



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 1881834 B

(45) 授权公告日 2015.05.20

(21) 申请号 200610095607.8

审查员 孙成玉

(22) 申请日 2006.06.19

(30) 优先权数据

05253784.2 2005.06.17 EP

(73) 专利权人 富士通株式会社

地址 日本神奈川县川崎市

(72) 发明人 迈克尔·约翰·哈特

(74) 专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司 11127

代理人 黄纶伟

(51) Int. Cl.

H04W 52/34(2009.01)

H04W 52/38(2009.01)

H04W 52/46(2009.01)

(56) 对比文件

US 4261054 A, 1981.04.07, 全文.

WO 03044970 A2, 2003.05.30, 全文.

同上.

WO 0150635 A1, 2001.07.12, 说明书摘要、说明书第4页第10行-第8页第4行、附图6b.

US 2004219876 A1, 2004.11.04, 全文.

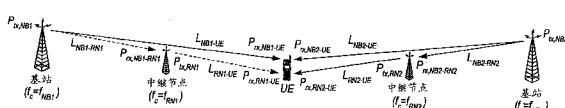
权利要求书4页 说明书28页 附图15页

(54) 发明名称

通信系统

(57) 摘要

本发明涉及一种无线通信系统和用于从源设备通过至少一个中间设备向目的地设备发送信号的相关方法和设备。具体地，本发明涉及试图提高多跳通信系统中的数据吞吐量的技术。



1. 一种通信系统,其包括源设备、中间设备以及基站,所述源设备进行操作以经由所述中间设备向所述基站发送通信信号,所述基站包括指标导出装置,所述指标导出装置进行操作以导出在所述基站处接收到的通信信号的质量的一个或更多个指标,并且其中所述通信系统还包括:

i) 置于所述基站中的控制装置;

ii) 指标偏差检测装置,其进行操作以对由所述基站导出的一个所述指标相对于希望值的偏差进行检测;

iii) 确定装置,所述确定装置在检测到这种偏差之后进行操作,以确定将趋于使所述指标向所述希望值逼近的对所述中间设备的发送功率的所需改变,其中,所述确定装置还包括请求发送装置,所述请求发送装置进行操作以向所述控制装置发送对改变所述中间设备的发送功率的请求,

其中,所述中间设备包括进行操作以导出对在所述中间设备处接收到的通信信号的质量的指标的指标导出装置,其中,所述中间设备还进行操作以向所述基站的指标接收装置发送所述指标,其中,所述基站还包括不平衡检测装置,所述不平衡检测装置进行操作以对在由所述基站导出的指标与由所述中间设备导出的指标之间的不平衡进行检测,所述不平衡是指在对在所述基站处接收到的通信信号的质量的测度与对在所述中间设备处接收到的通信信号的质量的测度之间的差异,并且其中所述确定装置在由所述不平衡检测装置检测到这种不平衡之后进行操作,以确定将趋于减小这种不平衡的对所述源设备的发送功率的所需改变,其中,所述控制装置还在确定了所述改变之后进行操作,以向所述源设备发出命令,来命令根据所述所需改变来改变所述源设备的发送功率。

2. 根据权利要求 1 所述的通信系统,其中,所述源设备在收到命令之后并且其中所述命令是增大发送功率时进行操作,以基于所述源设备的最大发送功率来确定它是否能够执行所述命令。

3. 根据权利要求 2 所述的通信系统,其中,如果所述源设备确定它不能执行所述命令,则所述源设备进行操作以确定将趋于减小所述不平衡的对发送功率的修改的改变,并执行所述修改的改变。

4. 根据权利要求 1 所述的通信系统,其中,所述控制装置在向所述源设备发出了命令之后并且其中所述指令是增大发送功率时进行操作,以对由所述中间设备导出的所述指标进行监测,来确定是否已根据所述命令改变所述源设备的所述发送功率。

5. 根据权利要求 4 所述的通信系统,其中,如果确定尚未根据所述命令执行对所述源设备的发送功率的改变,则所述控制装置进行操作以禁止对所述中间设备的发送功率的任何随后的增大。

6. 根据权利要求 5 所述的通信系统,其中,如果禁止了对所述中间设备的发送功率的增大,并且如果所述不平衡检测装置未检测到随后的不平衡,则所述控制装置进行操作以允许对所述中间设备的发送功率的随后的增大。

7. 根据权利要求 5 所述的通信系统,其中,如果禁止增大所述中间设备的发送功率,并且如果所述不平衡检测装置检测到随后的不平衡,使得所述基站的所述控制装置向所述源设备发出命令,并且其中所述命令是减小发送功率,则所述控制装置进行操作以允许随后增大所述中间设备的发送功率。

8. 根据权利要求 5 所述的通信系统, 其中, 如果禁止增大所述中间设备的发送功率, 并且如果所述不平衡检测装置检测到随后的不平衡, 使得所述基站的所述控制装置向所述源设备发出命令请求, 并且其中所述命令是由所述源设备执行的对发送功率的增大, 则所述控制装置进行操作以允许随后增大所述中间设备的发送功率。

9. 一种通信系统, 其包括源设备、中间设备以及基站, 所述源设备进行操作以经由所述中间设备向所述基站发送通信信号, 其中所述基站和所述中间设备中的每一个都包括: 指标导出装置, 其进行操作以导出对分别在所述基站或所述中间设备处接收到的通信信号的质量的一个或更多个指标, 所述通信系统还包括:

iv) 不平衡检测装置, 其进行操作以对在由所述基站导出的一个所述指标与由所述中间设备导出的一个所述指标之间的不平衡进行检测, 所述不平衡是指在对在所述基站处接收到的通信信号的质量的测度与对在所述中间设备处接收到的通信信号的质量的测度之间的差异;

v) 确定装置, 所述确定装置在由所述不平衡检测装置检测到这种不平衡之后进行操作, 以确定将趋于减小这种不平衡的对所述源设备的发送功率的所需改变; 以及

vi) 置于所述基站中的控制装置, 所述控制装置在确定了所述改变之后进行操作, 以向所述源设备发出命令, 来命令改变所述源设备的发送功率。

10. 根据权利要求 9 所述的通信系统, 其中, 由所述中间设备和所述基站中的每一个导出的一个所述指标包括对分别在所述中间设备或所述基站处接收到的通信信号的强度的测度。

11. 根据权利要求 9 所述的通信系统, 其中, 由所述中间设备和所述基站中的每一个导出的一个所述指标包括对分别在所述中间设备或所述基站处接收到的通信信号的信号一干扰加噪声比的测度。

12. 根据权利要求 9 所述的通信系统, 其中, 所述中间设备进行操作以向所述不平衡检测装置发送所述指标。

13. 根据权利要求 9 所述的通信系统, 其中, 所述源设备在收到命令之后并且其中所述命令是增大发送功率时进行操作, 以基于所述源设备的最大发送功率确定它是否能够执行所述命令。

14. 根据权利要求 13 所述的通信系统, 其中, 如果所述源设备确定它不能执行所述命令, 则所述源设备进行操作以确定将趋于减小所述不平衡的对发送功率的修改的改变, 并执行所述修改的改变。

15. 根据权利要求 12 所述的通信系统, 其中, 在向所述源设备发出了命令之后并且其中所述命令是增大发送功率时, 所述控制装置进行操作以对由所述中间设备导出的所述指标进行监测, 以确定是否已根据所述命令改变所述源设备的所述发送功率。

16. 根据权利要求 15 所述的通信系统, 其中, 如果确定尚未根据所述命令执行对所述源设备的发送功率的改变, 则所述控制装置进行操作以禁止对所述中间设备的发送功率的任何随后的增大。

17. 根据权利要求 16 所述的通信系统, 其中, 如果禁止了对所述中间设备的发送功率的增大, 并且如果所述不平衡检测装置未检测到随后的不平衡, 则所述控制装置进行操作以允许对所述中间设备的发送功率的随后的增大。

18. 根据权利要求 16 所述的通信系统, 其中, 如果禁止增大所述中间设备的发送功率, 并且如果所述不平衡检测装置检测到随后的不平衡, 使得所述基站的所述控制装置向所述源设备发出命令, 并且其中所述命令是减小发送功率, 则所述控制装置进行操作以允许随后增大所述中间设备的发送功率。

19. 根据权利要求 16 所述的通信系统, 其中, 如果禁止增大所述中间设备的发送功率, 并且如果所述不平衡检测装置检测到随后的不平衡, 使得所述基站的所述控制装置向所述源设备发出命令, 并且其中所述命令是由所述源设备执行的对发送功率的增大, 则所述控制装置进行操作以允许随后增大所述中间设备的发送功率。

20. 根据权利要求 1 所述的通信系统, 其中, 所述中间设备包括再生中继节点。

21. 一种用于对在多跳通信系统中的源设备的发送功率进行控制的方法, 所述多跳通信系统包括源设备、基站以及至少一个中间设备, 所述源设备进行操作以经由所述中间设备向所述基站发送通信信号, 所述方法包括以下步骤:

i) 在所述基站和所述中间设备中的每一个处导出对分别在所述基站处或在所述中间设备处接收到的通信信号的质量的一个或更多个指标;

ii) 对在由所述基站导出的一个所述指标与由所述中间设备导出的一个所述指标之间的不平衡进行检测, 所述不平衡是指在对在所述基站处接收到的通信信号的质量的测度与对在所述中间设备处接收到的通信信号的质量的测度之间的差异;

iii) 确定将趋于减小这种不平衡的对所述源设备的发送功率的所需改变; 以及

iv) 向所述源设备发出命令, 来命令改变所述源设备的发送功率。

22. 一种基站, 其进行操作以经由一个或更多个中间设备接收来自源设备的通信信号, 所述基站包括:

i) 指标导出装置, 其进行操作以导出对在所述基站处接收到的通信信号的质量的一个或更多个指标;

ii) 指标偏差检测装置, 其进行操作以对由所述指标导出装置导出的所述指标或所述多个指标中的一个相对于希望值的偏差进行检测;

iii) 确定装置, 所述确定装置在由所述指标偏差检测装置检测到这种变化之后进行操作, 以确定将趋于使所述指标向所述希望值逼近的对所述中间设备的发送功率的所需改变, 所述确定装置进行操作以向所述控制装置发送对改变所述中间设备的发送功率的请求;

iv) 控制装置, 其进行操作以从所述确定装置接收这种请求,

所述基站还包括:

i) 接收装置, 其进行操作以接收由所述中间设备导出的指标, 该指标表示在所述中间设备处接收到的通信信号的质量;

ii) 不平衡检测装置, 其进行操作以对在由所述基站导出的指标与从所述中间设备接收到的指标之间的不平衡进行检测, 所述不平衡是指在对在所述基站处接收到的通信信号的质量的测度与对在所述中间设备处接收到的通信信号的质量的测度之间的差异;

其中, 所述确定装置在由所述不平衡检测装置检测到这种不平衡之后进行操作, 以确定趋于减小这种不平衡的对所述源设备的所述发送功率的所需改变, 所述控制装置还在确定了所述所需改变之后进行操作, 以向所述源设备发出命令, 来命令改变所述源设备的发

送功率。

23. 根据权利要求 22 所述的基站, 其中, 所述控制装置还包括进行操作以接收输入信号的输入信号接收装置, 所述输入信号使得所述控制装置能够确定是否禁止增大所述中间设备的发送功率。

24. 一种基站, 其进行操作以经由一个或更多个中间设备接收来自源设备的通信信号, 所述基站包括 :

i) 指标导出装置, 其进行操作以导出对在所述基站处接收到的通信信号的质量的一个或更多个指标;

ii) 指标接收装置, 其进行操作以从所述中间设备接收一个或更多个指标, 其中, 所述或每个指标表示在所述中间设备处接收到的通信信号的质量;

iii) 不平衡检测装置, 其进行操作以对在由所述基站导出的指标与从所述中间设备接收到的指标之间的不平衡进行检测, 所述不平衡是指在对在所述基站处接收到的通信信号的质量的测度与对在所述中间设备处接收到的通信信号的质量的测度之间的差异;

iv) 确定装置, 所述确定装置在由所述不平衡检测装置检测到这种不平衡之后进行操作, 以确定将趋于减小这种不平衡的对所述源设备的发送功率的所需改变; 以及

v) 控制装置, 所述控制装置在确定了所述改变之后进行操作, 以向所述源设备发出命令, 来命令改变所述源设备的发送功率。

25. 根据权利要求 24 所述的基站, 其中, 在向所述源设备发出了命令并且其中所述指令是增大发送功率时, 所述控制装置进行操作以对由所述中间设备导出的所述信号强度指标进行监测, 以确定是否已根据所述命令改变了所述源设备的所述发送功率。

26. 根据权利要求 25 所述的基站, 其中, 如果确定尚未根据所述命令执行对所述源设备的发送功率的改变, 则所述控制装置进行操作以禁止对所述中间设备的发送功率的任何随后的增大。

## 通信系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种无线通信系统和用于从源设备通过至少一个中间设备向目的地设备发送信号的相关方法。具体地，本发明涉及试图提高多跳通信系统中的数据吞吐量的技术。

### 背景技术

[0002] 公知的是，由于无线电通信在通过空间传播时的散射或吸收而出现的传播损耗（或“路径损耗”）导致信号的强度减小。影响在发送器与接收器之间的路径损耗的因素包括：发送器天线高度、接收器天线高度、载波频率、地物干扰（clutter）类型（城市、郊区、农村）、诸如高度、密度、间隔、地形类型（丘陵、平坦）的地貌详情。可以通过下式对发送器与接收器之间的路径损耗 L(db) 进行建模：

$$L = b + 10n \log d \quad (A)$$

[0004] 其中 d(m) 是发送器 - 接收器间隔，b(db) 和 n 是路径损耗参数，由  $1 = 10^{(L/10)}$  给出绝对路径损耗。

[0005] 图 1A 例示了一种单小区双跳无线通信系统，其包括基站（在 3G 通信系统的环境下被称为“节点-B”（NB））、中继节点（RN）以及用户设备（UE）。在通过下行链路（DL）从基站经由中继节点（RN）向目的地用户设备（UE）发送信号的情况下，基站包括源设备（S），而用户设备（UE）包括目的地设备（D）。在通过上行链路（UL）从用户设备（UE）经由中继节点向基站发送通信信号的情况下，用户设备包括源设备，而基站包括目的地设备。中继节点是中间设备（I）的示例，并包括：接收器，可进行操作以从源设备接收信号；和发送器，可进行操作以将该信号或其导出信号发送给目的地设备。

[0006] 下表 I 给出了对不同的链路（源到目的地（SD）、源到中间（SI）以及中间到目的地（ID））发送的信号计算出的路径损耗的一些示例：在多跳发送系统中，其中假设在这些链路中的每一个上 b 和 n 保持不变。

b(dB)	n	间隔 (m)			路径损耗 (dB)			绝对路径损耗		
		SD	SI	ID	SD	SI	ID	SD	SI	ID
15.3	3.76	1000	500	500	128.1	116.8	116.8	6.46E12	4.77E11	4.77E11
15.3	3.76	1000	600	600	128.1	119.76	119.76	6.46E12	9.46 E11	9.46 E11
15.3	3.76	1000	700	700	128.1	122.28	122.28	6.46E12	1.69E12	1.69E12

[0007]

表 I

[0008] 以上计算出的示例表明，在间接链路 SI+ID 上经历的绝对路径损耗之和可能小于在直接链路 SD 上经历的路径损耗。换句话说，可能的是：

$$L(SI) + L(ID) < L(SD) \quad (B)$$

[0010] 因此将单个传输链路分成两个更短的传输段利用了在路径损耗与距离之间的非线性关系。根据使用公式 (A) 对路径损耗的简单的理论分析，可以理解，如果从源设备经由

中间设备（例如中继节点）向目的地设备发送信号，而不是从源设备直接向目的地设备发送，则应当可以实现总路径损耗的降低（从而实现信号强度的增强或增益，由此增大数据吞吐量）。如果实现了这种降低，那么多跳通信系统可能可以降低发送器的发送功率，这使得容易进行无线发送，这将使得降低干扰级并减对电磁辐射的暴露。

[0011] 显然，由于在路径损耗与距离之间的非线性关系，与源设备与目的地设备之间的直接或单跳发送相比，中间设备相对于源设备和目的地设备的位置对多跳发送可能得到的增益有关键性影响。图 2A 例示了这一点，图 2A 示出了通过多跳发送可能实现的理论增益的曲线图表示，并绘出了总功率损耗 (dB) 相对于中间设备在源设备与目的地设备之间的相对归一化位置的关系。

[0012] 首先考虑中间节点位于源与目的地之间的直接链路的线路上的情况（在此情况下路径扩展因子 ( $s = 1$ )，可以看到，潜在增益随着中继节点离开中途位置向源或目的地设备移动而减小。类似地，由于中间设备的位置离开直接链路的线路，因而扩展了两个传输段的路径长度的总和（并且路径扩展因子增大到  $s = 1.1, s = 1.2$  等），可以看到，理论增益的曲线区也减小了。

[0013] 然而，为测试多跳通信系统的可应用性而执行的模拟已揭示出数据吞吐量的增益出乎意料地低。实际上，所获得的增益远低于通过基于路径损耗公式 A 的简单分析所给出的潜在增益。因此，尽管就信号范围扩展、在源与目的地之间发送信号所需的总发送功率可能降低、以及否则不可达节点的连接性方面多跳系统可以展现出潜在优势，但是阻止了无线系统运营商实现多跳网络。

[0014] 在所预测的增益与模拟的增益之间存在的这种差异的一个原因是：先前的预测基于在所有链路上路径损耗参数  $b$  和  $n$  相同的假设。在实际情况中，这些值由于源设备和目的地设备的天线高度与中继节点的高度相比的结果而变化。由此，下表 II 给出了更实际的值的表。通过对由 3GPP 使用的模型进行调节，以将中间设备的天线高度典型地是在源设备与目的地设备处的天线高度之间的某个高度的事实考虑进来，获得了标以 3GPP 的值。从由布里斯托尔大学基于布里斯托尔市的典型部署进行的建模得到了标以 UoB 的值。

路径损耗参数		链路		
		S-D	S-I	I-D
3GPP	$b(\text{dB})$	15.3	15.5	28
	$n$	3.76	3.68	4
UoB	$b(\text{dB})$	13.07	16.29	10.04
	$n$	4.88	4.64	5.47

[0015]

表 II

[0016] 图 2B 示出了使用在表 II 中列出的路径损耗参数计算出的总路径损耗与归一化的中继节点位置之间的关系的曲线图示。可以看到，当使用更实际的路径损耗参数组来计算在调节理论中继节点的位置的情况下总路径损耗的变化时，没有得到图 2A 的理想的“钟形”。实际上，增益区减小了，并且可以显见，中继节点或用户设备的位置的相对小的变化（其导致了通信链路上的绝对路径损耗的变化）会对接收设备处的通信信号质量产生显著

影响。由此,与在源与目的地之间的直接发送相比,如果要通过引入多跳发送来实现增益,则中间设备或中继节点的位置是关键所在。

[0017] 然而,即使基于对在真实世界中可能遇到的路径损耗参数的更准确的反映来进行预测,对多跳系统的模拟也揭示出在所预测的增益与模拟的增益之间的对应性出乎意料地差。

## 发明内容

[0018] 本发明的多个实施例试图提供一种包括源设备、目的地设备以及至少一个中间设备的通信系统,其中,所述源设备和所述或每个中间设备均包括发送器,所述发送器可进行操作以沿向所述目的地设备的通信方向发送通信信号或从所述通信信号导出的信号,并且其中所述目的地设备和所述或每个中间设备均包括接收器,所述接收器可进行操作以接收所述通信信号或从所述通信信号导出的信号,其中所述通信系统包括确定装置,所述确定装置可进行操作以确定对分配给所述多个发送器中的一个或更多个的资源的测度或对所述测度的改变,对所述测度的改变将趋于在以下多个测度之间基本上获得或保持平衡:

