[19]中华人民共和国国家知识产权局

[51]Int.Cl[7]
H04B 7/26
H04B 7/005

[12]发明专利申请公开说明书

[21]申请号 00108298.1

[43]公开日 2000年9月27日

[11]公开号 CN 1267971A

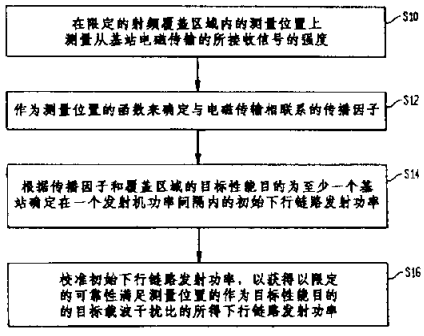
[22]申请日 2000.2.4 [21]申请号 00108298.1
[30]优先权
[32]1999.2.12 [33]US [31]09/249,313
[71]申请人 朗迅科技公司
地址 美国新泽西州
[72]发明人 戴维·迪·霍
艾施瓦·皮特安姆派利
[74]专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利商标事务所
代理人 蒋世迅

权利要求书5页 说明书28页 附图页数8页

[54]发明名称 用于分配无线网络中的下行链路电磁功率的方法

[57]摘要

一种用于分配无线网络中的下行链路功率的方法确定下行链路发射功率以允许 为限定的射频覆盖区域满足一个目标性能目的。基站发射电磁发射。在限定的覆盖区域范围内的测量位置测量电磁发射的所接收信号参数。一个数据处理系 统确定作为测量位置函数的、与电磁发射相联系的传播因子。数据处理系统根 据覆盖区域的至少一个目标性能目的和传播因子为至少一个基站确定下行链路 发射功率。



ISSN1008-4274

权 利 要 求 书

1. 一种在无线网络中分配下行链路功率的方法，包括下列步骤:

在所限定射频覆盖区域内的测量位置测量来自基站的电磁发射的所接收信号参数;

作为测量位置的函数来确定与电磁发射相联系的传播因子；以及

根据传播因子和覆盖区域的目标性能目的确定至少一个基站的下行链路发射功率。

2. 如权利要求 1 所述的方法，还包括下列步骤:

校准下行链路发射功率，以便以限定的可靠性满足测量位置的目标性能目的。

3. 如权利要求 1 所述的方法，还包括下列步骤:

校准下行链路发射功率，以便以限定的可靠性满足测量位置的作为目标性能目的的目标载波干扰比。

4. 如权利要求 1 所述的方法，还包括下列步骤:

校准下行链路发射功率，以便获得相应的实际载波干扰比，所述实际载波干扰比以限定的可靠性满足或最低限度地超过测量位置的作为目标性能目的的目标载波干扰比。

5. 如权利要求 2 所述的方法，其中，校准步骤包括通过考虑每个基站的已知最大发射功率来校准初始下行链路发射功率。

6. 如权利要求 3 所述的方法，其中，校准步骤包括将限定的可靠性设立为覆盖区域中满足或超过载波干扰比的时间的百分比。

7. 如权利要求 1 所述的方法，其中，测量步骤还包括测量与每个测量位置相联系的背景噪声，背景噪声处于电磁发射的频率范围内，其中，计算步骤还包括根据作为所测量信号参数的传播因子、背景噪声和信号强度以及作为目标性能目的的目标载波干扰比来计算每个基站的下行链路发射功率。

8. 如权利要求 1 所述的方法，其中，确定传播因子还包括确定一个传播因子矩阵，所述传播因子矩阵包括在每个测量位置和相应基站之间的至少一个传播路径的各个传播因子。

9. 如权利要求 1 所述的方法，其中，确定传播因子还包括确定一个传播因

子矩阵，所述传播因子矩阵的列表示统一的基站标识符，行表示统一的测量位置。

10. 如权利要求 1 所述的方法，其中，传播因子的确定是根据下列方程式完成的:

$$E_i(x) = \frac{V_i(x) - N(x)}{y_i} \qquad (1)$$

其中，y_i 是基站 i 的已知下行链路功率，$V_i(x)$ 是作为测量位置 x 的函数的所接收信号参数，$N(x)$ 是作为测量位置 x 的函数的背景噪声功率。

11. 如权利要求 1 所述的方法，其中，下行链路发射功率的确定包括下列步骤:

根据下列方程式构造一个向量 $z=\{z_i\}^n_{i=1}$ 和一个矩阵 $A=\{a_{ij}\}^n_{i,j=1}$:

$$z_i = C_i \frac{\sum_{k=1}^{m} N(x_k) E_i(x_k)}{\sum_{k=1}^{m} E_i^2(x_k)}$$

$$a_{ij} = C_i \frac{\sum_{k=1}^{m} E_i(x_k) E_j(x_k)}{\sum_{k=1}^{m} E_{k=1}^2(x_k)}$$

其中，C_i 表示一个限定覆盖区域 i 的载波干扰比，$E_i(x)$ 是第一组限定覆盖区域 i 的传播因子，$E_j(x)$ 是与第一组不同的第二组限定覆盖区域的传播因子，$N(x_k)$ 表示背景噪声，m 是所考虑的测量位置 x 的数目，k 表示一个特定测量位置，n 是在第一组和第二组内的所限定覆盖区域的总数，

将迭代 $w^{(n)} = w^{(0)} + Aw^{(n-1)}$ 运用到以 $w^{(0)}=z$ 开始的上述方程式，以求解向量 $w=\{w_1, w_2, w_3, \ldots, w_n\}$。

12. 如权利要求 1 所述的方法，其中，下行链路发射功率的确定是根据下列相互联系的方程式采用局部近似来完成的:

$$y_i \approx C_i \frac{N^{M,i} + \sum_{j \neq i} E_j^{M,i}}{E_i^{m,i}}$$

$$E_j^{M,k} = \max_{x \in s_k} E_j(x)$$

$$E_i^{m,k} = \min_{x \in s_k} E_i(x)$$

$$N^{M,i} = \max_{x \in s_i} N(x)$$

其中，y_i 是基站 i 的已知下行链路功率，C_i 表示限定覆盖区域的载波干扰比，E_i (x)是第一组限定覆盖区域 i 的传播因子，E_j (x)是与第一组不同的第二组限定覆盖区域的传播因子，N(x)表示背景噪声，m 是测量位置 x 的所考虑数目，k 表示一个特定测量位置，S_i 表示覆盖区域 i 内的限定测量位置 x。

13. 如权利要求 1 所述的方法，还包括下列步骤：

调整相应基站的下行链路发射功率设置，以便与被选择为满足或最低限度地超过目标性能目的的下行链路发射功率的系统范围的星座一致。

14. 一种用于分配无线网络中的下行链路功率的方法，包括下列步骤：

在地理覆盖区域内的测量位置测量来自基站的电磁发射的所接收信号强度；

为每个所述测量位置和一个相应基站之间的至少一个传播路径确定电磁发射的传播因子；

根据测量位置的传播因子和目标载波干扰比，为每个基站计算发射机功率间隔内的初始下行链路发射功率；以及

校准初始下行链路发射功率，以获得至少以最小概率满足测量位置的目标载波干扰比的所得下行链路发射功率。

15. 如权利要求 14 所述的方法，还包括下列步骤：

选择在无线网络中的地理覆盖区域的大多数中都是统一的目标载波干扰比。

16. 如权利要求 14 所述的方法，还包括下列步骤：

对于不同的地理覆盖区域选择不同的目标载波干扰比，其中，地理覆盖区域包括小区的具有不同估计的业务负载的一个或多个扇区。

17. 如权利要求 14 所述的方法，还包括下列步骤：

调整基站的下行链路发射功率，以便与被选择为满足相应测量位置的目标载波干扰比的所得下行链路发射功率相一致。

18. 如权利要求 14 所述的方法，其中，所得下行链路发射功率包括满足或最低限度地超过相应测量位置的目标载波干扰比的所得下行链路发射功率。

19. 如权利要求 14 所述的方法，还包括下列步骤：

调整第一个基站的信标信道的下行链路发射功率，以便与所得下行链路发射功率相一致。

20. 如权利要求 19 所述的方法，还包括下列步骤:

根据功率控制算法，采用信标信道作为对业务信道的最大允许下行链路发射功率的参考信号功率，调整至少该第一个基站的业务信道的下行链路发射功率。

21. 如权利要求 14 所述的方法，其中，校准步骤通过执行下列方程式计算一个校准因子:

$$a = \min_{i=1}^{n}\left\{\frac{y_i^M}{w_i}, \max_{i=1}^{n}\max_{x\in S_i}\frac{C_i \cdot N(x)}{w_i E_i(x) - C_i\sum_{j=1}^{n} w_j E_j(x)}\right\}$$

其中，y_i^M 是基站 i 的已知最大下行链路功率，C_i 表示限定覆盖区域的载波干扰比，E_i (x)是第一组限定覆盖区域 i 的传播因子，E_j (x)是与第一组不同的第二组限定覆盖区域的传播因子，N(x)表示背景噪声，x 表示测量位置，n 表示第一组或第二组的总数，w_i 表示功率间隔内的基站 i 的初始下行链路功率，w_j 表示功率间隔内的基站 j 的初始下行链路功率。

22. 如权利要求 14 所述的方法，其中，校准步骤将每个所得下行链路功率设立为校准因子的函数，在应用于传播因子时设立为目标载波干扰比的函数。

23. 如权利要求 14 所述的方法，其中，校准步骤根据下列方程式设立每个所得下行链路功率:

$$w_i = \frac{C_i}{\min_{x\in S_i} C_i(x,l)}$$

$$yi = \alpha w_i \qquad for \qquad i = 1,2,\cdots n.$$

其中，C_i 表示限定覆盖区域 i 的载波干扰比，x 表示测量位置，w_i 表示功率间隔内的基站 i 的初始下行链路功率，S_i 指的是覆盖区域 i 内的限定测量位置 x，α是衰减因子，y_i 是基站 i 的所得下行链路发射功率。

24. 一种用于分配包含基站的无线网络中的下行链路功率的系统，所述系统包括:

测试接收机，用于在限定射频覆盖区域内的测量位置测量来自基站的电磁发射的所接收信号强度；以及

处理系统，包含用于确定传播因子的确定器和用于计算基站的初始下行链路发射功率的计算器，传播因子作为测量位置的函数与电磁发射相联系，初始下行链路发射功率在基于传播因子和覆盖区域的至少一个目标性能目的的相应发射

机功率间隔内。

25. 如权利要求 24 所述的系统，其中，处理系统还包括：

校准器，用于校准初始下行链路发射功率，以获得以限定可靠性满足测量位置的作为目标性能目的的目标载波干扰比的所得下行链路发射功率。

26. 如权利要求 24 所述的系统，其中，处理系统还包括：

校准器，用于校准初始下行链路发射功率，以获得所得下行链路发射功率，其中，相应的实际载波干扰比以限定的可靠性满足或最低限度地超过测量位置的作为目标性能目的的目标载波干扰比。

27. 如权利要求 24 所述的系统，其中，处理系统还包括一个通过考虑每个基站的已知最大发射功率来校准初始下行链路发射功率的校准器。

28. 如权利要求 24 所述的系统，其中，处理系统适于将限定的可靠性设立为在覆盖区域中的满足或超过目标载波干扰比的时间的百分比。

29. 如权利要求 24 所述的系统，其中，测试接收机适于测量与每个测量位置相联系的背景噪声，该背景噪声处于电磁发射的频率范围内，且其中，计算器被安排为根据所测量的信号强度、所测量的背景噪声、传播因子和作为目标性能目的的目标载波干扰比来为每个基站计算初始下行链路发射功率。

30. 如权利要求 24 所述的系统，其中，确定器被安排为确定一个传播因子矩阵，所述传播因子矩阵包括在每个测量位置和相应基站之间的至少一个传播路径的各个传播因子。

31. 如权利要求 24 所述的系统，其中，确定器被安排为确定一个传播因子矩阵，所述传播因子矩阵的列表示统一的基站标识符，行表示统一的测量位置。

说　　明　　书

用于分配无线网络中的下行链路电磁功率的方法

本发明涉及一种用于分配下行链路电磁功率以提高无线网络的性能的方法。

一旦无线网络最初被安装或扩展，则在全面商业运行之前必须将各种无线参数调整到适当值。无线参数的调整被称为射频（RF）网络优化。RF 优化包括调节基站的下行链路发射功率。

无线服务提供者常常依靠试探法策略来优化一个无线网络内的小区或其他地理区域的射频天线覆盖范围。试探法策略需要通过循环测试驾车在同一位置重复测量，直到为每个基站找到一个可行的下行链路发射功率。测试驾车指的是从一个机动车取射频测量样本，所述机动车被装配为在驾车通过无线网络的覆盖地区时测量射频参数相对于位置的关系。根据在测试驾车期间在一群小区中的所记录的参数测量，设立关于调节系统参数的推荐。然而，如果将不正确的推荐应用到一个操作系统上，则试探法有时会导致质量下降或服务中断。在实施了对系统参数的所推荐的改变之后，一般完成另一个测试驾车，以证实系统性能。如果最新的测试驾车没有表明适当的性能，则无线网络或扩展被延迟进行商业操作，而接着由一个相应的测试驾车进行另一轮参数调节。

即使无线网络及时地进入商业操作，不正确的射频优化也会减小无线网络的容量。未能精确地设置下行链路发射功率的参数会导致对资金密集的蜂窝式基础设置的不必要的支出。例如，可能会增加并不真正需要的附加信道容量或附加小区站点(cell site)，以补偿未正确优化的无线系统。

对优化的试探法由于常常需要循环或多领域测量以获得对射频优化的可接受的解决而浪费了设计和技术资源的有价值的时间。试探法的重复性质使得这样的方法难于或不可能处理大的网络。因此，需要提高优化的精度，而不是依赖于经验数据的耗时和偶然的积累。

在射频优化期间，整个地理覆盖地区可以被分成更小的集合区域群，每个区域包括多个相邻小区。然后将试探法运用到一个接一个的群上。在完成所有群之后，将无线网络作为一个整体、特别是在各群之间的边界上以同样的试探法重

