在功率分享设置中这些信号都被放大至适合于随后辐射的功率电平。放大的信号出现在线 L_1 至 L_M 上，并被加到多波束天线 150 上，从而形成了 M 个窄波束 B_1 至 B_M。各个波束 B_1 至 B_M 指向不同的角方向，以在以射束最大值（beam peak）为中心的窄的角扇区中辐射信号。各个波束因而被专用于与在相应角扇区内的无线终端的通信。波束 B_1 至 B_M 最好提供了 360° 的方位角覆盖。

图 1B 示意显示了一个示例性无线电发送器组件 104a。无线电发送器 R_1 至 R_K 分别在相应的线 A_1 至 A_K 上接收来自基站控制器 130 的信息携带信号 S_1 至 S_K。各个无线电发送器 R_1 至 R_K 都产生一个载波信号，该载波信号在其中由相应的基带信号 S_1 至 S_K 进行调制。经过调制的信号随后通常要进行放大和滤波，以产生相应的调制无线电输出信号 SM_1 至 SM_K。通常，无线电输出信号 SM_1 至 SM_K 具有相同的载波频率 f_C。可被用在无线电发送器中的适当的调制技术，包括为先进移动电话系统（AMPS），

IS-54 和 IS-94 工业标准建立的那些技术—其每一个都采用了频率调制（ FM ）。 其他适当的例子有诸如频移键控（ FSK ）或相移键控（ PSK ）的数字调制技术。在这些情况下， 也可以采用 CDMA 或 TDMA，各个无线电发送器 R_i 将被用于调制多个信息携带信号，从而使无线电设备的数目少于能够发送的信号的数目。

无线电输出信号 SM_1 至 SM_K 经过相应的线 119-1 至 119-K 分别被加到可调谐频率变换器 T_1’ 至 T_K’ 上。各个频率变换器 T_1’ 至 T_K’ 将相应的无线电输出信号变换到选定的频率限定信道上—该信道由基站控制器 130 经过在相应的控制线 CL_1 至 CL_K 上的控制信号进行控制。经过调制和频率变换的输出信号因而被送到线 115-1 至 115-K 上， 并被加到 K:1 的功率合成器 160 上，从而这些信号被结合起来形成 FDM 电缆 110 上的信号 S_{FDM}。

参见图 2A，一种示例性的频率变换器 T_i’ 可被用于无线电发送器组件 104a 的任何的频率变换器 T_1’-T_K’。上变频混频器 250-i 从相应的无线电发送器 R_i 接收到具有载波频率 f_C 的相应调制信号 SM_i。混频器 250-i 也接收到来自可调谐频率合成器 260-i 的正弦本机振荡（ L.O.）信号 S_{SL}-i。信号 S_{LO}-i 的频率 f_{LOi} 由从基站控制器提供在线 CL_i 上的控制信号进行控制。混频器 250-i 把信号 S_{LO}-i 与信号 SM_i 进行混合，以在线 115-i 上产生一个频率变换信号 S_{MTi} —它具有等于（ f_{LOi}-f_C ）的载波频率。通过把各个合成器 260-1 至 260-K 调谐至不同的频率—这些频率之间的间隔大于各个调制信号 SM_i 的信号带宽，信号 S_{MT1} 至 S_{MTK} 每一个都能够占据不同的频带限定信道—例如 30kHz 宽的。以此方式，当信号 S_{MT1} 至 S_{MTK} 被结合起来以形成 FDM 信号 S_{FDM} 时，在信道之间将不产生干扰。由于基站控制器控制着各个频率变换器 T_1’ 至 T_M’ 中的 L.O.频率， 为随后的辐射指定的频道能够被动态分配给任何信息携带信号.

例如，信号 S_{MT1} 至 S_{MTK} 可被置于 FDM 电缆上 50-650MHz 频率范围中的任何地方，但随后将在窄得多的频带—例如在 2500 至 2510MHz 之间—上进行辐射。这种示例性的情况在图 8A 和 8B 中显示。在此例子中， 产生了 60 个 FDM 电缆频带（或子频带） CH_1 至 CH_{60}，每一个宽 10MHz。各个 FDM 电缆频带与所要形成的 60 个窄天线波束 B_1 至 B_{60} 相应。因此，被置于特定的 FDM 电缆频带中的信号 S_{MT1} 至 S_{MTK}（图 1B ）中的任何一个，都将只在与该频带相应的天线波束上辐射。如图 8B 所示， 可以在发

送（包括控制信道）上建立 333 个无线电信道 CR_1 至 CR_{333}，每一个宽 30kHz，且每一个都能够容纳信号 S_{MT1} 至 S_{MTK} 中的任何一个。发送的辐射信道处于 2500-2510MHz 的共同辐射频带之内。应该理解的是，在 FDM 电缆上以及无线电信道上也可以采用其他频率。各个波束（以及相应的 FDM 电缆信道）通常具有专用用于无线终端的呼叫设定的至少一个窄频带控制信道。在一种极端的情况下，所有的移动无线终端用户在任何时刻都能够位于只由天线波束 B_1 至 B_M 中的一个所覆盖的单个角扇区之内。在此情况下，通过把所有的信号 S_{MT1} 至 S_{MTK} 置于与该天线波束相应的 10MHz 宽的 FDM 电缆频带之内，例如在用于与 CH_1 相应的波束 B_i 的 50-60MHz（CH_1）之内，并随后经过在 2500-2510MHz 频带内的选定 30kHz 信道中的波束 B_i 将这些信号辐射出去，就能够使所有移动用户进行通信。

图 8B 还示出了在一个示例性的 2600-2610MHz 接收频带中的示例性接收信道 CR_1’ 至 CR_{333}’。各个接收信道 CR_i’ 被用于无线终端的语音/数据发送，并与无线终端从基站接收的相应发送信道 CR_i 偏移了一个固定频率（在此例子中，该偏移为 100MHz）。一般地，接收频带最好不与发送频带重叠。接收的情况将在下面得到更为详细的描述。

图 2B 显示了一个示例性的频率变换器 T_i，它可被用于发送器子组件 102 的任何频率变换器 T_1 至 T_M。出现在相应的输入线 TL_i 上的信号 S_{FDMi}，首先被加到上变频混频器 210-i 上。信号 S_{FDMi} 是包括在相应的载波频率（f_{LO1}-f_C）至（f_{LOK}-f_C）中的信号 S_{MT1} 至 S_{MTK} 的多载波信号。具有不同频率的 L.O.信号 S_{LOF1} 至 S_{LOFM}，分别由 公共频率合成器 105 提供在线 107-1 至 107-M 上。合成器 105 在线 108 上从基站控制器接收一个时钟振荡器基准，以能够准确地产生合成的 L.O. 频率 S_{LOF1}。合成器 105 还在线 108 上接收来自基站控制器的控制信号，以控制在哪一条线 107-1 至 107-M 上提供哪个 L.O.频率. 最好把预定的 L.O.频率永久地分配给各个频率变换器 T_1 至 T_M。或者，L.O. 频率也可以在基站控制器的控制下动态地变更。

具有频率 f_{Li} 的 L.O.信号 S_{LOFi}，经过线 107-i，被加到混频器 210-i 的另一输入端口上。频率 f_{Li} 得到适当选择，以使只有在与 FDM 电缆频带 CH_1 至 CH_M 相应的一个频带中的信号被混频器 210-i 变换到系统的共同辐射频带（例如 2500-2510MHz）中。最好采用带通滤波器 220-i 以滤掉公共辐射频带以外的频率，以在线 TR_i 上产生滤波后的输出信号 S_{TR}- i。例如，

参见图 8A 和 8B 以及图 2B，如果 i = 2 且频带 CH_2 被选为与波束 B_2（以及变换器 T_2）相应的频带，则变换器 T_2 将把 60-70MHz 的 CH_2 频带上变频至 2500-2510MHz 的公共辐射频带。在此情况下，频率 f_{L2}-65MHz = 2505MHz，从而使频率 f_{L2} = 2570MHz。

图 3 显示了一个示例性的放大器网络 140a，该网络是图 1A 的放大器网络 140 的一个实施例。放大器网络 140a 是一个功率分享放大器网络，包括 M 个放大器 P_1 至 P_M，每一个放大基本上相同大小的功率。这种类型的放大器网络已经在共同转让的共同未决专利申请 S/N 08/506,286 中进行了描述；该申请的主题在此被作为参考文献。

简要地说，第一功率分享网络 310 包括分别与线 TR_1 至 TR_M 相耦合的 M 个输入端口 302_1 至 302_M。各个调制的信息携带信号 S_{TR1} 至 S_{TRM} 被第一功率分享网络 310 分配到输出端口 303_1 至 303_M —在它们之间有预定的相位关系。这在各个输出端口 303_1 至 303_M 上形成了具有所有信号 $S_{TR}1$ 至 S_{TRM} 的信号功率的复合信号。各个复合信号由相应的放大器 P_1 至 P_M 进行放大，以产生放大的复合信号，并被加到第二功率分享网络 320 的相应输入端口 307_1 至 307_M 上。网络 320 对放大的复合信号进行重组，以在分别连接至线线 L_1 至 L_M 的相应的输出端口 305_1 至 305_M 上形成信号 S_{TR1}' 至 S_{TRM}'。信号 S_{TR1}' 至 S_{TRM}' 因而分别是信号 S_{TR1} 至 S_{TRM} 的放大形式。应该注意的是，在图 3 中 M = 3N，从而使三个示例性多波束天线阵列每一个都能够被耦合到诸如 305_1 至 305_N 的 N 个输出端口上，这将被进一步描述。