[0019] i) 对在所述目的地设备处接收到的所述通信信号的质量的测度;和

[0020] ii) 对在所述或每个中间设备处接收到的所述通信信号的质量的测度。

[0021] 当然,应当理解,由所述目的地设备实际接收到的所述通信信号可以是由所述源设备发送的通信信号,或者可以是从所述通信信号导出的通信信号。

[0022] 因此,本发明的多个优选实施例试图在以下两个测度之间保持或实现“平衡”:对在所述或每个中间设备处接收到的通信信号的质量的测度,和对在目的地设备处接收到的通信信号的质量的测度。优选地,在实现了本发明的本通信系统中,所述确定装置可进行操作以确定对可进行操作以发送通信信号的一个或更多个设备的发送功率的改变,以减小或基本上防止在以下两个测度之间的不平衡(即,实现或保持大致“平衡”):对在所述中间设备处接收到的通信信号的质量的测度,和对在目的地设备处接收到的通信信号的质量的测度。

[0023] 根据将对在所述目的地设备处接收到的通信信号的质量的测度与对在所述中间设备或所述多个中间设备中的一个处接收到的通信信号的质量的测度进行的直接比较,可以显见在实现了本发明的通信系统中产生的不平衡的存在性。另选地,当通过映射函数进行比较时,可以显见不平衡。因此,可能存在对相等值的测度并不等同于平衡系统的情况,并且类似地可能存在对不同值的测度可能等同于平衡系统的情况。

[0024] 可以设想,在对多跳系统进行部署之前,可以将本发明的多个实施例用于使系统最优化并且 / 或者使以下两个测度基本上平衡:对在所述或每个中间设备处接收到的通信信号的质量的测度,和对在所述目的地设备处接收到的通信信号的质量的测度。还可以设想,可以在现有多跳系统中实现本发明的多个实施例,以试图在所有链路上的对通信信号的质量的测度中实现并保持“平衡”。由此,可以在多跳通信系统中使用本发明,以在对在所述目的地设备处的 RSS 或 SINR 的指标与对在所述或每个中间设备处的 RSS 或 SINR 的指标之间建立大致“平衡”。对于可进行操作以在多跳系统中接收通信信号的所述多个设备中的一个,有利的是,可以针对目标接收信号质量对发送功率进行初始优化。该设备通常是目的地设备。由此,当根据本发明的多个实施例对系统进行了优化时,对在目的地处接收到的通

信信号的质量与目标接收信号质量的差异的测度的指标（“与目标的差异”指标）将有利地最小。然后，如果检测到与目标指标的差异的变化，这可以是正或负的感测，例如，如果通信信号的质量劣化或改进了，或者如果针对设备设置的目标改变了，则与目标指标的差异将增大。在此情况下，使得可以检测到与目标指标的差异与希望值的偏差的本发明的多个实施例将有利地试图使与目标指标的差异向该希望值逼近。

[0025] 对实现了本发明的多跳通信系统的模拟已表明，在其中直接向目的地设备发送信号的系统上获得了显著的增益。实际上，为了测试本发明一优选实施例而执行的系统级模拟的结果显示：可以期望在本发明的环境下的“平衡的”通信系统能够实现与多跳传输相关的优点并对数据吞吐量提供改进。

[0026] 可以认为，对由本发明的多个优选实施例表明的改进的吞吐量的一个解释是：它们允许多跳系统所需的绝对发送功率的降低。以下对此进行更详细的考虑。

[0027] 从以上已论证的原理开始，通过将单个直接传输链路拆分成两个更短的传输链路，实现了信号所经历的总路径损耗的减小。因而，从源设备经由至少一个中间设备向目的地设备发送通信信号所需的总发送功率将小于在源设备与目的地设备之间直接发送该通信信号所需的总发送功率。由此，需要更小的发送功率来确保目的地设备（可能还有中间设备）接收到最小或“目标”信号质量。如果不对发送功率进行调节，则会导致显著的多余发送功率（即，超出在目的地设备和 / 或中间设备处实现良好的或目标信号质量所需的发送功率的发送功率）。与在源设备与目的地设备之间的直接通信相比，该多余发送功率非但不会进一步增大多跳通信所实现的增益，反而只会增大导致通信链路的质量劣化的干扰级。这种劣化将趋于抵消多跳系统的潜在增益，这是先前考虑的多跳通信系统的差模拟结果的原因所在。

[0028] 此外，在（例如）双跳网络上的总吞吐量受到以下两者中的较小者的限制：在中间设备处接收到的数据分组的数量和在目的地设备处接收到的数据分组的数量。在接收器处接收到的数据分组的数量取决于在该接收器处终止的通信链路的质量。例如，以下测度可以反映该质量：对吞吐量的测度、对接收信号强度（RSS）的测度或者对信号一干扰加噪声比（SINR）的测度。因此，实际上，在多跳系统中接收到最低质量通信信号的接收器形成了数据分组传输的“瓶颈”，从而浪费了该多跳系统内的其他链路上的数据传送的容量。对不用于提高所述最低质量通信信号的发送器处的发送功率的增加将导致附加多余的发送功率。结果，系统性能会发生进一步的劣化。图 9A 和 9B 例示了这一点，图 9A 和 9B 针对源设备（NB）的发送功率，绘制了与由单跳系统的用户观察到的平均分组吞吐量增益相比由双跳系统的用户观察到的平均分组吞吐量增益的变化。每个曲线图都包括 4 个不同的曲线，每个都表示中间设备的不同的发送功率。可以看出，当基站的发送功率增大为超出最优点时，将发生显著的增益劣化，尽管以更大的信号能量进行了发射。

[0029] 因此可以理解，本发明多个优选实施例进行的改进可以有助于本发明的各种方面试图确保减小或防止在以下两个测度之间的任何不平衡的方式：对在所述目的地设备处接收到的通信信号的质量的测度，和对在所述或每个中间设备处接收到的通信信号的质量的测度。由此，使不能提高数据分组的吞吐量并且只会增大干扰级的多余的发送功率最小化。

[0030] 存在如下许多不同的事件，即，如果它们发生的话，它们可能在多跳系统中导致“不平衡”（即，在对在所述目的地设备处接收到的通信信号的质量的测度与对在所述或每

个中间设备处接收到的通信信号的质量的测度之间的差异) :

[0031] i) 在所述多条链路中的一个上产生的路径损耗变化了。这可能是由于该链路的发送器和接收器中的一个或两个的位置变化了,或者由于在发送器与接收器之间产生的环境条件或干扰级变化了。

[0032] ii) 通常,可进行操作以接收通信信号的设备具有目标 RSS 或目标 SINR。这通常由网络提供方来设置,并且可以依赖于通信系统或接收设备的特性而变化,或者依赖于要发送的数据类型而变化。移动电话或其他用户设备的目标 RSS/SINR 可能变化,并且通过按如下方式调节发送设备的发送功率可以适应目标的任何变化:趋于使对在目的地设备处接收到的通信信号的质量与目标接收信号质量的差异(即“与目标的差异”)的测度最小化。在多跳系统的情况下,若仅仅调节一个设备的发送功率以适应所述多个接收设备中的一个的目标的变化,则会导致在系统内的不平衡。

[0033] 本发明的多个实施例试图提供一种对(由于所述多个可能事件中的各事件的结果而产生的)不平衡或潜在不平衡进行响应的方式,以提高在上行链路(UL)上从源设备经由一个或更多个中间设备向基站发送的数据的吞吐量。在标准的通信系统中,上行链路是在 UE 与 NB 之间的链路。在多跳情况下,UL 是指其中向 NB 进行通信的链路(例如,UE 到 RN、RN 到 RN(沿 NB 方向)以及 RN 到 NB)。此外,本发明的多个实施例试图提供一种使多跳系统最优化的方式,通过该方式,基本上获得了由所述多个接收器中的一个或更多个设置的任何目标质量,并且使在各链路上的数据吞吐量基本上相等。

[0034] 根据本发明的第一方面,提供了一种包括源设备、中间设备以及基站的通信系统,所述源设备可进行操作以经由所述或每个中间设备向所述基站发送通信信号,所述基站包括指标导出装置,所述指标导出装置可进行操作以导出对在所述基站处接收到的通信信号的质量的一个或更多个指标,所述通信系统还包括:

[0035] i) 置于所述基站中的控制装置;

[0036] ii) 指标偏差检测装置,其可进行操作以对由所述基站导出的一个所述指标相对于希望值的变化进行检测;

[0037] iii) 确定装置,所述确定装置可在检测到这种变化之后进行操作以确定将趋于使所述指标向所述希望值逼近的对所述中间设备的发送功率的所需改变,其中,所述确定装置还包括请求发送装置,所述请求发送装置可进行操作以向所述控制装置发送对改变所述中间设备的发送功率的请求。

[0038] 有利的是,本发明的第一方面的多个实施例提供了一种通过计算对所述中间设备和所述源设备的新发送功率来对由所述基站导出的所述多个指标与希望值的偏差进行响应的方式,该偏差可能是由于以下原因而导致的:i) 在所述中间设备与所述基站之间的路径损耗的变化;或者 ii) 所述基站的目标的变化。有利的是,对发送功率的所需改变是相对于由所述指标偏差检测装置检测到的偏差度。

[0039] 根据本发明的第一方面的实施例,由所述基站导出的所述多个指标中的一个可以包括对在所述基站处接收到的通信信号的强度的测度(例如, RSS)。然而,优选地,由所述基站导出的所述多个指标中的一个包括对在所述基站处接收到的通信信号的信号—干扰加噪声比(SINR)的测度,并且 / 或者它可以包括对在所述基站处接收到的通信信号的质量与为所述基站设置的目标接收信号质量的差异的测度。对与目标的差异的指标可以是与目

标 RSS 的差异、与目标 SINR 的差异或与基于 RSS 与 SINR 的组合的目标的差异。如果与由所述基站导出的目标指标的差异发生了变化，则本发明的第一方面的多个实施例将试图使与目标指标的差异向希望值逼近。

[0040] 优选地，所述控制装置可在收到对所述中间设备的发送功率的改变的请求之后进行操作，以向所述中间设备发出命令，来命令改变所述中间设备的发送功率。有利的是，所述控制装置可以包括输入信号接收装置，所述输入信号接收装置可进行操作以接收一输入信号，所述输入信号使得所述控制装置可以确定是否禁止增大所述中间设备的发送功率。因此，如果对所述中间设备的发送功率的所需改变包括增大发送功率，并且所述控制装置可在由所述控制装置确定禁止增大所述中间设备的发送功率之后进行操作以忽略所述请求。然而，如果对所述中间设备的发送功率的所需改变包括增大发送功率，所述控制装置可在由所述控制装置确定不禁止增大所述中间设备的发送功率之后进行操作，以向所述中间设备发出命令，来命令改变所述中间设备的发送功率。优选地，所述中间设备包括可进行操作以从所述基站的所述控制装置接收这种命令的命令接收装置。根据一优选实施例，所述中间设备可进行操作，以基于所述中间设备的最大发送功率确定所述中间设备是否可以根据所述命令执行对发送功率的改变。然后，如果所述中间设备确定它不能根据所述命令执行对发送功率的改变，则所述中间设备可进行操作以确定可以由所述中间设备执行的对所述中间设备的发送功率的修改的改变。视情况而定，所述中间设备可进行操作以使得根据所述请求或所述修改请求来改变所述中间设备的发送功率。

[0041] 根据本发明的第二方面，提供了一种包括源设备、中间设备以及基站的通信系统，所述源设备可进行操作以经由所述或每个中间设备向所述基站发送通信信号，其中，所述基站和所述中间设备中的每一个都包括：指标导出装置，其可进行操作以导出对分别在所述基站或所述中间设备处接收到的通信信号的质量的一个或更多个指标，所述通信系统还包括：

[0042] i) 不平衡检测装置，其可进行操作以对在由所述基站导出的一个所述指标与由所述中间设备导出的一个所述指标之间的不平衡进行检测；和

[0043] ii) 确定装置，在由所述不平衡检测装置检测到这种不平衡之后，其可进行操作以确定对将趋于减小这种不平衡的对所述源设备的发送功率的所需改变；以及

[0044] iii) 置于所述基站中的控制装置，所述控制装置可在检测到所述改变之后进行操作，以向所述源设备发送命令，来命令改变所述源设备的发送功率。

[0045] 有利的是，本发明的第二方面的多个实施例提供了一种对所述源设备的发送功率进行调节以基本上恢复在以下两个测度之间的平衡的方式：对在所述基站处接收到的通信信号的质量的测度，和对在所述中间设备处接收到的通信信号的质量的测度。所述不平衡可能是由于在所述源设备与所述中间设备之间的路径损耗的变化而产生的。另选地，在由实现了本发明的第一方面的通信系统执行了对所述基站的目标质量指标的变化进行响应的操作之后，可能产生不平衡，这是因为，在（通过改变所述中间设备的发送功率）使与目标指标的差异恢复到它的原始测度的过程中，所述中间设备和所述基站设备的多个质量指标将不再平衡。

[0046] 根据本发明第二方面的多个实施例，由所述中间设备和所述基站中的每一个导出的一个所述指标包括对在所述基站或所述中间设备处分别接收到的通信信号的强度的测

度（例如，RSS）。然而，优选地，由所述中间设备和所述基站中的每一个导出的一个所述指标包括对在所述基站或所述中间设备处分别接收到的通信信号的信号—干扰加噪声比（SINR）的测度。

[0047] 优选地，在收到命令之后，并且其中所述命令是增大发送功率，所述源设备可进行操作以基于所述源设备的最大发送功率来确定它是否可以执行所述命令。如果所述源设备确定它不能执行所述命令，则所述源设备可进行操作以确定将趋于减小所述不平衡的对发送功率的修改的改变，并执行所述修改的改变。此外，在向所述源设备发出了命令并且所述命令是增大发送功率时，优选地，所述控制装置可进行操作以对由所述中间设备导出的指标进行监测，以确定是否已根据所述命令改变所述源设备的所述发送功率。如果确定尚未根据所述请求执行对所述源设备的发送功率的改变，则所述控制装置可进行操作以禁止对所述中间设备的发送功率的任何随后的增大。如果禁止增大所述中间设备的发送功率，并且如果所述不平衡检测装置未检测到随后的不平衡，则所述控制装置可进行操作以允许对所述中间设备的发送功率的随后的增大。如果禁止增大所述中间设备的发送功率，并且如果所述不平衡检测装置检测到随后的不平衡，使得所述基站的所述控制装置向所述源设备发出命令，并且其中所述命令是减小发送功率，则所述控制装置可进行操作以允许对所述中间设备的发送功率的随后的增大。此外，如果禁止增大所述中间设备的发送功率，并且如果所述不平衡检测装置检测到随后的不平衡，使得所述基站的所述控制装置向所述源设备发出命令，并且其中所述指令是可以由所述源设备来执行的对发送功率的增大，则所述控制装置可进行操作以允许对所述中间设备的发送功率的随后的增大。

[0048] 优选地，所述中间设备包括：接收器，其可进行操作以接收由所述源设备发送的信号；和发送器，其可进行操作以向所述目的地设备发送所接收到的信号或从所接收到的信号导出的信号。对信号进行的双工操作（以使由所述中间设备接收的通信信号与由所述中间设备发送的通信信号分开）可以是频分双工（FDD）或时分双工（TDD）。优选地，所述多个中间设备中的一个或更多个可以包括所谓的中继节点（RN）或中继站（RS）。中继节点能够接收其要到达的最终目的地不是该中继节点的信号，然后将该信号发送给下一节点，使得该信号向它要到达的目的地前进。中继节点可以是再生型的，其中，将所接收到的信号解码到位级，进行硬判决。如果发现所接收到的分组是错误的，则请求进行再发送，因此RN包括ARQ或H-ARQ。ARQ或H-ARQ是用于对再发送请求进行管理并随后接收再发送的信号的接收器技术。一旦成功地接收到分组，就接着基于并入RN中的任何无线电资源管理策略来安排向目的地进行再发送。另选地，中继节点可以是非再生型的，其中，在中继节点处对数据进行放大，并将信号转发给下一站。可以设想，移动电话或其他用户设备可以提供中间设备或中继节点的功能。

[0049] 本发明的第一和第二方面的多个实施例试图在不必显式地计算所述基站和中间设备的发送功率的情况下，通过分别对所述基站和所述中间设备的发送功率进行调节，来对在所述中间设备和所述目的地设备处的质量指标进行调节，根据本发明的第一和第二方面的多个实施例，优选地，使用再生型的中继节点（其中，将所接收到的信号解码到位级，进行硬判决）。再生中继节点可进行操作以接收由所述源设备发送的通信信号，并在向多跳系统中的下一站（其可以是目的地UE或另一中间设备）发送新信号之前将所述信号解码到位级。

[0050] 本发明的希望的目标是对分配给各发送设备的资源进行设置,使得在多跳系统中在各链路上的吞吐量相等。由于吞吐量是接收 SINR 的函数,因此,为了使在多跳链路上的吞吐量平衡,必须使在各节点处的接收 SINR 平衡。在再生中继器的情况下,在给定设备处的 SINR 不是在任何其他节点处的 SINR 的函数。当然,这假设在所有节点处的 SINR 性能相同。由此,可以确保:通过相对于在实际 SINR 与所需 SINR 之间的差异对发送功率进行简单的调节,可以实现所需的 SINR(其确保系统基本上是平衡的,并且满足在目的地处的目标 SINR)。此外,如果在一个设备处目标 SINR 发生了变化,则可以按相对于所需改变的方式对在所有节点处的发送功率进行调节。因此,不必计算实际发送功率,因而,有利的是,本发明的多个实施例的实现现在计算上很简单。可以设想,移动电话或其他用户设备可以提供中间设备或中继节点的功能。

[0051] 尽管本发明的多个实施例(其中使用再生中继器作为中间设备)只可以实际地进行操作,但是它们受益于对发送功率的相对简单的确定,这不需要执行显式计算。有利的是,通过相对于由指标偏差检测装置检测到的指标变化度对相关发送器的发送功率进行调节,来确定发送功率,以使经受了变化的指标恢复到它的值,从而使接收 SINR 平衡。

[0052] 此外,有利的是,本发明的多个实施例使得可以保持对发送功率的设置的集中控制,同时在中继站中只需要进行最少的处理。这对无线系统的运营商有益,因为这使控制保持在中央实体内,使得对网络的管理简单得多。此外,如果中继器开始发生故障,那么由于控制位于基站(或节点 B)中的事实,因此运营商可以进行矫正措施。此外,如果中间设备是移动或远程设备,则从减小功耗由此使电池寿命最大化的方面来说,使在中间设备中进行的处理保持最少的事实是有利的。

[0053] 视情况而定,本发明的第一和第二方面均将趋于减小或防止在不同情况下出现的或可能会出现的不平衡。例如,当在中间设备与基站之间的路径损耗发生了变化或者基站的目标发生了变化时可能会出现该情况。这些事件均会导致由基站导出的指标的变化,并且有利的是,可以由本发明第一方面的多个实施例来处理。优选地,实现了本发明第一方面的通信系统将包括偏差检测装置,该偏差检测装置始终对所述目的地设备的所述指标或所述多个指标中的一个进行监测。由此,可以快速地检测到由目的地设备导出的指标的任何变化或偏差。