新优化。因此，试探法是耗时的，并且甚至可能不能产生合适的或最优的覆盖结果。

依据本发明，用于在无线网络中分配下行链路发射功率的方法确定了下行链路发射功率，以允许为限定的射频覆盖区域满足一个目标性能目的。基站发射电磁传输。在所限定的射频覆盖区域内的测量位置测量所接收的电磁传输的信号参数。数据处理系统确定与电磁传输相联系的传播因子，作为测量位置的一个函数。数据处理系统根据覆盖区域和传播因子的至少一个目标性能目的为至少一个基站确定下行链路发射功率。

目标性能目的可以包括覆盖区域的关于与每个测量位置相联系的传播因子的目标载波干扰比。处理系统可以校准下行链路发射功率，以便以限定的可靠性满足该测量位置的目标载波干扰比。例如，可以将下行链路发射功率选择为使得相应的实际载波干扰比以限定的可靠性满足或最低限度地超过该测量位置的目标载波干扰比。限定的可靠性可以以概率或其他统计测量来限定。

该方法及其相关数据结构的系统属性通过消除了按照常规试探法采取场（field）测量的重复或循环性质而提高了射频优化的效率。此外，本发明的方法非常适合于在通用计算机上可靠地执行。

图 1 是显示依据本发明的分配下行链路发射功率的总体方法的流程图。

图 2 是提供图 1 的方法的例示性实例的流程图。

图 3 显示了依据本发明的用于测量无线网络中的信号功率的测量过程。

图 4 是用于组织在图 3 的测量过程期间获得的信号功率测量的数据格式的例子。

图 5 显示了依据本发明的在调节下行链路发射功率之前在图 3 的无线网络的各个测量位置的接收信号功率。

图 6 显示了依据本发明的在调节下行链路发射功率之后在图 3 的无线网络的各个测量位置的接收信号功率。

图 7 显示了依据本发明的在调节下行链路发射功率之前在图 3 的无线网络的各个测量位置的所接收载波干扰比。

图 8 显示了依据本发明的在调节下行链路发射功率之后在图 3 的无线网络的各个测量位置的所接收载波干扰比。

图 9 显示了将下行链路功率分配到无线网络中的基站的例示性系统。

依据图 1 中所示实例，用于分配下行链路发射功率的方法包括测量接收的信号功率；从为每个基站测量的信号功率确定传播因子；根据相应的传播因子为每个基站计算初始下行链路发射功率；以及，校准初始下行链路发射功率，以获得所得的下行链路发射功率，提高无线网络的性能。性能可以通过降低无线网络中的共信道干扰来提高。

功率分配的一般方法

从步骤 S10 开始，测试接收机在限定射频覆盖区域内的测量位置测量相应基站的所接收信号参数。虽然信号参数可以包括信号强度、背景噪声或二者兼有，但在一个替换实施例中，测量的信号参数可以包括信噪比、信号干扰比、帧差错率、比特差错率等。每个限定的射频覆盖区域可以表示区段、小区等。在一个例子中，步骤 S10 包括测量与每个测量位置相联系的背景噪声。

在步骤 S12，处理系统从步骤 S10 接受测量的接收信号参数，作为其输入。处理系统为每个基站确定作为测量位置的函数的相应电磁信号的传播因子。传播因子的特征在于在基站和每个测量位置之间的唯一的传播路径。基站通过一个或多个唯一的传播路径将一个下行链路电磁传输发送给在测量位置的测试接收机。传播因子表示在测量位置与相应下行链路基站之间的一个或多个传播路径的传播变量的合计影响。传播因子固有地考虑传播变量，例如自由空间损耗、衍射损耗以及堵塞损耗，尤其是将在无线网络内的实际传播条件的显示指示提供到一个由每个地理区域的测量位置的数目部分地确定的精度。

在步骤 S14，处理系统根据覆盖区域的目标载波干扰比在一个发射机功率间隔内为每个基站确定（例如，计算）一个初始下行链路发射功率。初始下行链路发射功率是参考与基站和各个测量位置之间的相应传播路径相联系的传播因子确定的。虽然目标载波干扰比对于整个网络是相同的，但目标载波干扰比对于不同的地理覆盖区域可以不同，以便使射频覆盖适合于满足业务量条件或可靠性考虑。

在一个例示性实例中，步骤 S14 最好包括根据目标载波干扰比、测量的信号功率、测量的背景噪声和传播因子为每个基站计算关于每个测量位置的初始下行链路发射功率。

在步骤 S16，处理系统校准初始下行链路发射功率，以便以限定的可靠性获得满足测量位置的目标载波干扰比的所得下行链路发射功率。限定的可靠性表

示在一特定地理覆盖区域内满足或超过一个目标阈值的所得下行链路发射功率的概率，其中，目标阈值是一个对应于目标载波干扰比的信号参数（例如，信号强度）。在一个例子中，将所得下行链路发射功率选择为使得相应的实际载波干扰比以限定的可靠性满足或最低限度地超过测量位置的目标载波干扰比。

限定的可靠性可以表示与一个相应的地理覆盖区域相联系的合计测量位置的实际载波干扰比满足或超过目标载波干扰比的最小概率或时间的百分比。可靠性可以表示为一个分数，其中分子包括地理区域中的允许超过目标载波干扰比的测量位置的数目。分数的分母表示所考虑的同一地理区域中的测量位置的总数目。

所得的(resultant)下行链路功率可以被称为对应于以一给定概率满足或超过目标载波干扰比的实际载波干扰比的最小下行链路功率。实际载波干扰比最好以与每个基站的已知最大功率相一致的限定的可靠性超过或最低限度地超过测量位置的目标载波干扰比。可以将每个所得的下行链路功率视为校准因子、目标载波干扰比、测量的信号功率、测量的噪声信号功率、传播因子和测量位置的函数。

在固定终端，基站与一个用于调节其下行链路功率的功率调节器相联系。例如，基站可以包括一个用于产生连续可变的发射下行链路功率或离散步进的发射下行链路功率的整体（integral）功率控制设备。在另一个实施例中，基站包括一个与基站的射频发射端口相连的可调节衰减器。最大发射机功率是基站能够根据硬件限制、政府规章或这二者产生的最高发射功率。下行链路发射功率可以被归一化为范围从 0 到 1 的标度，其中 1 是最大发射机功率。下行链路发射功率的归一化为后续的数学运算提供了一个便利的格式。下行链路功率一旦被设置，则在适当的时间内保持固定，该适当的时间超过一个典型预期呼叫的持续时间。

天线被连接到基站。如果以适当方向安装天线，则本发明的发射功率分配方法产生最好的结果。如果以适当方向安装天线，则通过改变天线方向或其他天线参数可以实现最小或没有射频覆盖增强。在这里，射频覆盖增强的意思是在没有减小无线网络的通信容量的情况下能够提高载波干扰比。然而，即使天线未被正确地定向，具有相应固定辐射方向图的天线也足够实现该功率分配方法。虽然天线的方向和辐射方向图对无线网络的实际载波干扰比有贡献，但定向天线的天线方向和发射机功率是相互独立的参数；因此，能够进行独立功率调节。

功率分配的数学计算

图 2 提供了构成图 1 所示的总体步骤的数学计算的例示性实例。图 2 的步骤 S18 以数学术语描述的图 1 的步骤 S10。图 2 的步骤 S20 提供了可用于图 1 的步骤 S12 的例示性数学方程式。步骤 S28 和步骤 S30 公开了可用于步骤 S16 的数学方程式。

从步骤 S18 开始，测试接收机在所限定射频覆盖区域 S_i，i=1, 2, ..., n 内的测量位置 x 测量相应基站的所接收信号功率 $V_i(x)$，i=1, 2, ..., n。所接收信号功率的测量提供了在步骤 S20 确定传播因子的基础。在可移动方，选择 m 个测量位置，并考虑作为所希望的射频网络覆盖的代表。

测量位置是支持移动站从无线网络获得通信服务的地理点。测试接收机测量由具有已知下行链路发射功率的基站发射的所接收信号。如果分配过程的任何迭代是独立于所有其他迭代考虑的，则已知下行链路发射功率一般表示一个调节前发射功率。在一个例示性实例中，测量的信号参数包括所接收信号强度和背景噪声。测试接收机在在业务量分布或其他商业考虑的基础上选择的测量位置测量所接收信号强度。另外，测试接收机可以测量噪声 N(x)。信号强度参数测量最好被归一化，以允许在后续的过程中对所有测量和数学操作进行容易的比较。

在步骤 S20，根据下列方程式为每个基站 i=1, 2, ..., n 确定作为测量位置 x 的函数的传播因子 $E_i(x)$:

$$E_i(x) = \frac{V_i(x) - N(x)}{y_i} \qquad (1)$$

其中，y_i 是基站 i 的已知下行链路功率，$V_i(x)$ 是作为测量位置 x 的函数的所接收信号参数（例如，信号强度），N(x) 是作为测量位置 x 的函数的背景噪声功率。

在步骤 S22，处理系统根据由基站 i 服务的覆盖区域 S_i，i=1, 2, ..., n 的目标载波干扰比 C_i 和在每个测量位置 x 的传播因子 $E_i(x)$，i=1, 2, ..., n 为每个基站 i=1, 2, ..., n 计算初始下行链路发射功率 w_i。计算初始下行链路发射功率 w_i，使得每个小区的实际载波干扰比 $C_i(x)$ 满足或超过由该调节方法的用户选择为目的的目标载波干扰比。如同这里所使用的，除非特别指明，否则实际载波干扰比应该指的是调节后载波干扰比。然而，实际载波干扰比应该刚刚超过或最低限度地超过目标载波干扰比，以使得发射功率最小，从而提高系统容量。此外，使发

射功率最小化减小了对电磁生物危害的关注。为了调节下行链路发射功率，将在这m个位置的实际载波干扰比设置为以一特定概率高于一个目标载波干扰比。概率和相应的目标载波干扰比由依据本发明的功率分配方法的用户选择为目的。

根据方程式 18，实际载波干扰比 $C_i(x)$ 可以表示为测量位置 x、传播因子 $E_i(x)$、噪声 $N(x)$ 和发射机功率 y_i 的函数（参见下面的数学模型部分中的方程式 18，在数学模型部分按照标号顺序展示了许多用标号表示的方程式）。根据在步骤 S18 测量的所接收信号参数、例如信号强度、所接收噪声或二者兼而有之，为一个小区内的每个测量位置测量该小区的实际载波干扰比。步骤 S18 的所测量信号强度和所测量噪声可以与方程式 18 结合使用，以确定实际载波干扰比。

一个小区的目标载波干扰比作为目的由用户进行选择。如果实际载波干扰比以一给定概率等于或大于目标载波干扰比，则实际载波干扰满足目标载波干扰。方程式 20（参见下面的数学模型部分）将目标载波干扰比描述为对于一个小区、区段或其他限定的地理覆盖区域内的所有测量位置是一个常量。

步骤 S22 涉及通过完成下面的数学过程来计算下行链路功率间隔内的初始选择的下行链路功率。首先，根据下列方程式构造一个向量 $z=\{z_i\}^n_{i=1}$ 和一个矩阵 $A=\{a_{i\ j}\}^n_{i,\ j=1}$：

$$z_i = C_i \frac{\sum_{k=1}^{m} N(x_k)E_i(x_k)}{\sum_{k=1}^{m} E_i^2(x_k)} \qquad (2)$$

$$a_{ij} = C_i \frac{\sum_{k=1}^{m} E_i(x_k)E_j(x_k)}{\sum_{k=1}^{m} E_{k=1}^2(x_k)} \qquad (3)$$

其中，C_i 是一个限定覆盖区域 i 的载波干扰比，$E_i(x)$ 是第一组限定覆盖区域 i 的传播因子，$E_j(x)$ 是与第一组不同的第二组限定覆盖区域的传播因子，$N(x_k)$ 表示背景噪声，m 是所考虑的（例如，全部）测量位置 x 的数目，k 表示一个特定测量位置，n 是在第一组和第二组内的所限定覆盖区域的总数。

其次，根据下列方程式将一个迭代过程运用到向量 z 和矩阵 A 上，求解以 $w^{(0)}=z$ 开始的向量 $w=\{w_1,\ w_2,\ \ldots, w_n\}$：

$$w^{(n)} = w^{(0)} + Aw^{(n-1)} \qquad (4)$$

上述方程式（方程式 4）是一个迭代方程式，一直要用到达到所希望的精度。如果在前一次迭代结果与本次结果之间的差小于一个预定阈值，则达到所希

望的精度。例如，所限定的精度可以由无线网络的实地研究根据经验确定。

然而，如果方程式 4 的结果不收敛，则向量 w 的解可以由足够可靠并与较早迭代相一致的第一次迭代、第二次迭代或最后一次迭代估计。例如，方程式 4 的第一次迭代得到 w=z。

虽然向量 w 落入一个下行链路功率间隔内，但在调节基站的下行链路发射功率之前最好在数学上处理初始下行链路功率以得到一个更精确的解或确认其精确性。一旦初始下行链路功率被处理或确认为足够可靠，则初始下行链路功率可以被看作为所得下行链路发射功率。在任何情况下，不应该将初始下行链路发射功率与步骤 S18 的测量、接收的下行链路发射功率相混淆，所测量、接收的下行链路发射功率仅仅代表一个场（field）测量，而不是为射频覆盖增强设置的合适功率的确定。

参考方程式 23 可以更好地理解计算初始下行链路功率的方程式的理论基础（参见下面的数学模型部分），其中方程式 23 形成方程式 2、3 和 4 的基础。方程式 23 表示在目标载波干扰比与测量的载波干扰比之间的平方误差。如果将平方误差最小化，则结果限定了功率间隔，在功率间隔中可以找到基站的所得下行链路发射功率。在实际中，每个基站可以具有一个唯一的功率间隔和一个相应的唯一的所得下行链路发射功率。

方程式 23 是用于为无线网络中的每个选定基站确定所得基站功率的最小均方差方法的基本表达式。确定所得基站下行链路功率，以实现目标载波干扰比或最低限度地超过目标载波干扰比。一旦将所得下行链路发射功率运用到一个无线网络上，则所得下行链路发射功率可以被看作为调节后下行链路发射功率。方程式 24 表达了可以使方程式 23 最小的 y 的值。方程式 26 是方程式 24 的向量表示，仅仅用来简化方程式 24。方程式 26 可以被重写成方程式 31。