功率分享网络 310 和 320 每个都可以是 Log_2M-级巴特勒矩阵，而功率分享网络 320 是网络 310 的逆网络. 这能够通过把相同的巴特勒 矩阵用于各个功率分享网络但使输入端和输出端倒向而实现。巴特勒 矩阵和它们的操作是现有技术中已知的，例如参见 R.Johnson 的“天线工程手册”第 20 章（McGraw Hill 出版社，第 3 版）。或者，功率分享网络 310 和 320 每个都由正交混合耦合器组成—它们得到适当设置以把平均信号功率类似地均分给放大器 P_1 至 P_M 并随后对放大的信号进行重组。

图 4 示意显示了一个示例性多波束天线 150a，它是图 1A 的多波束天线 150 的一个实施例。多波束天线 150a 包括三个天线阵列 410_1 至 410_3 —其每一个都指向不同的角方向，从而使各个天线阵列在指定的角扇区中产生多个波束。例如，天线阵列 410_1 至 410_3 可以是指向彼此间隔 120° 的方

位角的平面天线。通过适当设计各个辐射元件 AT_i 和相邻辐射元件之间的间隔，各个阵列能够产生覆盖相应的 120° 方位角扇区的 N 个窄波束，从而提供 360° 的方位角覆盖。应该理解的是，也可以采用其他的天线阵列数目选择来提供这种波束覆盖。为了使位于波束之间的无线终端能够经过相邻波束之一进行通信，相邻的波束之间需要有些重叠。

在地形变化的地区，将提供额外的天线阵列以覆盖相应的仰角扇区。将根据发送系统所覆盖的地形来切换至这些阵列。例如，将采用总共 12 个天线阵列 410_i，其每一个覆盖两度的仰角扇区和一个 120° 的方位扇区。在每个 120° 方位扇区中，将切换至阵列中的一个，以覆盖仰角扇区中选定的一个。

在本例中，各个天线阵列 410_1 至 410_3 包括有关的 Log_2N- 级巴特勒矩阵 404_1 至 404_3，以形成相应的波束。巴特勒矩阵 404_1 至 404_3 每一个都具有分别与线（L_1 至 L_N）、（L_{N+1} 至 L_{2N}）和（L_{2N+1} 至 L_M）相耦合的 N 个输入端口，而在其上有相应信号 S_{TR1}' 至 S_{TRM}'。在此例中，M = 3N。天线阵列 410_1 进一步包括设置在一个直线阵列中的 N 个宽波束天线元件 AT_1 至 AT_N —它们与巴特勒矩阵 404_1 的 N 个相应的输出端口相耦合，以辐射波束 B_1 至 B_N。波束 B_1 至 B_N 分别辐射信号 S_{TR1}' 至 S_{TRN}'。类似地，阵列 410_2 和 410_3 分别包括宽波束天线元件 AT_{N+1} 至 AT_{2N} 和 AT_{2N+1} 至 AT_M —它们耦合至相应的巴特勒矩阵 404_2 和 404_3，以分别辐射波束 B_{N+1} 至 B_{2N} 以及 B_{2N+1} 至 B_M。波束 B_{N+1} 至 B_M 分别辐射信号 S_{TRN+1}' 至 S_{TRM}'。通常，借助这种配置，相邻的波束，例如 B_1 和 B_2 将重叠，从而使各个波束在交叉点处的功率相对于各个波束的最大值的功率将为大约-4dB。在交叉点处的这种 4dB 的“扇形损耗”，通过例如把额外的输入和输出端口加到天线阵列的巴特勒矩阵上，以形成指向原有波束之间的中点的波束，而可以被减小到大约 1dB。

如上所述，各个波束 B_1 至 B_M 最好专用于在永久分配的 FDM 电缆频道中辐射信号。在一个所示的例子中，M 可以等于 60，从而使多波束天线 150a 产生 60 个波束，其中每个天线阵列 20 个波束。在此情况下，各个波束 B_1 至 B_{60} 能够具有六度的 3dB 波束宽度，以提供基本上处于相应的六度宽方位角扇区中的信息携带信号。在图 8A 和 8B 的例子中，所有波束 B_1 至 B_{60} 都在 2500-2510MHz 频带中辐射信号；然而，波束 B_1 只辐射在一个 FDM 电缆信道（诸如 CH_1）上输送的信号；波束 B_2 辐射在另一

FDM 电缆信道（诸如 CH_2）上输送的信号；等等。

应该注意的是，图 1A 的多波束天线 150 也可以以 M 个窄波束天线的形式实现，这些天线每一个都与线 L_1 至 L_M 中的一条耦合，并各自产生一个波束。这种方法不是最佳的，因为这些单个的波束天线每一个都将要求与各个多波束天线 410_i 相同的空间以产生相同的窄波束宽度，从而大大增大了天线空间要求。

图 5 显示了根据本发明的接收系统，它总体地由 500 表示，并能够与图 1A 的发送器组件 100 结合使用。接收系统 500 包括由 FDM 电缆 510 互连的接收器子组件 502 和无线电接收器组件 504、以及耦合至组件 504 的基站控制器 130。FDM 电缆 510 通常是低损耗高屏蔽同轴电缆。子组件 502 特别适用于被设置在基站塔的顶部，从而使无线电接收器组件 504 能够被设置在塔的底部的设备外壳中。

接收器子组件 502 包括多波束接收天线 550，它可以是一个单独的天线，但它最好与图 1A 的发送天线 150 共用一个公共天线孔径和波束形成网络（如将在下面结合图 10 所描述的）。在两种情况下，接收天线 550 都形成了与发送天线 150 基本上相同的多波束 B_1 至 B_N。接收天线 550 接收从无线终端发出的信号 S_{R1} 至 S_{RK} —这些信号相对于基站的方位和仰角方向可以是任意的。变量 K 通常对应于发送以及接收的信息信号的数目，并通常大于波束数目 M。如上所述，各个接收信道（即无线终端发送的频道）最好与基站向该无线终端所发送的频道偏移一个固定的频率（例如在图 8B 的例子中偏移了 100MHz）。各个接收波束 B_1 至 B_M 主要接收从该波束的主瓣的预定部分所覆盖的角扇区发出的信号。利用以下描述的技术，当无线终端位于重叠的波束之间时，提供较好信号质量的波束将能够在任何给定时刻得到选择而被用于与无线终端的通信。

接收天线 550 在线 L_{R1} 至 L_{RM} 上提供信号 S_{R1} 至 S_{RK}，其中这些信号在线 L_{R1} 至 L_{RM} 上的功率分布取决于发送这些信号的无线终端的角位置，以及接收天线 550 的相邻波束之间的重叠程度。为了清楚起见，图 9 显示了三个相邻的天线波束 B_M、B_1 和 B_2 的辐射或接收功率相对方位角的关系。波束 B_M、B_1 和 B_2 分别指向角 ϕ_M、ϕ_1 和 ϕ_2，其中各个波束的相对波束增益为最大值 G_{Max}，且相邻波束的相对增益在电平 G_Q 以下。相对增益 G_Q 取决于波束之间的重叠程度，并通常比波束最大值处的增益低 20 至 40dB。各个波束在角 $\phi_{M,1}$ 和 $\phi_{1,2}$ 处相交，其中相对增益为 G_{INT}。

相交的角度确定了与各个波束相应的方位角扇区的边缘。

通过结合图9继续参见图5，假定位于角ϕ_1的无线终端W_A（未显示）发送信号S_{R1}。在此情况下，由于相邻波束场强低于增益电平G_Q，信号S_{R1}主要是在波束B_1上接收的并主要出现在线L_{R1}上。类似地，如果信号S_{R2}由无线终端W_B（未显示）从角位置ϕ_2发送，它将主要出现在线L_{R2}上，等等。如果无线终端W_A移到在波束相交角$\phi_{1,2}$处的一个位置，并继续发送S_{R1}，则接收信号将在线L_{R1}和L_{R2}上以大体相等的功率出现。如果发送信号S_{R2}的无线终端W_B移到相交角$\phi_{1,2}$，也会出现类似的功率分布。如果无线终端W_A继续移向角ϕ_2，与该无线终端的通信可被切换至波束B_2，而不用改变用于通信的辐射频道。在发送侧，这通过移动L.O.信号S_{LO}-i（图2A）的频率因而移动信号S_{MTi}的频率，从而使其位于与波束B_2有关的FDM电缆信道中，而得以实现。如果L.O.频率被移动了FDM电缆信道之间的间隔，例如在图8A的例子中被移动了10MHz，则保持相同的辐射频道。在接收侧也进行类似的切换，这将在下面描述。

在线L_{R1}至L_{RM}上接收的信号，通常由带通滤波器（未显示）滤波—这些滤波器每一个都具有与系统接收时的辐射频带对应的通带，例如在图8的例子中为2600-2610MHz。经滤波的信号随后被接收前置放大器RA_1至RA_M放大，并被加到相应的频率变换器F_1至F_M。各个频率变换器F_1至F_M把放大的信号向下变频至适当的FDM电缆频道，例如图8A的CH_1至CH_M中的一个。最好，与给定的波束相应的同一FDM电缆信道被同时用于发送和接收。不同FDM电缆信道的向下变频，是通过经过控制线507-1至507-M中相应的一条而把各个频率变换器F_1至F_M锁定在不同的从公共频率合成器505导出的合成L.O.频率，而得到实现的。合成器505则又经过线508中的一条而被锁定在基站控制器130中的基准振荡器上。通常，在线507-1至507-M上的不同L.O.频率是固定的，且只有在塔的底部的频率变换器的L.O.频率进行改变以实现切换。然而，应该理解的是，塔顶部的振荡器频率在其他实施例中能够被动态改变，以提供更大的灵活性。

图2B的变换器T_i的电路设置可被用于频率变换器F_1至F_M的任何一个，只是带通滤波器220-i是可选的，因为已经进行了带通滤波。位置如下：时钟振荡器505取代了时钟振荡器105；线507-1至507-M分别取代了线107-1至107-M；线FL_i取代了TL_i；且线530-i取代了线TR_i。