[0054] 当在中间设备与基站之间的路径损耗发生了变化之后,仅仅第一方面就足以恢复在多跳系统上的平衡。然而,如上所述,如果在所述源设备与所述中间设备之间的路径损耗发生了变化(这可能是由于中间设备和/或源设备的位置的变化或者由于在中间设备与源设备之间出现了环境状况的变化),则这必须由本发明的第二方面的多个实施例来处理。此外,为了在由所述目的地设备设置的目标质量出现了变化之后恢复多跳通信系统的平衡,必须对所述中间设备和所述源设备的发送功率都进行调节。由此,为了处理所述目的地设备的目标质量指标的变化,优选地,提供了实现了本发明第一和第二方面的通信系统。优选地,周期性地执行本发明第二方面的所述不平衡检测。由此,根据本发明第一方面的优选实施例,所述中间设备包括可进行操作以导出对在所述中间设备处接收到的通信信号的质量的指标的指标导出装置,其中,所述中间设备还可进行操作以向所述基站的指标接收装置发送所述指标,其中,所述基站还包括不平衡检测装置,所述不平衡检测装置可进行操作以对在由所述基站导出的指标与由所述中间设备导出的指标之间的不平衡进行检测,并且其

中所述确定装置还可在由所述不平衡检测装置检测到这种不平衡之后进行操作以确定将趋于减小这种不平衡的对所述源设备的发送功率的所需改变,其中,所述控制装置还可在确定了所述改变之后进行操作,以向所述源设备发出命令,来命令根据所述所需改变来改变所述源设备的发送功率。

[0055] 优选地,在收到命令之后,并且其中所述命令是增大发送功率,所述源设备可进行操作以基于所述源设备的最大发送功率确定它是否可以执行所述命令。如果所述源设备确定它不能执行所述请求,则所述源设备可进行操作以确定将趋于减小所述不平衡的对发送功率的修改的改变,并执行所述修改的改变。

[0056] 优选地,在向所述源设备发出了命令之后并且其中所述命令是增大发送功率时,所述控制装置可进行操作以对由所述中间设备导出的所述指标进行监测,以确定是否已根据所述命令改变了所述源设备的所述发送功率。如果确定尚未根据所述命令执行对所述源设备的发送功率的改变,则所述控制装置可进行操作以禁止对所述中间设备的发送功率的任何随后的增大。如果禁止了对所述中间设备的发送功率的增大,并且如果所述不平衡检测装置未检测到随后的不平衡,则所述控制装置可进行操作,以允许对所述中间设备的发送功率的随后的增大。

[0057] 优选地,如果禁止增大所述中间设备的发送功率,并且如果所述不平衡检测装置检测到随后的不平衡,使得所述基站的所述控制装置向所述源设备发出命令,并且其中所述命令是减小发送功率,则所述控制装置可进行操作以允许随后增大所述中间设备的发送功率。如果禁止增大所述中间设备的发送功率,并且如果所述不平衡检测装置检测到随后的不平衡,使得所述基站的控制装置向所述源设备发出命令请求,并且其中所述命令是可以由所述源设备执行的对发送功率的增大,则所述控制装置可进行操作以允许随后增大所述中间设备的发送功率。

[0058] 可能会出现这样的情况:通过在中间设备与基站之间的路径损耗基本上同时的变化,适应了基站设备的目标的变化。由此,在此情况下,基站不会产生对改变中间设备的发送功率的请求。实现了本发明第二方面的通信系统可以处理该相对罕见的情况,因为对在所述中间设备与所述基站之间经历的路径损耗的测度的变化会导致在由所述中间设备与目的地设备导出的所述多个信号质量指标之间的不平衡,而所述不平衡检测装置将检测到该不平衡。然后,所述确定装置可进行操作以确定对基站的发送功率的改变,该改变是趋于减小在以下两个测度之间的不平衡所需要的:对在中间设备处接收到的通信信号的质量的测度,和对在基站处接收到的通信信号的质量的测度。

[0059] 根据本发明的第一方面的实施例,提供了一种用于对在多跳通信系统中的中间设备的发送功率进行控制的方法,所述通信系统包括源设备、基站以及至少一个中间设备,所述源设备可进行操作以经由所述或每个中间设备向所述基站发送通信信号,所述方法包括以下步骤:

[0060] i) 在所述基站处导出对在所述基站处接收到的通信信号的质量的一个或更多个指标;

[0061] ii) 对由所述基站导出的所述指标或所述多个指标中的一个与希望值的偏差进行检测;以及

[0062] iii) 确定将趋于使所述指标向所述希望值逼近的对所述中间设备的发送功率的

所需改变。

[0063] 根据本发明第二方面的实施例，提供了一种用于对在多跳通信系统中的源设备的发送功率进行控制的方法，所述多跳通信系统包括源设备、基站以及至少一个中间设备，所述源设备可进行操作以经由所述或每个中间设备向所述基站发送通信信号，所述方法包括以下步骤：

[0064] i) 在所述基站和所述中间设备中的每一个处导出对分别在所述基站处或在所述中间设备处接收到的通信信号的质量的一个或更多个指标；

[0065] ii) 对在由所述基站导出的一个所述指标与由所述中间设备导出的一个所述指标之间的不平衡进行检测；

[0066] iii) 确定将趋于减小这种不平衡的对所述源设备的发送功率的所需改变；以及

[0067] iv) 向所述源设备发出命令，来命令改变所述源设备的发送功率。

[0068] 根据本发明第一方面的另一实施例，提供了一种基站，其可进行操作以经由一个或更多个中间设备接收来自源设备的通信信号，所述基站包括：

[0069] i) 指标导出装置，其可进行操作以导出对在所述基站处接收到的通信信号的质量的一个或更多个指标；

[0070] ii) 指标偏差检测装置，其可进行操作以对由所述指标导出装置导出的所述指标或所述多个指标中的一个与希望值的偏差进行检测；

[0071] iii) 确定装置，所述确定装置可在由所述指标偏差检测装置检测到这种变化之后进行操作，以确定将趋于使所述指标向所述希望值逼近的对所述中间设备的发送功率的所需改变，所述第一确定装置可进行操作以向所述控制装置发送对改变所述中间设备的发送功率的请求；

[0072] iv) 控制装置，其可进行操作以从所述确定装置接收这种请求。

[0073] 有利的是，所述基站的控制装置还可以包括可进行操作以接收输入信号的输入信号接收装置，所述输入信号使得所述控制装置可以确定是否禁止增大所述中间设备的发送功率。

[0074] 优选地，所述基站还可以包括：

[0075] i) 接收装置，其可进行操作以接收由所述中间设备导出的指标，该指标表示在所述中间设备处接收到的通信信号的质量；

[0076] ii) 不平衡检测装置，其可进行操作以对在由所述基站导出的指标与从所述中间设备接收到的指标之间的不平衡进行检测；

[0077] 其中，所述确定装置可在由所述不平衡检测装置检测到这种不平衡之后进行操作，以确定趋于减小这种不平衡的对所述源设备的所述发送功率的所需改变，所述控制装置还可在确定了所述所需改变之后进行操作，以向所述源设备发出命令，来命令改变所述源设备的发送功率。

[0078] 根据本发明第二方面的另一实施例，提供了一种基站，其可进行操作以经由一个或更多个中间设备接收来自源设备的通信信号，所述基站包括：

[0079] i) 指标导出装置，其可进行操作以导出对在所述基站处接收到的通信信号的质量的一个或更多个指标；

[0080] ii) 指标接收装置，其可进行操作以从所述中间设备接收一个或更多个指标，其

中,所述或每个指标表示在所述中间设备处接收到的通信信号的质量;

[0081] iii) 不平衡检测装置,其可进行操作以对在由所述基站导出的指标与从所述中间设备接收到的指标之间的不平衡进行检测;

[0082] iv) 确定装置,所述确定装置可在由所述不平衡检测装置检测到这种不平衡之后进行操作,以确定将趋于减小这种不平衡的对所述源设备的发送功率的所需改变;以及

[0083] v) 控制装置,所述控制装置可在确定了所述改变之后进行操作,以向所述源设备发出命令,来命令改变所述源设备的发送功率。

[0084] 还提供了在实现了本发明的基站、在实现了本发明的中间设备或者在实现了本发明的目的地设备中执行的通信方法。

[0085] 本发明的多个实施例尤其适合于结构化多跳系统,该结构化多跳系统使用根据TDD或FDD双工操作的再生中继器,以将在中间设备处接收到的通信信号与从中间设备发送的信号分开。

[0086] 所述希望值可以是由所述目的地设备导出的对通信信号的质量的指标的值,当系统基本上平衡了(即,对在所述目的地设备处接收到的通信信号的质量的测度与对在所述或每个中间设备处接收到的通信信号的质量的测度相平衡)时,该值等于或接近由所述目的地设备设置的所述目标值。由此,有利的是,可以将本发明的第一方面的多个实施例用于使由所述目的地设备接收到的通信信号的质量保持等于或接近由所述目的地设备设置的所述目标值。然后,本发明的第二方面的多个实施例可能需要使系统最优化,以确保在所述目的地设备与所述或每个中间设备之间实现平衡。

[0087] 因此,应当理解,可以将所述指标偏差检测装置用于已平衡或最优化的系统。由此,将检测到与希望值的偏差(该偏差可能是由于改变了对在所述目的地设备处的通信信号的质量的测度而产生的事件而导致的),并确定对分配给先前中间设备的资源的所需改变。

[0088] 如果指标偏差是由于路径损耗的变化(使得由目的地接收到的通信信号的质量偏离了目标)而产生的,则有利的是,第一方面的多个实施例将通过调节先前中间设备的发送功率使系统恢复平衡。然而,如果指标偏差是由于由目的地设备设置的目标质量的变化而导致的,在可以有利地使用第一方面的多个实施例来调节所述中间设备处的发送功率(以使得可以获得新目标)的同时,需要第二方面的多个实施例,以通过确定对多跳系统中的其他发送器的发送功率的相对应的改变来恢复平衡。

[0089] 可以在使用任何多址技术的无线通信系统内实现本发明的多个实施例,这些多址技术包括但是不限于:频分多址(FDMA)、时分多址(TDMA)、码分多址(CDMA)以及正交频分多址(OFDMA)。在CDMA系统(其中所有发送都在相同的频带中进行,并且对各个传输分配唯一的信道化编码)的情况下,G<sub>p</sub>因子(也被称为处理增益)表示用于扩展发送信号的扩频因子或编码长度。在正交扩频编码的情况下,可以将使用多达GP个信道用于进行同时传输。

[0090] 应当理解,术语“用户设备”包括可进行操作以用于无线通信系统的任何设备。此外,尽管主要参照在当前公知的技术中使用的术语对本发明进行了描述,但是可以将本发明的多个实施例有利地应用于促进了在源与目的地之间经由中间设备发送通信信号的任何无线通信系统。

[0091] 在以上多个方面中的任一方面中,可以在硬件上实现各种特征,或者将其实现为在一个或更多个处理器上运行的软件模块,或它们的组合。本发明还提供了用于执行这里所描述的多个方法中的任何方法的操作程序(计算机程序和计算机程序产品)、以及其上存储有用于实现这里所描述的多个方法中的任何方法的程序的计算机可读介质。可以在计算机可读介质上存储实现了本发明的程序,或者其例如可以具有信号(如可以从因特网网站提供的可下载数据信号)的形式,或者其可以具有任何其他形式。

## 附图说明

[0092] 为了更好地理解本发明并示出如何实现本发明,将以示例的方式参照附图进行描述,在附图中:

[0093] 图 1A 例示了一种无线通信系统的单小区 / 中继模型;

[0094] 图 1B 例示了一种无线通信系统的双小区 / 中继模型;

[0095] 图 2A 和 2B 均示出了基于路径损耗公式(A)通过多跳通信系统可以实现的理论增益的曲线图表示;

[0096] 图 3 例示了实现了本发明第一方面的算法;

[0097] 图 4 例示了实现了本发明第二方面的算法;

[0098] 图 5 例示了实现了本发明第一和第二方面的基站的组成部分;

[0099] 图 6 例示了在具有非再生中继节点并使用 FDD 双工技术的多跳通信系统的情况下在源发送功率与中间发送功率之间的关系;

[0100] 图 7 例示了在具有非再生中继节点并使用 TDD 双工技术的多跳通信系统的情况下在源发送功率与中间发送功率之间的关系;

[0101] 图 8A 和 8B 例示了作为 RN 发送功率的函数的最优 NB 发送功率;

[0102] 图 9 示出了与由单跳系统的用户观测到的平均吞吐量增益相比由双跳系统的用户观测到的平均吞吐量增益的变化的曲线图示;以及

[0103] 图 10 例示了作为 RN 发送功率的函数的最优 NB 发送功率,其中假设与更短的多跳链路相比在源与目的地设备之间的通信链路具有 3dB 的增益。

## 具体实施方式

[0104] 下面参照图 3 对实现了本发明第一方面的实施例的算法的示例进行描述,其中,源设备包括用户设备(UE),中间设备包括再生型的中继节点(RN),并且目的地设备包括基站(NB)。基站对 SINR 进行持续的监测,并导出对 SINR 及其与目标 SINR 的差异的多个指标。

[0105] 在检测到由基站导出的指标与希望值的偏差之后执行以下序列,以确定将趋于使由目的地设备导出的指标回到所述希望值的对中间设备的发送功率的改变。

[0106] 将本算法的详情概括如下:

[0107] 上行链路算法 3:部分 1

[0108] 触发器:在 NB 中周期性地执行

[0109] 算法输入                           需求方                   来源

[0110] 请求改变 RN 发送功率           RN                   在 NB 中导出的并由 RN 保持的改变

- [0111] 阻碍增大 RN 发送功率 RN 在本算法的部分 2 中设置 / 清除阻止  
 [0112] 算法输出 导出 目的地和信令需求  
 [0113] 对 RN 发送功率的改变 相对改变 在 NB 导出的并由 RN 做出的相对改变  
 [0114] 1. 基站检测到对 SINR 的指标或对与目标 SINR 的差异的指标的使得在目的地设备处的 SINR 不满足其目标的变化。  
 [0115] 2. 目的地的确定装置确定对中间设备 (RN) 的发送功率的所需改变。  
 [0116] 3. 本地地向目的地设备的控制装置发送对改变 RN 发送功率的请求。  
 [0117] 4. 如果该请求是减小 RN 发送功率, 则控制装置向中间设备发出减小 RN 的发送功率的命令。  
 [0118] 5. 如果该请求是增大 RN 发送功率, 则控制装置检查当前是否存在禁止增大 RN 发送功率的禁止或阻止。然后：  
 [0119] 5a. 如果确定存在禁止, 则控制装置忽略该请求 ; 或者  
 [0120] 5b. 如果确定不存在禁止, 则控制装置向中间设备发出命令, 来命令增大 RN 的发送功率。  
 [0121] 6. RN 接收到来自 NB 的控制装置的命令, 并检查它是否可以根据该命令改变它的发送功率。然后：  
 [0122] 6a :如果 RN 确定它不能根据该命令改变它的发送功率, 则它确定对发送功率的修改的改变, 并根据该修改的发送功率来调节它的发送功率 ; 或者  
 [0123] 6b :如果 RN 确定它可以根据该命令改变它的发送功率, 则 RN 相应地改变它的发送功率。  
 [0124] 上述算法可应对其中在 RN 与 NB 之间的传播损耗变化了的情况和其中 NB 修改了其目标 RSS 或 SINR 的情况。为了对其中在 UE 与 RN 之间传播损耗变化了的情况和其中 NB 的目标和在 RN 与 NB 之间的传播损耗均变化了的情况进行处理, 使得不生成对改变 RN 发送功率的请求, 实现了本发明第二方面的实施例的算法如下所述地周期性地进行操作。  
 [0125] 将本算法的详情概括如下：  
 [0126] 上行链路算法 3 :部分 2  
 [0127] 触发器 :在 NB 中周期性地执行  
 [0128] 算法输入 需求方 来源  
 [0129] 在 NB 处的 SINR NB 在 NB 处已知  
 [0130] 在 RN 处的 SINR NB 从 RN 信令发送  
 [0131] 算法输出 导出 目的地和信令需求  
 [0132] 改变 UE 发送功率 相对改变 经由 RN 信令发送给 UE  
 [0133] 阻止对 RN 功率的增大 真 / 假测试 本算法的部分 1  
 [0134] 可以同以上参照图 4 讨论的算法一起周期性地执行本算法。另选地, 也可以在无线多跳通信系统中单独地执行本算法。  
 [0135] 本算法假设将在 NB 和 RN 处的对 SINR 的指标报告给 NB。  
 [0136] 1、NB 对来自 NB 和 RN 的 SINR 指标进行监测。然后：  
 [0137] 1a、如果发现它们变化了因而它们不平衡, 则 NB 的控制装置确定恢复 SINR 的平衡所需的对 UE 的发送功率的改变 ; 或者

[0138] 1b、如果发现它们是平衡的，则 NB 的控制装置解除对增大 RN 的发送功率的任何现有的禁止。

[0139] 2、控制装置通过中间设备向 UE 发出命令，来命令改变 UE 的发送功率。

[0140] 3、UE 从 NB 接收该命令，并确定它是否可以执行对发送功率的所需改变。然后：

[0141] 3a、如果确定 UE 不能执行所需改变，则 UE 确定对发送功率的修改的改变，并根据该修改的改变来改变它的发送功率；或者

[0142] 3b、如果确定 UE 可以执行所需改变，则 UE 根据所需改变来改变它的发送功率。

[0143] 4、如果由控制装置发出的命令是减小源设备的发送功率，则控制装置解除对增大 RN 的发送功率的任何现有的禁止。

[0144] 5、如果由控制装置发出的命令是增大发送功率，则控制装置对在中间设备处导出的 SINR 指标进行监测，以确定是否已实行对源设备的发送功率的所命令的改变。然后：

[0145] 5a、如果确定 UE 未实现该改变，则控制装置设置对进一步增大 RN 的发送功率的禁止；或者

[0146] 5b、如果确定 UE 实现了该改变，则控制装置解除对增大 RN 的发送功率的任何现有的禁止。

[0147] 图 5 示出了实现了本发明第一和第二方面的基站的组成部分，其包括：

[0148] 指标导出装置 (1)，其可进行操作以导出对在基站处接收到的通信信号的质量的一个或更多个指标；指标偏差检测装置 (2)，其可进行操作以对由基站导出的所述指标或所述多个指标中的一个的变化进行检测；指标接收装置 (3)，其可进行操作以接收由中间设备导出的指标；

[0149] 不平衡检测装置 (4)，其可进行操作以对在由指标导出装置导出的指标与由指标接收装置接收到的指标之间的不平衡进行检测；

[0150] 确定装置 (5)，其可进行操作，以在由指标偏差检测装置 (3) 检测到指标偏差之后并且 / 或者在由不平衡检测装置 (4) 检测到不平衡之后确定中间设备的发送功率的改变和 / 或源设备的发送功率的改变；以及

[0151] 控制装置 (6)，其可进行操作以从确定装置接收请求，并且该请求经受由控制装置执行的各种检查，以向中间设备和 / 或源设备发出命令，视情况而定，来命令分别改变中间设备和 / 或源设备的发送功率。

[0152] 在检测到不平衡并向源设备发出了增大源设备的发送功率的命令之后，如果控制装置 (6) 检测到增大源设备的发送功率的命令未得到满足，则控制装置可进行操作以禁止增大中间设备的发送功率（输出）。然后，在检测到由基站导出的指标的变化之后，并且在向中间设备发出增大中间设备的发送功率的命令之前，控制装置可进行操作以检查（输入）是否已设置对增大中间设备的发送功率的任何禁止。

[0153] 理论分析

[0154] 尽管本发明的多个实施例试图在不执行对实现所述平衡所需的发送功率的显示计算的情况下使由目的地设备和中间设备导出的多个质量指标平衡，但是以下理论分析（其推导了用于对在各种部署情形的多跳网络中包括的发送器件的最优发送功率进行显示计算的可能的解）对于理解本发明是有用的。尽管仅针对形成多跳网络中的下行链路的连接的情况求解了这些公式，但是很容易将它们改写成针对上行链路的情况进行推导。通