虽然方程式 31 的解表示每个基站的所得下行链路发射功率，但由于典型的计算机硬件的限制，方程式 31 的执行是有问题的。典型的硬件限制包括量化误差和在数学计算的有效数字的最大位数上的限制。因此，反转方程式 31 的矩阵将产生计算机操作的崩溃或导致不精确的结果。因此，处理系统首先不是求解方程式 31，而是试图如上所述地应用方程式 4 求解方程式 26，以减少计算机出现无效问题或不精确的结果的可能性。于是，如方程式 2、3 和 4 所表示的上述方法不仅仅表示对获得网络中的每个选定基站的合适的所得下行链路发射功率的问

题的理论解。而是，方程式 2、3 和 4 表示细化以及将原始数学方程式调节成一个非常适合于在通用计算机或另一个数据处理系统中的可靠操作的实际算法。此外，在一个实例中，方程式 4 是迭代的，可以仅仅采用乘法来求解，这可以避免由除法或矩阵反转所引起的数字不稳定性。

在步骤 S24，处理系统确定初始下行链路发射功率 w_i 的上述迭代计算是否收敛，以表明 w_i 的一个解。

在方程式 4 的迭代收敛与特定无线网络的物理属性之间的关系提供了关于网络质量的附加信息。算法的发散表明无线网络的严重的设计不足，例如不同基站的无意识地冗余的射频覆盖。

或者，不在步骤 S22 获得方程式 4 的通解，而是由一个近似为相应的基站提供发射功率间隔内的初始下行链路发射功率的局部解。通解最好是局部解，因为其结果更精确。在步骤 S26，处理系统根据下列近似计算 w_i：

$$w_i = \frac{C_i}{\min_{x \in S_i} C_i(x,1)} \qquad (5)$$

其中，C_i 表示限定覆盖区域 i 的载波干扰比，x 表示测量位置，w_i 表示功率间隔内的基站 i 的初始下行链路功率，S_i 指的是覆盖区域 i 内的限定测量位置 x。

或者，可以用下列方程式组来代替方程式 63：

$$y_i \approx C_i \frac{N^{M,i} + \sum_{j \neq i} E_j^{M,i}}{E_i^{m,i}} \qquad (6)$$

$$E_j^{M,k} = \max_{x \in s_k} E_j(x) \qquad (7)$$

$$E_i^{m,k} = \min_{x \in s_k} E_i(x) \qquad (8)$$

$$N^{M,i} = \max_{x \in s_i} N(x) \qquad (9)$$

其中，y_i 是基站 i 的已知下行链路，C_i 表示限定覆盖区域的载波干扰比，$E_i(x)$ 是第一组限定覆盖区域 i 的传播因子，$E_j(x)$ 是与第一组不同的第二组限定覆盖区域的传播因子，N(x)表示背景噪声，m 被认为是测量位置 x 的（例如，全部）数目，k 表示一个特定测量位置，S_i 表示覆盖区域 i 内的限定测量位置 x（例如，因为无线网络中的业务量考虑而相关的测量位置），S_k 表示覆盖区域 k 内的限定测量位置 x。

方程式 5 和 74 表示最初下行链路发射功率的局部近似。求出解的一个困难是在一个地理覆盖区域内的下行链路发射功率的任何改变在理论上都会对所有其他地理覆盖区域有一个次级影响。当在其他地理覆盖区域上的次级影响在某种程度上可以被忽略的情况下，例如按照方程式 5 可以获得初始下行链路发射功率的局部解。然而，方程式 5 的解的精度小于方程式 4 的解的精度，因此方程式 4 为最佳选择，可以将方程式 5 归入方程式 4 的偶然替换的行列。方程式 5 和 74 尤其可应用在方程式 4 发散或不收敛的地方。

在步骤 S28，处理系统根据下列方程式根据在每个地理区域 S_i，i=1, 2, ..., n 的每个基站的已知最大功率 y_i^M 确定校准因子 α：

$$\alpha = \min_{i=1}^{n}\left\{\frac{y_i^M}{w_i}, \max_{i=1}^{n}\max_{x\in S_i}\frac{C_i\cdot N(x)}{w_i E_i(x) - C_i\sum_{j=1}^{n} w_j E_j(x)}\right\} \qquad (10)$$

其中，y_i^M 是基站 i 的已知最大下行链路功率，C_i 表示限定覆盖区域的载波干扰比，E_i (x)是第一组限定覆盖区域 i 的传播因子，E_j (x)是与第一组不同的第二组限定覆盖区域的传播因子，N(x)表示背景噪声，x 表示测量位置，n 表示第一组或第二组的总数，w_i 表示功率间隔内的基站 i 的初始下行链路功率，w_j 表示功率间隔内的基站 j 的初始下行链路功率。

方程式 10 旨在解决在步骤 22 阐述的或在步骤 S26 中的近似的最小方差方法所造成的问题。在最小方差方法中，初始下行链路功率被表示为包含真实所得下行链路功率的下行链路功率间隔。确定校准因子，以便从下行链路功率间隔内产生真实所得下行链路功率，这将在步骤 S30 中进一步说明。

在步骤 S30，处理系统根据下列方程式以确定的校准因子 α 校准每个基站 i=1, 2, ..., n 的初始下行链路发射功率，以获得代替初始下行链路发射功率的所得下行链路发射功率 y_i：

$$yi = \alpha w_i \qquad \text{对于} \qquad i = 1,2,\cdots n. \qquad (11)$$

所得下行链路功率表示初始下行链路发射功率的细化。方程式 10 取得一个发射功率间隔内的初始下行链路发射功率，并将该初始发射功率调整到以一个概率等于或刚刚超过目标载波干扰比的所得发射功率。因为初始下行链路发射功率 w 在对应于目标载波干扰比的发射功率间隔内被分布，因此发射功率间隔内的 w 的一个值可以对应于一个超过目标载波干扰比的实际载波干扰比，而发射功率间

隔内的 w 的另一个值可以对应于一个大于目标载波干扰比的干扰比。衰减因子使得结果 w 落入功率间隔的对应于一个满足或最低程度地超过目标载波干扰比的所得下行链路发射功率的部分。事实上，最小方差的确定沿测量位置重新分布载波干扰比，而校准则调节最小方差结果，以适合由目标载波干扰比给出的不相等。

表示为所得发射功率的解可以带有表明解的可靠性的适当的警戒语言或置信因子。例如，当完成了一特定最小数目的迭代并且在各个解之间的连续差降至一个阈值以下时，方程式 4 具有足够高的可靠性。因此，当满足阈值时，方程式 4 的解具有最高置信度。如果方程式 4 的连续迭代不收敛，则使用在不收敛之前的最近一次迭代。并且该最近一次迭代与低于最高置信值的较低级的置信度相联系。如果连续迭代不收敛，则以等于或低于方程式 4 的在不收敛或发散之前的最近一次迭代的置信度的置信度调用方程式 5，来作为另一个解。

虽然可以采用其他数学方法来求解方程式 26（参见下面的数学模型部分）并实现一组所得下行链路发射功率，但其他数学方法需要使矩阵 A 适合不同条件，而这些条件可能不适合于无线网络的射频覆盖的实际工程模型。本发明的方法提供了一个通过场测量的有组织的采集调节发射功率的系统方法。该方法通过采用表示无线网络中的信号传播的数学框架，将测试过程定形，以减少劳动和努力。关于结果的质量，所得下行链路发射功率分配在数学上可证明是总体上最优的，仅在最小方差方法的最小值之后。此外，新过程适用于卸载和加载系统，使其成为所谓的网络连续优化的自然候选者。

功率调节的数学模型

既然已经讨论了构成该功率分配方法的数学原理，下面展示几个关键数学模型概念，为这里所述的方程式提供一个坚实的基础。首先，展示载波干扰比的基本定义。其次，根据载波干扰比的定义及其推导描述最小方差方法。第三，描述围绕校准过程的数学框架。第四，将局部近似描述为对最小方差方法的替换。

通常，载波干扰比被定义为:

$$(C/I)_i := \frac{V_i}{N + \sum_{j=1\, j\neq i}^{n} V_j} \qquad (12)$$

其中，$(C/I)_i$ 指的是与基站 i 相联系的载波干扰比，N 是背景，V_i 是小区 i 的所接收载波信号功率。然而，从观察的测量点使用下列定义是很方便的:

$$(C/I)_{i,l} := \frac{V_i}{N + \sum_{j=1}^{n} V_j} \qquad (13)$$

事实上，该过程可以采用这两个定义中的任何一个。这是因为在$(C/I)_{i,l}$和$(C/I)_i$之间存在着唯一的映射，即:

$$(C/I)_{i,l} := \frac{(C/I)_i}{1 + (C/I)_i} \qquad (14)$$

这是一个一对一映射:

$$[0,\infty) \mapsto [0,1) \qquad (15)$$

方程式 12 和 14 是等效的，定义$(C/I)_{i,l}$将用在下面的方程式中。两个重要的术语构成了功率分配方法的基础:（1）传播因子和（2）最小方差。在传播因子和最小方差之间的桥梁是所寻求的基本关系。

$V_i(x)$表示任何地理覆盖区域 i 的在任何测量位置的全部接收信号功率。地理覆盖区域可以包括区段、小区等。现在，将 y_i 作为地理覆盖区域 i 的下行链路发射功率。作为 Maxwell 方程式的线性结果，

$$V_i(x) = y_i E_i(x) + N(x) \qquad (16)$$

其中，$E_i(x)$是与 y_i 无关的函数，$N(x)$是在测量位置 x 接收的噪声。背景噪声 $N(x)$包括除了想要服务于地理覆盖区域的所希望信号之外的所有其他信号。背景噪声在同一频率带宽内接收，不仅仅包括热噪声。通过 $N(x)$的这个定义，将 $V_i(x)$与可在位置 x 接收的所有不想要的电磁功率联系起来。因此，由于这种定义噪声的方式，本发明的功率分配方法可以有利地应用于一个加载无线网络、一个卸载无线网络或二者兼而有之。

因为$N(x)$和$V_i(x)$是可物理测量的，因此对于给定的 y_i 可以确定$E_i(x)$。$E_i(x)$指的是传播因子，因为它说明了由电磁波的传播引起的信号强度的衰减或一个不同的信号参数的另一个可测量影响。在 CDMA（例如，CDMA IS-95）网络中，量 y_i $E_i(x)$可以对应于每芯片能量 E_c，该每芯片能量 E_c 可以从能由伪噪声扫描接收机直接测量的两个值的乘积导出，例如，

$$\frac{E_c}{I_0} \cdot I_0 W = E_c \cdot W, \qquad (17)$$

其中，W 是已知带宽，I_0指总干扰。

将$C_i(x)$作为地理覆盖区域 i 的在测量位置 x 的载波干扰比，根据方程式 13

的定义，则:

$$C_i(x)=\frac{y_i\cdot E_i(x)}{N(x)+\sum_{k=1}^{n}y_k\cdot E_k(x)} \qquad (18)$$

其中，$y_i \cdot E_i(x)$是在地理覆盖区域 i 的位置 x 接收的信号功率，该无线网络包括总数为 n 的共信道小区。通过该信号功率，在位置 x 可间接测量函数 $C_i(x)$。在分母中，N(x)用于说明包括热噪声的背景噪声；背景噪声依赖于位置 x。在上面给定的定义下，

$$N(x)=\sum_{j=1}^{n}v_j(x)-\sum_{j=1}^{n}y_iE_j(x) \qquad (19)$$

因此，虽然考虑 IS-95 系统中的导频信道作为例示性实例，但在一个实例中 N(x)也可以包括来自业务信号（traffic signal）的干扰。

在网络调配之前，通常根据网络计划限定每个小区的覆盖区域，以便可以识别在任何测试测量位置 x 与除了越区切换（hand-off）的区域之外的射频地理覆盖区域（即，小区）之间的对应。RF 功率分配的目的是在所有覆盖区域（即，小区）实现以给定概率满足或最低限度地超过目标载波干扰比的实际载波干扰比。目标载波干扰比可以取决于各个小区，在各个小区中，移动站被瞬时定位。一个现实的假设是，对于正的 C_i's，

$$C_i(x)\geq\begin{cases}C_i & \text{对于}x\in S_i\\ 0 & \text{其他}\end{cases} \qquad (20)$$

其中 S_i 指的是由小区 i 覆盖的区域。实际上，网络操作员只关心与所期望的业务量相关的测量位置 x。如图 3 所显示的，测试驾车最好包括这样的测量位置 x。因此，S_i 指的是地理区域 i 的测量位置 x，而不是整个地理区域（即，小区）中的任何潜在的位置。既然给定了目标载波干扰比 C_i，则从方程式 18 得出，

$$y_i\frac{1}{C_i}E_i(x)\geq\sum_{k=1}^{n}y_kE_k(x)+N(x) \qquad (21)$$

其中 $x\in A_i$，仅有 y_1，y_2，...，y_n 为未知。上述方程式是开始最小方差方法的基本关系。

从方程式 21 可以获得一个方程式和一个不等式关系。可以首先考虑该方程式，将目的设为找到 y_i，以使方程式保持为真。然而，方程式 21 不能对所有 x 保持为真，因为该范围包含比基站（发射机）数目 n 多的点 x。换句话说，方程

式在 C(S)无解，其中 C(S)指在 E_i (x)，i=1, 2, ..., n 和 N(x)的范围上的连续函数的集合，

$$S = \bigcup_{i=1}^{n} S_i \qquad (22)$$

其中，S 表示测试驾车的路线，在该路线上有一个或多个测试接收机在测量位置 x 测量接收信号。

对上述求解方程式 21 的方法的一个替代解决方法是按照在方程式 21 的左边和右边之间的最小方差（MSE）进行的方法。方程式 21 可以用 $L^2(S)$ 求解，$L^2(S)$ 为带有 Legesque L^2 范数的 S 上的函数空间，如果目的变为找到使得下列方程式最小的 y_i，i=1, 2, ..., n，

$$\int_S \left| \frac{1}{C_i} y_i E_i(x) - \sum_{j=1}^{n} y_j E_j(x) - N(x) \right|^2 dx \qquad (23)$$