在线530-1至530-M上的频率变换信号，被加到1：M功率组合器

520上，后者将这些信号结合成电缆510上的一个FDM接收信号S_{FDM}'。该信号被提供给无线电接收器组件504，在那里，借助基站控制器130，所接收的FDM信号中的信息携带信号得到提取、解调并为随后至PSTN的发送进一步做好了准备。

图6显示了一个示例性无线电接收器组件504a的示意框图，该组件是图5的无线电接收器组件504的一个实施例。在FDM电缆510上的信号S_{FDM}'被加到1：2K功率分配器602，而后者将该信号分到线607-1至607-K和609-1至609-K上。在这些线的每一条上的信号因而是信号S_{FDM}'的衰减形式。分别与线609-1至609-K相耦合的频率变换器610-1至610-K的每一个，都通过不同的频率移动而向下变频FDM信号，因而各个变换器把FDM信号中的不同的信息携带信号变换到预定的公共频带。各个频率变换器610-1至610-K的频率移动受到由基站控制器130提供在线645-1至645-K上的控制信号的控制。无线电接收器615-5至615-K随后能够分别利用具有与该预选定的公共频带对应的通频带的一个窄带滤波器，从而分别隔离不同的向下变频的信息携带信号。

无线电接收器615-i 随后通常放大并解调这些信号并将经解调的输出信号提供给基站控制器230。如果采用CDMA或TDMA方案，各个无线电接收器615-i将被专用于接收公共频带中的多个信息携带信号，从而使无线电接收器组件504a能够接收比K个信息携带信号多得多的信号。在CDMA的情况下，各个接收器将通过解码各个接收信号的片码来提取各个信息信号。在任何情况下，基站控制器进一步处理解调的信号并将它们置于适当的电线和/或时分多路复用时隙和/或PSTN FDM信道上，以作为电话信息携带信号而发送到PSTN。

无线电接收器组件504a还包括附加的频率变换器620-1至620-M和无线电接收器630-1至630-K，而这些变换器和接收器共同为每一个无线终端用户确定适合或优化的天线波束。在图6A的实施例中，频率变换器620-1至620-K分别与频率变换器610-1至610-K对应，并还按照以下方式分别与无线电接收器615-1至615-K相对应。FDM接收信号S_{FDM}'的衰减形式经过相应的线607-1至607-K而被加到频率变换器620-1至620-K上。这些频率变换器的频移由基站控制器130提供在线660-1至660-K上的控制信号控制。在这些线的每一条上的控制信号定期改变，以使各个频率变换器620-i所提供的频移定期地逐阶变化。该频率逐阶变化

最好对应于FDM电缆频道之间的间隔F_{SP}，例如在图8A中为10MHz。具体的频率变换器620-i在任何给定时刻的实际频移最好等于有关的变换器610-i加或减（$N \times F_{SP}$）的频移，其中N是整数。

在线632-i上的各个频率变换器620-i的频率变换输出被提供给相应的无线电接收器630-i，后者在其输入端有一个窄带滤波器（未显示）。利用上述用于频率变换器620-i的频移，并为这些窄滤波器采用与这些接收器615-i所用的相同的通频带，各个接收器630-i所接收的信息携带信号与相应的接收器615-i的相同。然而，由于频率变换器620-i的频移以频率F_{SP}逐阶变化，接收器630-i在一个相邻的天线波束上接收该信息携带信号。各个无线电接收器630-i此时在相应的线650-i上向基站控制器130提供表示接收信号强度的输出信号。以此方式，在通信期间里可以由基站控制器选择较好的天线波束。当确定目前所用的天线波束不再是最好的选择，且一个相邻波束更为优越时，基站控制器130把控制信号改变到频率变换器610-i，以将其频移改变F_{SP}，从而将通信切换到相邻波束。借助这种方法，即使通信被切换到了另一波束，相同的辐射频道也继续得到采用。

例如，参见图8A和8B，假定在波束B_{58}（例如与FDM电缆信道CH_{58}相应）上与接收器615-i进行通信的移动用户正在频道CR_1'（即2600.00-2600.03MHz）上向基站进行发送。基站在发送信道CR_1（2500.00-2500.03MHz）上向移动用户的无线终端进行发送。在此情况下，由于变换器F_{58}的频率变换，基站在波束B_{58}上接收的进入信号部分占据了FDM电缆510上从629.97至630.00MHz的频隙。同时，由于变换器F_{59}的频率变换，FDM电缆510上从639.97至640.00MHz的频隙输送着在波束B_{59}上接收的进入信号的部分。变换器620-i的频移逐阶变化，以使在其输入端具有固定带通滤波器的接收器630-i在一个时刻把功率隔离在这些FDM电缆中的仅一个中。当判定在频隙639.97-640.00中接收的信号功率超过了在频隙629.97-630.00中的功率时，基站控制器130命令变换器610-i将其频移改变10MHz，以在波束B_{59}上建立通信。因此，即使用于通信的波束已经得到切换且用于通信的FDM电缆频带已经移动，在2600.00至2600.03上的接收的相同的辐射频道也得到了保持。同时，在发送侧，基站控制器130把图1B的相应变换器T_i'的频移改变10MHz，以使相应的信息信号能够在波束B_{59}上被发送到PSTN。由于在发送时提供

至塔顶部的频率变换器的L.O.频率没有改变，发送时的相同的频道CR_1也类似地在整个通信期间得到了保持。

如果采用码分多址，各个无线电接收器630-1至630-K将还依次在任何给定时刻对隔离在该接收器中的各种信息信号进行解码。各个接收器630-i将在基站控制器130的控制下扫描不同的片码，以获得测量信号强度用的各个信号的一个采样。一旦每一个信号都得到了取样，频率变换器620-i再次逐阶变化，以把在相邻波束上接收的信号隔离起来，且这些信号重新得到解码以进行测量。基站控制器随后确定哪一个用户应该被切换到其他波束。

应该注意的是，基站控制器130把通信切换到另一波束的决定，可以根据除单纯的接收信号强度以外的参数来进行。例如，该决定也可以是根据测量到的误比特率或测得的信号与干扰的比值，或者根据所接收的信号功率与这些参数之一的结合。

还应该注意的是，接收器615-1至615-K或无线电接收器630-1至630-K中的一或多个可在呼叫建立期间被专用于接收在控制信道上发送的信号。如上所述，各个天线波束可具有其自己的窄频带控制信道—在其中呼叫建立信息在无线终端与基站之间来回传送。基站此时命令无线终端调谐至选定的可用频道以进行随后的通信并将无线电发送器R_1至R_K中可用的一个以及一个可用的接收器615-i分配给选定信道上的通信。

用于频率变换器610-1至610-K或620-1至620-K中的任何一个的示例性电路设置，是图2A中所示的变换器T_i'—它采用了可调谐本机振荡器。电路端口位置将如下：线607-i或609-i取代了线119-i；线632-i或617-i取代了线115-i；且控制线660-i或645-i取代了控制线CL_i。

参见图7，其中显示了无线电接收器组件504的一种替换实施例，用504b总体表示。接收器组件504b的操作基本上与504a的相同，只是采用了单个的频率变换器620和单个的“巡回”无线电接收器630来在任何给定时刻为各个用户找到优化或适合的波束。变换器620和接收器630因而取代了频率变换器620-1至620-K和无线电接收器630-1至630-K。另外，1：（K+1）功率分配器680取代了1：2K功率分配器602。变换器620的L.O.频率以一个顺序逐阶变化，以使接收器630能够在一个时刻为一个无线电接收器612-i确定优化或适合的通信波束。以此方式，接收器630在所有用户之间被时间共享了。这种方法是可行的，因为频率变换器

630 能够在所有通信信道上逐阶变化，且基站控制器 130 能够以比移动行进者在波束之间行进的速度快一个量级的速度来处理一个时间帧内所有的数据。

在一种替换实施例中， 无线终端将为通信确定优化或适合的天线波束。这些无线终端通常需要区分波束， 诸如通过分析与各个波束有关的控制信道中的编码和在无线终端位置改变时连续测量各个波束的信号强度。

进一步应该注意的是，采用很多窄天线波束， 使得能够采用频率再利用—其中相同的窄频带辐射频道被几个非重叠波束所使用。 这种方法增大了有限辐射频带的可能同时用户的数目。另外， 也可以采用偏振区分来增大用户容量。

图 10 示意显示了根据本发明的一种无线通信系统，它用 1000 来总体表示，并采用了公共的多波束天线 150 进行发送和接收。系统 1000 包括发送系统 100’和接收系统 500’， 其每一个都包括上述的相应的发送和接收系统 100 和 500 。

如本领域的技术人员所众所周知的，互易定理指出， 在相干频带宽度中，当发送和接收采用共同或等价的天线孔径和波束形成网络时， 发送波束图案与接收波束图案相同。在图 10 中，天线 150 被用来在波束 B_1 至 B_M 上发送信息信号并接收从无线终端发送来的信号 S_{R1} 至 S_{RK}。 一个示意性的波束 B_i 把一个信息信号发送给无线终端 W_j， 而后者经相同的波束 B_i 把一个信号 SR_j 发送回到天线 150 。双工器 D_1 至 D_M 每一个都具有与有关的发送线 L_1 至 L_M 相耦合的发送端口 TX，以及与相应的接收线 L_{R1} 至 L_{RM} 相耦合的接收端口 R 。这些双工器使得能够同时进行信号的发送和接收。通常，如上所述， 用于接收的频率和控制信道与用于发送的频率和控制信道相偏离。发送线 L_1 至 L_M 连接至发送系统 100’，而接收线 L_{R1} 至 L_{RM} 连接至接收系统 500’。 系统的其他部分的运行基本上与上述与发送系统 100 和接收系统 500 有关的部分的运行相同。

应该理解的是， 在此公布的实施例只是示例性的—包括为 FDM 电缆信道和辐射频道而公布的说明性的频率， 且本领域的技术人员在不脱离本发明的精神和范围的情况下能够进行很多修正和变形。 所有这些修正和变形都属于所附权利要求书限定的本发明的范围。