过采用与用于推出针对在接收节点处接收到的 SINR 的表达式相同的方法来实现这种改写, 其中, 发送节点此时是 UE 和 RN, 接收节点此时是 NB 和 RN。一旦获得了针对在 RN 和 NB 处接收到的 SINR 的表达式, 就可以将相同的方法用于各部署情形, 以确定 UE 和 RN 的最优发送功率设置。对于各部署情形, 在假设单小区模型和两小区模型的情况下获得理论解。在两小区模型的情况下, 假设两个小区中的部署相同, 并且在基站 (BS) 和中间设备 (I) 上的发送功率相同。还假设其中  $P_{tx\_tot, RN} = G_p P_{tx, RN}$  并且  $P_{tx\_tot, NB} = G_p P_{tx, NB}$  是适用的, 并且对于 TDD 的情况两个 RN 同时进行发送。对于两个小区, 这实际上造成了最差情况场景。

[0155] 根据对多跳系统 (即, 所述或每个中间设备 (I) 和目的地设备 (D)) 中的接收节点所经历的信号—干扰加噪声比 (SINR) 的考虑, 可以推演出理论解。在特定节点的 SINR 是对在该节点处接收到的通信信号的质量的测度, 并且是希望的信号的接收强度与不希望的信号 (噪声和干扰) 的接收信号强度之比。

[0156] 如前所述, 针对噪声和干扰所需的考虑取决于用于使在中间设备处接收到的信号与从中间设备发出的信号分离的双工方法、中间设备的特性, 并且还取决于所考虑的区间干扰级 (即, 来自相邻小区的干扰)。

[0157] 以下公式表示在所有场景下从中间设备向目的地设备发送的通信信号的 SINR, 其中, 根据中间设备 (例如, 非再生的或再生的) 和双工方法的类型, 可以忽略不同的项:

$$[0158] \quad SINR_{RN-UE} = \frac{G_p P_{tx, RN}}{L_{RN-UE} \left( N + \frac{P_{tx, RN}}{L_{RN-UE} SINR_{NB-RN}} + \frac{P_{tx\_tot, NB}}{L_{NB-UE}} \right)}$$

[0159] 对于 FDD 而非 TDD 的情况, 则去除括号中的第三项, 对于再生型而不是非再生型的情况, 去除括号中的第二项。

[0160] 在如图 1B 所示的两小区模型的情况下, 其成为:

[0161]

$$SINR_{RN-UE} = \frac{G_p P_{tx, RN1}}{L_{RN1-UE} \left( N + \frac{P_{tx, RN1}}{L_{RN1-UE} SINR_{NB1-RN1}} + \frac{P_{tx\_tot, NB1}}{L_{NB1-UE}} + \frac{P_{tx\_tot, NB2}}{L_{NB2-UE}} + \frac{P_{tx\_tot, RN2}}{L_{RN2-UE}} \right)}$$

[0162] (2) 中的括号中的头 3 项与 (1) 中的头 3 项相同。附加的后 2 项源自分别从相邻同信道 NB 和 RN 经历的干扰。显然, 如果相邻小区使用不同的频率或使用不同的时隙来进行中继传输, 则对该干扰进行建模所需的项将不同。应当理解, 可以将这些公式扩展到三小区模型或更多个区的模型, 以获得更高的精度级。

[0163] 下面针对从基站或节点 B(NB) 通过中间中继节点 (RN) 向目的地用户设备 (UE) 发送的 DL 发送的情况依次考虑各种可能的部署情形。

[0164] 1A. 如图 1A 所示的使用 FDD 的再生中继—单小区模型

[0165] 在此情况下, 由下式给出在连接到中间 RN 的目的地 UE 处的 SINR:

$$[0166] \quad SINR_{RN-UE} = \frac{G_p P_{tx, RN}}{L_{RN-UE} N} \quad (1)$$

[0167] 其中,  $G_p$  是处理增益,  $P_{tx, RN}$  是在 RN 处在感兴趣的信道上的发送功率,  $L_{RN-UE}$  是在 NB

到 RN 链路上的传播损耗, N 是噪声。注意这假设了不存在小区间干扰。

[0168] 由下式给出在中间 RN( 其可进行操作以从 NB 接收信号 ) 处的 SINR :

$$[0169] \quad SINR_{NB-RN} = \frac{G_p P_{tx,NB}}{L_{NB-RN} N} \quad (2)$$

[0170] 其中,  $P_{tx,NB}$  是在 NB 处在感兴趣的信道上的发送功率,  $L_{NB-RN}$  是在 RN 到 UE 链路上的传播损耗。同样, 假设不存在小区间干扰。

[0171] 在多跳链路上的总吞吐量将受到这两个 SINR 值中的较小者的限制, 因为这将限制向该实体发送数据的速率。导致 SINR 不平衡的对发送功率的任何增大将不会改善多跳系统的性能; 而只会导致浪费能量并且增大对任何同信道用户的干扰。

[0172] 因此, 假设在中间 RN 处的接收机和在目的地 UE 处的接收机的性能相同, 那么应当将在 NB 和 RN 处的发送功率设置成使得在 RN 和 UE 处的 SINR 相同。使用该标准来设置发送功率之比, 则由下式给出该比:

$$[0173] \quad \frac{P_{tx,NB}}{P_{tx,RN}} = \frac{L_{NB-RN}}{L_{RN-UE}} = \frac{b_1 s_1^{n_1}}{b_2 s_2^{n_2}} \quad (3)$$

[0174] 其中,  $b_1$  和  $n_1$  是 NB 到 RN 链路 ( 其长度为  $s_1$  ) 的路径损耗参数,  $b_2$ 、 $n_2$  以及  $s_2$  与 RN 到 UE 链路相关联。因此使用公式 (3), 可以在给出一个发送功率的情况下找到另一发送功率。

[0175] 1B. 如图 1B 所示的使用 FDD 的再生中继—两小区模型

[0176] 在此情况下, 在考虑由在其他小区中出现的发送导致的干扰的情况下, 可以导出发送功率公式。

[0177] 在此情况下在目的地 UE( 其可进行操作以从中间 RN 接收信号 ) 处的 SINR 为:

$$[0178] \quad SINR_{RN-UE} = \frac{G_p P_{tx,RN}}{L_{RN-UE} \left( N + \frac{G_p P_{tx,RN}}{L_{RN-UE}} \right)} \quad (4)$$

[0179] 通过将 (4) 和 (2) 设置为相等, 可以得到最优 NB 发送功率。因此:

$$[0180] \quad P_{tx,NB} = \frac{L_{NB-RN} N P_{tx,RN}}{L_{RN-UE} \left( N + \frac{G_p P_{tx,RN}}{L_{RN-UE}} \right)} \\ = \frac{L_{NB-RN} P_{tx,RN}}{\left( L_{RN-UE} + \frac{G_p P_{tx,RN}}{N} \right)} \quad (5)$$

[0181] 可以对 (5) 进行重新整理, 以得到给出了源 NB 发送功率的中间 RN 发送功率:

$$[0183] \quad P_{tx,RN} = \frac{L_{RN-UE}}{\left( \frac{L_{NB-RN}}{P_{tx,NB}} - \frac{G_p}{N} \right)} \quad (6)$$

[0184] 2A. 使用 TDD 的再生中继 : 单小区模型 - 图 1A

[0185] 假设两条链路（源到中间，中间到目的地）在同一频率上操作，使用 TDD 来使 RN 的接收与发送操作分离（即，不再是全双工）。如果 NB 不使用其中 RN 进行发送的时隙，则可以使用以上针对按照 FDD 双工方案的再生中继器的情况所描述的公式。然而，如果源 NB 使用与中间 RN 相同的时隙来与除 RN 以外的其他设备或节点进行通信，则将对由 RN 进行的传输产生干扰。在此情况下，由下式给出在目的地 UE（其可进行操作以从中间 RN 接收通信信号）处的 SINR：

$$\begin{aligned} [0186] \quad SINR_{RN-UE} &= \frac{G_p P_{tx,RN}}{L_{RN-UE}(N+I)} \\ &= \frac{G_p P_{tx,RN}}{L_{RN-UE} \left( N + \frac{P_{tx\_tot,NB}}{L_{NB-UE}} \right)} \end{aligned} \quad (7)$$

[0188] 其中， $P_{tx\_tot,NB}$  是从 NB 的总发送功率， $L_{NB-UE}$  是在 NB 到 UE 链路上的传播损耗。在此情况下，由下式给出在 RN 处确保了等 SINR 的发送功率：

$$[0189] \quad P_{tx,RN} = P_{tx,NB} \left( \frac{L_{RN-UE}}{L_{NB-RN}} \right) \left( 1 + \frac{P_{tx\_tot,NB}}{NL_{NB-UE}} \right) \quad (8)$$

[0190] 对公式 (3) 与公式 (8) 进行比较，显然，简单的比例不再得到理想的平衡。假设  $P_{tx\_tot,NB} = G_p P_{tx,NB}$ ，则可以将公式 (8) 写成：

$$\begin{aligned} [0191] \quad P_{tx,RN} &= P_{tx,NB} \left( \frac{L_{RN-UE}}{L_{NB-RN}} \right) \left( 1 + \frac{G_p P_{tx,NB}}{NL_{NB-UE}} \right) \\ [0192] &= \left( \frac{L_{RN-UE}}{L_{NB-RN}} \right) \left( P_{tx,NB} + \frac{G_p P_{tx,NB}^2}{NL_{NB-UE}} \right) \end{aligned} \quad (9)$$

[0193] 根据 (9)，可以确定给出了 NB 发送功率的理想的 RN 发送功率。值得指出的是，如果将系统结构布置成使得可忽略第二个括号中的第二项（即， $P_{tx\_tot,NB}/NL_{NB-UE} \ll 1$ ），则可以利用以上针对按照 FDD 双工方案的再生中继器的情况描述的标准。

[0194] 那么，根据 (9) 的根可以得到给出了某个 RN 发送功率的理想的 NB 发送功率。将 (9) 写成以下简化形式：

$$[0195] \quad \frac{L_{RN-UE}}{L_{NB-RN}} P_{tx,NB} + \frac{L_{RN-UE}}{L_{NB-RN}} \frac{G_p}{NL_{NB-UE}} P_{tx,NB}^2 - P_{tx,RN} = 0 \quad (10)$$

$$[0196] \quad ax^2 + bx + c = 0$$

[0197] 其中， $x = P_{tx,NB}$ ， $a = \frac{G_p L_{RN-UE}}{NL_{NB-RN} L_{NB-UE}}$ ， $b = \frac{L_{RN-UE}}{L_{NB-RN}}$  并且  $c = -P_{tx,RN}$ ，因此由下

[0198] 式给出 (10) 的根：

$$[0199] \quad x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \quad (11)$$

[0200] 由于发送功率是正数，所以只定义了一个根，因此由下式给出在 NB 处的确保了在

RN 与 UE 之间的等 SINR 的最优发送功率：

$$[0201] \quad x = P_{tx,NB} = \frac{-b + \sqrt{b^2 + 4aP_{tx,RN}}}{2a} \quad (12)$$

[0202] 最后, 可以使用以上定义将给出了最优 RN 发送功率的 (9) 改写成类似的简化形式：

$$[0203] \quad P_{tx,RN} = bP_{tx,NB} + aP_{tx,NB}^2 \quad (13)$$

[0204] 2A. 使用 TDD 的再生中继 : 如图 1B 所示的两小区模型

[0205] 除了假设在 NB 与 RN 中部署相同并且发送功率相同以外, 还假设其中  $P_{tx\_tot,RN} = G_p P_{tx,RN}$  并且  $P_{tx\_tot,NB} = G_p P_{tx,NB}$  是适用的, 并且对于 TDD 的情况两个 RN 同时进行发送。对于两个小区, 这实际上造成了最差情况场景。

[0206] 在此情况下, 在目的地 UE (其可进行操作以从中间 RN 接收信号) 处的 SINR 为 :

$$[0207] \quad SINR_{RN-UE} = \frac{G_p P_{tx,RN}}{L_{RN-UE} \left( N + \frac{2G_p P_{tx,NB}}{L_{NB-UE}} + \frac{G_p P_{tx,RN}}{L_{RN-UE}} \right)} \quad (14)$$

[0208] 通过将 (14) 和 (2) 设置为相等, 可以得到最优 NB 发送功率 :

$$[0209] \quad \frac{G_p P_{tx,NB}}{NL_{NB-RN}} = \frac{G_p P_{tx,RN}}{L_{RN-UE} \left( N + \frac{2G_p P_{tx,NB}}{L_{NB-UE}} + \frac{G_p P_{tx,RN}}{L_{RN-UE}} \right)}$$

$$[0210] \quad P_{tx,RN} = P_{tx,NB} \left( \frac{L_{RN-UE}}{L_{NB-RN}} \right) \left( 1 + \frac{2P_{tx\_tot,NB}}{NL_{NB-UE}} + \frac{P_{tx\_tot,RN}}{NL_{RN-UE}} \right)$$

$$[0211] \quad \left( \frac{L_{RN-UE}}{L_{NB-RN}} \right) \left( \frac{2G_p}{NL_{NB-UE}} \right) P_{tx,NB}^2 + \left( \frac{L_{RN-UE}}{L_{NB-RN}} \right) \left( 1 + \frac{G_p P_{tx,RN}}{NL_{RN-UE}} \right) P_{tx,NB} - P_{tx,RN} \quad (15)$$

[0212] 从以下方程的正根得到最优 NB 发送功率 :

$$[0213] \quad \left( \frac{L_{RN-UE}}{L_{NB-RN}} \right) \left( \frac{2G_p}{NL_{NB-UE}} \right) P_{tx,NB}^2 + \left( \frac{L_{RN-UE}}{L_{NB-RN}} \right) \left( 1 + \frac{G_p P_{tx,RN}}{NL_{RN-UE}} \right) P_{tx,NB} - P_{tx,RN} = 0 \quad (16)$$

[0214] 该正根由下式给出 :

$$[0215] \quad x = P_{tx,NB} = \frac{-b + \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \quad (17)$$

[0216] 其中, 在此情况下,  $a = \frac{2G_p L_{RN-UE}}{NL_{NB-RN} L_{NB-UE}}$ ,  $b = \frac{L_{RN-UE}}{L_{NB-RN}} \left( 1 + \frac{G_p P_{tx,RN}}{NL_{RN-UE}} \right)$  并且

[0217]  $c = -P_{tx,RN}$ , 因此 b 和 c 均为 RN 发送功率的函数。

[0218] 给出了 NB 发送功率之后, 可以对 (15) 进行重新整理以得到 RN 发送功率。因此由

下式给出最优 RN 发送功率：

$$[0219] \quad P_{tx,RN} = \frac{\left( \frac{2G_p}{NL_{NB-UE}} \frac{L_{RN-UE}}{L_{NB-RN}} \right) P_{tr,NB}^2 + \left( \frac{L_{RN-UE}}{L_{NB-RN}} \right) P_{tx,NB}}{1 - \left( \frac{G_p}{NL_{RN-UE}} \frac{L_{RN-UE}}{L_{NB-RN}} \right) P_{tx,NB}} \quad (18)$$

[0220] 3A. 使用 FDD 的非再生中继节点 (RN) —— 如图 1A 所示的单小区模型

[0221] 在本情况与结合 FDD 双工方案使用的再生中继节点的情况之间的不同之处在于：在 UE 处的 SINR 是在 RN 处的 SINR 的函数，其中，由下式给出在连接到 RN 的目的地 UE 处的 SINR：

$$[0222] \quad SINR_{RN-UE} = \frac{G_p P_{tx,RN}}{L_{RN-UE} \left( N + \frac{P_{tx,RN}}{L_{RN-UE} SINR_{NB-RN}} \right)} \quad (19)$$

[0223] 结果是，不再可以通过将在 UE 处的 SINR 设置为等于在 RN 处的 SINR 获得理想的平衡。根据 (19)，必须对 RN 处的 SINR 设置成使得它不再妨碍获得 UE 处的该目标 SINR。然而，必须对 NB 功率进行控制，以限制 RN 处的 SINR 超出实际需要的，否则会导致过大的干扰和发送功率的浪费。

[0224] 图 6 例示了对于两种不同的部署情形对 NB 和 RN 发送功率的设置如何影响在连接到 RN 的 UE 处的 SINR。

[0225] 由此，可以看出，最优解是：选择 NB 和 RN 的发送功率，使得系统实际上在图 6 所示的面的对角折线上操作。通过对 (19) 取一阶导数并找到增大 NB 或 RN 发送功率都会得到对 UE 处的 SINR 的最小的增大所在的点，可以获得这种解。

[0226] 为了确定 (19) 的一阶导数，将其改写成：

$$[0227] \quad SINR_{RN-UE} = \frac{G_p P_{tx,RN}}{L_{RN-UE} \left( N + \frac{P_{tx,RN}}{L_{RN-UE} \frac{G_p P_{tx,NB}}{NL_{NB-RN}}} \right)} \quad (20)$$

$$[0228] \quad = \frac{1}{\left( \frac{NL_{RN-UE}}{G_p P_{tx,RN}} \right) + \left( \frac{NL_{NB-RN}}{G_p^2 P_{tx,NB}} \right)}$$

[0229] 定义  $y = SINR_{RN-UE}$ ,  $k_1 = \frac{NL_{RN-UE}}{G_p}$  以及  $k_2 = \frac{NL_{NB-RN}}{G_p^2}$ ，可以将 (20) 简化为：

$$[0230] \quad y = \frac{1}{\frac{k_1}{P_{tx,RN}} + \frac{k_2}{P_{tx,NB}}} = \frac{P_{tx,NB}}{\frac{k_1 P_{tx,NB}}{P_{tx,RN}} + k_2} \quad (21)$$

[0231] 为了得到 SINR 随  $P_{tx,NB}$  的变化率, 利用微分的商法则 :

$$\frac{dy}{d(P_{tx,NB})} = \frac{k_2}{\left( \frac{k_1}{P_{tx,RN}} P_{tx,NB} + k_2 \right)} = \nabla_{NB} \quad (22)$$

[0233] 通过在给定的所需梯度和  $P_{tx,RN}$  的情况下针对  $P_{tx,NB}$  求解 (22), 可以得到最优 NB 发送功率 :

$$[0234] P_{tx,NB} = \frac{P_{tx,RN} \left( \sqrt{\frac{k_2}{\nabla_{NB}}} - k_2 \right)}{k_1} \quad (23)$$

[0235] 为了得到给出了 NB 的最优发送功率的最优 RN 发送功率, 下面关于  $P_{tx,RN}$  对 (21) 进行微分。在此情况下, 由下式给出一阶导数 :

$$[0236] \frac{dy}{d(P_{tx,RN})} = \frac{k_1}{\left( \frac{k_2}{P_{tx,NB}} P_{tx,RN} + k_1 \right)^2} = \nabla_{RN} \quad (24)$$

[0237] 因此给出了 NB 的最优发送功率的最优 RN 发送功率为 :

$$[0238] P_{tx,RN} = \frac{P_{tx,NB} \left( \sqrt{\frac{k_1}{\nabla_{RN}}} - k_1 \right)}{k_2} \quad (25)$$

[0239] 3B. 使用 FDD 的非再生中继节点 (RN) ——如图 1B 所示的两小区模型

[0240] 在两小区模型中, 由下式给出在小区边缘处的目的地 UE 的最差情况下的 SINR :

$$[0241] SINR_{RN-UE} = \frac{G_p P_{tx,RN}}{L_{RN-UE} \left( N + \frac{P_{tx,RN}}{L_{RN-UE} SINR_{NB-RN}} + \frac{G_p P_{tx,RN}}{L_{RN-UE}} \right)} \\ = \frac{1}{\left( \frac{NL_{RN-UE}}{G_p P_{tx,RN}} \right) + \left( \frac{NL_{NB-RN}}{G_p^2 P_{tx,NB}} \right) + 1} \quad (26)$$