最小方差的必要数学条件可以通过以 y_i，i=1, 2, ..., n 对方程式 23 求微分来得到，其结果为：

$$\sum_{j=1}^{n} y_i \langle E_i | E_j \rangle + \langle E_i | N \rangle = \frac{1}{C_i} y_i \langle E_i | E_i \rangle \qquad (24)$$

对于 $C_i \neq 1$，这里

$$\langle E_i | E_j \rangle := \int_S E_i(x) E_j(x) dx \qquad (25)$$

如果 $< E_i \mid E_i > \neq 0$，则方程式 24 可以用向量格式重写为：

$$A \cdot y + z = y \qquad (26)$$

其中

$$y^t = \{y_1, y_2, \ldots, y_n\}$$
$$z^t = \{z_1, z_2, \ldots, z_n\}$$
$$A = \{a_{ij}\}$$

其中

$$z_i = C_i \frac{\langle E_i | N \rangle}{\langle E_i | E_i \rangle} \qquad (27)$$

以及

$$a_{ij} = C_i \frac{\langle E_i | E_j \rangle}{\langle E_i | E_i \rangle} \qquad (28)$$

由于功率向量 y 作为方程式 26 的解是主要关注点，所以这里出现的合理问题是方程式 24 是否有解，以及这个解是否是唯一的。对这个问题的回答可以基于在 Banach 空间备择的 Fredholm，如同在 L. Raade, B. Westergre, BETA: Machematics Handbook, CRC Press, Boca 1992, pp. 264-267 中所陈述的:

将 K 作为 Banach 空间 B 中的一个紧凑（整数）算子。则方程式

$$f - Kf = g \qquad (29)$$

对于任何 g ∈B 具有一个唯一的解 f ∈B，如果方程式

$$f - Kf = 0 \qquad (30)$$

只承认平凡解 f =0。

如果方程式 26 具有一个齐次解，则 A=I。于是，只要不是这种情况，则方程式 26 的解就是唯一的。这个解可以表示为:

$$y = (I - A)^{-1} \cdot z \qquad (31)$$

有几种确定 I-A 的逆的方法。然而，从实际观察点来看，矩阵的逆矩阵表示一个绝对的是-或-否的解。逆矩阵可能不提供在极值之间的中间的实用结果。因为求解逆矩阵的结果对于无线服务提供者的工程师和技师是不充分的，所以迭代算法便于为每个基站获得所得下行链路发射功率，来作为全系统的解。

对||A||< 1 的要求表明 Neumann 序列诺依曼序列的收敛:

当算子范数小于单位、即||A||< 1 时，部分和的极限

$$\lim_{k\to\infty} \sum_{i=0}^{k} A^i \cdot z \qquad (32)$$

存在。部分和的这个极限表示函数分析的基本结果，可以在 R. Kress 的 Numerical Analysis, Springer, Verlag, New York, 1998, pp. 46-47 的定理 3.48 中找到这样的例子。下列命题成立，假设对于所有 i=1, 2, ..., n, $C_i \neq 1$ 以及 $< E_i \mid E_i > \neq 0$，则||A||< 1。

则数列

$$y^{(k)} = z + A \cdot y^{(k-1)} \qquad (33)$$

对于 k→∞收敛，并且极限

$$\lim_{k\to\infty} y^{(k)} =: y \qquad (34)$$

是对方程式 21 的最小平方解。上述关系将以下列方式证明。从方程式 26，可以建立方程式 33 的迭代或部分和

$$y^{(k)} = \sum_{i=0}^{k} A^i \cdot z \qquad (35)$$

从方程式 32 得出，$\lim_{k\to\infty} y^{(k)}$存在。因为方程式 26 是从方程式 21 的左边和右边之间的差的最小平方最小化得出的，所以方程式 26 的解是方程式 21 的最小方差解。

方程式 26 产生一个结果，即，使 L^2 范数形式的方程式 21 的左边和右边之间的差最小化。换句话说，在可以在 L^2 (S)中找到的所有可能的{ y_i E_i (x)}中，y 产生“平均地”导出在方程式 21 的坐标和右边之间的最小方差的集合。

实际上，由方程式 18 定义的载波干扰比总是小于单位一（unitary）。目标 C/I 值 C_i 也是这样。因此，满足条件 $C_i \neq 1$。第二个条件$< E_i \mid E_i > \neq 0$ 也满足，因为 E_i 是对于单位发射功率的所接收信号功率。当条件$||A|| < 1$ 为真时，仍存在一个问题。从泛函分析已知确定算子的范数的谱半径。谱半径由本征值的最大值给出，因此

$$\|A\| = \max\left(|\lambda| : A\text{的}\lambda\text{特征值}\right) \qquad (36)$$

为了避免寻找本征值的努力，在许多情况下知道上限就足够了，例如在 R. Kress, Numerical Analysis, Spinger Verlag, New York, 1998, pp. 46-47 中所给出的。

$$\|A\| \le \left\{ \sum_{i,j=1}^{n} a_{ij}^2 \right\}^{1/2} \qquad (37)$$

大约说来，a_{ij} 越小，迭代收敛的可能性越高。这意味着，a_{ij} 的较小值表明可以解决最小方差问题的较高的实际可能性。方程式 26 的这个特点对于网络质量具有更深的隐含。这可以通过在下列方程式中引入传播因子的归一化来看出:

$$u_i(x) = \frac{E_i(x)}{\|E_i\|} \qquad (38)$$

其中，$\|E\| = \sqrt{< E_i \mid E_i >}$ 是 E_i 的 L^2-范数。于是，u_i 是归一化的传播因子，矩阵和向量可以写成

$$a_{ij} = C_i \langle u_i | u_j \rangle \frac{\|E_j\|}{\|E_i\|} \qquad (39)$$

$$z_i = C_i \langle u_i | n \rangle \frac{\|N\|}{\|E_i\|} \qquad (40)$$

其中，n=N(x)/||N||。通过这样做，将每个矩阵元素分解成两个独立的部分。项$< u_i \mid u_j >$只依赖于归一化传播因子的分布，而不依赖于其绝对值。这是u_i和u_j的乘积。因为$< u_i \mid u_j >$与基站的下行链路发射功率无关，所以可以通过基站天线的方向而不是发射机功率的调整来改变或提高$< u_i \mid u_j >$。因此，网络设计的质量可以通过查看正交特性来测量。

归一化传播因子u_i是一个分布函数，描述基站 i 的发射能量是如何沿测试路径 S 分布的，因此

$$\langle u_i | u_j \rangle \leq 1 \qquad (41)$$

其中，当 i=j 时为等号。但是，如果当 i≠j 时为等号，则$u_i = u_j$。在物理上，上述情况表明两个基站的射频覆盖的实际完全冗余。另一方面，如果

$$\langle u_i | u_j \rangle = \delta_{ij} \qquad (42)$$

其中，δ_{ij}是克罗内克符号，i≠j 时$\delta_{i,j}=0$，i=j 时$\delta_{i,i}=1$，则

$$a_{ij} = \delta_{i,j} C_i \qquad (43)$$

由于$||A|| = \max^{n}_{i=1} C_i$，则可以断言，对于$C_i$，i=1, 2, ..., n，如果方程式 42 为真，则可以通过方程式 33 的迭代求解方程式 26。条件方程式 42 表示了射频覆盖正交性。满足覆盖正交性的网络的一个例子为

$$E_i(x) = \begin{cases} E_i^0 & x \in S_i \\ 0 & x \in S_i \end{cases} \qquad (44)$$

其中，$E^0_i > 0$。在任何 RF 网络的理想覆盖区域中，每个小区只由相应的基站覆盖，直至小区边界。也就是说，在移动站越过了小区边界之后，基站在理想上将不再向移动站提供信号，因此存在一个分离的小区边界。

然而，在实际上，作为下行链路发射信号的电磁传播结果，由基站发射的所有信号虽然会弱些但都将到达小区边界之外。下行链路发射信号功率逐渐衰减，覆盖正交性只表示一个数学理想化。显然，现实处于完全冗余的极端（即，不想要的重叠射频覆盖）和覆盖正交性之间，即，在$< u_i \mid u_j >=1$和$< u_i \mid u_j >=\delta_{ij}$之间。因此，覆盖正交性可以用作对无线网络的射频性能的测量：对于 j≠i，$< u_i \mid u_j >$越小，无线网络越好。因此，好的网络的 A 具有对角或准对角结构。除了乘积$< u_i \mid u_j >$之外，方程式 40 中的项

$$\frac{\|E_j\|}{\|E_i\|} \qquad (45)$$

还包含关于无线网络的信息。它表明网络在其基站覆盖方面的平衡。当网络平衡时，比率是单位一，没有基站控制整个网络，|| E_i ||对于所有地理覆盖区域 i 是恒定的。则矩阵只依赖于< u_i | u_j >，< u_i | u_j >是与所得下行链路发射功率无关的功率。事实上，由于传播环境和测量位置的不同，对于不同的基站，|| E_i ||不同。

接着，更仔细地考察比率< u_i | u_j >，以查看其关于方程式 33 的迭代的收敛的值。在比率和收敛之间的关系可以从 A 的算子范数的上界部分地得到。由方程式 37 给出的| |A| |的上界可以用归一化函数表示:

$$\sqrt{\sum_{i,j=1}^{n} C_i^2 \langle u_i | u_j \rangle^2 \frac{\|E_j\|^2}{\|E_i\|^2}} := UB \qquad (46)$$

上界越小，算子范数越小，迭代算法的收敛越好。一个目标是找到 UB 何时变为最小的条件。在实际中，给出 C_i 并固定，并将< u_i | u_j >固定，在不重新设计无线网络的情况下不能改变。于是，要调节的参数是下行链路发射功率。当在测量位置 x 上求和的基站发射能量对于 i=1, 2, ..., n 都相同时，可以达到上述最小化。准确地，对于一给定 C_i 和< u_i | u_j >，i=1, 2, ..., n，当对于所有 i 和 j,

$$\|E_j\| = \|E_i\| \qquad (47)$$

时，算子范数| |A| |的上界 UB 达到最小。

方程式 47 证明如下。由于< u_i | u_j >=< u_j | u_i >，在 UB 中有 n（n-1）/2 项

$$a_{ij}^2 + a_{ji}^2 = \langle u_i | u_j \rangle^2 \left\{ C_i^2 \left(\frac{\|E_j\|}{\|E_i\|} \right)^2 + C_j^2 \left(\frac{\|E_i\|}{\|E_j\|} \right)^2 \right\} \qquad (48)$$

其中 i≠j。使| | E_j | |^2=| | E_i | |^2+∈，则

$$a_{ij}^2 + a_{ji}^2 = \langle u_i | u_j \rangle^2 \left\{ C_i^2 + C_j^2 + \left| \varepsilon \left(\frac{1}{\|E_i\|^2} - \frac{1}{\|E_j\|^2} \right) \right| \right\} \qquad (49)$$

如果| | E_i | |>| | E_j | |，则在∈之后的项是负的。但同时由于定义，∈<0。于是，

$$a_{ij}^2 + a_{ji}^2 = \langle u_i | u_j \rangle^2 \left\{ C_i^2 + C_j^2 + \left| \varepsilon \left(\frac{1}{\|E_i\|^2} - \frac{1}{\|E_j\|^2} \right) \right| \right\} \qquad (50)$$

所以，当∈=0 时，其达到最小。

方程式 26 的解仅仅展示了方程式 21 中方程的一个最小方差解，因而，对于所有 x 不能使方程式 21 相等。粗略地讲，将最小方差解 y_i, i=1, 2, ..., n 代入方程式 21 中，仍然具有相同概率来找到:

$$y_i \frac{1}{C_i} E_i(x) < \sum_{k=1}^{n} y_k E_k(x) + N(x) \qquad (51)$$

和

$$y_i \frac{1}{C_i} E_i(x) > \sum_{k=1}^{n} y_k E_k(x) + N(x) \qquad (52)$$

因此，最小方差解实现了载波干扰比在目标值 C_i，i=1, 2, ...，n 周围的偏差的“合理”分布。然而，最终目标是尽可能地满足方程式 21。关于方程式 26 的 y，只能获得载波干扰比的合理的重新分布。最终目标可以由另外的步骤来达到，在该另外的步骤中，对于 i=1, 2, ...，n 应该均匀地朝向方程式 21 调节所有载波干扰电平。这例如可以通过改变目标载波干扰值 C_i 来实现，以使得它位于实际阈值上下，从而满足方程式 21。但这个方法被 C_i 是固定的且小于单位 1 这个事实所限制。

为了找到一个达到目标载波干扰比的可行方法，让我们看看方程式 21 的不等式。与前面的讨论一致，下列方程式确保:

$$y \geq z + A \cdot y \qquad (53)$$

于是，可以看出，方程式 26 的解 y 是方程式 53 的解的下界。使

$$C_i(x, \alpha) := \frac{\alpha y_i E_i(x)}{N(x) + \sum_{j=1}^{n} \alpha y_j E_j(x)} \qquad (54)$$

则对于α>1，

$$C_i(x, \alpha) > \frac{y_i E_i(x)}{N(x) + \sum_{j=1}^{n} y_j E_j(x)} \qquad (55)$$

对于α<1,

$$C_i(x,\alpha) < \frac{y_i E_i(x)}{N(x)+\sum_{j=1}^{n} y_j E_j(x)} \qquad (56)$$

于是，结果可以通过用αy 代替 y 来相应地校准，其中α>0。对于正的α，函数$C_i(x, \alpha)$为正。可以容易地证实，对于α∈[0, ∞]以及对于所有 x，$C_i(x, \alpha)$没有最大值。$C_i(x, \alpha)$对于α∈[0, ∞]是单调递增的函数，其范围为[0, 1]:

$$\lim_{\alpha\to\infty} C_i(x,\alpha) = \frac{y_i E_i(x)}{N(x)+\sum_{j=1}^{n} y_j E_j(x)} \le 1 \qquad (57)$$

确定α的一个方法是对α求解方程式:

$$C_i(x,\alpha) = C_i \qquad (58)$$

并得到

$$F_i(x) = \frac{C_i N(x)}{y_i E_i(x) - C_i \sum_{j=1}^{n} y_j E_j(x)} \qquad (59)$$