图 1A

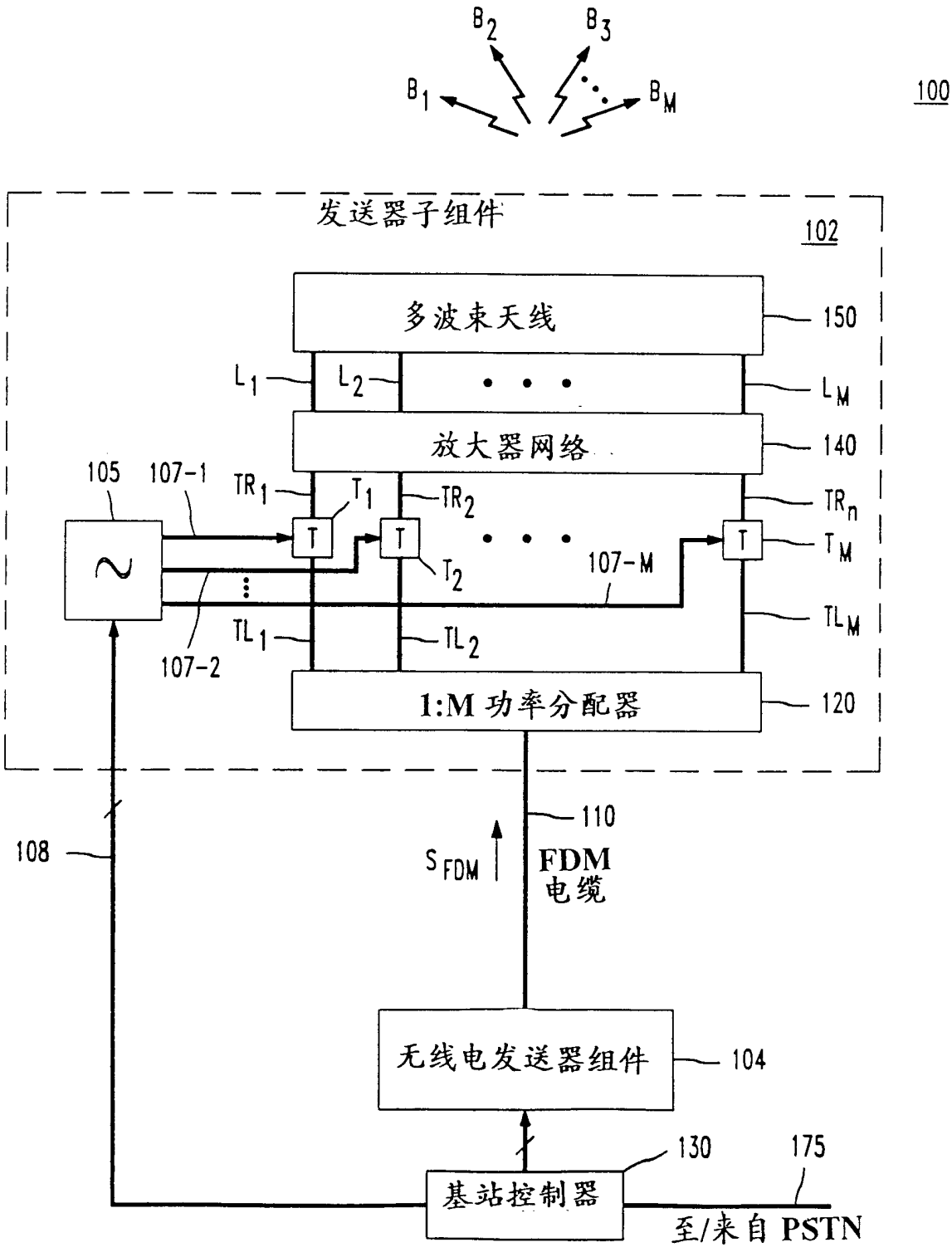

B2
B3
B1
BM
100
发送器子组件
102
多波束天线
150
L1
L2
LM
放大器网络
140
105
107-1
TR1
T1
TR2
TRn
T
T
T
TM
T2
107-M
107-2
TL1
TL2
TLM
1:M 功率分配器
120
108
110
SFDM
FDM
电缆
无线电发送器组件
104
130
175
基站控制器
至/来自 PSTN

图 1B

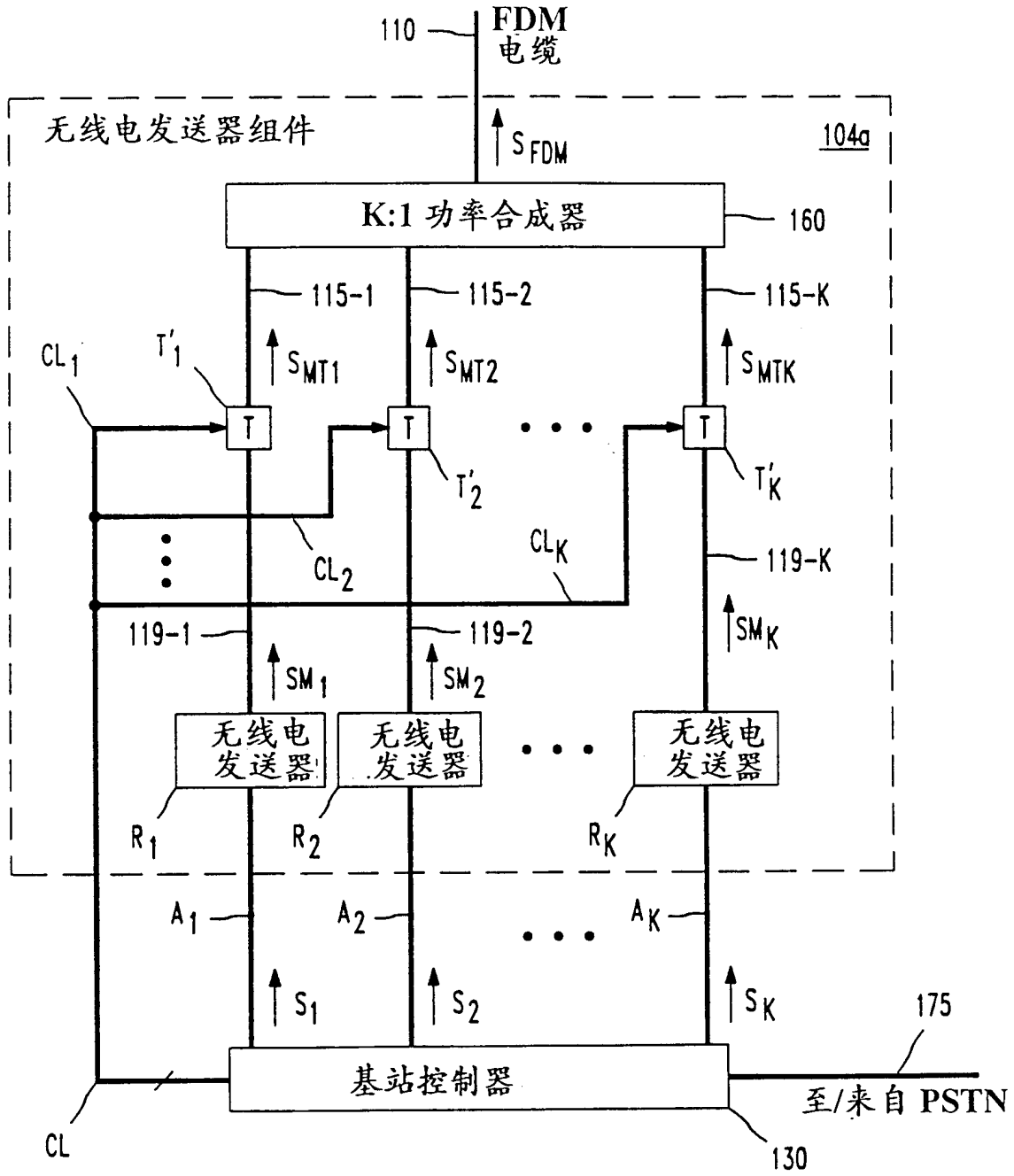

110
FDM
电缆
无线电发送器组件
104a
S_{FDM}
K:1 功率合成器
160
115-1
115-2
115-K
CL_1
T'_1
S_{MT1}
S_{MT2}
S_{MTK}
T
T'_2
T'_K
CL_2
CL_K
119-K
119-1
119-2
SM_K
SM_1
SM_2
无线电发送器
R_1
R_2
R_K
A_1
A_2
A_K
S_1
S_2
S_K
175
基站控制器
至/来自 PSTN
CL
130