[0243] 假设两个 RN 的发送功率相等, 两个小区的部署相同, 并且  $P_{tx,tot,RN} = G_p P_{tx,RN}$ , 则由下式给出了 (26) 的简化形式 :

$$[0244] SINR_{RN-UE} = \frac{1}{\frac{k_1}{P_{tx,RN}} + \frac{k_2}{P_{tx,NB}} + 1}$$

$$[0245] \quad = \frac{P_{tx,NB}}{\left( \frac{k_1}{P_{tx,RN}} + 1 \right) P_{tx,NB} + k_2} \quad (27)$$

[0246] 其一阶导数为：

$$[0247] \quad \frac{dy}{d(P_{tx,NB})} = \frac{k_2}{\left( \left( \frac{k_1}{P_{tx,RN}} + 1 \right) P_{tx,NB} + k_2 \right)^2} \quad (28)$$

[0248] 因此,可以由下式得到最优 NB 发送功率 :

$$[0249] \quad P_{tx,NB} = \frac{P_{tx,RN} \left( \sqrt{\frac{k_2}{\nabla}} - k_2 \right)}{k_1 + P_{tx,RN}} \quad (29)$$

[0250] 通过取 (27) 关于  $P_{tx,RN}$  的导数,可以得到最优 RN 发送功率 :

$$[0251] \quad \frac{dy}{d(P_{tx,RN})} = \frac{k_1}{\left( \left( \frac{k_2}{P_{tx,NB}} + 1 \right) P_{tx,RN} + k_1 \right)^2} \quad (30)$$

[0252] 由此可以通过下式得到最优 RN 发送功率 :

$$[0253] \quad P_{tx,RN} = \frac{P_{tx,NB} \left( \sqrt{\frac{k_1}{\nabla}} - k_1 \right)}{k_2 + P_{tx,NB}} \quad (31)$$

[0254] 4A. 使用 TDD 的非再生中继一如图 1A 所示的单小区模型

[0255] 除以下事实以外本情况类似于以上针对非再生型描述的情况 :这里必须考虑来自 NB 的干扰,这是因为 NB 按与 RN 相同的频率和时间进行发送。在此情况下,由下式给出在 UE 处的 SINR(其为由 RN 发送的接收通信信号) :

$$[0256] \quad SINR_{RN-UE} = \frac{G_P P_{tx,RN}}{L_{RN-UE} \left( N + \frac{P_{tx,RN}}{L_{RN-UE} SINR_{NB-RN}} + \frac{P_{tx\_tot,NB}}{L_{NB-UE}} \right)} \quad (32)$$

[0257] 如果  $P_{tx,NB}/P_{tx,RN}$  太大,则 UE 处的 SINR 由于 RN 发送功率不足而受到限制,并且其中到 RN 的连接的链路性能高于到 NB 的连接的链路性能的区域有可能减小。相反,如果它太小,则 UE 处的 SINR 受到 RN 处的低 SINR 的限制。

[0258] 在此情况下,如图 7 所例示的,其平衡甚至比在结合 FDD 双工方案使用非再生中继节点的情况下描述的平衡还要细微。通过找到 (32) 的一阶导数等于零的点,来给出最优操作点。为了找到该最优点,首先将 (32) 重新整理成以下形式 :

$$\text{[0259]} \quad \text{SINR}_{RN-UE} = \frac{G_p P_{tx,RN}}{L_{RN-UE} \left( N + \frac{P_{tx,RN}}{L_{RN-UE} \left( \frac{G_p P_{tx,NB}}{NL_{NB-RN}} \right)} + \frac{P_{tx-tot,NB}}{L_{NB-UE}} \right)} \quad (33)$$

$$\text{[0260]} \quad = \frac{1}{\left( \frac{NL_{RN-UE}}{G_p P_{tx,RN}} \right) + \left( \frac{NL_{NB-RN}}{G_p^2 P_{tx,NB}} \right) + \left( \frac{L_{RN-UE} P_{tx,NB}}{L_{NB-UE} P_{tx,RN}} \right)}$$

[0261] 定义  $y = \text{SINR}_{RN-UE}$ ,  $k_1 = \frac{NL_{RN-UE}}{G_p}$  以及  $k_2 = \frac{NL_{NB-RN}}{G_p^2}$ 。

[0262] 利用根据以上 3A 中的描述的定义以及  $k_3 = \left( \frac{L_{RN-UE}}{L_{NB-UE}} \right)$ , 可以将 (33) 简化为 :

$$\text{[0263]} \quad y = \frac{1}{\left( \frac{k_1}{P_{tx,RN}} \right) + \left( \frac{k_2}{P_{tx,NB}} \right) + \left( \frac{k_3 P_{tx,NB}}{P_{tx,RN}} \right)} = \frac{P_{tx,NB}}{\left( \frac{k_1}{P_{tx,RN}} \right) P_{tx,NB} + k_2 + \left( \frac{k_3}{P_{tx,RN}} \right) P_{tx,NB}^2} \quad (34)$$

[0264] 下一步是通过对下式进行求解来找到 (34) 中的抛物线函数的单个极大值 :

$$\text{[0265]} \quad \frac{dy}{dx} = 0 \quad (35)$$

[0266] 利用商法则得到 (34) 的一阶导数 :

$$\text{[0267]} \quad \frac{dy}{d(P_{tx,NB})} = \frac{\frac{k_1}{P_{tx,RN}} P_{tx,NB} + k_2 + \frac{k_3}{P_{tx,RN}} P_{tx,NB}^2 - P_{tx,NB} \left( \frac{k_1}{P_{tx,RN}} + \frac{2k_3}{P_{tx,RN}} P_{tx,NB} \right)}{\left( \frac{k_1}{P_{tx,RN}} P_{tx,NB} + k_2 + \frac{k_3}{P_{tx,RN}} P_{tx,NB}^2 \right)^2} \quad (36)$$

[0268] 通过将 (36) 设置为等于零并求出  $P_{tx,NB}$ , 得到  $y$  的极大值。因此通过设置下式来获得 UE 处的最大 SINR :

$$\text{[0269]} \quad \frac{k_1}{P_{tx,RN}} P_{tx,NB} + k_2 + \frac{k_3}{P_{tx,RN}} P_{tx,NB}^2 = P_{tx,NB}^2 \left( \frac{k_1}{P_{tx,RN}} + \frac{2k_3}{P_{tx,RN}} P_{tx,NB} \right) \quad (37)$$

$$\text{[0270]} \quad P_{tx,NB} = \sqrt{\frac{P_{tx,RN} k_2}{2k_3}}$$

[0271] 因此, 给出了 RN 的发送功率之后, 可以使用 (37) 来找到确保了在连接到 RN 的 UE 处的最大 SINR 的对应 NB 发送功率。

[0272] 对于寻找给出了 NB 发送功率的最优 RN 发送功率的情况,由于 UE 处的 SINR 不是 RN 发送功率的抛物线函数,因此可以使用与以上在结合 FDD 双工方案使用非再生中继节点的情况所描述的方法类似的方法。为了找到最优 RN 发送功率,将 (34) 重新整理成下式:

$$[0273] \quad y = \frac{1}{\left( \frac{k_1}{P_{tx,RN}} \right) + \left( \frac{k_2}{P_{tx,NB}} \right) + \left( \frac{k_3 P_{tx,NB}}{P_{tx,RN}} \right)} = \frac{P_{tx,NB}}{\left( \frac{P_{tx,RN} k_2}{P_{tx,NB}} \right) + k_3 P_{tx,NB} + k_1} \quad (38)$$

[0274] 其一阶导数为:

$$[0275] \quad \frac{dy}{d(P_{tx,RN})} = \frac{k_3 P_{tx,NB} + k_1}{\left( \left( \frac{P_{tx,RN} k_2}{P_{tx,NB}} \right) + k_3 P_{tx,NB} + k_1 \right)^2} = \nabla \quad (39)$$

[0276] 针对  $P_{tx,RN}$  对 (39) 进行求解,得到了给出了 NB 发送功率的最优 RN 发送功率:

$$[0277] \quad P_{tx,RN} = \frac{P_{tx,NB} \left( \sqrt{\frac{k_3 P_{tx,NB} + k_1}{\nabla}} - (k_3 P_{tx,NB} + k_1) \right)}{k_2} \quad (40)$$

[0278] 通过观察图 7 的表面,并根据 (34) 的形式和 (40) 的结果,显然,如果 NB 发送功率小,则 SINR 随 RN 发送功率的变化率会随着 RN 发送功率增大而减小。然而,对于大 NB 发送功率的情况,UE 处的 SINR 接近于 RN 发送功率的线性函数。结果是,在此情况下如 (40) 所概括的问题的解将是无穷大。

[0279] 4B. 使用 TDD 的非再生中继 – 如图 1B 所示的两小区模型

[0280] 从小区边缘处的 UE 的角度来看,较差的情况是当相邻小区采用 TDD 方案并且使用相同时隙来进行 RN 传输时。如果假设这些小区大小相等,具有相同的部署和发送功率设置,并且  $P_{tx\_tot, RN/NB} = G_p P_{tx, RN/NB}$ , 则

$$\begin{aligned} [0281] \quad SINR_{RN-UE} &= \frac{G_p P_{tx,RN}}{L_{RN-UE} \left( N + \frac{P_{tx,RN}}{L_{RN-UE} SINR_{NB-R1}} + \frac{2G_p P_{tx,NB}}{L_{NB-UE}} + \frac{G_p P_{tx,RN}}{L_{RN-UE}} \right)} \\ [0282] &= \frac{1}{\left( \frac{NL_{RN-UE}}{G_p P_{tx,RN}} \right) + \left( \frac{NL_{NB-RN}}{G_p^2 P_{tx,NB}} \right) + \left( \frac{2L_{RN-UE} P_{tx,NB}}{L_{NB-UE} P_{tx,RN}} \right) + 1} \end{aligned} \quad (41)$$

[0283] 在此情况下 (4) 的简化形式为:

$$[0284] \quad SINR_{RN-UE} = \frac{1}{\frac{k_1}{P_{tx,RN}} + \frac{k_2}{P_{tx,NB}} + \frac{2k_3}{P_{tx,RN}} P_{tx,NB} + 1}$$

$$[0285] \quad = \frac{P_{tx,NB}}{\left( \frac{k_1}{P_{tx,RN}} + 1 \right) P_{tx,NB} + k_2 + \frac{2k_3}{P_{tx,RN}} P_{tx,NB}^2} \quad (42)$$

[0286] 其一阶导数是：

$$[0287] \quad \frac{dy}{d(P_{tx,NB})} = \frac{\left( \frac{k_1}{P_{tx,RN}} + 1 \right) P_{tx,NB} + k_2 + \frac{2k_3}{P_{tx,RN}} P_{tx,NB}^2 - P_{tx,NB} \left( \frac{k_1}{P_{tx,RN}} + 1 + \frac{4k_3}{P_{tx,RN}} P_{tx,NB} \right)}{\left( \left( \frac{k_1}{P_{tx,RN}} + 1 \right) P_{tx,NB} + k_2 + \frac{2k_3}{P_{tx,RN}} P_{tx,NB}^2 \right)^2} \quad (43)$$

[0288] 最后,通过将 (43) 设置为等于零并求出  $P_{tx,NB}$ , 得到极大值：

$$[0289] \quad \left( \frac{k_1}{P_{tx,RN}} + 1 \right) P_{tx,NB} + k_2 + \frac{2k_3}{P_{tx,RN}} P_{tx,NB}^2 = P_{tx,NB} \left( \frac{k_1}{P_{tx,RN}} + 1 + \frac{4k_3}{P_{tx,RN}} P_{tx,NB} \right)$$

$$[0290] \quad k_2 + \frac{2k_3}{P_{tx,RN}} P_{tx,NB}^2 = \frac{4k_3}{P_{tx,RN}} P_{tx,NB}^2 \quad (44)$$

$$[0291] \quad P_{tx,NB} = \sqrt{\frac{P_{tx,RN} k_2}{2k_3}}$$

[0292] 为了找到给出了 NB 发送功率的最优 RN 发送功率, 将 (42) 重新整理成：

$$[0293] \quad y = \frac{1}{\frac{k_1}{P_{tx,RN}} + \frac{k_2}{P_{tx,NB}} + \frac{2k_3}{P_{tx,RN}} P_{tx,NB} + 1} \quad (45)$$

$$[0294] \quad = \frac{P_{tx,RN}}{k_1 + \frac{k_2 P_{tx,RN}}{P_{tx,NB}} + 2k_3 P_{tx,NB} + P_{tx,RN}}$$

[0295] 其一阶导数为：

$$[0296] \quad \frac{dy}{d(P_{tx,RN})} = \frac{k_1 + 2k_3 P_{tx,NB}}{\left( k_1 + 2k_3 P_{tx,NB} + P_{tx,RN} \left( 1 + \frac{k_2}{P_{tx,NB}} \right) \right)^2} = \nabla \quad (46)$$

[0297] 针对  $P_{tx,RN}$  对 (46) 进行求解, 得到了给出了 NB 发送功率的最优 RN 发送功率：

$$[0298] \quad P_{tx,RN} = \frac{P_{tx,NB} \sqrt{\frac{k_1 + 2k_3 P_{tx,NB}}{\nabla} - (k_1 + 2k_3 P_{tx,NB})}}{(P_{tx,NB} + k_2)} \quad (47)$$

[0299] 同样,在大 NB 发送功率的情况下, UE 处的 SINR 接近于 RN 发送功率的线性函数。结果是, (47) 的解将是无穷大。

[0300] 现在将基于以上针对不同中继和双工方案并针对两种不同的部署情形得到的解, 来确定最佳发送功率平衡。在表 III 中概括了这些部署情形, (48) 中的路径损耗公式的传播参数在表 IV 中。

$$[0301] L = b + 10n \log d \quad (48)$$

[0302] 其 中,  $L$  是 路 径 损 耗  $\text{dB}$ ,  $b$  是 的 单 位 是  $\text{dB}$  并 与  $n$  一 起 在 表 IV 中 给 出,  $d$  是 发 送 器 — 接 收 器 间 隔 ( $\text{m}$ )。

参数	场景	
	1	2
小区半径	1867m	
中继器位置	933m	1400m

[0303] 表 III. 部署情形

[0304] 发送器 - 接收器间距与小区半径相同 (即, UE 位于小区半径处)。相对于 NB 所在小区的中心来提供 RN 位置。因此, RN 位置是从 NB 到 RN 的距离。于是, RN-UE 是小区半径

参数	链路		
	NB-UE	NB-RN	RN-UE
$b$ ( $\text{dB}$ )	15.3	15.5	28
$n$	3.76	3.68	4

[0305] 表 IV 传播参数

[0306] 再生中继

[0307] 将表 III 和表 IV 中给出的值代入针对 FDD 的公式 (3) 和 (5) 以及针对 TDD 的公式 (12) 和 (17), 可以找到在给定 RN 发送功率的情况下最佳 NB 发送功率。图 8A 示出了针对这两种部署情形、对于 FDD 和 TDD 最佳 NB 发送功率作为 RN 发送功率的函数的情况。

[0308] 使用 FDD 的非再生中继

[0309] 将参数代入 (23) 和 (24) 中, 可以找到针对这两种部署情形的最佳 NB 发送功率, 如图 8B 所示。

[0310] 使用 TDD 的非再生中继

[0311] 将参数代入 (37) 和 (44) 中, 可以找到针对这两种部署情形的最佳 NB 发送功率, 如图 8C 所示。

[0312] 系统级模拟结果

[0313] 对采用使用 TDD 双工的非再生中继并且每第三个发送时间间隔对发送进行中继的多跳 HSDPA 网络进行了系统模拟, 以便根据图 8C 的结果来验证所预测的最佳发送功率设置, 并随着 RN 和 NB 的发送功率在最佳点周围的变化来确定平均分组呼叫吞吐量增益。

[0314] 现在将给出针对以上在表 III 中详细列出的两种部署情形的系统级模拟的结果。以下在表 V 和表 VI 中列出了模拟参数。

参数	值	
基站	小区间距离	2.8 km
	区段/小区	3
	天线高度	15m
中继站	天线增益	17 dBi
	RN 天线	120°
	位置	1/2 和 3/4 小区半径
	数量/小区	9
	天线高度	5 m
	天线增益	17 dBi
用户设备	每区段数量	50
	初始分布	随机
	速度	3 km/h
	方向	半定向
	更新	20 m
	通信量模型	WWW

[0315] 表 V 部署参数

参数	值
HS-DSCH 功率	可变
CPICH 功率	总量的 20%
HARQ 方案	追踪
HS-DSCH/帧	15
基站/中继节点	中继缓冲器大小
	1.78 Mbits
	Ack/NAck 检测
	无错误
NB 调度程序	
中继类型	放大 & 转发
	10
热噪声密度	-174 dBm/Hz
用户设备	噪声指数
	5 dBm
	检测器
	MMSE

[0316]

表 VI 模拟参数

[0317] 对于两种部署情形,对于四种不同的 RN 发送功率,将针对 NB 发送功率为 30dBm 的单跳系统的情况而观察到的用户获得的平均分组呼叫吞吐量的增益绘制为 NB 发送功率的函数。图 9A 示出了针对部署情形 1 的增益,而图 9B 示出了针对情形 2 的增益。

[0318] 注意,NB 到 UE 链路的信道增益比 NB 到 RN 和 RN 到 UE 链路的信道增益高 3dB。这意味着,连接至 RN 的 UE 所受到的来自另一 NB 的干扰是参照图 8A、8B 和 8C 的上述链路分析中所使用的干扰的两倍。该信道增益是由于以下事实而导致的:接收到所发送信号的大量复制品,当对所有这些复制品上的功率进行相加时,可以发现,对于 NB 到 UE 信道的情况,总功率为 NB 到 RN 或 RN 到 UE 信道的两倍。这是 3dB 增益的原因,因为 3dB 相当于两倍。由于对于 NB 到 UE 信道的信道增益较高,这意味着,接收信号功率将比在没有考虑通过多路径的信道增益时的分析中所使用的要高 3dB(或者是两倍)。

[0319] 基于预测和系统模拟的链路比较

[0320] 图 10 示出了对于各种部署情形、对于 TDD 非再生中继最佳 NB 发送功率作为 RN 发送功率的函数的情况,其中假设与其他链路相比 NB 到 UE 链路有 3dB 增益。在这种情况下,在表 VII 中与吞吐量增益(如果使用这些设置则将获得所述吞吐量增益)以及可实现的最大值一起列出了对于在模拟中使用的 RN 发送功率的 NB 处的预测发送功率。

NB 发送功率 (dBm) 和用户分组吞吐量增益						
RN 发送功率 (dBm)	情形 1			情形 2		
	预测	吞吐量增益	最大增益	预测	吞吐量增益	最大增益
16	-0.5	33%	40%	8.8	60%	67%
19	1	38%	43%	10.3	65%	74%
22	2.5	41%	46%	11.8	68%	74%
25	4	49%	51%	13.3	72%	75%

[0321] 表 IIII 预测的最佳 NB 发送功率以及根据该设置而实现的所得到的模拟吞吐量增益与观察到的最大增益的比较

[0322] 表 VII、图 8A 和图 9B 表示,如果使用基于以上得到的公式的技术、根据本发明的优选实施例来执行功率平衡,则所选择的功率平衡通常位于最佳点的区域中。具体地,对于所使用的发送功率,所示增益始终在可以实现的最大值的 10% 以内,该差别是由于使用两小区模型对多小区系统进行建模缺点而导致的。

[0323] 在图 9A 和图 9B 中所示的结果中,显然必须进行发送功率平衡,在图 9A 和图 9B 中示出了,如果 NB 发送功率增大为超过最佳点,则尽管发射更多的信号能量,增益也会明显下降。其还示出了,如果仔细选择 NB 发送功率,则可以降低增益对于 RN 发送功率的敏感度。