则，使α相对于 i 为 $\max^{n}_{i=1}\max_{x\in Si}F_i(x)$。如果 y_i 是方程式 21 的最小方差解，其中 $y_i\ E_i(x)>0$，i=1, 2, ...，n，并且对于所有 x，N(x)>0，并且如果:

$$F_i = \max_{x\in S_i} \frac{C_i N(x)}{y_i E_i(x) - C_i \sum_{j=1}^{n} y_j E_j(x)} \qquad (60)$$

存在，则方程式 21 保持为真，当 y_i 由

$$y_i \cdot \max_{i=1}^{n} F_i \qquad (61)$$

代替时，i=1, 2, ...，n。

上述关系可以通过对于所有 x 和 i=1, 2, ...，n 考虑

$$\frac{N(x)}{\max_{i=1}^{n} F_i} \le \frac{N(x)}{F_i} \le \frac{N(x)}{F(x)_i} \qquad (62)$$

来证明，由于对于所有 x 和 i=1, 2, ...，n，N(x)>0 并且 $y_i\ E_i(x)>0$，可以得到

$$C_i(\max_{i=1}^{n} F_i, x) = \frac{y_i E_i(x)}{N(x)/\max_{i=1}^{n} F_i + \sum_{j=1}^{n} y_j E_j(x)} \ge \frac{y_i E_i(x)}{N(x)/F_i(x) + \sum_{j=1}^{n} y_j E_j(x)} = C_i \qquad (63)$$

事实上，每个发射机功率由一给定的最大值、即 y^{M}_{i} 所限制。实际的α必须

考虑这个限制。因此，使 y^M_i 为基站 i=1, 2, ..., n 可用的最大功率。则所得功率的实际估计由$\alpha \cdot y_i$给出，其中:

$$\alpha = \min_{i=1}^{n}\left\{\frac{y_i^M}{y_i}, \max_{i=1}^{n} F_i\right\} \qquad (64)$$

通过显示出$\alpha \cdot y_i$是在数学上最优的或者$\alpha \cdot y_i$在数学上表示在所有可行值中的一个最优值，可以证明方程式 64。使

$$\alpha_0 = \max_{i=1}^{n} F_i \qquad (65)$$

如果$\alpha=\alpha_0$，则

$$y_i\alpha \le y_i \cdot \frac{y_i^M}{y_i} \le y_i^M \qquad (66)$$

是数学上最优的和可行的。另一方面，如果$\alpha\neq\alpha_0$，则有至少一个 i，使得

$$\frac{y_i^M}{y_i} < \min\left\{a_0, \frac{y_j^M}{y_j} \quad \text{对于} \quad j=1,2,\cdots,n; j\neq i\right\} \qquad (67)$$

在考虑方程式 67 时，方程式 58 并不对于所有 x 被满足。也就是说，$\alpha \cdot y_i$不是在数学上最优的。但对于所有 j=1, 2, ..., n,

$$y_j\alpha \le y_j \cdot \frac{y_i^M}{y_i} < y_j \cdot \frac{y_j^M}{y_j} = y_j^M \qquad (68)$$

即，仍然是可行的。由于方程式 67，$\alpha \cdot y_i$表示在所有可行选择中的在数学上最优的选择。

关于网络功率分配方法的另一个考虑是基于方程式 33 收敛的。如果网络被设计和安装得非常不好，致使方程式 33 的部分和不收敛，则需要一个可行的替换方式来确定基站的下行链路发射功率。

最小方差解来自于使 $L^2(S)$ 中的方程式 21 的左边和右边最小，其中 S 是所有小区的区域的并集。现在，不是在 S 的整个区域内，而是将过程限制在每个小区 S_i 的范围内，同时应付该小区的 C/I。将过程限制在每个小区 S_i 的范围内是由下列事实支持的，即，$y_i E_i(x)$应该只在小区 i 内占优势。在其他小区、即 j 中，$y_i E_i(x)$的信号功率变为干扰，需要被抑制。不管没有 $E_i(x)$可以在局部基础上被调节这个事实，试图找到可以用于近似估计的数量。出于这个目的，检查下列不等式，

$$\sum_{j\neq i} y_j E_j^{M,i} + N^{M,i} \leq \left(\frac{1}{C} - 1\right) y_i E_i^{m,i} \qquad (69)$$

其中，

$$E_j^{M,k} = \max_{x\in S_k} E_j(x) \qquad (7)$$

$$E_i^{M,k} = \min_{x\in S_k} E_i(x) \qquad (8)$$

$$N^{M,i} = \max_{x\in S_k} N(x) \qquad (9)$$

其中，y_i 是基站 i 的已知下行链路功率，C_i 代表一个限定覆盖区域的载波干扰比，$E_i(x)$是第一组限定覆盖区域 i 的传播因子，$E_j(x)$是不同于第一组的第二组限定覆盖区域的传播因子，$N(x)$表示背景噪声，m 是测量位置 x 的个数（例如，总数），k 表示一个特定的测量位置。如果 E_j^{Mi}、E_i^{mi}和 N^{Mi}存在，从而方程式 69 为真，则方程式 21 也保持为真。事实上，方程式 69 是比方程式 21 更紧密的关系。它足以考虑方程式69 中的方程式，从其中可以得到

$$y_i = \frac{C_i}{1-C_i} \frac{N^{M,i} + \sum_{j\neq i} y_j E_j^{M,i}}{E_i^{m,i}} \qquad (70)$$

上述表达式在右边包含了未知的 y_i。为了清楚起见，上述表达式可以重写为下列方程式:

$$y_i (1 - C_i) \frac{N^{M,i} + \sum_{j\ i} E_j^{M,i}}{N^{M,i} + \sum_{j\ i} y_j E_j^{M,i}} = C_i \frac{N^{M,i} + \sum_{j\ i} E_j^{M,i}}{E_i^{m,i}} \qquad (71)$$

方程式 71 的右边与 y_i 无关。在左边，以瓦特为单位的 C_i 与一比非常小，一般是-5dB。从经验来讲，功率分配比小区 S_i 中的求和

$$\sum_{j\neq i} E_j^{M,i} \approx \sum_{j\neq i} y_j E_j^{m,i} \qquad (72)$$

更影响干扰功率在 i 中的分布。于是，可以假设下列估计

$$(1 - C_i) \frac{N^{M,i} + \sum_{j\ i} E_j^{M,i}}{N^{M,i} + \sum_{j\ i} y_j E_j^{M,i}} \approx 1 \qquad (73)$$

从更紧关系方程式69 得出

$$y_i \approx C_i \frac{N^{M,i} + \sum_{j \neq i} E_j^{M,i}}{E_i^{m,i}} \qquad (74)$$

这是方程式 21 在方程式 69 存在并且方程式 73 可证明合理的前提下的近似结果。

方程式 74 的一个优点是 y_i 的计算只需要局部数据，即在 S_i 测量的数据。因此，方程式 74 是简单并且容易使用的，特别是当解析算法失败时。如果以分贝（dB）考虑方程式如下:

$$10\log(y_i) = 10\log(C_i) - 10\min_{x\ S_i}\log\left[C_i(x,l)\right] = C_i^{dB} - \min_{x\ S_i} C_i^{dB}(x,l) \qquad (75)$$

则方程式 74 的物理解释是似是而非的。所得功率值仅仅是在目标载波干扰比值与单位功率的实际载波干扰比值之间的差。

测量信号参数的过程

图 3 显示了在步骤 S10 中测量所接收信号功率的例示性例子。图 3 显示了一个包括四个基站的例示性无线网络 114，这四个基站位于四个相应六角形小区 100 的中央。每个六角形小区 100 表示位于六角形小区 100 中央的相应基站的射频覆盖。

基站可以相对于所示的 x 轴和 y 轴定位。第一基站 102 具有分别为 4km、0km 的 x、y。第二基站 104 具有分别为 0km、4km 的 x、y。第三基站 106 具有分别为-4km、0km 的 x、y。第四基站 108 具有分别为 0km、-4km 的 x、y。

虽然通过每个射频覆盖区域的测试路程 110 被显示为椭圆形路径，但任何形状的路径都可使用，无论其是连续的还是不连续的。测量位置 x（112）可以位于测试驱动器的路径上，从而在每个射频覆盖区域获得测试测量的一个统计有效样本。测量位置 112 可以与预期的繁忙业务区域或对无线通信网络的订户至关重要的区域相符合。

如图 3 所示，测试路程 110 被设计为使得它通过每个小区 100。测试路程 110 是一个椭圆，其中心与上述坐标系的原点 116 和由基站限定的正方形的中心重合。在上述例子的 4Km 位际空间中，椭圆的长（x 方向）轴和短（y 方向）轴分别接近 10km 和 3km。虽然在理论上通过测量点的行进可以通过沿椭圆测试路程 110 以顺时针方向或逆时针方向移动测试接收机来进行，但在实际上，可以将实际的测试驱动器限制在局部道路和高速公路系统上，以适当地限制测量过程的成

本。无线网络 114 可能会有背景噪声和带有特性偏离（例如，8dB）的射频慢衰落。对于测量是在所有位置以多个测试接收器同时进行还是以一单个测试接收器沿一个与测量位置 112 相交的路程顺序地进行没有限制。

如图 4 所示，在一个例子中，步骤 S12 包括将确定的传播因子组织成一个传播因子矩阵，所述矩阵包括每个基站在测量位置 112 的各个传播因子。传播因子矩阵的列表示统一的基站标识符，行表示统一的测试位置 112。传播因子矩阵中的每一项可以根据方程式 1 来确定。

无线网络的潜在性能提高的计算机模拟估计

图 5 表示在本发明的调整（例如，功率分配）方法之前图 3 的假设（例如，计算机模拟）无线网络内的所测量下行链路发射信号功率。与之相反，图 6 表示在进行本发明的调整（例如，功率分配）方法之后图 3 的假设无线网络内的所测量下行链路信号功率。图 6 包括调整到所得下行链路发射功率的基站，而图 5 则不包括。在图 5 和图 6 中，垂直轴显示了单位为瓦的发射下行链路功率，而水平轴表示各个测量位置 112，包括出于显示目的的测量位置 112。将每个基站的下行链路发射功率根据在测量位置 112 接收的信号绘成一个不同的曲线。第一基站 102 由旋转的矩形符号表示。第二基站 104 由普通的矩形符号表示。第三基站 106 由三角形符号表示。第四基站 108 由“x”表示。

在图 6 中所示的功率分配之后，一些下行链路发射功率比在功率分配之前强，从而在所有选定测量位置 112 的实际载波干扰比满足或刚刚超过一个目标载波干扰比级别（level）。

图 7 和图 8 分别是载波噪声比的调整前和调整后图形。虽然实际位际空间和几何形状取决于调整方法所运用到的任何无线网络的特定属性，但图 7 和图 8 反映了前面结合图 3 描述的测试路程 110 的位际空间和几何形状的假设特性。载波噪声比或射频信号噪声比是比仅仅在图 5 和图 6 中表示的下行链路发射功率更好的系统性能指示，因为无线网络的最大性能和订户容量可能取决于使噪声最小化。图 7 和图 8 对于第一、第二、第三和第四基站采用与图 5 和图 6 相同的表示符号。虽然每个基站可以包括如图 3 的多边形小区所示的全方向天线，但替换实施例也可以包括与任何基站耦合的至少一个定向天线。进一步地，垂直轴以 dB 显示了载波干扰比，而水平轴显示了测量位置 112。

图 7 和图 8 包括使有负载的无线网络的接收模糊的背景噪声和慢衰落。同

时从全部四个基站记录所接收的载波干扰比。载波干扰比根据各个位置和小区而不同，而每个小区是由一个占优势的基站来识别的。

如果为了例示的目的，无线网络的目标载波干扰比是在负 5dB 级别，则在调整前和功率调整后的图形之间的提高是非常明显的。在图 7 的调整前图形中，对于第二基站 104，只有测量位置号 23-33 满足目标载波干扰比；对于第三基站 106，只有测量位置号 49-52 满足目标载波干扰比；对于第四基站 108，只有测量位置号 72-81 满足目标载波干扰比。因此，提供给测量位置号 1-22、34-48、5-71 和 82-100 的通信服务具有不合适的载波干扰比。

与之相反，在图 8 的功率调整后图形中，基本上所有的测量位置号 1-100 都由基站以适当的载波干扰比服务。特别地，第一、第二、第三和第四基站中的每一个都具有一些超过-5dB 的目标载波干扰比的测量位置 112。

按照统计要求，这个例子的网络的最小性能要求是概率为 0.9 的-5dB。图 7 的调整前图形没有达到统计要求，但图 8 的功率调节后图形则达到了。在将基站的下行链路发射功率调整到所得下行链路发射功率之后，功率调整后图形显示出这些小区的大于 95%的载波干扰比高于目标阈值。

图 7 和图 8 例如可以表示一个测试接收机对 CDMA 网络中的测试驱动路程上的每个小区的导频信道的载波干扰比的测量。IS-95 的导频信道一般以与所得下行链路发射功率一致的最大可用下行链路功率发射。

功率分配系统

图 9 公开了用于分配下行链路发射功率的系统，该系统可用于实施这里所公开的任何功率分配方法。功率分配系统包括与处理系统 503 相连的测试接收机 502 和与处理系统 503 相连的用户接口 508。如上所述，测试接收机 502 测量来自一个或多个基站 501 的电磁发射。用户接口 508 允许用户定义下列的一个或多个：目标性能目的，目标载波干扰比，以及所定义的可靠性。处理系统 503 接受来自用户接口 508 和测试接收机 502 的输入，以确定在测量位置上的无线网络中的基站 501 的所得下行链路发射功率的星座（constellation）（例如，系统范围内的集合）。处理系统 503 确定该星座，以便使系统范围的干扰、特别是同信道的干扰最小或减小。

测试接收机 502 在限定射频覆盖区域内的测量位置测量来自基站 501 的电磁发射的所接收信号参数（例如，信号强度）。测试接收机 502 能够测量与每个

测量位置相联系的背景噪声。所测量的背景噪声在电磁发射的频率范围内。

处理系统 503 包括用于确定传播因子的确定器 504 和用于计算基站 501 的初始下行链路发射功率的计算器 506。传播因子作为测量位置的函数与电磁发射相联系。初始下行链路发射功率一般处于基于覆盖区域的传播因子和至少一个目标性能目的的发射机功率间隔的边界内。