图 2A

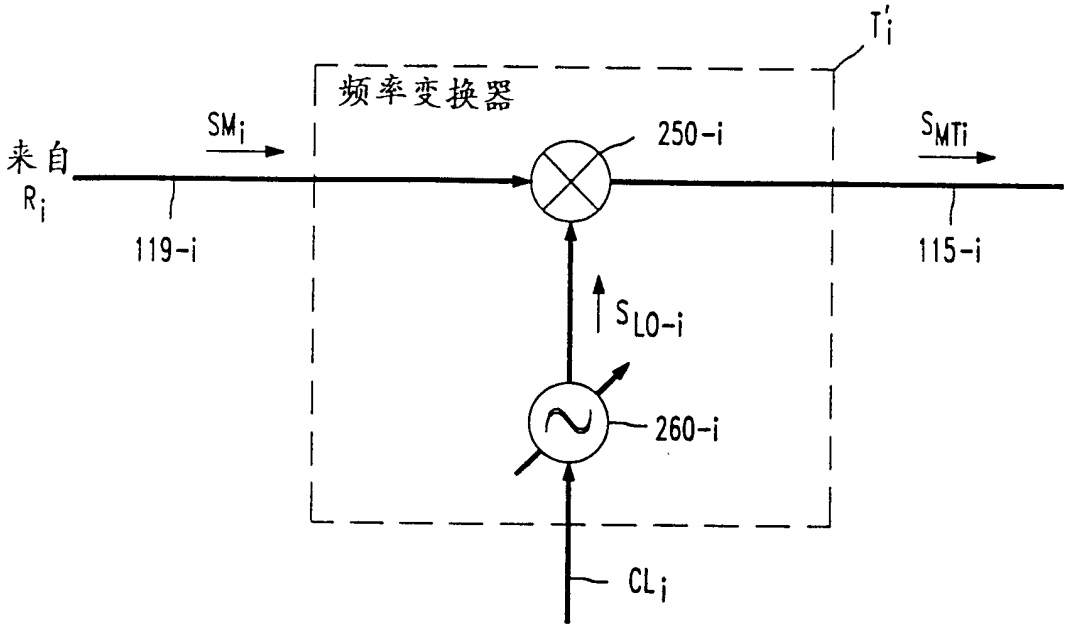

T'i
频率变换器
来自
Ri
SMi
250-i
SMTi
119-i
115-i
SLO-i
260-i
CLi

图 2B

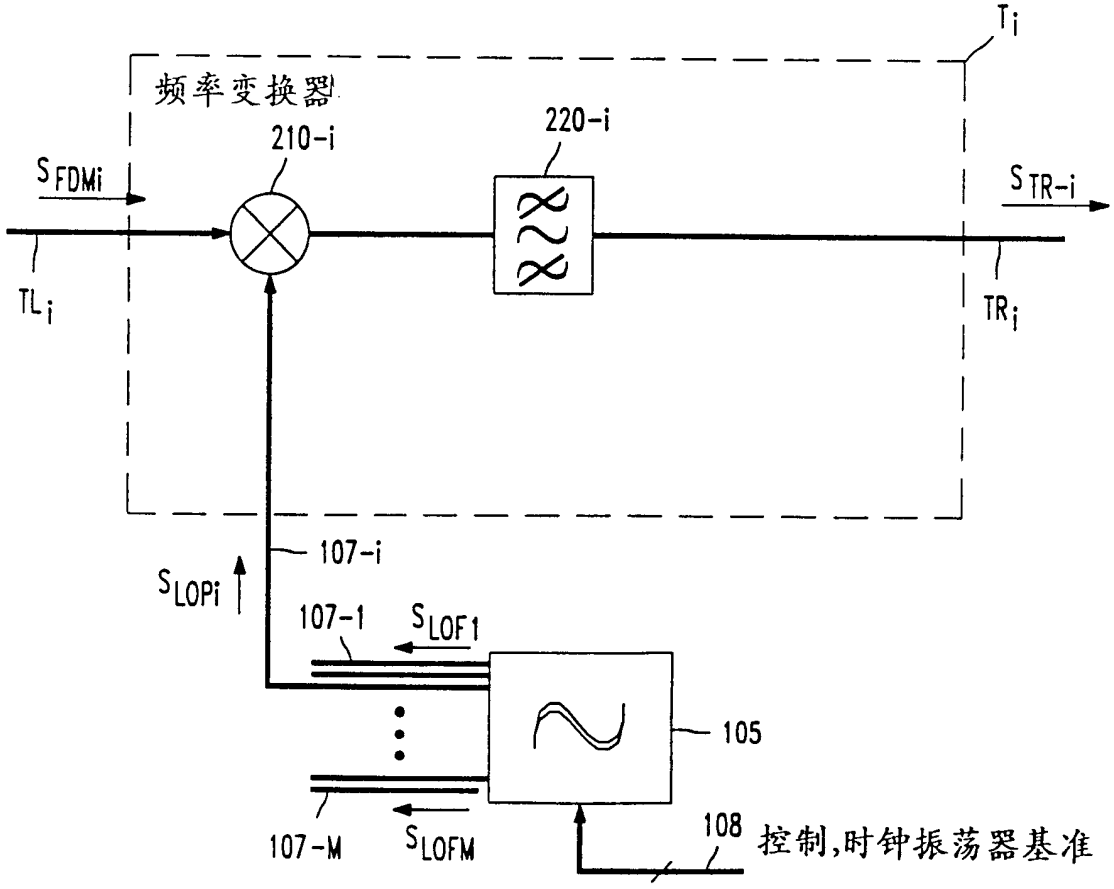

Ti
频率变换器
210-i
220-i
SFDMi
STR-i
TLi
TRi
107-i
SLOPi
107-1
SLOF1
105
107-M
SLOFM
108
控制,时钟振荡器基准

图 3

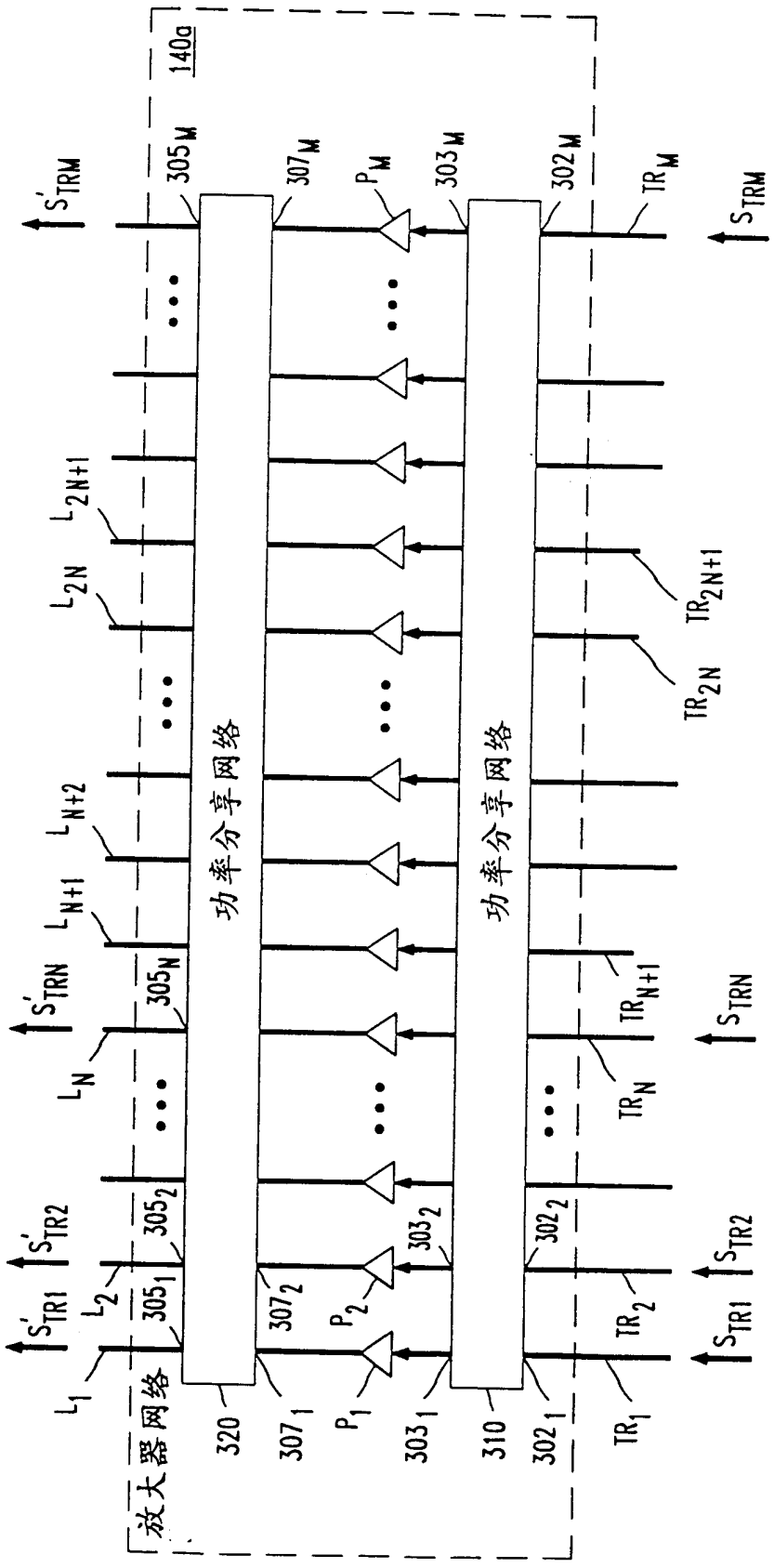

140a
放大器网络
功率分享网络
功率分享网络
320
310
L_1
L_2
L_N
L_{N+1}
L_{N+2}
L_{2N}
L_{2N+1}
S'_{TR1}
S'_{TR2}
S'_{TRN}
S'_{TRM}
305_1
305_2
305_N
305_M
307_1
307_2
307_M
P_1
P_2
P_M
303_1
303_2
303_M
302_1
302_2
302_M
TR_1
TR_2
TR_N
TR_{N+1}
TR_{2N}
TR_{2N+1}
TR_M
S_{TR1}
S_{TR2}
S_{TRN}
S_{TRM}