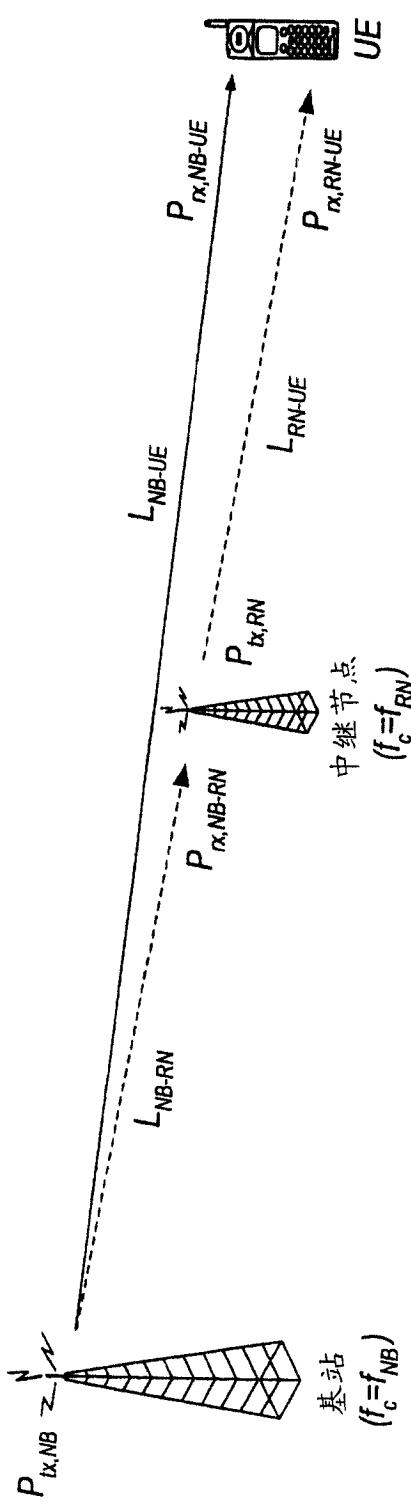


图 1A

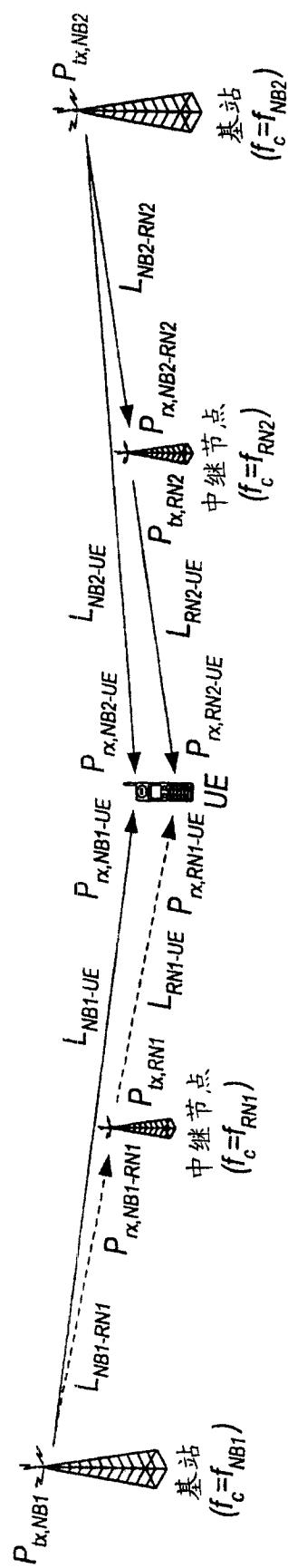


图 1B

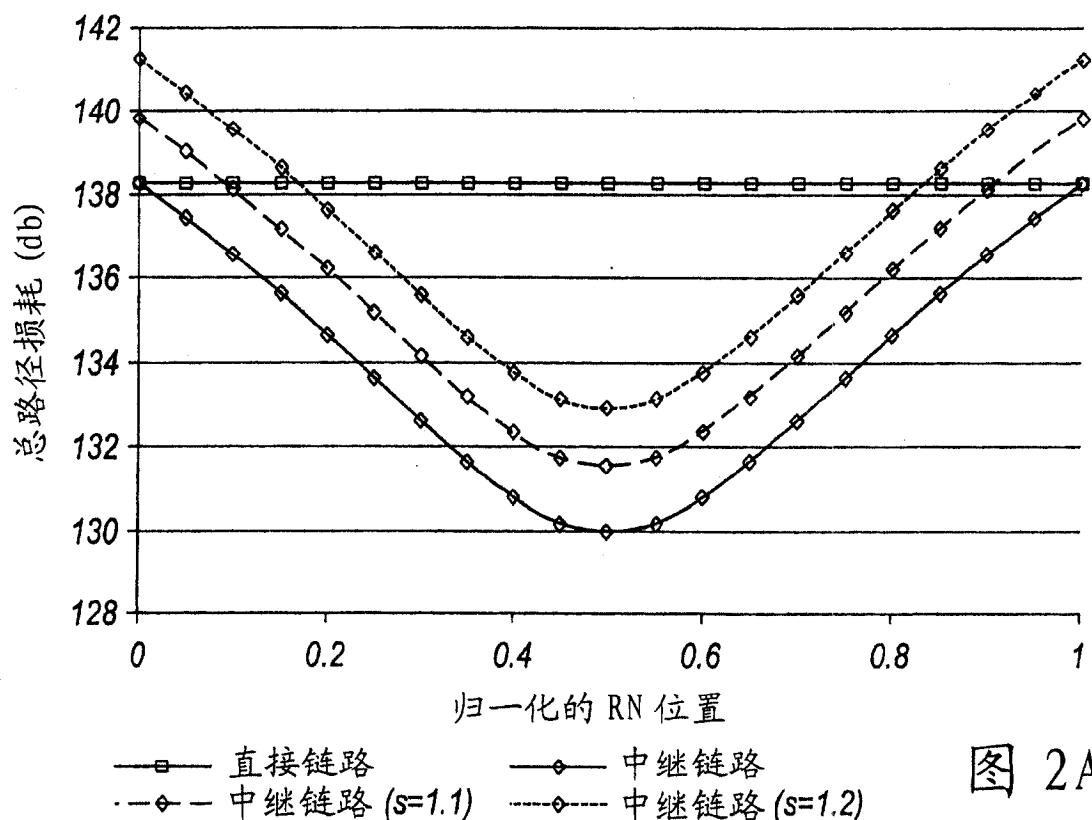


图 2A

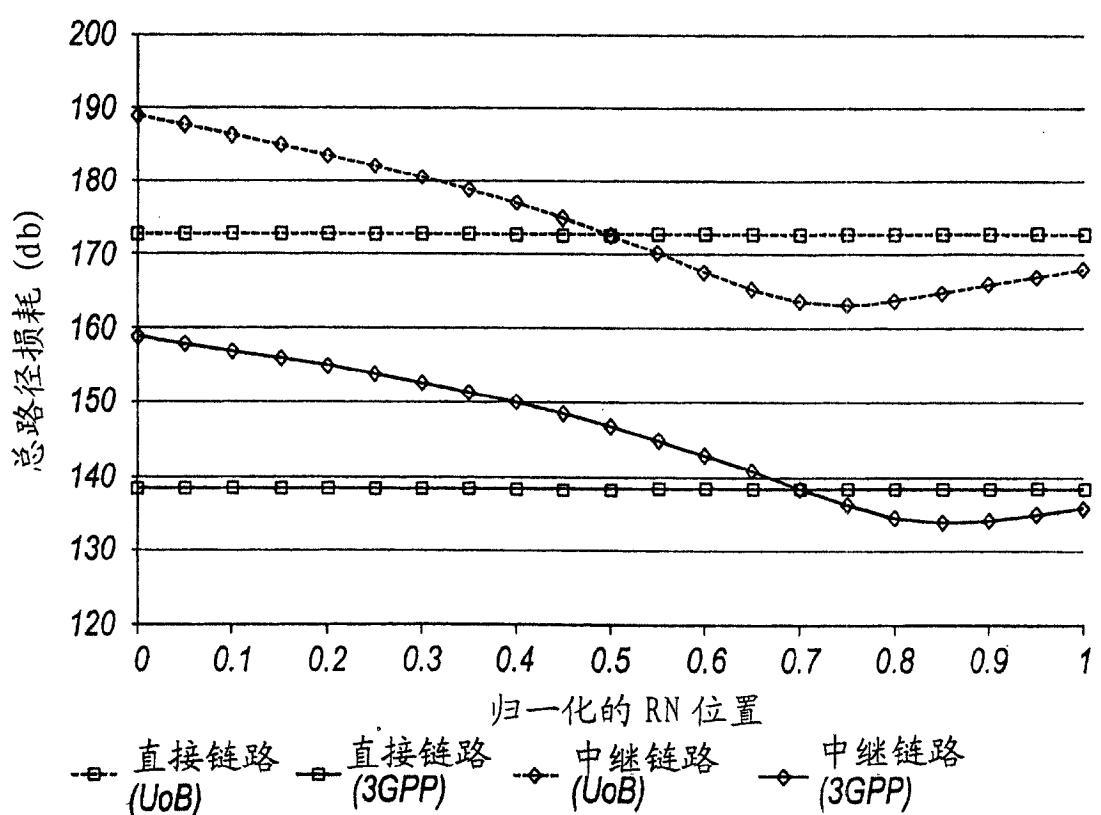


图 2B

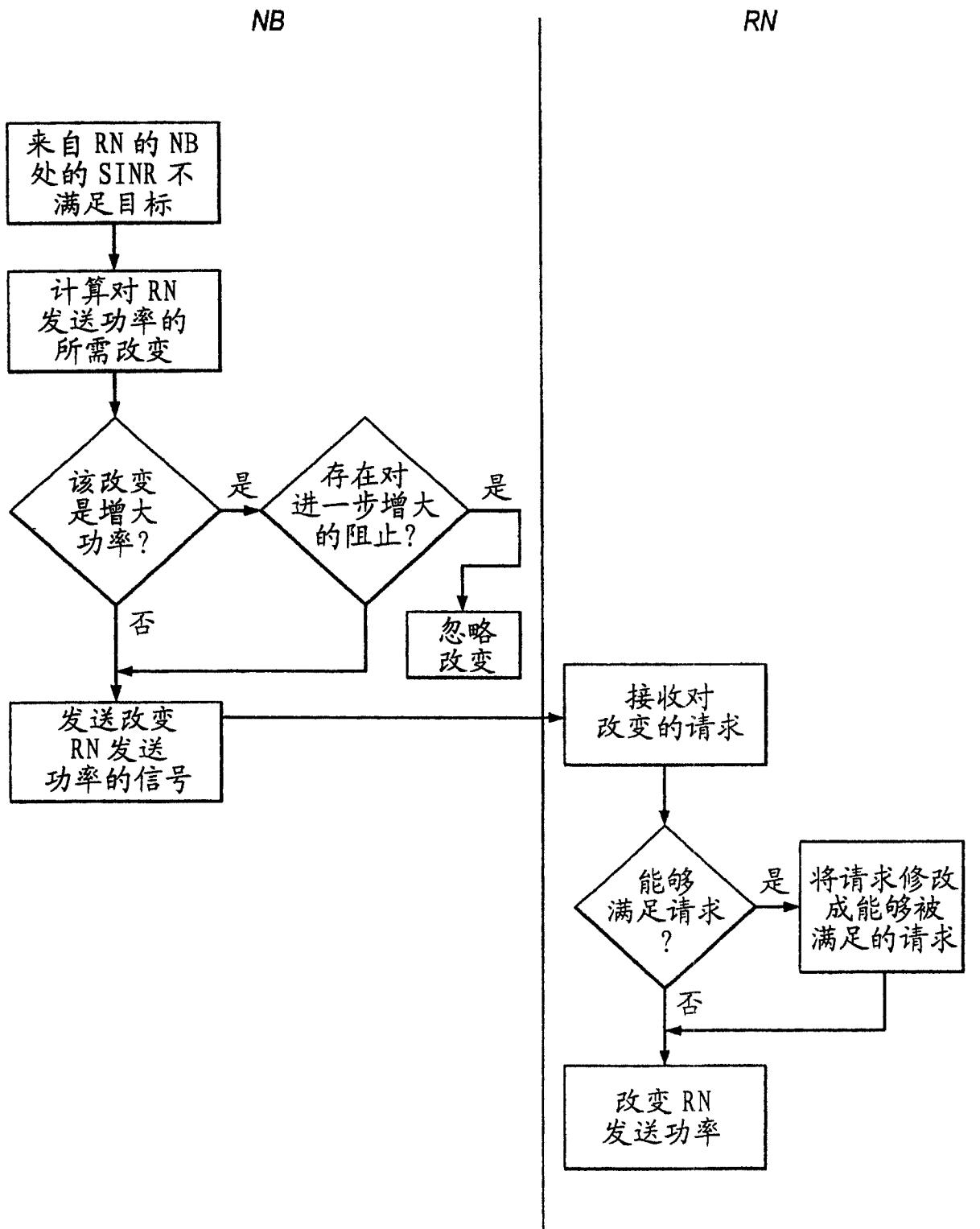


图 3

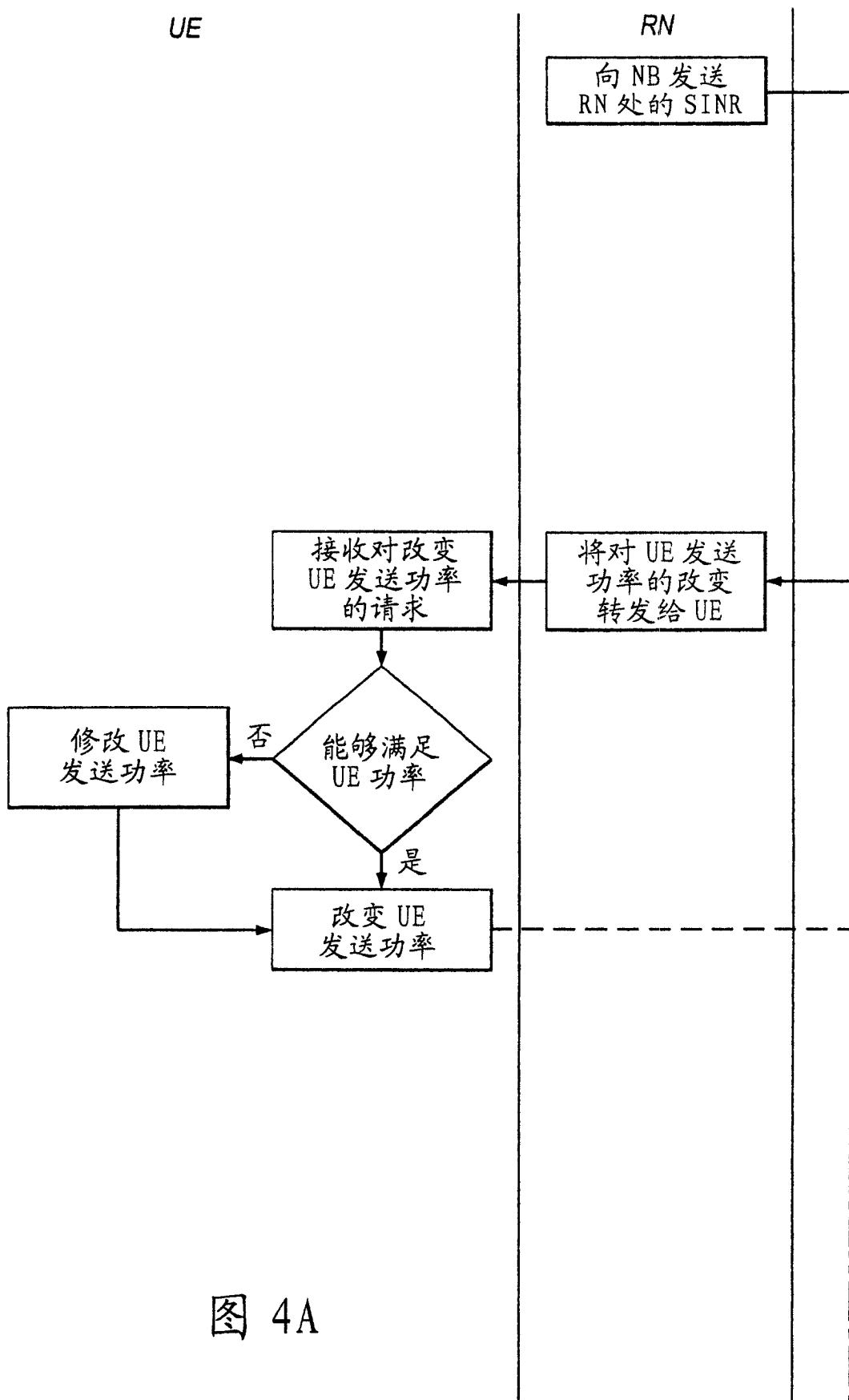


图 4A

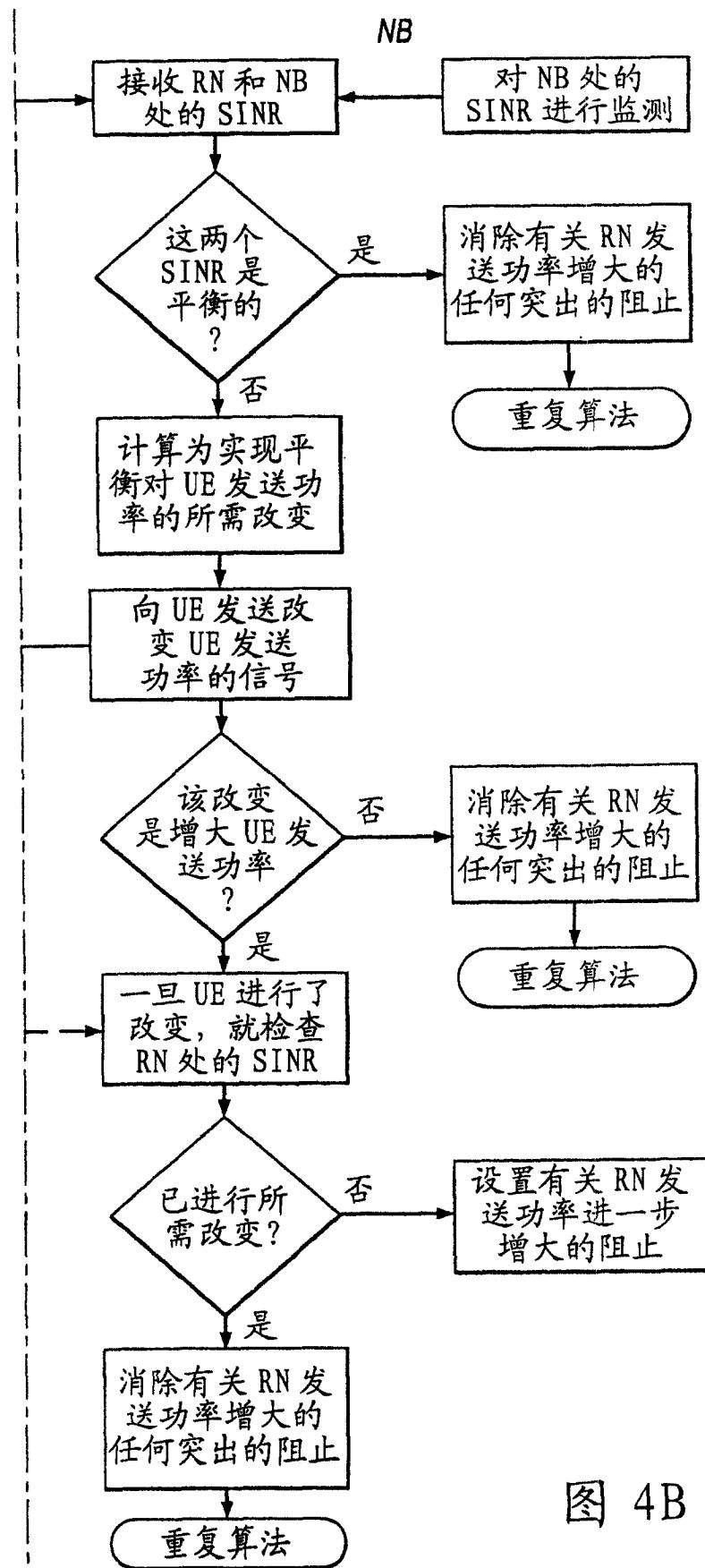


图 4B

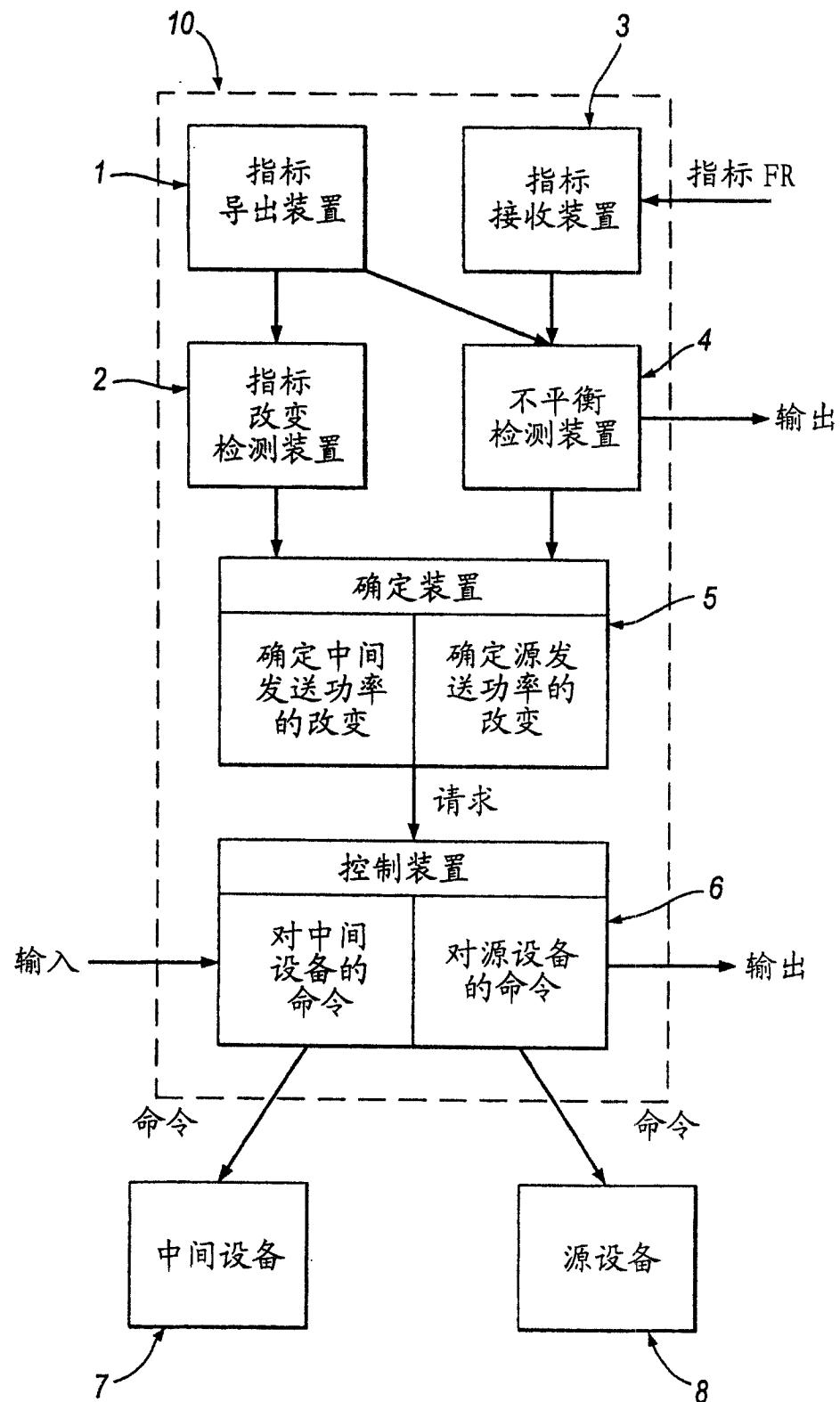
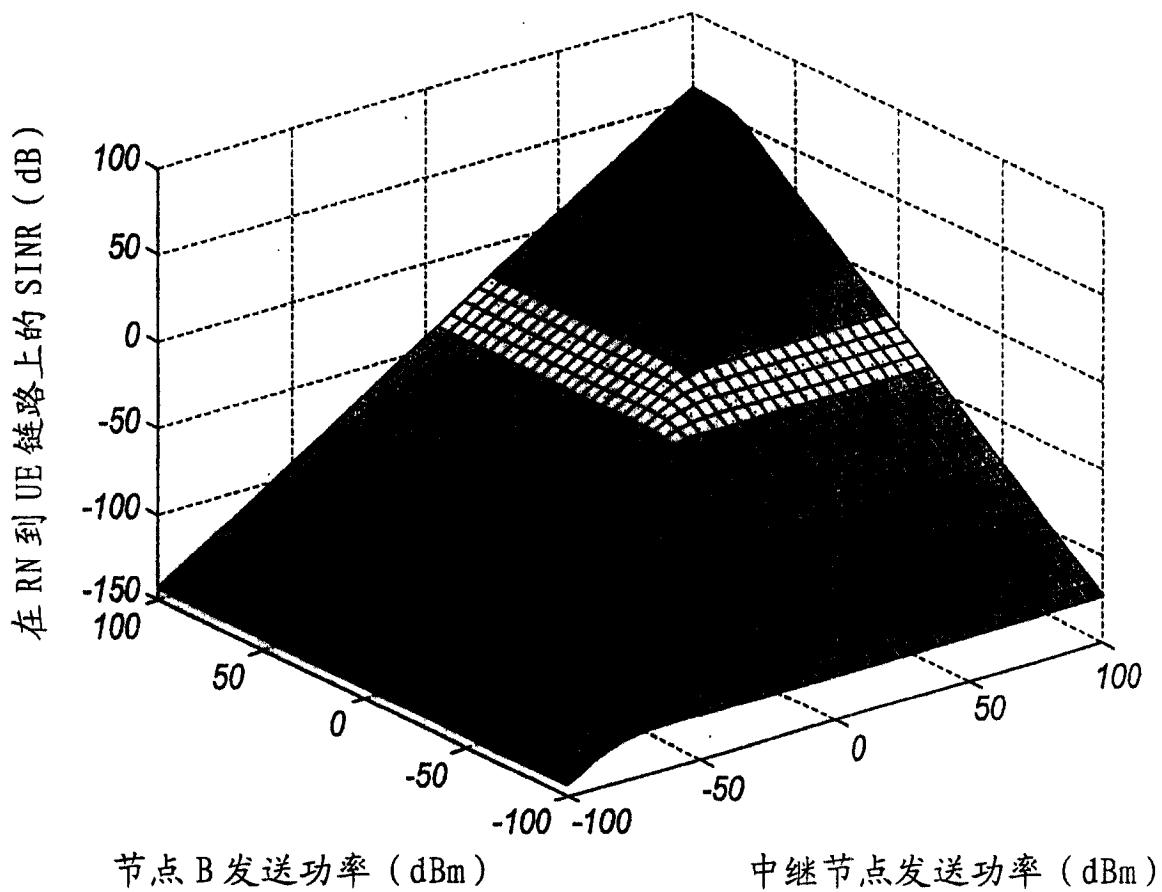


图 5

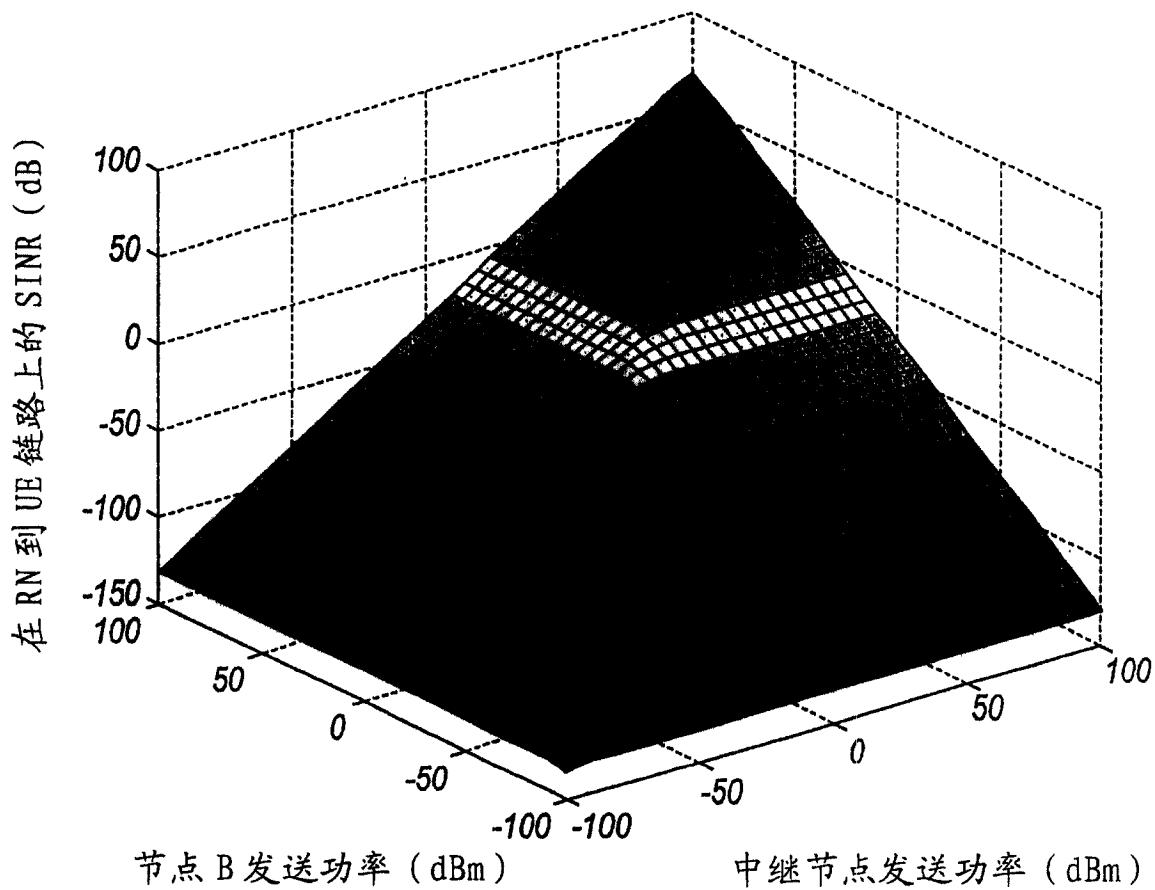