在一个替换实施例中，确定器 504 被安排为确定一个传播因子矩阵 505，该矩阵包括在每个测量位置和相应的基站 501 之间的至少一个传播路径的各个传播因子。传播因子矩阵 505 的列表示统一的基站 501 标识符，行表示统一的测量位置。

计算器 506 被安排为根据所测量信号参数（例如，信号强度，所测量的背景噪声或二者都有）、传播因子以及作为目标性能目的的目标载波干扰比计算每个基站 501 的初始下行链路发射功率。在一个替换实施例中，所测量信号参数可以包括信号噪声比、信号干扰比、帧差错率、比特差错率等等。

处理系统 503 还可以包括校准器 507，用于校准初始下行链路发射功率以获得所得下行链路发射功率的星座。所得下行链路发射功率以限定的可靠性满足测量位置的一个作为目标性能目的的目标载波干扰比。初始下行链路发射功率用于得出所得下行链路发射功率，其中相应的实际载波干扰比以限定的可靠性满足或最低限度地超过测量位置的一个作为目标性能目的的目标载波干扰比。校准器 507 可以通过考虑每个基站 501 的已知最大发射功率来校准初始下行链路发射功率。处理系统 503 适于将限定的可靠性设立为覆盖区域中满足或超过目标载波干扰比的时间的百分比。

功率分配方法的应用

这里所公开的任何功率分配方法可以运用在无线网络的功率分配上，尤其例如码分多址（CDMA）、频分多址（FDMA）和时分多址（TDMA）。在一个有限干扰无线网络中，下行链路功率的合适的发射功率分配在实现网络的预期服务质量上是最基本的。特别地，信标信道和业务信道的功率电平可以根据本发明进行射频功率分配，以达到或接近有限频谱资源的最有效使用。

无线网络、例如蜂窝无线电网络通过频率资源的重新利用来提供通信容量。作为频率重新利用的结果，载波信号总是被干扰，该干扰由载波干扰比（C/I）进行测量。载波干扰比是载波信号功率与在同一频率接收的所有其他信号的总和

的比。载波干扰比表示对信号噪声比的测量，用作为对于（码分多址）CDMA 系统和（时分多址）TDMA 系统都相同的质量指示。

为了实现业务信道的足够的载波干扰比，CDMA 和 TDMA 系统都引入了功率控制机构，该功率控制机构考虑到基站和移动站，以便使发射功率适应路径损耗和衰落。通过这样作，业务信道的载波干扰比适合于移动站的特定位置。然而，只调整下行链路发射功率并不必然实现网络的预期性能，因为功率控制通常不能应用于普通控制信道。普通控制信道包括信标信道、寻呼信道、访问信道、开销信道或用于控制和管理订户业务量的等同信道。

信标信道常常用于作出传递（hand-off）判决并为移动站提供对网络的访问。因为信标信道需要由一特定地理覆盖区域内的所有移动站同时访问，所以信标信道一般被禁止改变其下行链路发射功率。信标信道一般以小区中所有信道的最大下行链路发射功率发射并保持恒定。在移动专家组（GSM）中的广播控制信道（BCCH）和 IS-95 中的 PILOT 是信标信道的例子。信标信道的下行链路发射功率确定由该基站服务的小区的“谈话（talk-out）”射频覆盖。因而，信标信道的可预测下行链路发射功率对于小区边界的设立和传递效率是至关重要的。

在一个通用的方案中，CDMA 系统中的信标信道的下行链路发射功率形成了包括业务信道的所有其他信道的参考。在某些 TDMA 系统中，业务信道以与信标信道相同的固定功率发射，除非采用功率控制。即使在 TDMA 系统中的功率控制下，业务信道的最大可用下行链路发射功率也通常由信标下行链路发射功率确定。

本发明的功率分配方法识别出，在无线网络中，每个基站需要其信标信道的单个所得下行链路发射功率，以适应其唯一的射频覆盖环境。对每个基站的信标信道的适当的下行链路发射功率的发射功率分配对于网络的最优或适当性能是至关重要的。因此，本发明的调整方法的一个重大应用涉及为每个信标信道找到发射功率的最优或适当的发射功率分配。业务信道则可以用所得下行链路发射功率来作为其下行链路发射功率的参考，以增强整个无线网络或其一部分的射频覆盖。

依据本发明，发射功率分配方法只向各个基站分配必需的下行链路功率，最好不多于所需要的功率，以达到可靠的射频覆盖，使射频容量最大化，或同时达到这两方面。发射功率分配方法非常适合于在逐个基站的基础上提供一个网络

范围的解决办法，作为所得发射下行链路功率。所得发射下行链路功率可以在数学上证明为最优或合适的下行链路功率，而不是依赖于循环的试探法技术，以便为无线网络的基站设置发射功率电平。

本发明的发射功率分配方法一般包括用于在通用计算机上执行的算法。作为输入数据，算法主要需要由在给定网络的少至一个的测试驱动器中的测试接收机测量的信号功率。因此，发射功率分配方法不仅提高射频覆盖的可靠性，还减少进行网络功率分配所需的时间和成本。

进一步地，与在网络设计中所用的典型解析方法不同，本发明的发射功率分配方法不需要用于模拟传播环境的先验或假设信息，例如地志数据、高于平均地形的天线高度、基站的位置以及天线特性。相反，本发明的发射功率分配方法只需要场测量来作为输入数据，以产生对基站的下行链路发射功率的系统范围的解决办法。场测量暗含地提供了在理论上与前述假设信息有关的数据，但根据实际无线网络的现实测试则以更精确的方式提供。因此，发射功率分配方法对于与采用网络设计中的模拟技术的其他解析方法相联系的不精确是不敏感的。

该算法只推断出对于与每个基站相联系的一个或多个信道所必需的发射功率，以达到在无线网络的地理区域或其一部分上的目标载波干扰比或模拟可靠性目的。目标载波干扰比可以以分贝表达，作为满足或超过分贝级别的概率。可以根据在目标载波干扰比和所接收下行链路射频信号之间的关系推断出每个基站所必需的发射功率。其结果为，可以将每个基站的信标信道调整到适当的或最优的下行链路功率值，以提供预期的载波干扰比。

所得下行链路发射功率指的是信标信道、例如 IS-95 CDMA 系统的 PILOT 信道的所得下行链路功率。在实际上，如上所述，对信标信道的所得下行链路发射功率的控制形成对其他射频通信信道、例如业务信道的参考。所得下行链路功率还可以运用到除了信标信道之外的其他常用控制信道。此外，，所得下行链路发射功率可以直接运用到未配备有功率控制机构的 TDMA 系统中的业务信道的下行链路发射功率上。

所得下行链路功率的发射功率分配的标准最好不仅仅与目标载波干扰比相一致。特别地，如果无线网络包括 CDMA 系统，则希望将每个基站的下行链路发射功率最小化为一特定程度。因为 CDMA 系统的业务容量正比于每个小区功率的用户数目，所以所得下行链路功率不能不必要地超过目标载波干扰比。进一步地，

低的下行链路发射功率电平可以减少对电磁生物危险的考虑。因此，所得下行链路功率表示为每个基站找到对产生仅仅需要的载波干扰比所必需的最小下行链路功率。在系统范围基础上的所得下行链路发射功率分配是根据在下行链路功率的其他可行发射功率分配的估计确定的。因为发射功率分配方法可应用于无载和有载系统，所以发射功率分配方法是用于初始安装后功率分配以及后续的周期性网络功率分配的有效工具。

这个说明书描述了本发明的方法的各种例示性实施例。权利要求书的范围是为了覆盖在说明书中公开的例示性实施例的各种修改和等效装置。因此，下列权利要求书应该被给予合理的最宽解释，以覆盖与这里所公开的发明的精神和范围相一致的修改、等效结构和特征。

说 明 书 附 图

图1

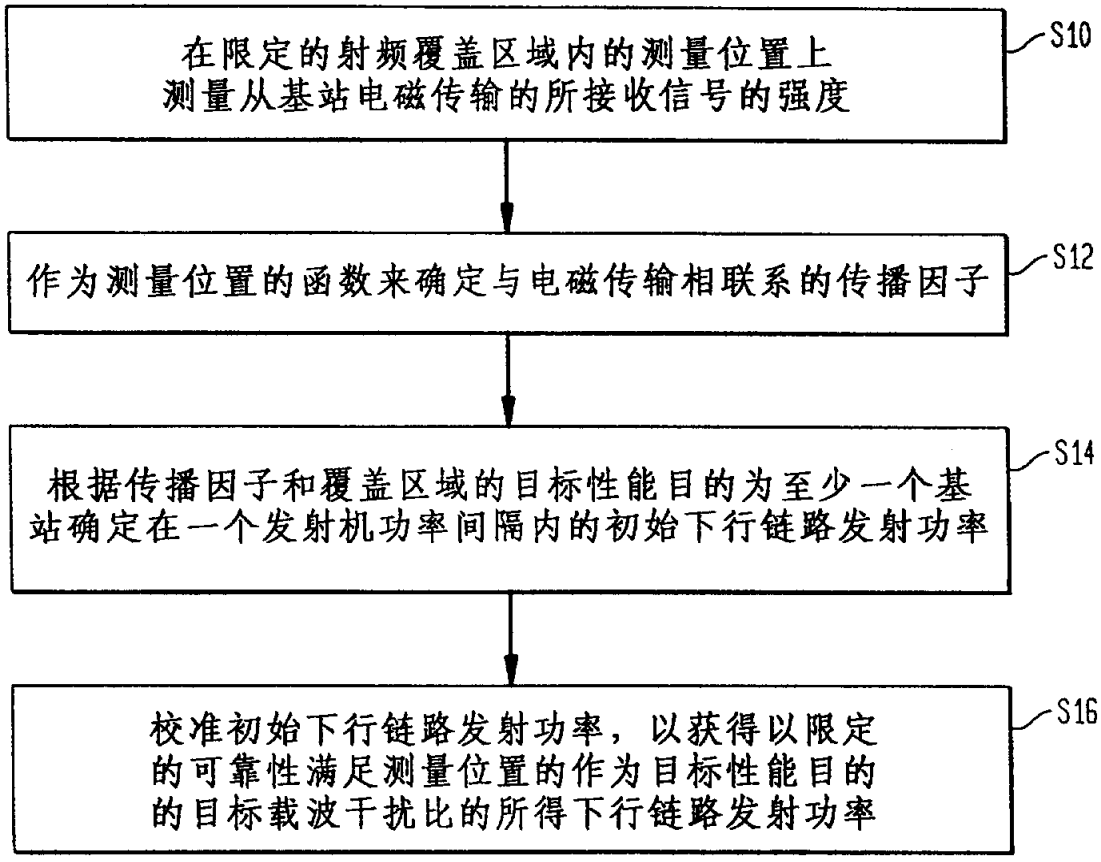

在限定的射频覆盖区域内的测量位置上
测量从基站电磁传输的所接收信号的强度
S10
作为测量位置的函数来确定与电磁传输相联系的传播因子
S12
根据传播因子和覆盖区域的目标性能目的为至少一个基站确定在一个发射机功率间隔内的初始下行链路发射功率
S14
校准初始下行链路发射功率，以获得以限定的可靠性满足测量位置的作为目标性能目的的目标载波干扰比的所得下行链路发射功率
S16