图 4

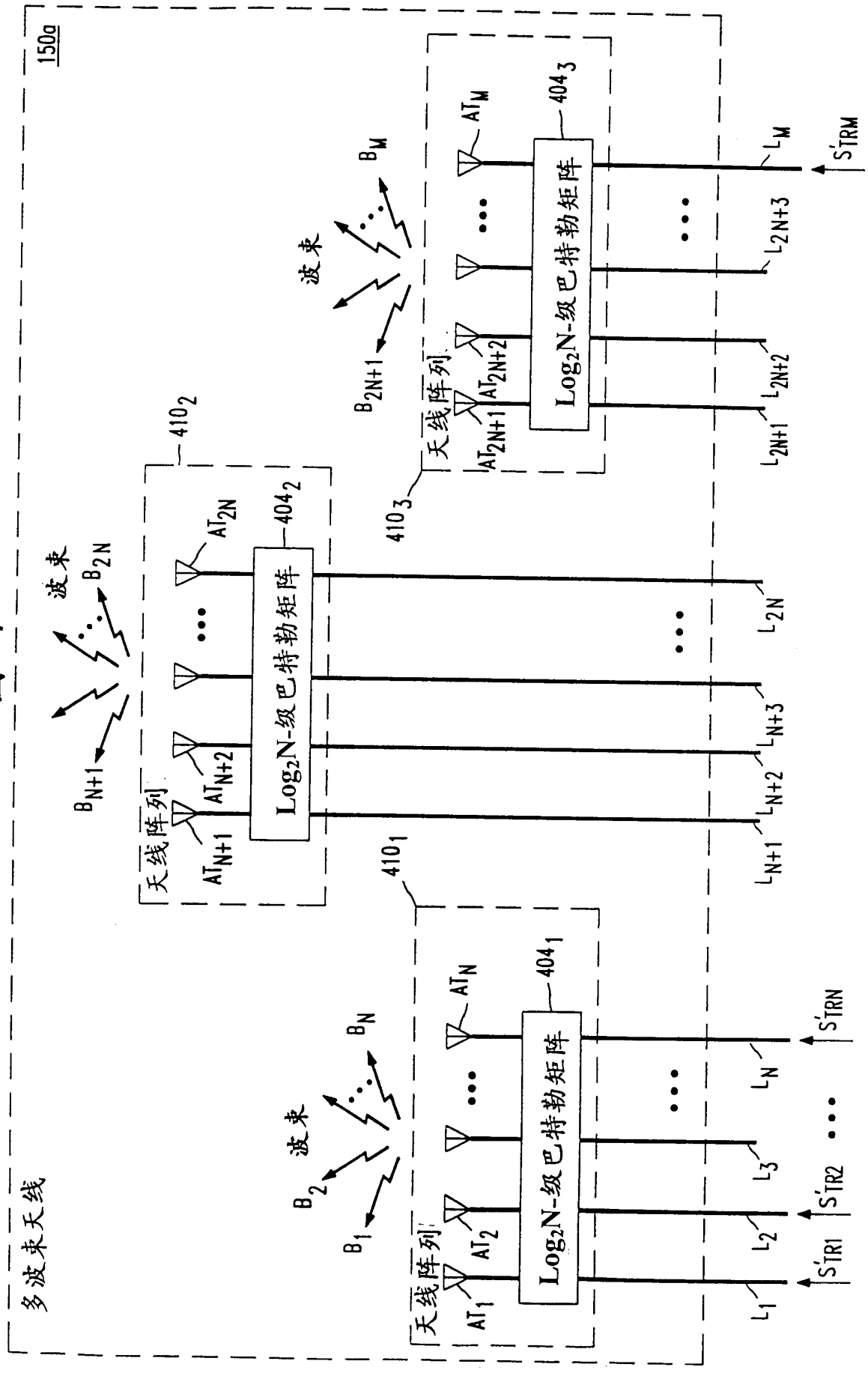

多波束天线
150a
波束
B_1
B_2
B_N
B_{N+1}
B_{2N}
B_{2N+1}
B_M
天线阵列
AT_1
AT_2
AT_N
AT_{N+1}
AT_{N+2}
AT_{2N}
AT_{2N+1}
AT_{2N+2}
AT_M
Log_2N-级巴特勒矩阵
404_1
404_2
404_3
410_1
410_2
410_3
L_1
L_2
L_3
L_N
L_{N+1}
L_{N+2}
L_{N+3}
L_{2N}
L_{2N+1}
L_{2N+2}
L_{2N+3}
L_M
S'_{TR1}
S'_{TR2}
S'_{TRN}
S'_{TRM}

图 5

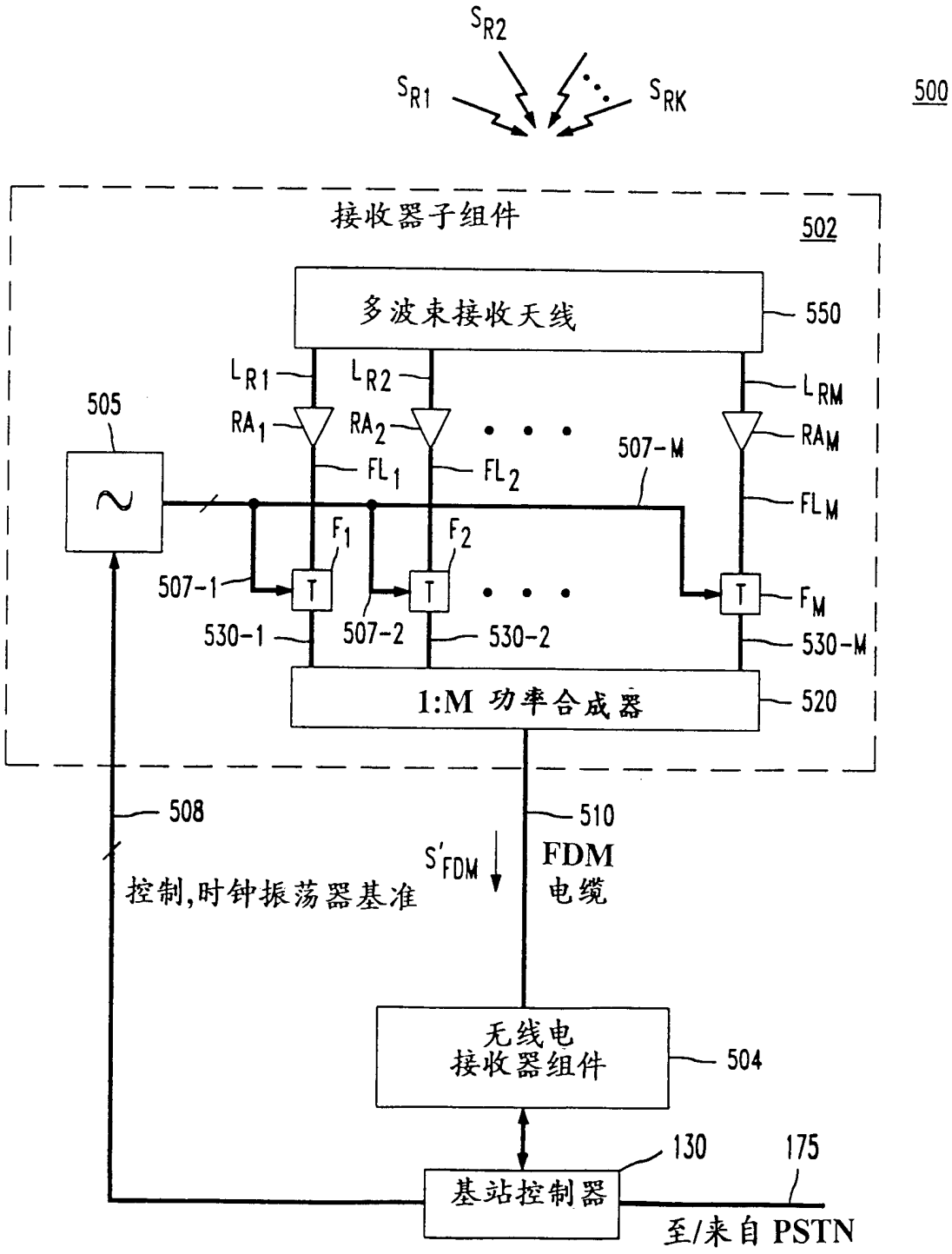

S_{R2}
S_{R1}
S_{RK}
500
接收器子组件
502
多波束接收天线
550
L_{R1}
L_{R2}
L_{RM}
505
RA_1
RA_2
RA_M
507-M
FL_1
FL_2
FL_M
F_1
F_2
507-1
T
T
T
F_M
530-1
507-2
530-2
530-M
1:M 功率合成器
520
508
510
S'_{FDM}
FDM
电缆
控制,时钟振荡器基准
无线电
接收器组件
504
130
175
基站控制器
至/来自 PSTN