对于位于 0.5 小区半径处的 RN，连接到 RN 的 UE 在小区边缘处的 SINR  
(两小区分析)



在 RN 位于 0.5 小区半径处的情况下，作为 NB 和  
RN 发送功率的函数的 UE 处的 SINR

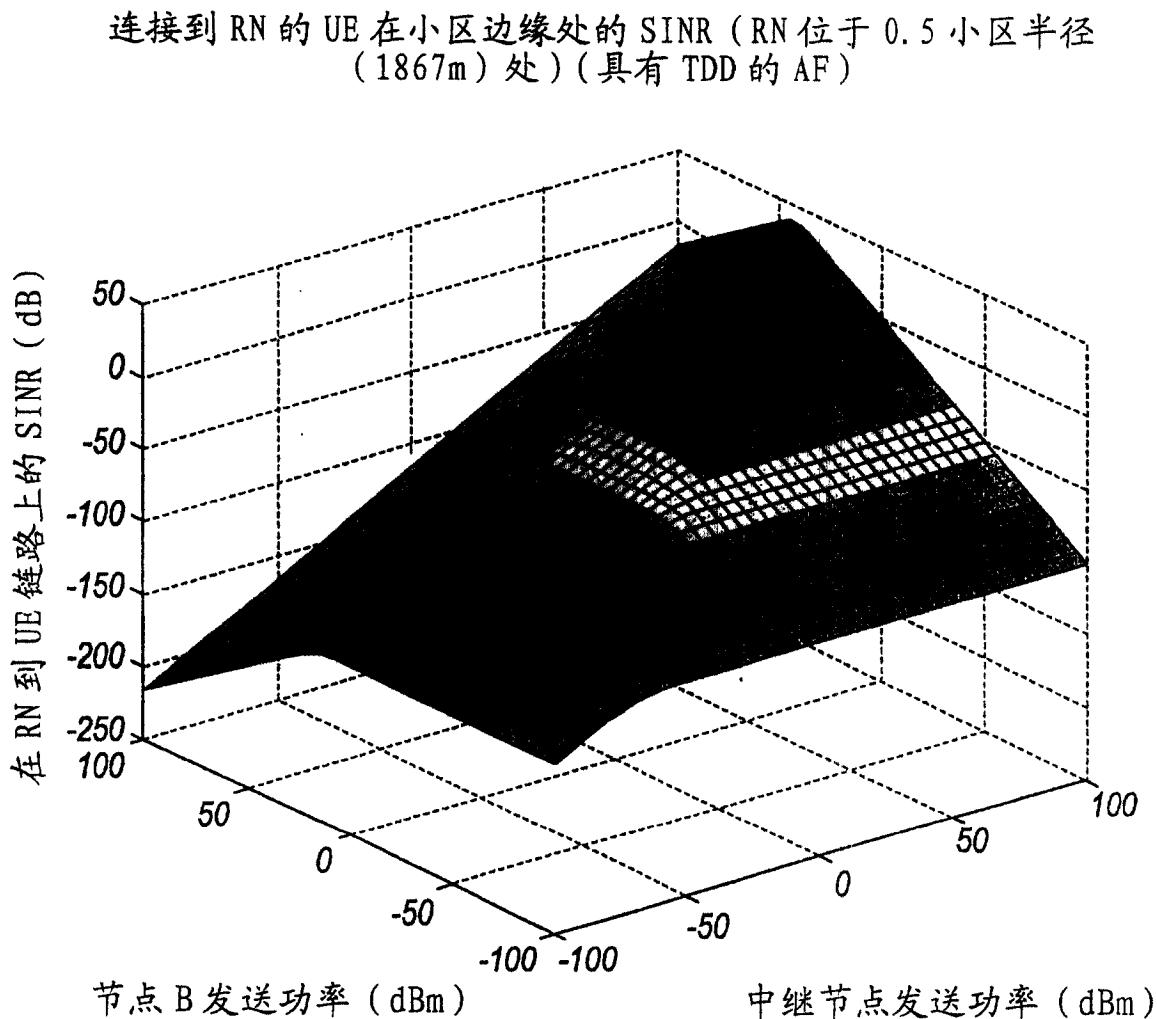
图 6A

对于位于 0.75 小区半径处的 RN，连接到 RN 的 UE 在小区边缘处的 SINR  
(两小区分析)



在 RN 位于 0.75 小区半径处的情况下，作为 NB 和  
RN 发送功率的函数的 UE 处的 SINR

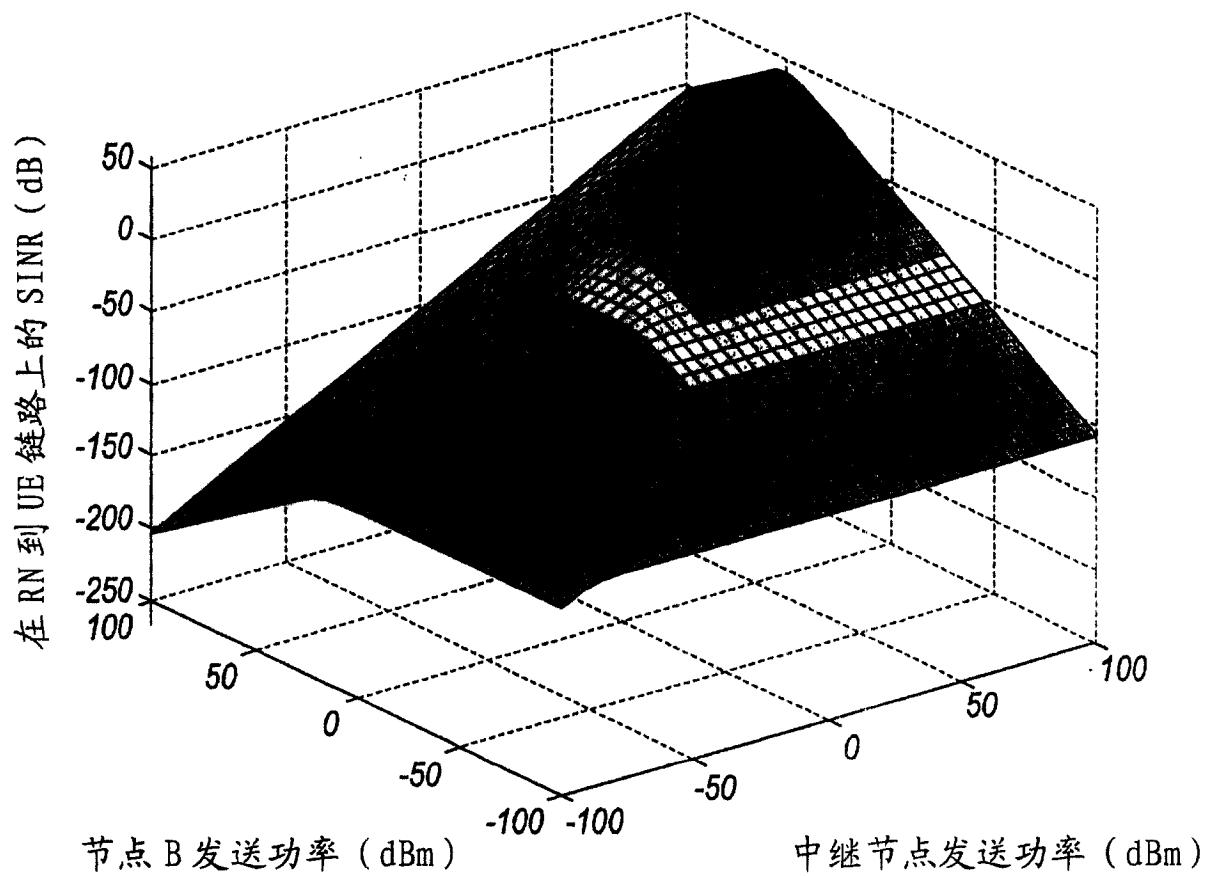
图 6B



在 RN 位于 0.5 小区半径处的情况下，作为 NB 和 RN 发送功率的函数的 UE 处的 SINR

图 7A

连接到 RN 的 UE 在小区边缘处的 SINR (RN 位于 0.75 小区半径 (1867m) 处) (具有 TDD 的 AF)