图2

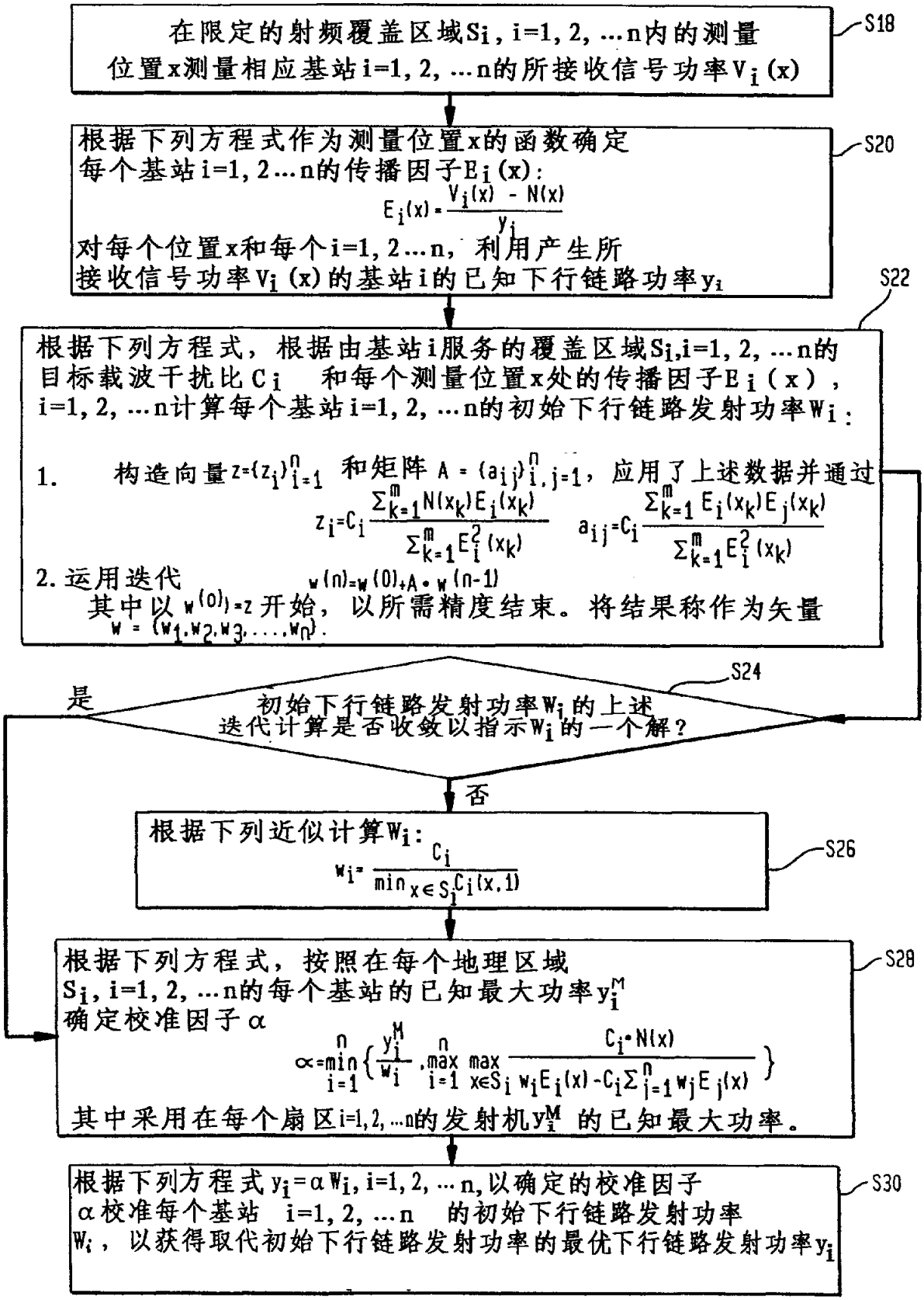

在限定的射频覆盖区域Si，i=1，2，…n内的测量位置x测量相应基站i=1，2，…n的所接收信号功率Vi(x)
S18
根据下列方程式作为测量位置x的函数确定每个基站i=1，2…n的传播因子Ei(x)：
$E_i(x)=\frac{V_i(x)-N(x)}{y_i}$
对每个位置x和每个i=1，2…n，利用产生所接收信号功率Vi(x)的基站i的已知下行链路功率yi
S20
S22
根据下列方程式，根据由基站i服务的覆盖区域Si，i=1，2，…n的目标载波干扰比Ci 和每个测量位置x处的传播因子Ei(x)，i=1，2，…n计算每个基站i=1，2，…n的初始下行链路发射功率Wi：
1. 构造向量$z=(z_i)_{i=1}^n$ 和矩阵$A=(a_{ij})_{i,j=1}^n$，应用了上述数据并通过
$z_i=C_i\frac{\sum_{k=1}^m N(x_k)E_i(x_k)}{\sum_{k=1}^m E_i^2(x_k)}$ $a_{ij}=C_i\frac{\sum_{k=1}^m E_i(x_k)E_j(x_k)}{\sum_{k=1}^m E_i^2(x_k)}$
2. 运用迭代 $w(n)=w(0)+A\cdot w(n-1)$
其中以$w^{(0)}=z$开始，以所需精度结束。将结果称作为矢量$W=(w_1,w_2,w_3,\ldots,w_n)$.
S24
初始下行链路发射功率Wi的上述迭代计算是否收敛以指示Wi的一个解？
是
否
根据下列近似计算Wi：
$w_i=\frac{C_i}{\min_{x\in S_i}C_i(x,1)}$
S26
根据下列方程式，按照在每个地理区域Si，i=1，2，…n的每个基站的已知最大功率y_i^M确定校准因子α
$\alpha=\min_{i=1}^n\left\{\frac{y_i^M}{w_i},\max_{i=1}^n\max_{x\in S_i}\frac{C_i\cdot N(x)}{w_iE_i(x)-C_i\sum_{j=1}^n w_jE_j(x)}\right\}$
其中采用在每个扇区i=1，2，…n的发射机y_i^M 的已知最大功率。
S28
根据下列方程式$y_i=\alpha W_i$，i=1，2，…n，以确定的校准因子α校准每个基站 i=1，2，…n 的初始下行链路发射功率Wi，以获得取代初始下行链路发射功率的最优下行链路发射功率yi
S30

图 3

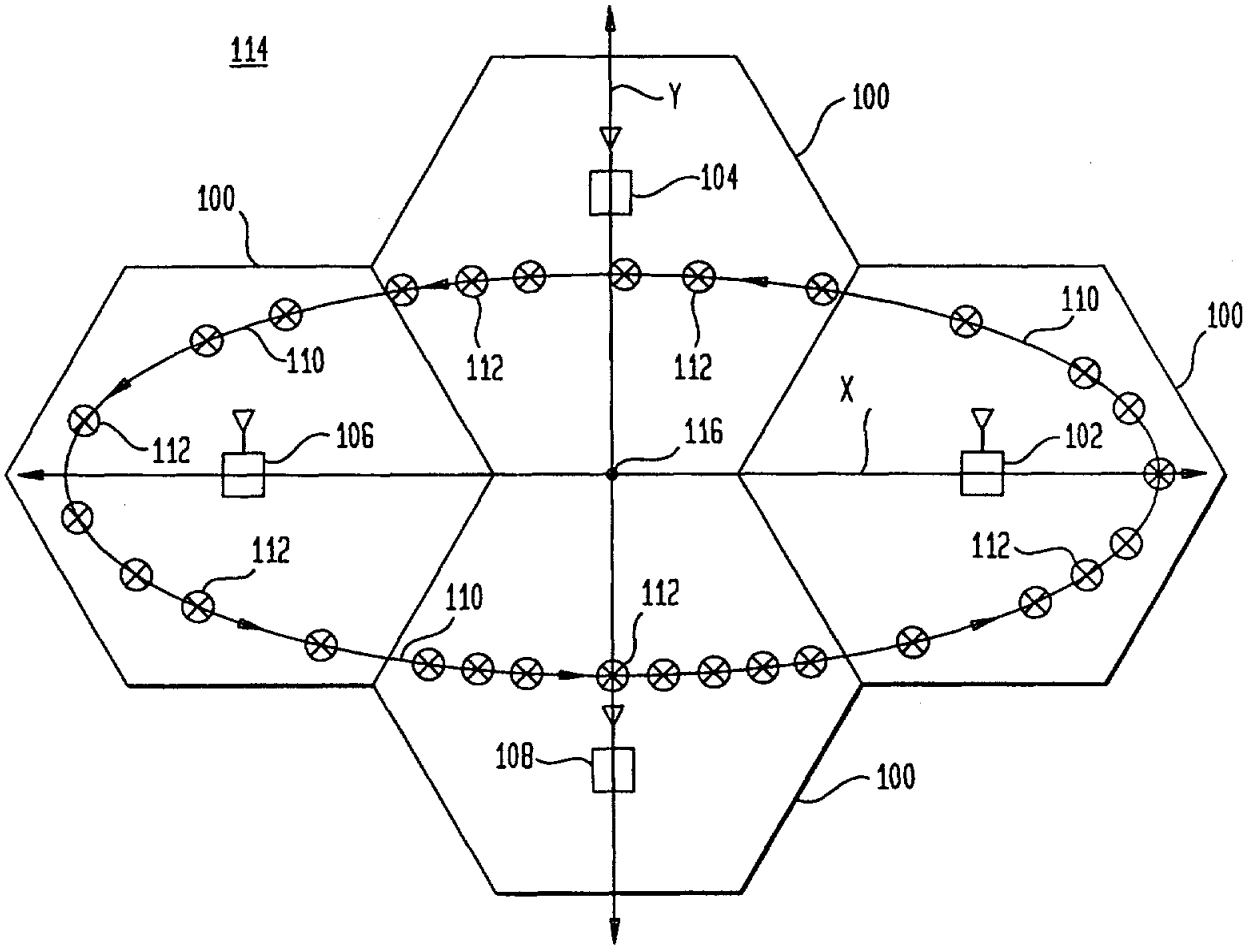


图 4

118

$$\begin{Bmatrix} E_1(x_1) & E_2(x_1) & E_3(x_1) & \cdots & E_{n-1}(x_1) & E_n(x_1) \\ E_1(x_2) & E_2(x_2) & E_3(x_2) & \cdots & E_{n-1}(x_2) & E_n(x_2) \\ E_1(x_3) & E_2(x_3) & E_3(x_3) & \cdots & E_{n-1}(x_3) & E_n(x_3) \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots & \vdots \\ E_1(x_m) & E_2(x_m) & E_3(x_m) & \cdots & E_{n-1}(x_m) & E_n(x_m) \end{Bmatrix}$$

图5

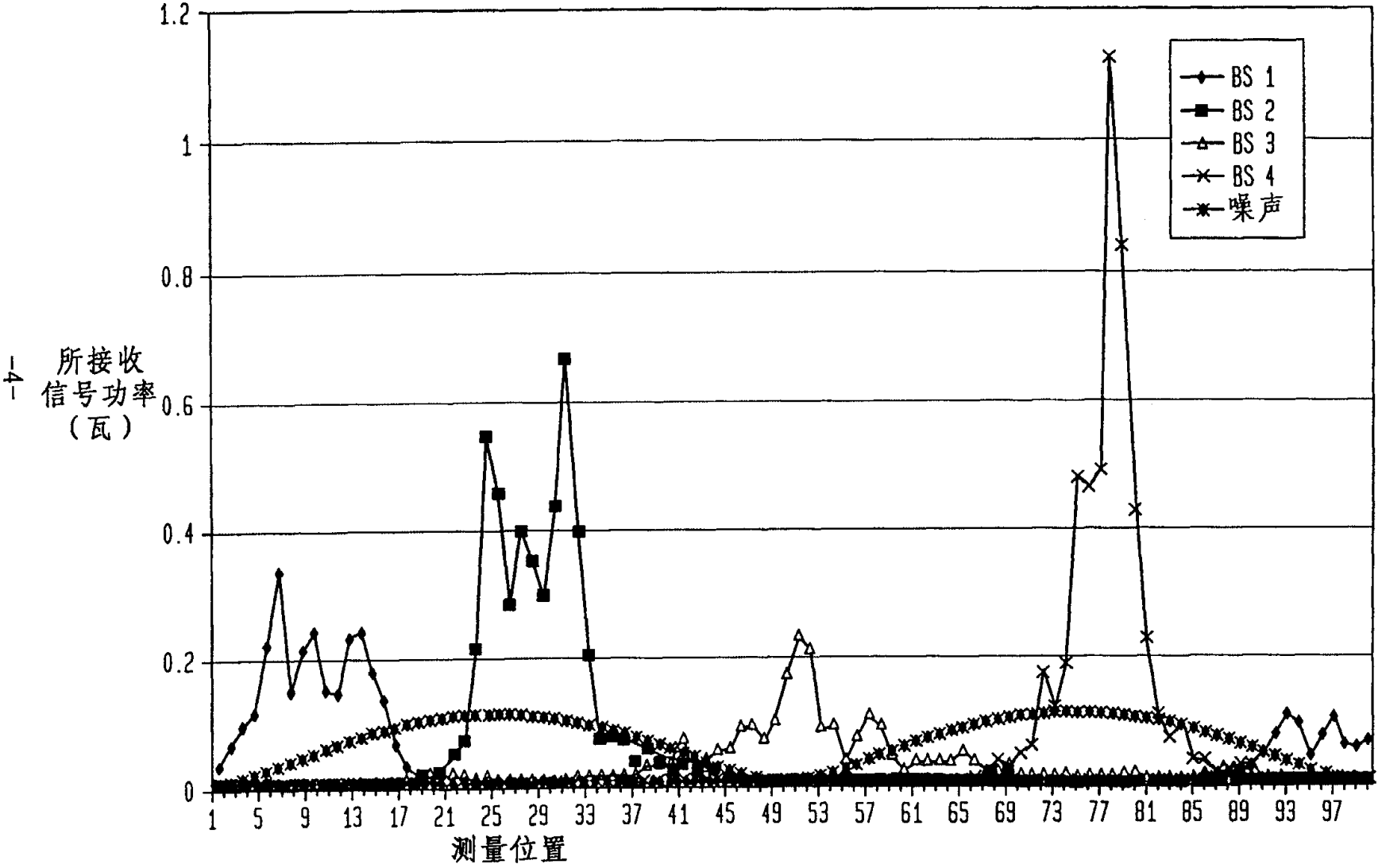

1.2
1
0.8
0.6
0.4
0.2
0
所接收信号功率（瓦）
1 5 9 13 17 21 25 29 33 37 41 45 49 53 57 61 65 69 73 77 81 85 89 93 97
测量位置
BS 1
BS 2
BS 3
BS 4
噪声

图6

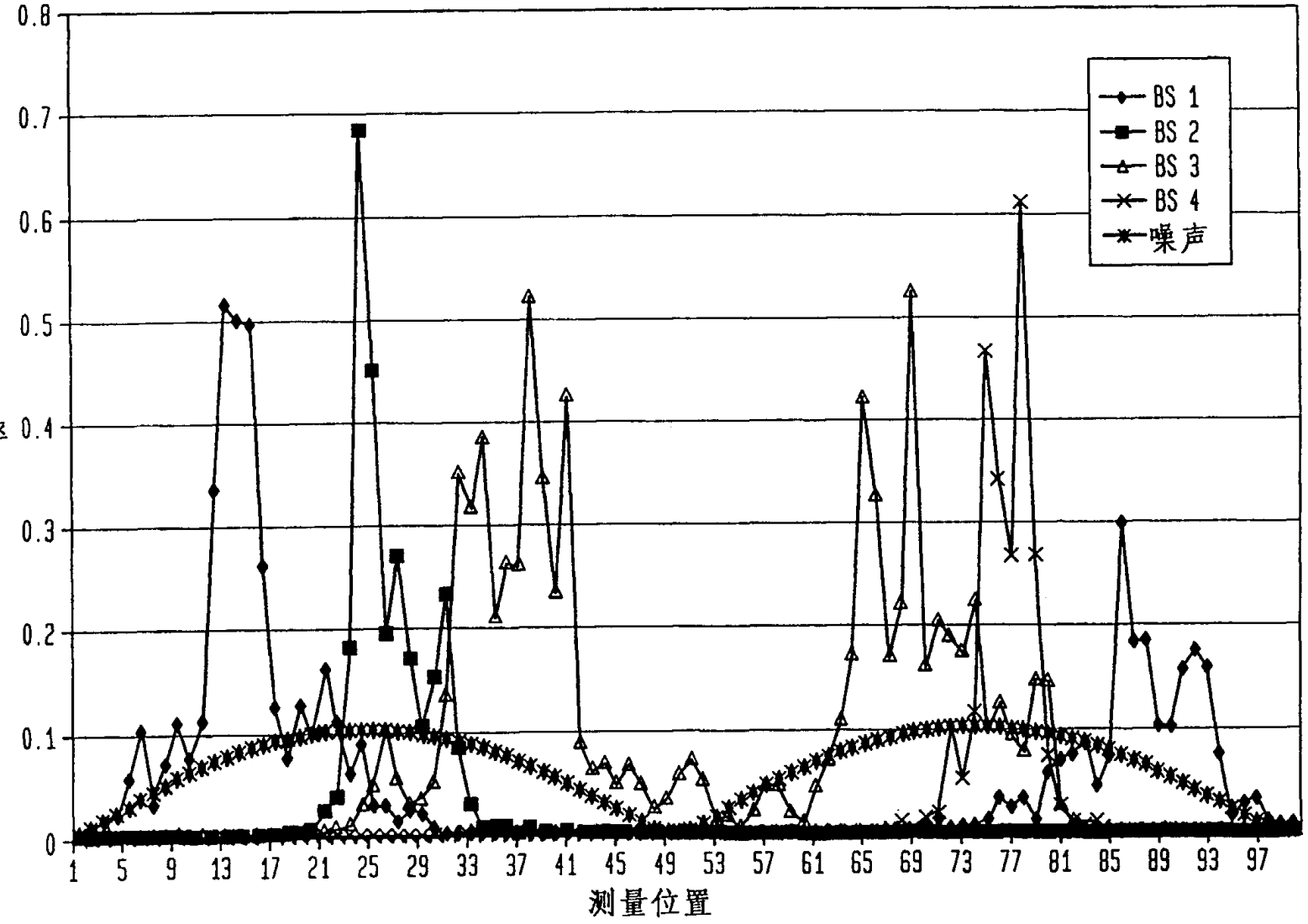

0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
所接收
信号功率
（瓦）
1 5 9 13 17 21 25 29 33 37 41 45 49 53 57 61 65 69 73 77 81 85 89 93 97
测量位置
BS 1
BS 2
BS 3
BS 4
噪声