图 6

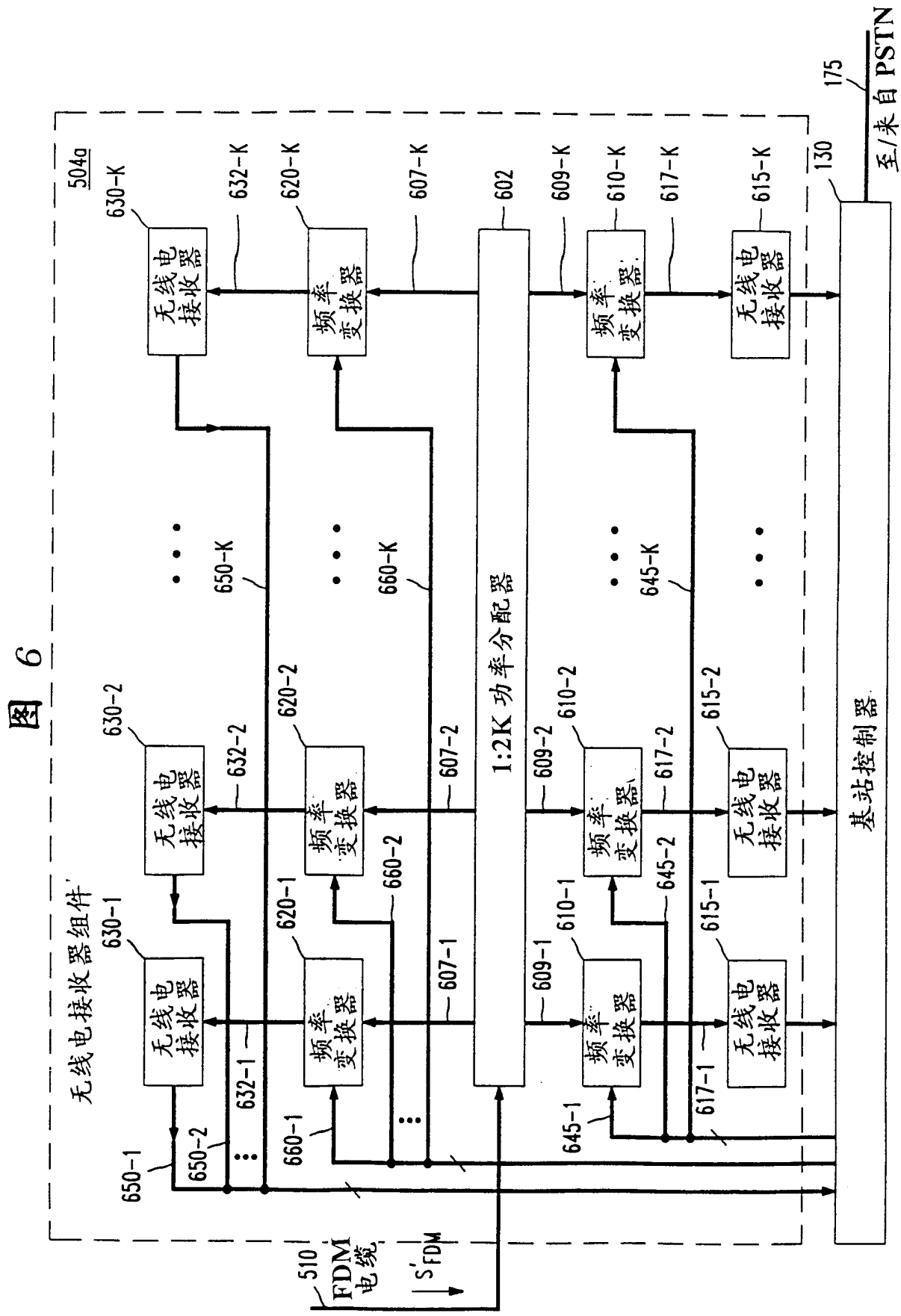

无线电接收器组件
504a
630-K
632-K
620-K
607-K
602
609-K
610-K
617-K
615-K
130
175
至/来自 PSTN
650-K
660-K
645-K
630-2
632-2
620-2
607-2
609-2
610-2
617-2
615-2
650-2
660-2
645-2
630-1
632-1
620-1
607-1
609-1
610-1
615-1
650-1
660-1
645-1
617-1
无线电接收器
频率变换器
1:2K 功率分配器
基站控制器
510
FDM 电缆
S'_{FDM}

图 7

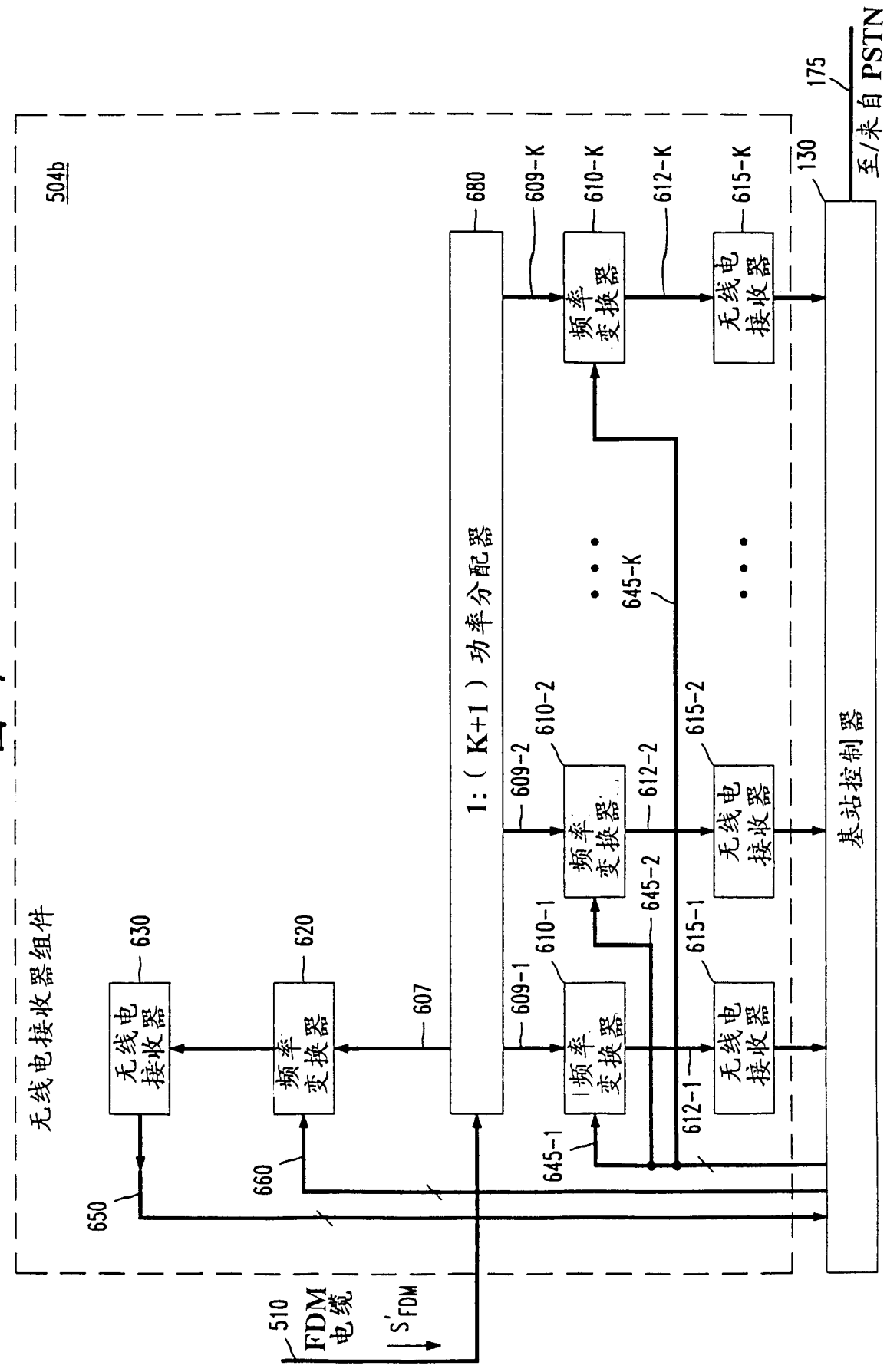

无线电接收器组件
504b
无线电接收器
630
频率变换器
620
607
1:(K+1)功率分配器
680
609-1
610-1
609-2
610-2
609-K
610-K
频率变换器
612-1
612-2
612-K
645-1
645-2
645-K
615-1
615-2
615-K
无线电接收器
130
基站控制器
175
至/来自 PSTN
650
660
510
FDM电缆
S'FDM