在 RN 位于 0.75 小区半径处的情况下，作为 NB 和 RN 发送功率的函数的 UE 处的 SINR

图 7B

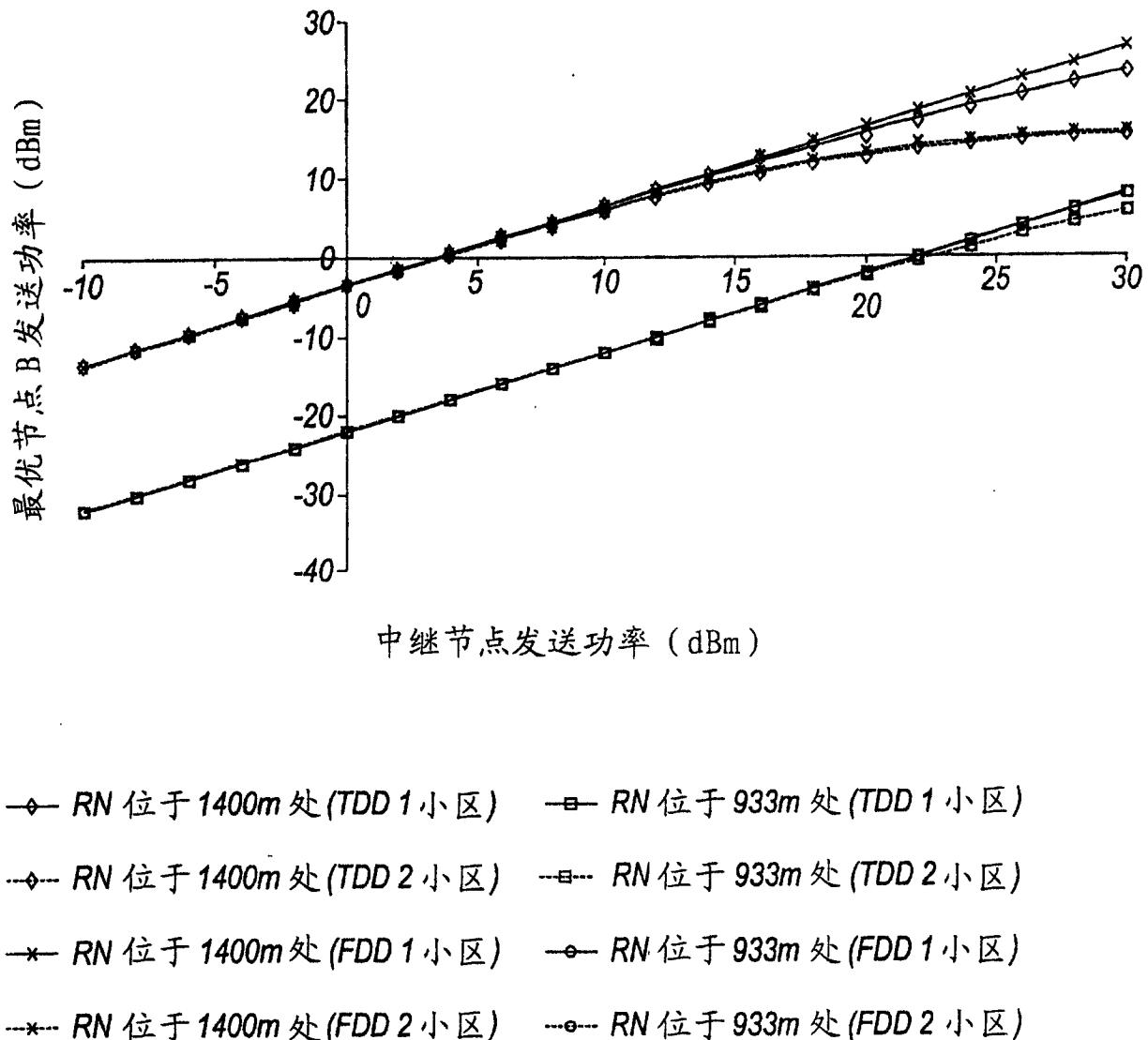


图 8A

在各部署情形下,对于 FDD 和 TDD 的再生中继器,作为 RN 发送功率的函数的最优 NB 发送功率

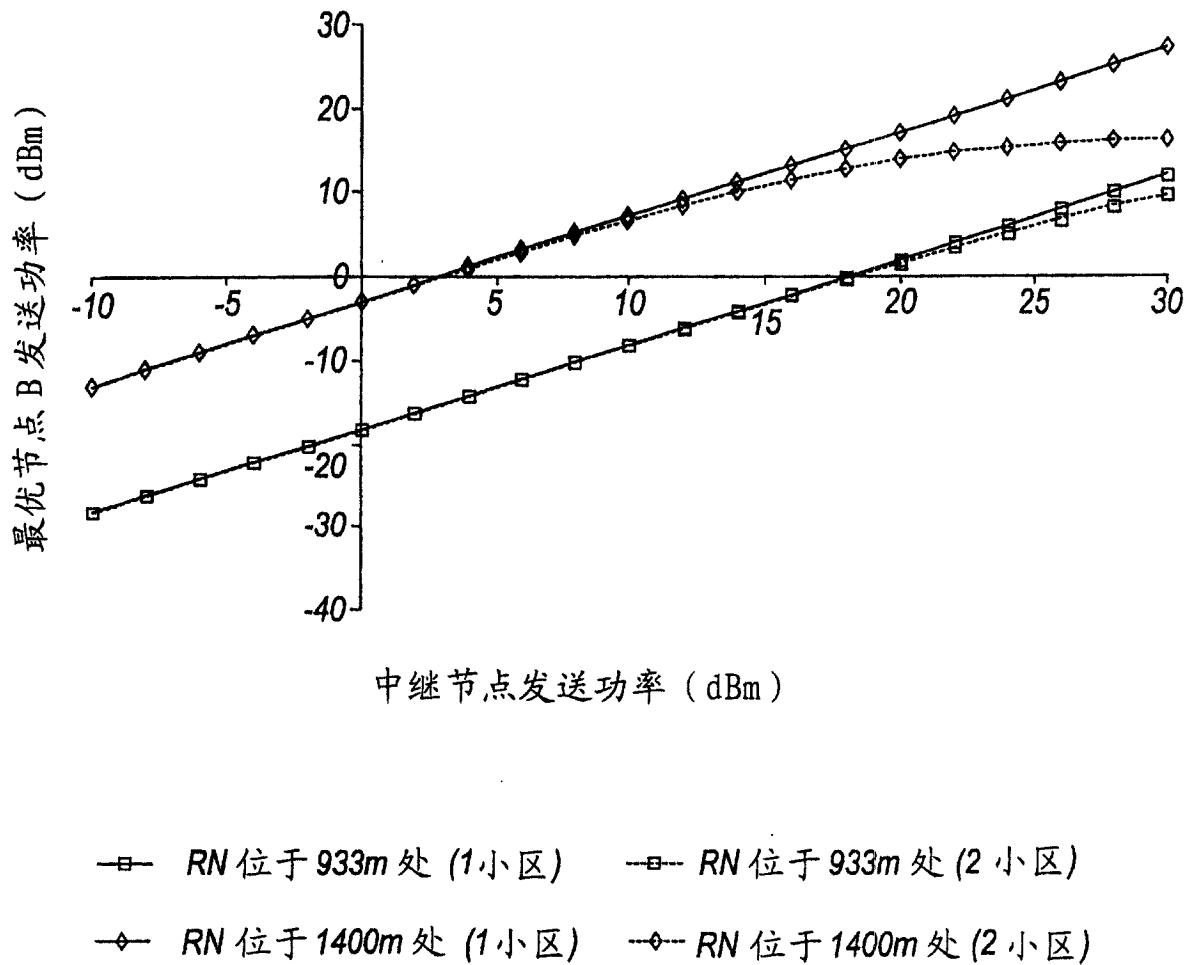


图 8B

在各部署情形下,对于FDD的非再生中继器,作为RN发送功率的函数的最优NB发送功率

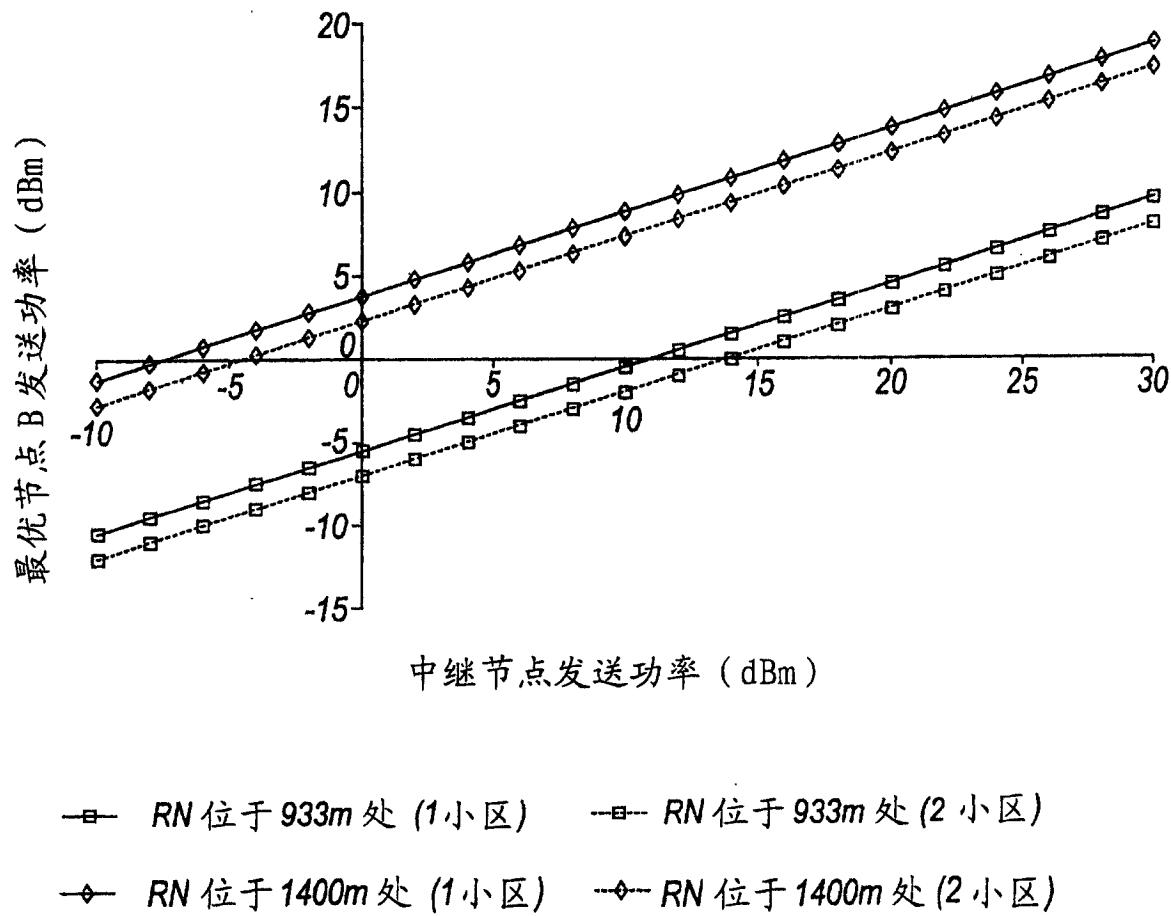
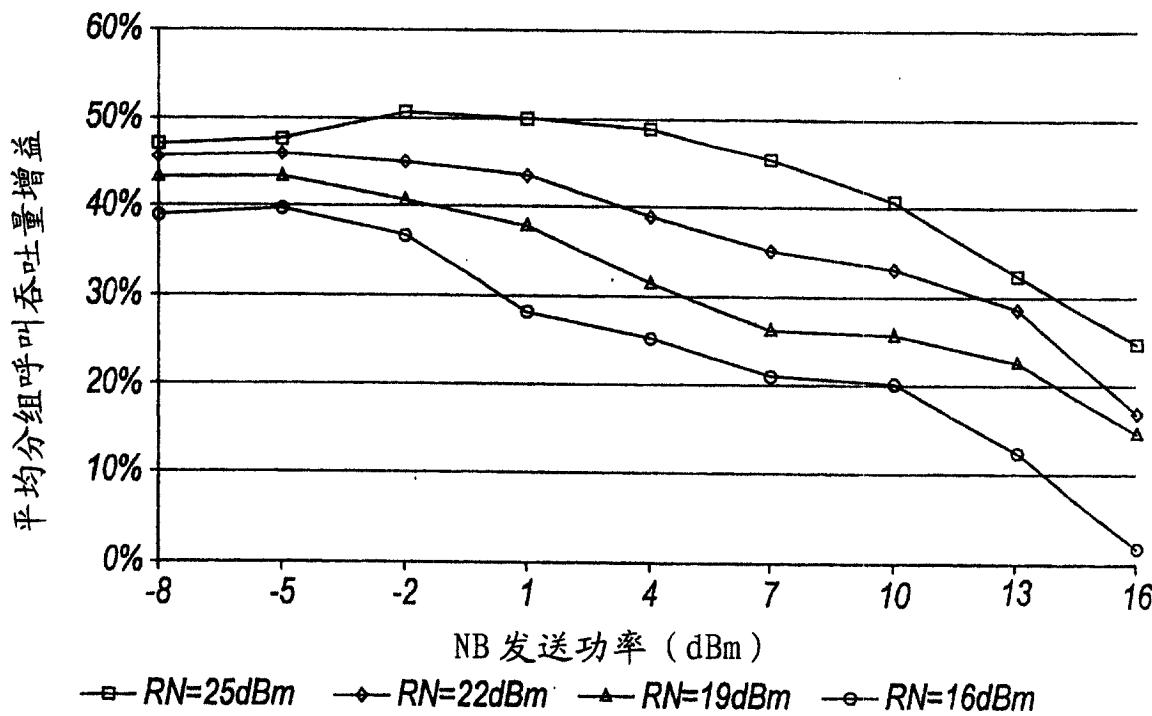
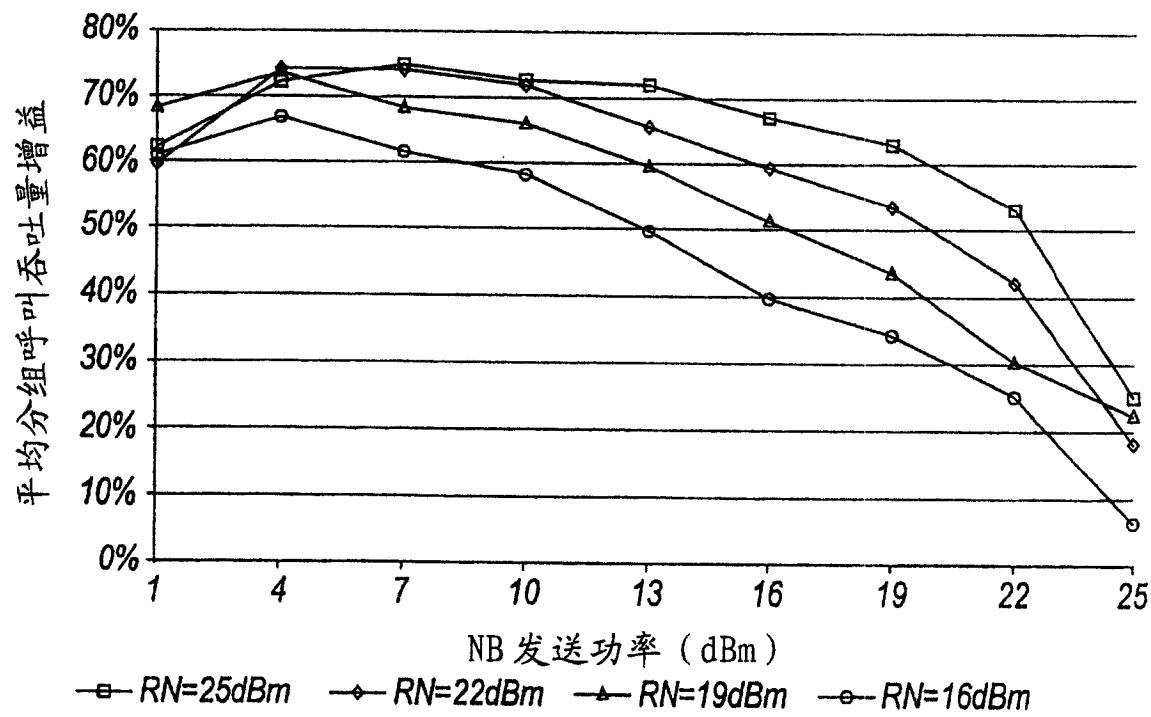


图 8C

在各部署情形下,对于 TDD 的非再生中继器,作为 RN 发送功率的函数的最优 NB 发送功率



部署情形 1 下的平均分组呼叫吞吐量增益



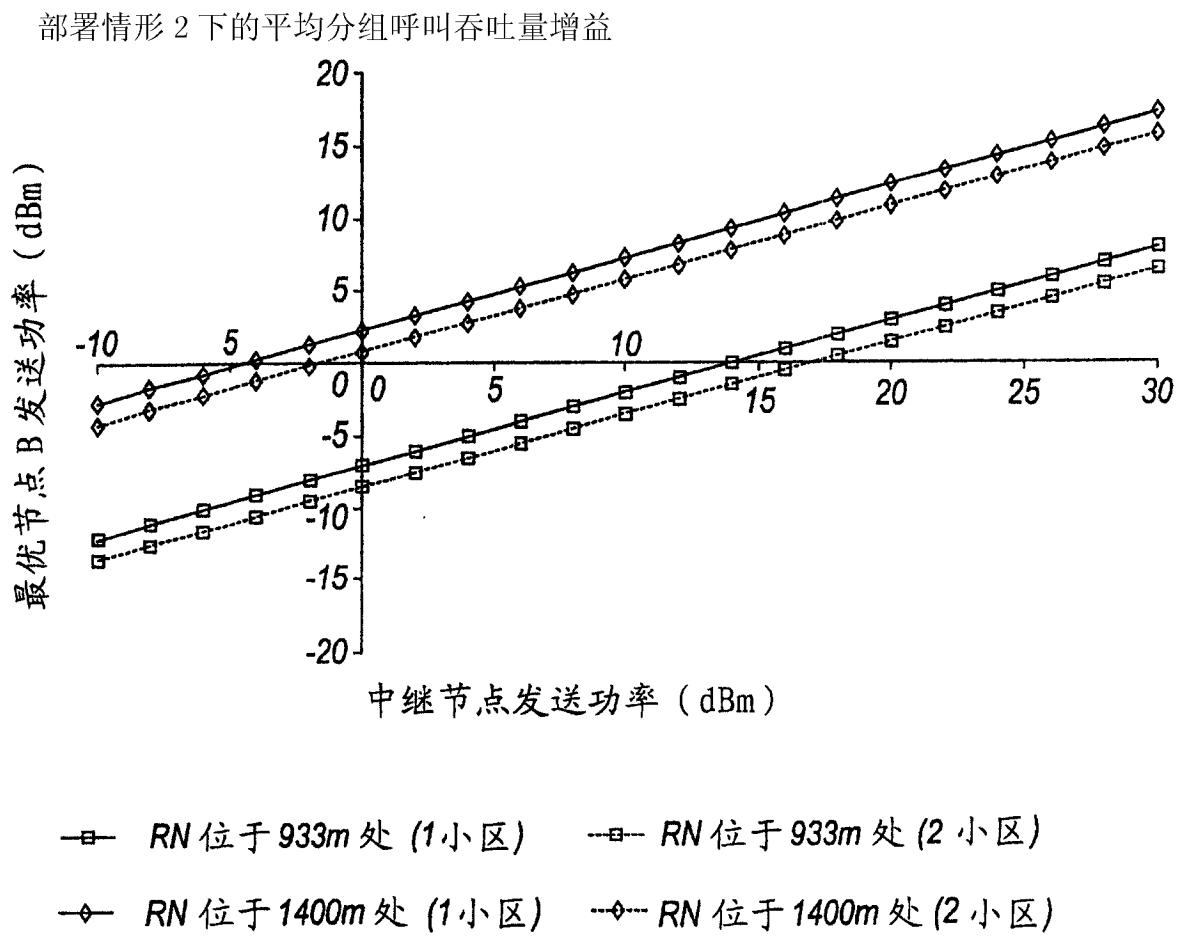


图 10

在各部署情形下,对于 TDD 的非再生中继器,作为 RN 发送功率的函数的最优 NB 发送功率,其中假设与其他链路相比 NB 到 UE 链路的增益为 3dB