图7

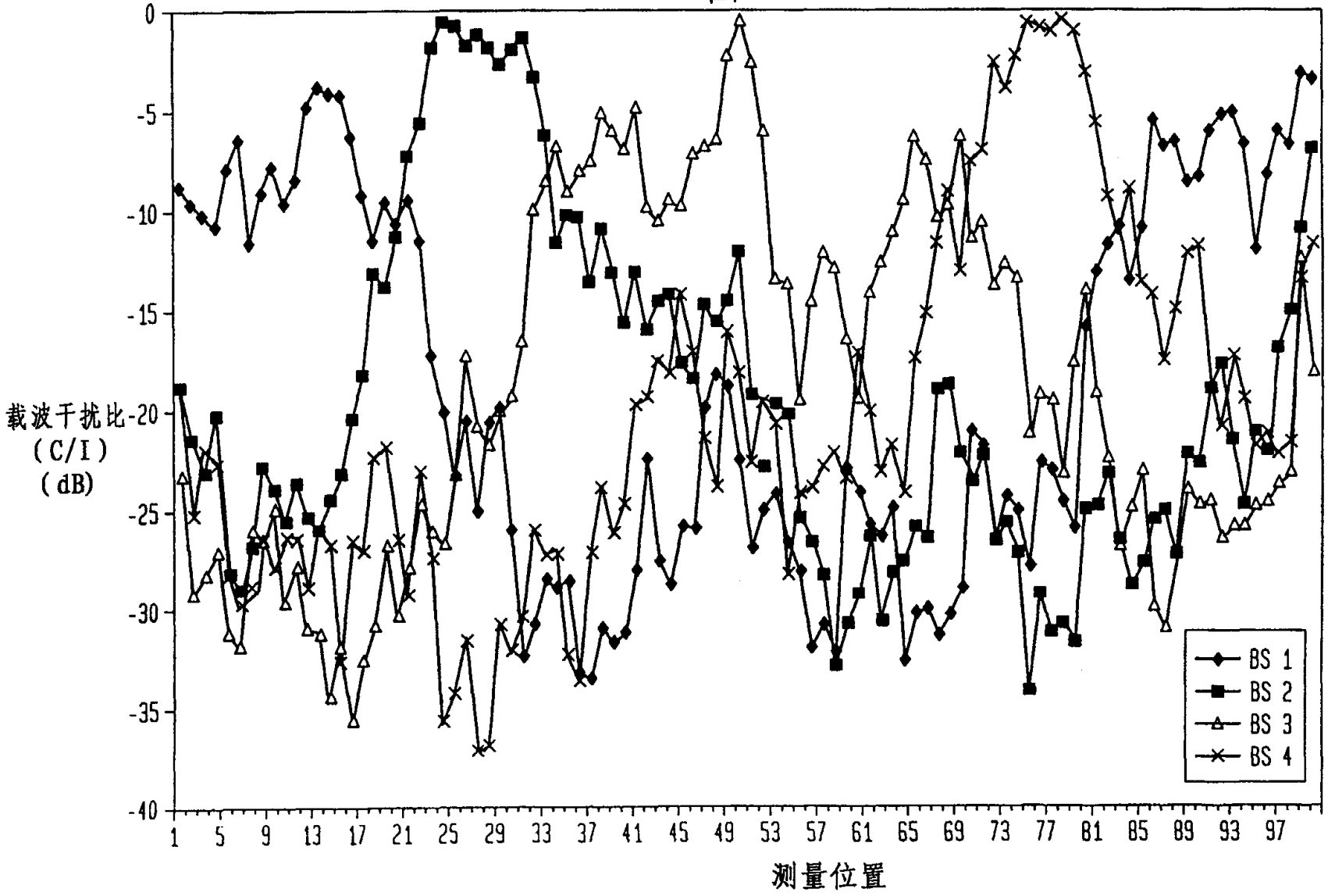

0
-5
-10
-15
-20
-25
-30
-35
-40
载波干扰比
(C/I)
(dB)
1
5
9
13
17
21
25
29
33
37
41
45
49
53
57
61
65
69
73
77
81
85
89
93
97
测量位置
BS 1
BS 2
BS 3
BS 4

图8

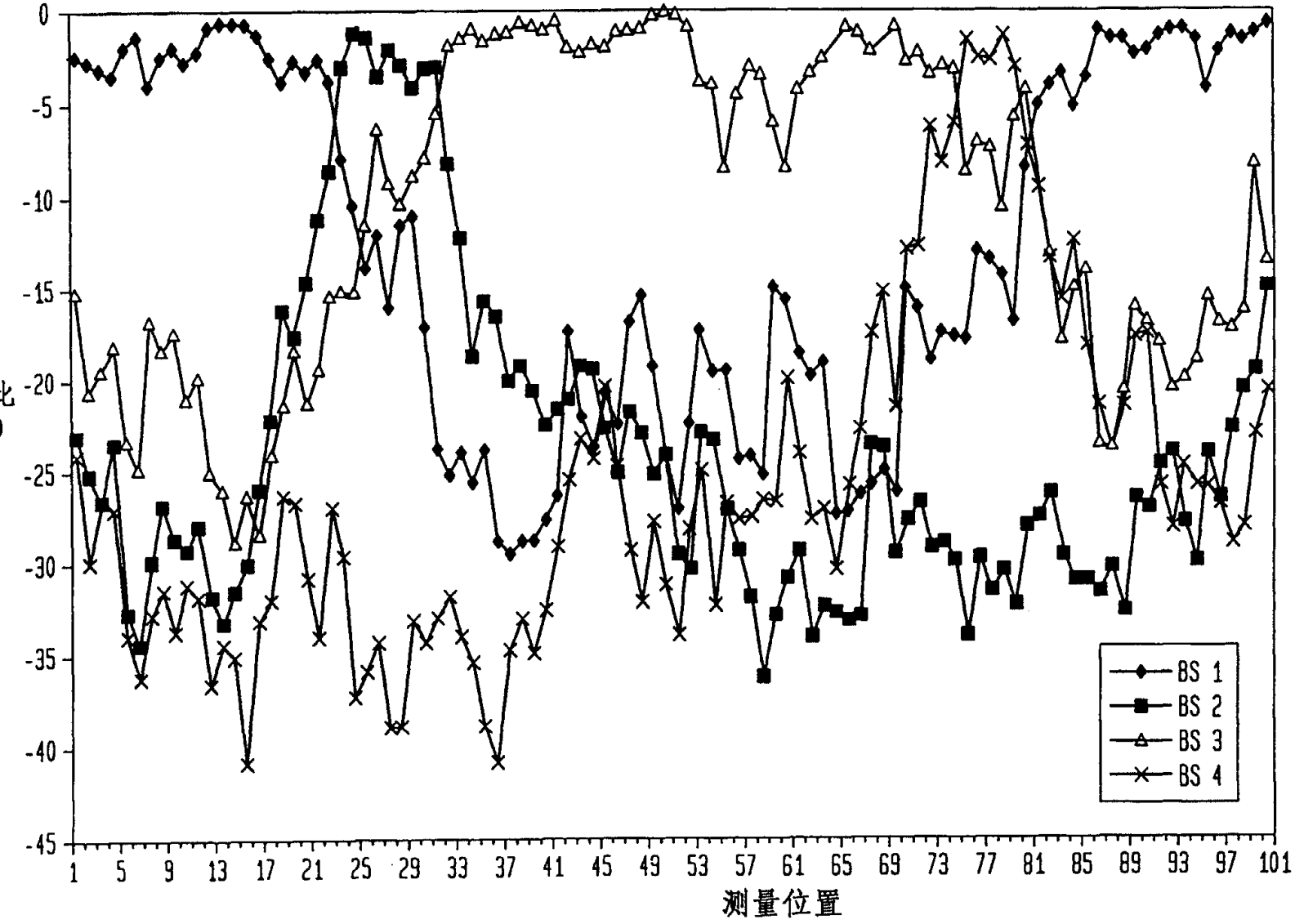
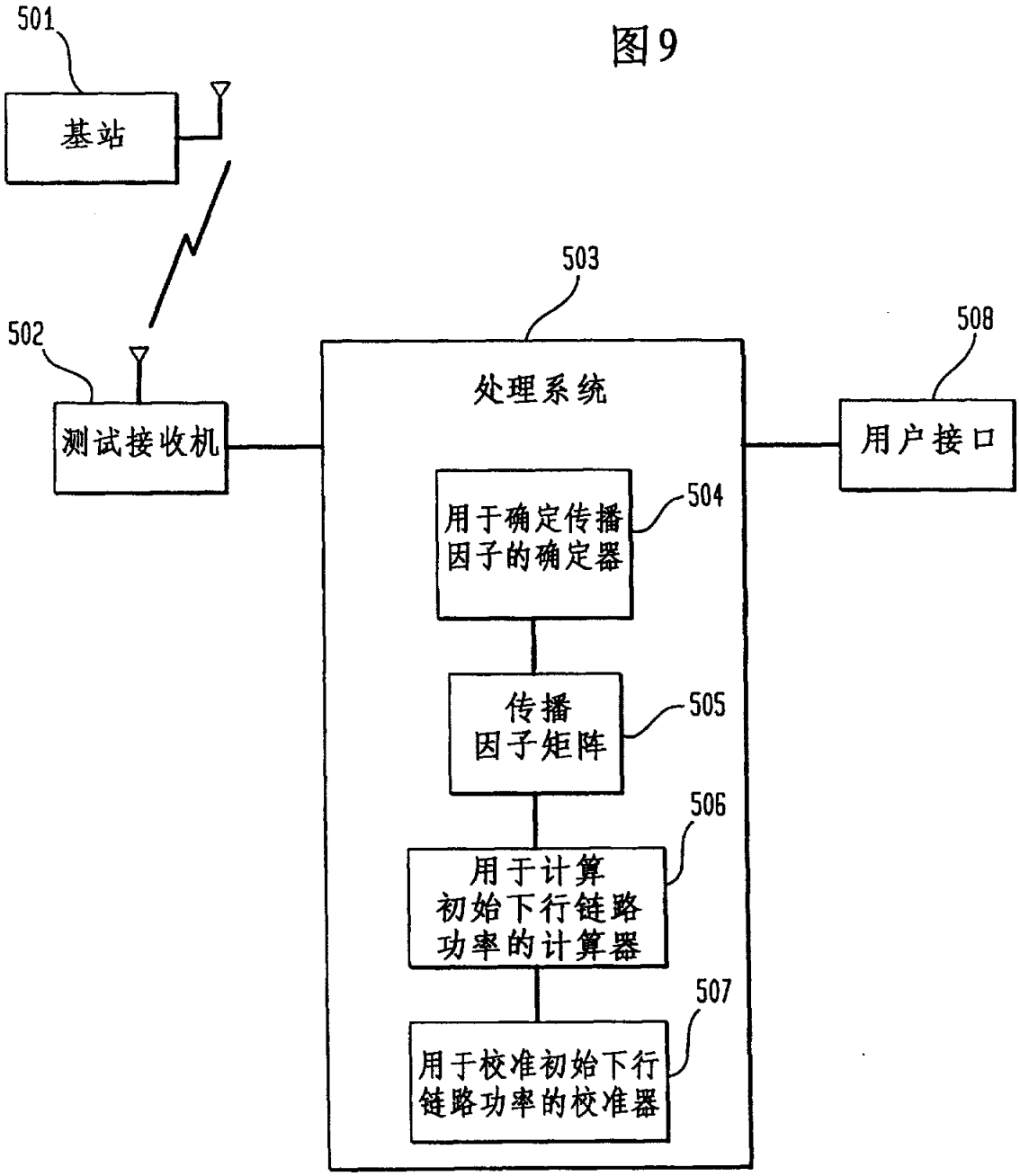

0
-5
-10
-15
-20
-25
-30
-35
-40
-45
载波干扰比
(C/I) (dB)
1
5
9
13
17
21
25
29
33
37
41
45
49
53
57
61
65
69
73
77
81
85
89
93
97
101
测量位置
BS 1
BS 2
BS 3
BS 4

图9


501
基站
502
测试接收机
503
处理系统
504
用于确定传播因子的确定器
505
传播因子矩阵
506
用于计算初始下行链路功率的计算器
507
用于校准初始下行链路功率的校准器
508
用户接口