图 8A

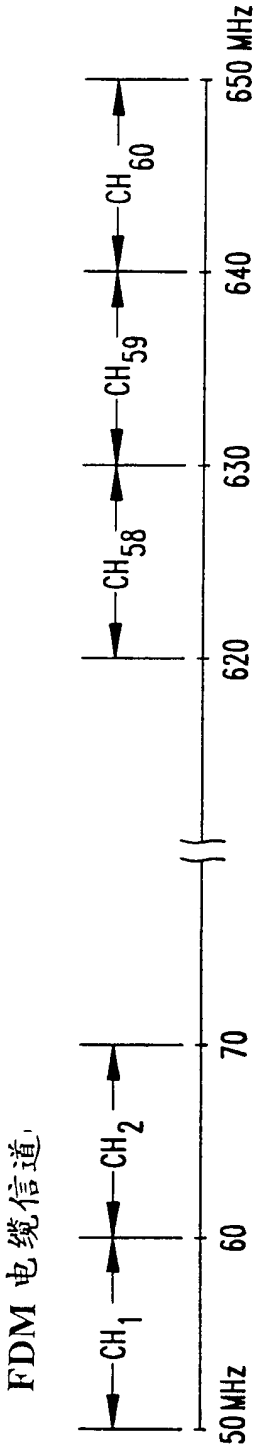

FDM 电缆信道
CH1
CH2
CH58
CH59
CH60
50 MHz
60
70
620
630
640
650 MHz

图 8B

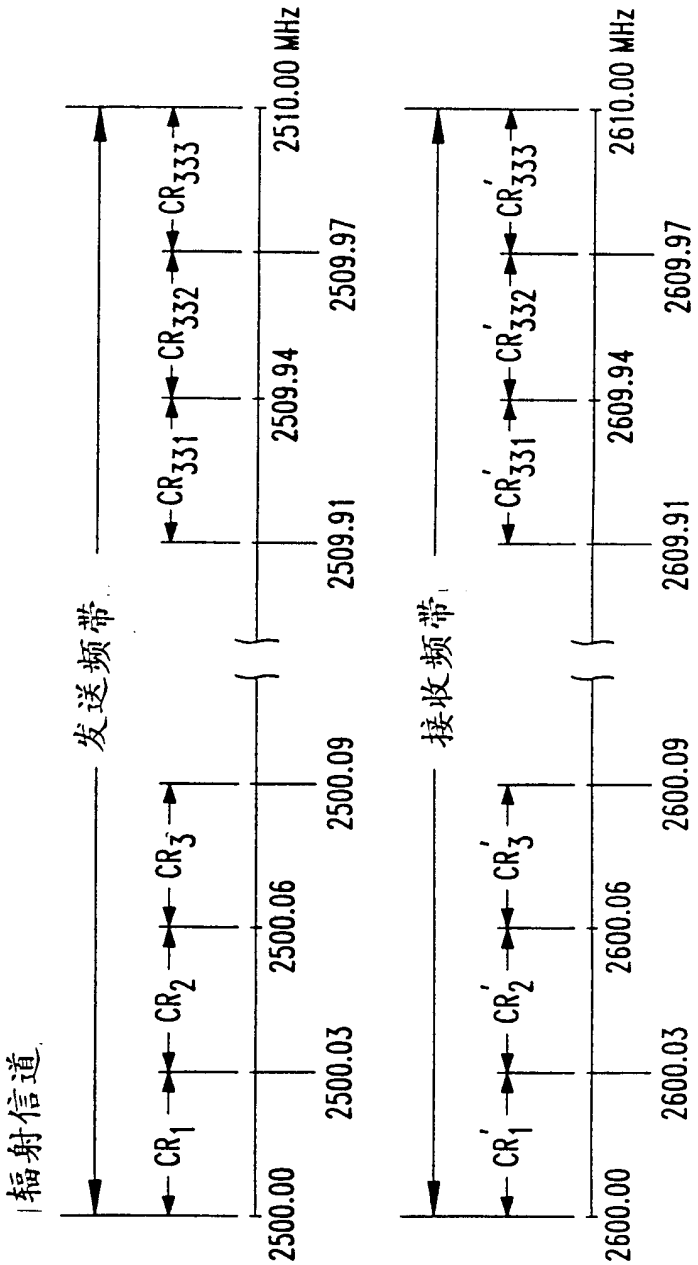

辐射信道
发送频带
CR1
CR2
CR3
CR331
CR332
CR333
2500.00
2500.03
2500.06
2500.09
2509.91
2509.94
2509.97
2510.00 MHz
接收频带
CR'1
CR'2
CR'3
CR'331
CR'332
CR'333
2600.00
2600.03
2600.06
2600.09
2609.91
2609.94
2609.97
2610.00 MHz

图 9

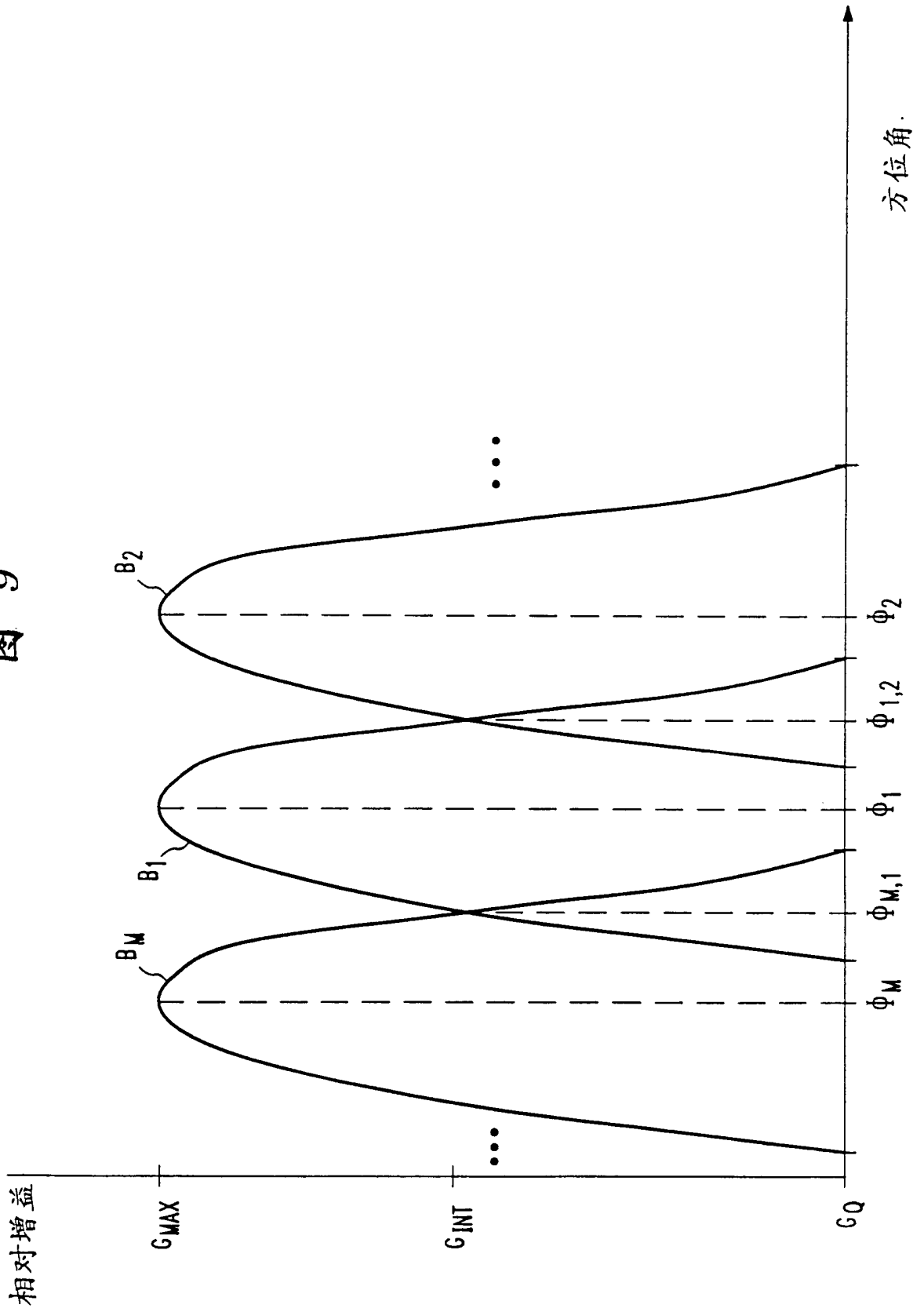
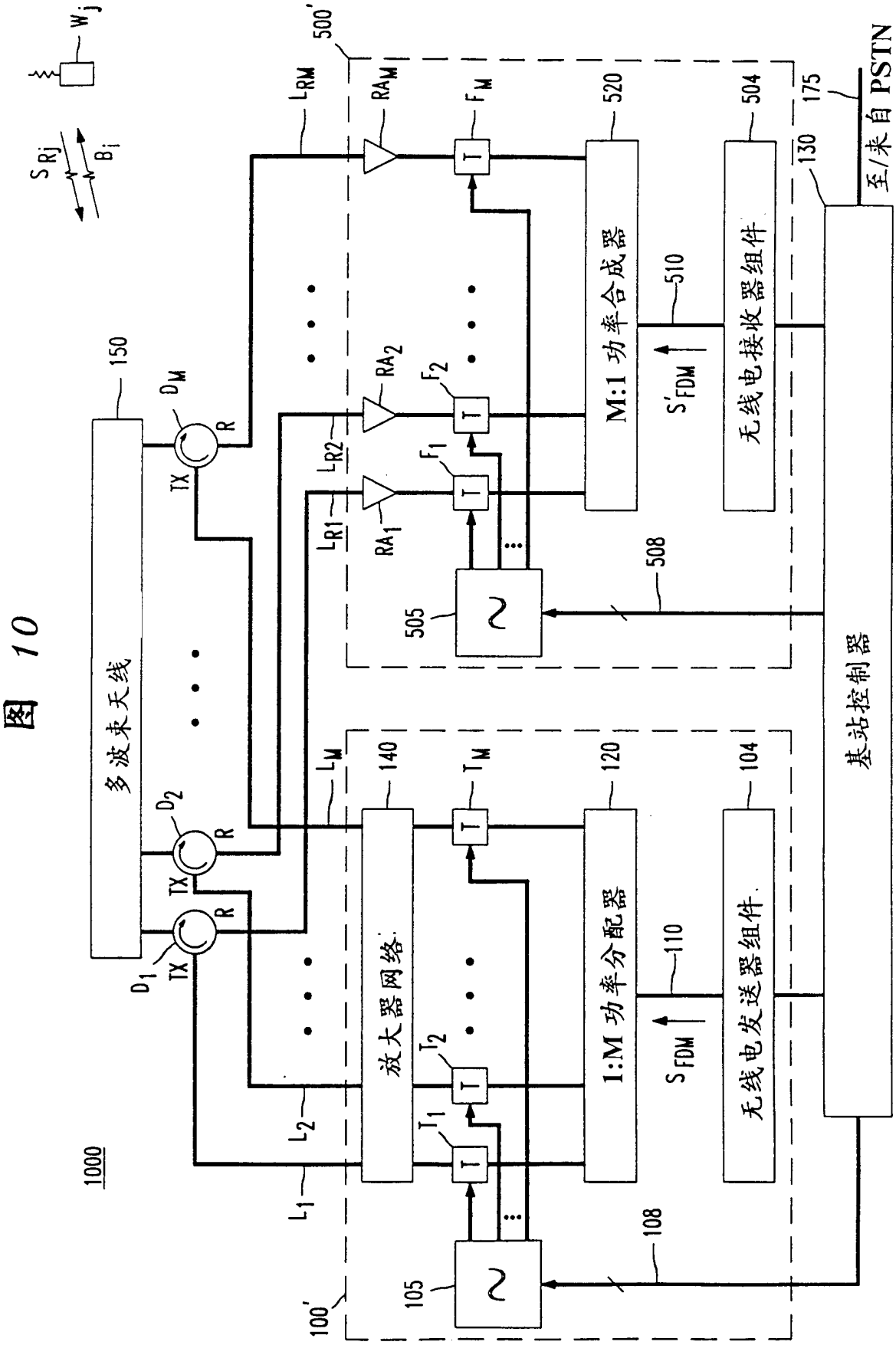


图 10


1000
多波束天线
150
放大器网络
140
1:M 功率分配器
120
M:1 功率合成器
520
无线电发送器组件
104
无线电接收器组件
504
基站控制器
130
至/来自 PSTN
175
100'
500'
105
505
108
508
110
510
S_{FDM}
S'_{FDM}
S_{Rj}
B_i
W_j
D_1
D_2
D_M
TX
R
L_1
L_2
L_M
L_{R1}
L_{R2}
L_{RM}
I_1
I_2
I_M
F_1
F_2
F_M
RA_1
RA_2
RA_M
T